

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Ingeniería y Arquitectura



Proyecto de graduación para optar al título de Ingeniería Industrial

Línea de investigación: Industria Arquitectura y medio ambiente

Línea específica de investigación: Gestión de la calidad y productividad

*Optimización del sistema de atención en el área de imagenología del Hospital
Vivian Pellas mediante simulación de sistemas para reducir tiempos de espera en
pacientes.*

AUTORES

Porras-Miranda, Rebeka Francisca

Gómez-Rayó, Azael Josué

Sándigo-Muñoz, Jesús Sebastián

Managua, Nicaragua

2026

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Ingeniería y Arquitectura



Proyecto de graduación para optar al título de Ingeniería Industrial

Línea de investigación: Industria Arquitectura y medio ambiente
Línea específica de investigación: Gestión de la calidad y productividad

*Optimización del sistema de atención en el área de imagenología del Hospital
Vivian Pellas mediante simulación de sistemas para reducir tiempos de espera en
pacientes.*

AUTORES

Porras-Miranda, Rebeka Francisca
Gómez-Rayó, Azael Josué
Sándigo-Muñoz, Jesús Sebastián

TUTOR CIENTÍFICO Y METODOLÓGICO

Ing. Julio Alfonso Baltodano Gutiérrez
Ingeniero, Docente-Investigador
0009-0006-0860

Managua, Nicaragua

2026

CARTA AVAL TUTOR

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico y metodológico, certifico que el proyecto titulado:

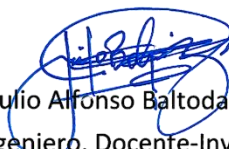
Optimización del sistema de atención en el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas mediante simulación de sistemas para reducir tiempos de espera en pacientes.

Realizado por Rebeka Francisca Porras Miranda, Jesús Sebastián Sandigo Muñoz y Azael Josué Gómez Rayo, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su proyecto de graduación para optar al título de Ingeniero Industrial.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a las y los egresados, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 22 de Julio de 2026.

Atentamente,


Ing. Julio Alfonso Baltodano Gutiérrez
Ingeniero, Docente-Investigador
Jbaltodano8@unica.edu.ni



UNIVERSIDAD CARDENAL MIGUEL OBANDO BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

APROBACIÓN DE TEMA Y TUTOR PARA TRABAJO MONOGRÁFICO

Br. Azael Josué Gómez Rayo (20220352)
Br. Rebeka Francisca Porras Miranda (20220367)
Br. Jesús Sebastián Sándigo Muñoz (20220182)

Sus manos

Estimados Bachilleres:

Por la presente se le comunica, que, con base en el Reglamento de Culminación de Estudios de la Universidad, la Facultad de Ingeniería y Arquitectura le autoriza para la realización de su monografía con el tema:

Optimización del sistema de atención en el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas mediante simulación de sistemas para reducir tiempos de espera en pacientes.

y se le asigna como tutor al profesor: **Ing. Julio Alfonso Baltodano Gutiérrez.**

Se establece además lo siguiente:

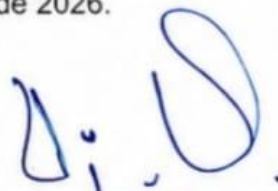
Queda entendido que tanto usted como el tutor adquieren el compromiso de cumplir con la calendarización que se establezca para la entrega del trabajo.

El tutor tiene la potestad para determinar los criterios a seguir y alcances del estudio, lo que deberán ser cumplidos por los tutoriados.

En general, deberá ajustarse a todo lo que establece el capítulo IV del Reglamento de Culminación de estudios.

Dado en la ciudad de Managua, a los veintiséis días del mes de febrero de 2026.


Lic. Diana Guadalupe Pérez
Secretaría Académica FIA


MSc. Francisco Javier Otero Quezada
Decano
Facultad de Ingeniería y Arquitectura



Dedicatoria

Rebeka Porras:

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios y a la Santísima Virgen María, por guiar cada uno de mis pasos, brindarme fortaleza en los momentos de dificultad y permitirme alcanzar esta meta. Gracias por iluminar mi camino, sostener mi Fe y acompañarme durante cada etapa de este proceso.

A mis padres, Mario y Rebeca, por ser el corazón de este sueño, la base de todo lo que soy y el apoyo incondicional que me sostuvo durante todo el camino. Gracias por cada sacrificio realizado en silencio, por cada consejo, por cada palabra de aliento y por creer en mí incluso cuando las circunstancias parecían difíciles.

Este logro lleva mi nombre, pero también lleva su esfuerzo, sacrificio y amor. Gracias por nunca cortarme las alas cuando quise perseguir mis sueños, por impulsarme a seguir adelante y por ser el motor detrás de cada uno de mis logros.

Hoy celebro la culminación de una etapa muy importante de mi vida, pero también celebro el amor, la dedicación y los valores que ustedes me han brindado. Este triunfo también es suyo, porque sin su apoyo incondicional, su confianza y sus enseñanzas, no habría sido posible llegar hasta aquí.

A René Alejandro, por acompañarme durante esta etapa tan importante de mi vida y por ser un apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera. Gracias por estar presente en cada desafío, por brindarme tu ayuda cuando más la necesité, por escucharme en los momentos de estrés y por celebrar conmigo cada pequeño avance y cada logro alcanzado.

Gracias por caminar a mi lado durante este proceso, por impulsarme a no rendirme y por recordarme, incluso en los días más difíciles, que era capaz de alcanzar esta meta. Una parte de este logro también lleva tu apoyo y el amor con el que me acompañaste durante todo el camino.

Con todo mi amor, gratitud y admiración, les dedico este trabajo.

Sebastián Sándigo:

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza y la oportunidad de alcanzar esta meta

A mis padres, por ser el pilar más importante de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por enseñarme que la constancia y el esfuerzo siempre tienen recompensa. Este logro también les pertenece.

A mis hermanas, por su cariño, apoyo y por acompañarme a lo largo de este camino, brindándome ánimo cuando más lo necesité.

A la memoria de mis cuatro abuelos, quienes, aunque ya no están físicamente conmigo, viven siempre en mi corazón. Me hubiera gustado que pudieran compartir este momento, pero llevo conmigo sus enseñanzas, valores y el amor que sembraron en mi vida. Este logro también es un homenaje a ustedes.

A mis amigos más cercanos, gracias por su compañía, sus palabras de aliento, su apoyo incondicional y por estar presentes durante esta etapa tan importante.

Finalmente, a mis compañeros de tesis, gracias por el compromiso, el trabajo en equipo, la dedicación y el esfuerzo compartido para hacer posible la culminación de este proyecto. Ha sido un honor recorrer este camino junto a ustedes.

A todos ustedes, gracias por formar parte de este logro. Sin su apoyo, confianza y motivación, alcanzar esta meta no habría sido lo mismo.

Azael Gómez:

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por concedernos la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa, y por guiarnos y acompañarnos a lo largo de nuestro camino académico. A mi familia, por ser un pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional, su apoyo constante y la confianza que siempre han depositado en mí. A ellos, por estar presentes en cada momento y por ser parte esencial de cada logro alcanzado.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este recorrido académico, mi más sincero agradecimiento. Especialmente, a quienes compartieron conmigo sus conocimientos, experiencias, consejos y palabras de aliento, dejando enseñanzas que trascienden las aulas y que llevaré conmigo más allá de esta etapa.

Finalmente, dedico este trabajo a mis compañeros de tesis, con quienes tuve el privilegio de compartir no solo conocimientos y responsabilidades, sino también el compromiso y la dedicación que hicieron posible la culminación de este proyecto. Gracias por el trabajo en equipo, por la disposición de cada uno y por el esfuerzo compartido a lo largo de este proceso. Ha sido un honor recorrer este camino junto a ustedes y ver cómo, con dedicación y perseverancia, logramos convertir nuestro esfuerzo en este resultado.

A todos ustedes, gracias por acompañarme y por formar parte de este logro. Cada palabra de aliento, cada enseñanza y cada muestra de confianza contribuyeron a hacer de este camino una experiencia significativa, cuyo recuerdo permanecerá como una parte especial de mi formación y de mi vida.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar y optimizar el sistema de atención del área de imagenología del Hospital Vivian Pellas mediante la aplicación de técnicas de simulación de sistemas, con el propósito de reducir los tiempos de espera de los pacientes y mejorar el desempeño operativo del servicio. El estudio surge debido a la presencia de problemas relacionados con la gestión del flujo de pacientes, la coexistencia de pacientes programados y de emergencia, la ausencia de mecanismos formales de priorización y la variabilidad en la demanda de atención, factores que generan congestión y afectan la eficiencia del sistema.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de desarrollo tecnológico. Para la recopilación de información se emplearon técnicas de observación directa, revisión de registros históricos y levantamiento de datos en campo, permitiendo caracterizar el comportamiento operativo del sistema. Posteriormente, se construyó y validó un modelo de simulación de eventos discretos utilizando el software Arena, con el fin de representar las condiciones reales de funcionamiento del área de imagenología.

A través de la simulación se evaluaron diferentes escenarios de mejora orientados a optimizar la utilización de los recursos disponibles y reducir los tiempos de espera. Los resultados obtenidos evidenciaron que la implementación de una sala exclusiva para la atención de pacientes de emergencia en ultrasonido permite mejorar el flujo de atención, incrementar la productividad del sistema y disminuir las demoras en la prestación del servicio. Finalmente, se concluye que la simulación constituye una herramienta eficaz para apoyar la toma de decisiones y promover la mejora continua en los procesos hospitalarios.

Palabras claves

Simulación de sistemas, imagenología, tiempo de espera, optimización de procesos, gestión hospitalaria y Arena.

Abstract

This research aimed to analyze and optimize the service system of the Imaging Department at Hospital Vivian Pellas through the application of system simulation techniques in order to reduce patient waiting times and improve the operational performance of the service. The study was motivated by problems related to patient flow management, the coexistence of scheduled and emergency patients, the absence of formal prioritization mechanisms, and variability in service demand, all of which contribute to congestion and operational inefficiencies.

The research was conducted under a quantitative approach and classified as applied research with a technological development orientation. Data collection was carried out through direct observation, review of historical records, and field data gathering, allowing the characterization of the system's operational behavior. Subsequently, a discrete-event simulation model was developed and validated using Arena Simulation Software to represent the real operating conditions of the imaging department.

Different improvement scenarios were evaluated through simulation to optimize resource utilization and reduce patient waiting times. The results showed that implementing a dedicated ultrasound room for emergency patients improves patient flow, increases system productivity, and reduces service delays. The study concludes that simulation is an effective decision-support tool for identifying improvement opportunities and enhancing operational efficiency in hospital services.

Keywords

System simulation, medical imaging, waiting time, process optimization, hospital management, and Arena.

Índice de Contenidos

I. Introducción	12
II. Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
III. Marco referencial	16
Fundamentos de la imagenología en los servicios de salud	17
Problemas en el flujo de atención en imagenología	18
Gestión y uso de recursos en servicios de imagenología	22
Tecnologías y gestión de colas en la atención hospitalaria	25
IV. Marco Metodológico	27
Enfoque y Tipo de Investigación	28
Unidad de Análisis y Delimitación del Sistema	29
Técnicas de Recolección y Análisis de Datos	30
Observación directa del proceso	32
Revisión de registros históricos	33
Levantamiento de información en campo	33
Organización y depuración de los datos	34
Tratamiento estadístico preliminar de los datos	35
Preparación de datos para el modelo de simulación	35
V. Contexto organizacional	37
Característica General de la Organización	38
Análisis del entorno organizacional	41
Procesos principales del sistema	45
Diagnóstico Técnico-Operativo	47
Capacidad Productiva del Área de Imagenología	48
Capacidad teórica máxima	49
Capacidad operativa real	49
Producción actual observada	50
Definición del Problema	50
Presentación de Datos	52
Construcción y Programación Simulación	57
Módulo Create (Llegadas)	58
Módulo Decide (Clasificación)	59
Módulo Process (Atención médica)	59
Módulo Dispose (Salida)	61

La construcción del modelo	62
Validación	63
Experimentación (Análisis de Escenarios)	64
Escenario 1. Condición actual del sistema	65
Escenario 2. Habilidad de un ultrasonido exclusivo para pacientes de emergencia	65
Escenario 3. Incorporación de un equipo exclusivo de Rayos X para pacientes de emergencia	66
Evaluación de los escenarios	67
VI. Propuesta de Mejora	70
Evaluación Financiera	72
Presupuesto de inversión	73
Indicadores financieros	73
Impacto Operativo y en el Cliente	74
Toma de Decisiones y Recomendaciones	76
VII. Conclusiones	78
VIII. Referencias	80
IX. Apéndices	83
Apéndice A. Instrumento de recolección de datos	84
Apéndice B. Base de datos utilizada para la simulación	84
X. Anexos	87

Índice de tablas

Tabla 1. Variables consideradas para el análisis del sistema	38
Tabla 2. Análisis FODA del área de imagenología	44
Tabla 3. Variables operativas consideradas para el análisis del sistema de atención en imagenología	50
Tabla 4. Capacidad teórica máxima del área de imagenología	51
Tabla 5. Comparación entre capacidad instalada y producción actual del sistema	52
Tabla 6. Distribución de pacientes por tipo de estudio	54
Tabla 7. Recursos disponibles en el área de imagenología	55
Tabla 8. Tiempos de espera registrados por estudio	56
Tabla 9. Variables utilizadas en el modelo de simulación	56
Tabla 10. Indicadores del escenario actual	57
Tabla 11. Fragmento de la base de datos utilizada para la simulación del sistema de atención en el área de imagenología.	58
Tabla 12. Presupuesto de inversión	76
Tabla 13. Indicadores Financieros	76
Tabla 14. Bitácora de Enfermería	89

Índice de figuras

Figura 1. Estructura organizacional simplificada del Hospital Vivian Pellas	41
Figura 2. Flujo general del proceso de atención en imagenología.	47
Figura 3. Modelo de simulación desarrollado en Arena para el área de imagenología.	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 4. Sala de espera area de imagenologia	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Sala de Ultrasonido	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. Sala de Rayos X	90
Figura 7. Pasillos internos del área	91
Figura 8. Estación de enfermería interna	92
Figura 9. Área de toma de signos vitales	93
Figura 10. Realización de Ultrasonido	93
Figura 11. Área de transcripción de estudios	94
Figura 12. Realización de Rayos X	94
Figura 13. Realización de Mamografía	95

I. Introducción

En la actualidad, las organizaciones de salud enfrentan el desafío constante de brindar servicios oportunos y de calidad a una población cada vez más exigente y con mayores necesidades de atención médica. El crecimiento de la demanda de servicios sanitarios, sumado a la necesidad de optimizar recursos humanos, tecnológicos y financieros, ha impulsado a las instituciones hospitalarias a buscar estrategias que permitan mejorar su desempeño operativo sin comprometer la calidad de la atención ofrecida a los pacientes. En este contexto, la aplicación de herramientas de ingeniería industrial se ha convertido en un elemento fundamental para analizar, evaluar y optimizar los procesos que se desarrollan dentro de las organizaciones de salud (Zhang, 2018; Vázquez-Serrano et al., 2021).

Los hospitales son sistemas complejos en los que interactúan múltiples procesos, recursos y actores de manera simultánea. La eficiencia de cada uno de estos componentes influye directamente en la calidad del servicio percibida por el paciente. Entre los principales indicadores de desempeño en los servicios hospitalarios se encuentran los tiempos de espera, la utilización de recursos, la capacidad de atención y el flujo de pacientes. Cuando alguno de estos elementos presenta deficiencias, pueden generarse congestiones, retrasos y una disminución en la satisfacción de los usuarios, afectando tanto la experiencia del paciente como el rendimiento operativo de la institución (Jun et al., 1999; Zhang, 2018).

Dentro de los servicios hospitalarios, el área de imagenología desempeña un papel esencial en el proceso de diagnóstico médico. Los estudios de imagen permiten a los profesionales de la salud obtener información precisa sobre el estado de los pacientes, facilitando la identificación, seguimiento y tratamiento de diversas patologías. Debido a su importancia dentro de la atención médica, resulta indispensable que este servicio funcione de manera eficiente y garantice tiempos de respuesta adecuados para contribuir al proceso de toma de decisiones clínicas.

El área de imagenología suele atender pacientes provenientes de diferentes servicios hospitalarios, incluyendo consulta externa, hospitalización y emergencias. Esta diversidad de

fuentes de demanda genera una dinámica operativa compleja caracterizada por variaciones en los volúmenes de pacientes, diferencias en los niveles de prioridad y una utilización intensiva de equipos especializados. Como consecuencia, pueden presentarse problemas relacionados con la gestión de colas, asignación de recursos y tiempos de espera prolongados, especialmente cuando la capacidad operativa disponible no se encuentra alineada con la demanda existente (Luo et al., 2018; Singla, 2020).

El Hospital Vivian Pellas constituye una de las instituciones privadas de salud más importantes de Nicaragua, destacándose por ofrecer servicios médicos especializados apoyados por tecnología moderna y personal altamente capacitado. Dentro de su estructura organizacional, el área de imagenología forma parte de los servicios diagnósticos y tiene la responsabilidad de realizar diversos estudios médicos que contribuyen al diagnóstico y tratamiento de los pacientes. Entre los principales procedimientos realizados se encuentran los ultrasonidos, radiografías, mamografías y tomografías, los cuales representan una parte fundamental de la atención brindada por la institución.

A pesar de contar con infraestructura tecnológica adecuada y personal especializado, el análisis preliminar realizado en el área de imagenología permitió identificar situaciones que afectan el desempeño operativo del servicio. Entre las principales problemáticas observadas se encuentran la coexistencia de pacientes programados y pacientes provenientes del área de emergencias dentro del mismo flujo de atención, la ausencia de mecanismos formales de priorización, la falta de un sistema estructurado de gestión de colas y la variabilidad en la llegada de pacientes durante la jornada laboral. Estas condiciones pueden generar acumulación de usuarios en determinadas etapas del proceso, incrementando los tiempos de espera y disminuyendo la eficiencia general del sistema.

La reducción de los tiempos de espera constituye uno de los principales objetivos de mejora dentro de los servicios de salud, ya que estos influyen directamente en la percepción de calidad del paciente y en el aprovechamiento de los recursos institucionales. Sin embargo, la implementación de cambios operativos dentro de un hospital puede resultar compleja debido a la naturaleza crítica de los servicios prestados. Por esta razón, se requiere el uso de herramientas

que permitan evaluar alternativas de mejora sin afectar el funcionamiento real del sistema (Cocchi et al., 2020).

Una de las metodologías más utilizadas para el análisis de sistemas complejos es la simulación de eventos discretos. Esta técnica permite representar el comportamiento dinámico de un sistema mediante modelos computacionales que reproducen las condiciones operativas observadas en la realidad. A través de la simulación es posible identificar cuellos de botella, evaluar la utilización de recursos, analizar tiempos de espera y estudiar diferentes escenarios de mejora antes de implementar cambios en el entorno real (Banks et al., 2010; Law, 2015; Zhang, 2018).

El software Arena es una de las herramientas más reconocidas para el desarrollo de modelos de simulación de eventos discretos debido a su capacidad para representar procesos complejos, gestionar recursos y analizar el comportamiento de sistemas bajo diferentes condiciones operativas. Su aplicación en entornos hospitalarios ha permitido apoyar la toma de decisiones relacionadas con la optimización de procesos, distribución de recursos y mejora de la calidad del servicio.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito optimizar el sistema de atención del área de imagenología del Hospital Vivian Pellas mediante la aplicación de técnicas de simulación de sistemas. Para ello, se realizó la recopilación y análisis de datos operativos del servicio, la caracterización de los procesos involucrados, la construcción de un modelo de simulación utilizando Arena y la evaluación de escenarios orientados a reducir los tiempos de espera de los pacientes y mejorar el desempeño operativo del área.

El desarrollo de este estudio busca aportar una herramienta de apoyo para la toma de decisiones dentro del hospital, proporcionando información cuantitativa que permita identificar oportunidades de mejora y evaluar posibles estrategias de optimización. Asimismo, la investigación contribuye a demostrar la aplicabilidad de las herramientas de ingeniería industrial en el sector salud, particularmente en la gestión y mejora de procesos hospitalarios.

II. Objetivos

2.1 Objetivo general

Analizar la capacidad de atención en imagenología del Hospital Vivian Pellas mediante simulación de sistemas para evaluar el desempeño operativo y reducir los tiempos de espera de los pacientes

2.2 Objetivos específicos

1. Recopilar información del sistema de atención mediante técnicas de observación y registro de datos para garantizar la confiabilidad de los datos utilizados en el modelo de simulación.

2. Describir los procesos operativos del área de imagenología, identificando recursos y flujo de pacientes para comprender el funcionamiento actual del sistema de atención.

3. Evaluar el comportamiento del sistema de atención mediante la modelación y simulación de escenarios para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora en el servicio.

4. Proponer alternativas de mejora basadas en los resultados obtenidos de la simulación del sistema para optimizar el uso de recursos y reducir los tiempos de espera de los pacientes.

III. Marco referencial

El marco referencial constituye el fundamento teórico que sustenta el desarrollo del presente estudio, permitiendo comprender los principales conceptos, enfoques y antecedentes relacionados con el sistema de atención en el área de imagenología. En el contexto de los servicios de salud, la imagenología desempeña un papel fundamental en el diagnóstico oportuno de enfermedades, siendo un área altamente demandada que requiere una adecuada gestión de sus recursos y procesos para garantizar eficiencia y calidad en la atención.

Diversos estudios han evidenciado que los problemas en los servicios de imagenología no se deben únicamente a la falta de recursos, sino principalmente a deficiencias en la organización del flujo de atención, la ausencia de protocolos, la inadecuada planificación de los recursos y la falta de herramientas tecnológicas para la gestión del sistema. Estas situaciones generan saturación del servicio, largos tiempos de espera y una disminución en la calidad percibida por los pacientes (Luo et al., 2018; Vázquez-Serrano et al., 2021).

En este sentido, el análisis de la literatura permite identificar factores clave que influyen en el desempeño del sistema, tales como la gestión de colas, la eficiencia operativa, la planificación del departamento y el uso adecuado de los recursos disponibles. Asimismo, se destacan enfoques orientados a la mejora del flujo de pacientes mediante la implementación de modelos organizativos y herramientas tecnológicas que optimizan la atención (Jun et al., 1999; Zhang, 2018).

A partir de estos elementos, el presente marco referencial se estructura en subtemas que abordan los fundamentos de la imagenología, la problemática de la gestión del flujo de atención, la optimización de recursos en servicios hospitalarios y la aplicación de herramientas tecnológicas para la mejora del sistema, los cuales servirán como base para el desarrollo del modelo de simulación propuesto.

Fundamentos de la imagenología en los servicios de salud

Tapia Murillo, Buenaños Mosquera y Palacios Hurtado (2024) señalan que la imagenología constituye una especialidad médica fundamental para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, al permitir la visualización interna del cuerpo sin recurrir a procedimientos invasivos. Asimismo, destacan que esta área ha experimentado una evolución significativa a lo largo del tiempo, incrementando su precisión y efectividad en el ámbito clínico. No obstante, el estudio evidencia que en contextos como el municipio de Quibdó persisten limitaciones importantes relacionadas con la falta de recursos, infraestructura y tecnología, lo que afecta directamente la accesibilidad, disponibilidad y calidad de los servicios de imagenología. Estas condiciones se asocian a factores como la baja inversión, la limitada capacitación del personal y las condiciones geográficas, generando un impacto negativo en la atención médica y en la oportunidad del diagnóstico (Tapia Murillo et al., 2024).

Desde una perspectiva analítica, este aporte resulta relevante al proporcionar una base conceptual clara sobre la importancia de la imagenología en los servicios de salud; sin embargo, su enfoque se mantiene en un nivel descriptivo general, sin profundizar en aspectos técnicos y operativos que influyen en la eficiencia del sistema, tales como la gestión del flujo de pacientes, la organización del servicio o los tiempos de atención. En este sentido, si bien el estudio reconoce la evolución y relevancia de la imagenología, no aborda de manera específica cómo estos avances impactan en indicadores clave como el rendimiento del sistema o la reducción de los tiempos de espera.

En relación con el presente proyecto, este estudio permite establecer que la problemática en los servicios de imagenología no se limita únicamente a la disponibilidad de recursos, sino que también está vinculada a factores de gestión y organización del sistema. Esto resulta especialmente pertinente para el análisis del área de imagenología del Hospital Vivian Pallas, donde, a pesar de contar con infraestructura y tecnología, se presentan dificultades en la gestión del flujo de pacientes y en la eficiencia operativa. Por tanto, este referente teórico refuerza la necesidad de incorporar herramientas de modelación y simulación que permitan analizar el

comportamiento del sistema, optimizar el uso de los recursos disponibles y reducir los tiempos de espera, contribuyendo así a mejorar la calidad del servicio.

Problemas en el flujo de atención en imagenología

Peralta Santos (2022) desarrolla un Plan de Gestión Gerencial orientado al mejoramiento del flujograma de atención en el Departamento de Imagenología del Hospital Santa Inés de Cuenca, con el propósito de optimizar la calidad del servicio en áreas como radiología, tomografía, ecografía, resonancia magnética, densitometría ósea y mamografía. El estudio identifica la presencia de “nudos críticos” dentro del flujo de atención, los cuales afectan directamente la eficiencia operativa y la calidad de la atención brindada a los pacientes. A través de un análisis situacional que considera la oferta, la demanda y la demanda insatisfecha, se evidencia la necesidad de reorganizar el proceso de atención mediante un flujograma estructurado. Como resultado, se propone una alternativa de solución que permite mejorar la gestión de los procesos internos, contribuyendo al fortalecimiento administrativo y operativo del servicio de imagenología (Peralta Santos, 2022).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta especialmente relevante al demostrar que los problemas en los servicios de imagenología no necesariamente se originan por la falta de recursos, sino por una inadecuada organización del flujo de atención. La identificación de nudos críticos dentro del proceso evidencia cómo la desarticulación en la secuencia de actividades puede generar retrasos, ineficiencias y una disminución en la calidad del servicio, incluso en instituciones que cuentan con infraestructura y personal. En este sentido, el aporte principal del estudio radica en destacar la importancia de la gestión de procesos como elemento clave para mejorar el desempeño del sistema.

En relación con el presente proyecto, este referente teórico guarda una estrecha vinculación con la problemática identificada en el área de imagenología del Hospital Vivian Pallas, donde la falta de organización en el flujo de pacientes, la mezcla de casos de emergencia con pacientes programados y la ausencia de una secuencia clara de atención generan tiempos de espera prolongados y afectan la eficiencia del sistema. De esta manera, el estudio de Peralta

Santos (2022) respalda la necesidad de rediseñar el flujo de atención y aplicar herramientas de análisis, como la simulación de sistemas, que permitan identificar cuellos de botella y proponer mejoras orientadas a optimizar la capacidad de servicio y reducir los tiempos de espera.

A partir de lo anterior, Rodríguez Mera (2022) desarrolla un plan de gestión gerencial enfocado en el proceso de selección adecuada de estudios de imagen radiológica en el Hospital de Especialidades Portoviejo, institución de nivel 3 que atiende una alta demanda de pacientes. El estudio analiza los procesos de derivación de solicitudes desde las áreas de medicina general y especialidades, mediante una metodología de tipo observacional apoyada en fichas de observación y encuestas estructuradas. Entre los principales hallazgos se identifica la inexistencia de protocolos de atención en el servicio de radiología, así como una insuficiencia de personal para cubrir la demanda de estudios, lo cual afecta directamente la calidad de la atención y limita la optimización de los recursos tecnológicos disponibles. En consecuencia, se concluye que la falta de lineamientos organizativos impacta negativamente en el funcionamiento del sistema de atención (Rodríguez Mera, 2022).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta particularmente relevante al evidenciar que la eficiencia en los servicios de imagenología no depende únicamente de la disponibilidad de tecnología, sino de la existencia de una estructura organizativa que regule su uso. La ausencia de protocolos de atención genera desorden en los procesos, incrementa la variabilidad en la prestación del servicio y dificulta el aprovechamiento adecuado de los recursos. Asimismo, el estudio resalta una problemática común en los sistemas de salud: la alta demanda de servicios frente a recursos limitados, lo cual exige una adecuada planificación y gestión para garantizar la eficiencia operativa.

En relación con el presente proyecto, este referente teórico se vincula directamente con la problemática identificada en el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas, donde la falta de organización en el flujo de atención y la ausencia de criterios estructurados para la priorización de pacientes contribuyen a la generación de tiempos de espera prolongados. De igual forma, la disponibilidad limitada de personal especializado y la dependencia de recursos compartidos con otras áreas reflejan una situación similar a la descrita en el estudio. Por tanto, este aporte

refuerza la necesidad de implementar mecanismos de organización, tales como protocolos de atención y herramientas de simulación de sistemas, que permitan optimizar el uso de los recursos y mejorar el desempeño del servicio de imagenología.

De manera similar, Huaranca Romani (2024) desarrolla un estudio orientado a la optimización del proceso de atención en el área de citas del Hospital Regional de Ica mediante la implementación de un sistema de gestión de colas. La propuesta se basa en el uso de metodologías ágiles, específicamente SCRUM, para el desarrollo de una solución tecnológica que permita organizar la asignación de turnos y mejorar la planificación del servicio. A través de herramientas como el Product Backlog y la plataforma Trello, se estructuró el proceso de implementación del sistema, logrando como resultado una reducción significativa de las colas, una mejora en la eficiencia del servicio y una mayor organización en la atención de los pacientes. Asimismo, la introducción de un sistema de tickets permitió eliminar prácticas informales dentro del proceso, fortaleciendo la transparencia y el control en la gestión de citas médicas (Huaranca Romani, 2024).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta altamente relevante al evidenciar que la incorporación de herramientas tecnológicas en la gestión de servicios hospitalarios puede generar mejoras significativas en la eficiencia operativa sin necesidad de incrementar los recursos físicos disponibles. En este sentido, el principal aporte radica en demostrar que la optimización del flujo de atención puede lograrse mediante la organización estructurada de los procesos y el uso de sistemas digitales que regulen la secuencia de atención. Este enfoque resulta especialmente valioso en el ámbito de la ingeniería industrial, ya que integra elementos de tecnología, gestión de procesos y mejora continua para optimizar el desempeño del sistema.

En relación con el presente proyecto, este referente teórico guarda una estrecha relación con la problemática identificada en el área de imagenología del Hospital Vivian Pallas, donde la falta de un sistema organizado de atención genera desorden en el flujo de pacientes, mezcla de prioridades y tiempos de espera prolongados. La implementación de un sistema de gestión de colas, como el propuesto por Huaranca Romani (2024), representa una alternativa viable para estructurar la atención, establecer criterios claros de priorización y mejorar la percepción del

servicio por parte de los pacientes. Asimismo, este enfoque se complementa con el uso de herramientas de simulación, permitiendo evaluar previamente el impacto de dichas mejoras en indicadores como el tiempo de espera y la utilización de los recursos.

En la misma línea, Alvarado Sánchez (2017) propone un modelo de gestión por procesos en el servicio de imagenología del Hospital Teodoro Maldonado Carbo de Guayaquil, partiendo de la premisa de que los servicios de radiología constituyen estructuras complejas dentro del sistema de salud, debido a que dependen de la demanda generada por otras áreas clínicas y no cuentan con pacientes propios. En este sentido, el estudio destaca que el tiempo de atención y la entrega oportuna de resultados son factores críticos para el adecuado funcionamiento del servicio. A través de un análisis situacional, se identificó la ausencia de una estructura organizacional que permita la correcta interacción entre el recurso humano y tecnológico, lo cual ha generado un sistema de atención desorganizado y con deficiencias en la calidad del servicio. Como respuesta a esta problemática, se desarrolla una propuesta basada en la gestión por procesos, incorporando herramientas como el cuadro de mando integral para establecer indicadores de desempeño que permitan el monitoreo, control y mejora continua del servicio (Alvarado Sánchez, 2017).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta relevante al evidenciar la importancia de una adecuada estructura organizativa en el funcionamiento de los servicios de imagenología, resaltando que la eficiencia del sistema no depende únicamente de la disponibilidad de recursos tecnológicos, sino de la forma en que estos son gestionados e integrados con el recurso humano. Aunque el enfoque del estudio presenta un componente formativo y organizacional más amplio, su aporte principal radica en destacar la necesidad de establecer procesos definidos, indicadores de control y mecanismos de evaluación continua para mejorar el desempeño del sistema. En este sentido, permite comprender que la falta de organización puede generar un servicio caótico, incluso cuando existen los recursos necesarios.

En relación con el presente proyecto, este referente teórico se vincula directamente con la problemática identificada en el área de imagenología del Hospital Vivian Pallas, donde la ausencia de una estructura clara en el flujo de atención, la mezcla de pacientes de diferentes

prioridades y la dependencia de recursos compartidos con otras áreas afectan la eficiencia operativa del servicio. La propuesta de gestión por procesos planteada por Alvarado Sánchez (2017) refuerza la necesidad de organizar y estandarizar los procesos de atención, así como de establecer indicadores que permitan medir el desempeño del sistema. De esta manera, se justifica la aplicación de herramientas de simulación que permitan analizar el comportamiento del sistema actual y proponer mejoras orientadas a optimizar el flujo de pacientes y reducir los tiempos de espera.

Gestión y uso de recursos en servicios de imagenología

Bridón Martínez, Crespo Vega, Álvarez Barreras y González Abreu (2016) abordan el desarrollo de indicadores estadísticos para un Sistema de Información Radiológica (RIS) en el Centro de Informática Médica (CESIM), destacando la importancia de la gestión de la información en los departamentos de diagnóstico por imágenes. El estudio señala que, aunque los sistemas RIS facilitan la recolección y procesamiento de datos, presentan limitaciones cuando no cuentan con indicadores suficientes, representaciones gráficas adecuadas ni estandarización en los reportes generados. Estas deficiencias dificultan el análisis integral del desempeño del sistema, limitando la capacidad de monitorear variables claves relacionadas con la eficiencia operativa, la utilización de recursos y los tiempos de atención (Bridón Martínez et al., 2016).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta fundamental al evidenciar que la eficiencia en los servicios de imagenología no solo depende de la disponibilidad de recursos físicos y humanos, sino también de la capacidad del sistema para generar, organizar y analizar información relevante. La falta de indicadores adecuados y de herramientas de visualización limita la toma de decisiones basada en datos, lo cual puede contribuir a problemas como la saturación del servicio, retrasos en la atención y un uso ineficiente de los recursos disponibles. En este sentido, el estudio resalta la importancia de contar con sistemas de información bien estructurados como base para la planificación y mejora continua de los procesos (Singla, 2020).

En relación con el presente proyecto, este referente teórico se vincula directamente con la necesidad de medir y analizar el desempeño del sistema de atención en el área de

imagenología del Hospital Vivian Pellas. La ausencia de información estructurada o de indicadores claros puede dificultar la identificación de problemas como los tiempos de espera prolongados, la congestión del servicio o la baja utilización de ciertos recursos. Por tanto, el aporte de Bridón Martínez et al. (2016) refuerza la importancia de definir y utilizar indicadores de desempeño dentro del modelo de simulación propuesto, permitiendo evaluar de manera objetiva el impacto de las mejoras planteadas en el flujo de atención y en la optimización de la capacidad del servicio.

De manera similar, Jiménez-Rodríguez, Ospina y Berrio (2023), en concordancia con los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud, señalan que el rendimiento del sistema de atención en los servicios de diagnóstico por imagen está estrechamente vinculado al uso adecuado, seguro y justificado de los recursos disponibles. En este sentido, destacan que la eficiencia del servicio no depende exclusivamente de la cantidad de equipos tecnológicos, sino de su correcta utilización mediante la implementación de protocolos clínicos que eviten la realización de estudios innecesarios y reduzcan riesgos para los pacientes. Asimismo, se resalta la importancia del personal capacitado, ya que su conocimiento y experiencia permiten realizar diagnósticos más precisos en menor tiempo, lo cual contribuye a optimizar el flujo de pacientes, reducir la saturación del sistema y mejorar la calidad de la atención brindada (Jiménez-Rodríguez et al., 2023).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta especialmente relevante al establecer una relación directa entre la disponibilidad de recursos y el rendimiento del sistema de atención, enfatizando que la eficiencia operativa depende en gran medida de la forma en que dichos recursos son gestionados. El principal aporte del documento radica en evidenciar que una adecuada organización, respaldada por protocolos clínicos y personal capacitado, puede mejorar significativamente el desempeño del servicio sin necesidad de incrementar la inversión en infraestructura. De esta manera, se refuerza la idea de que los problemas de saturación y tiempos de espera no siempre responden a la falta de recursos, sino a deficiencias en su utilización.

En relación con el presente proyecto, este referente teórico se vincula directamente con la problemática identificada en el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas, donde la

mezcla de pacientes, la falta de organización en el flujo de atención y la limitada disponibilidad de personal especializado afectan la eficiencia del sistema. El planteamiento de Jiménez-Rodríguez et al. (2023) respalda la necesidad de implementar mecanismos de gestión, como la definición de protocolos de atención y la optimización del uso de los recursos, que permitan mejorar el rendimiento del servicio. Asimismo, este enfoque se complementa con el uso de herramientas de simulación, las cuales facilitan el análisis del impacto de estas mejoras en indicadores clave como los tiempos de espera y la utilización de los recursos.

Considerando lo expuesto, Arellano Gago y Paucar Martínez (2021), en línea con los lineamientos de organismos internacionales como la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), destacan que el rendimiento del sistema de atención en los servicios de imagenología depende en gran medida de una adecuada planificación y diseño del departamento. En este sentido, señalan que la correcta distribución de los recursos físicos, tecnológicos y humanos permite mejorar la productividad del servicio y reducir significativamente los tiempos de espera. Asimismo, se indica que un sistema bien organizado facilita un flujo continuo de pacientes, evitando la formación de cuellos de botella y la sobrecarga en áreas específicas. De igual forma, cuando los recursos son planificados en función de la demanda real del servicio, se logra un mayor aprovechamiento de los equipos y del personal, lo que incrementa la eficiencia operativa y garantiza una atención más rápida y de mejor calidad (Arellano Gago & Paucar Martínez, 2021).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta especialmente relevante al evidenciar la relación directa entre la planificación organizativa y el desempeño del sistema de atención en imagenología. Su principal aporte radica en demostrar que una adecuada organización del servicio permite optimizar el flujo de pacientes y reducir los tiempos de espera, sin necesidad de incrementar los recursos disponibles. En este sentido, se refuerza la idea de que la eficiencia operativa depende en gran medida de la forma en que se estructuran y gestionan los recursos dentro del sistema, lo cual resulta fundamental para el análisis de procesos en el ámbito de la ingeniería industrial.

En relación con el presente proyecto, este referente teórico se vincula directamente con la problemática identificada en el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas, donde la falta

de organización en el flujo de atención y la mezcla de pacientes de diferentes prioridades generan congestión y retrasos en la prestación del servicio. El planteamiento de Arellano Gago y Paucar Martínez (2021) respalda la necesidad de rediseñar el sistema de atención mediante una adecuada planificación y distribución de los recursos, con el fin de mejorar la continuidad del flujo de pacientes y reducir los tiempos de espera. Asimismo, este enfoque se complementa con la aplicación de herramientas de simulación, que permitirán evaluar el impacto de diferentes escenarios de organización del sistema sobre indicadores clave como la eficiencia operativa y la capacidad de atención.

Tecnologías y gestión de colas en la atención hospitalaria

Lino Asencio (2021) analiza la mejora de los procesos de atención en el servicio de imagenología del Hospital de Especialidades Dr. Abel Gilbert Pontón, destacando que los tiempos de espera en los sistemas de atención están estrechamente relacionados con la gestión adecuada de la demanda. En concordancia con lineamientos internacionales, se señala que la realización de estudios diagnósticos innecesarios incrementa la carga del sistema, generando congestión y prolongando los tiempos de espera para los pacientes que realmente requieren atención. Asimismo, el estudio resalta la importancia de implementar protocolos clínicos y mecanismos de priorización que permitan organizar el flujo de pacientes, optimizando la atención y reduciendo las colas en servicios de alta demanda como la radiología (Lino Asencio, 2021).

Desde una perspectiva analítica, este estudio resulta particularmente relevante al evidenciar que la saturación de los servicios de imagenología no siempre se debe a la falta de recursos físicos o tecnológicos, sino a deficiencias en la gestión del sistema, especialmente en la regulación de la demanda. El principal aporte del documento radica en destacar que la ausencia de criterios claros para la realización de estudios y la falta de priorización adecuada pueden generar sobrecarga en el sistema, afectando directamente los tiempos de espera y la eficiencia operativa. En este sentido, se plantea una visión más estratégica del problema, donde la optimización del servicio depende tanto de la organización como del control en el uso de los recursos disponibles.

En relación con el presente proyecto, este referente teórico se vincula directamente con la problemática identificada en el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas, donde la falta de organización en la atención y la mezcla de pacientes de diferentes prioridades contribuyen a la generación de tiempos de espera prolongados. La propuesta de Lino Asencio (2021) refuerza la necesidad de establecer mecanismos de control y priorización dentro del sistema, con el fin de optimizar el flujo de pacientes y reducir la congestión del servicio. Asimismo, este enfoque se complementa con la aplicación de herramientas de simulación, que permitirán evaluar el impacto de diferentes escenarios de gestión de la demanda sobre indicadores clave como el tiempo de espera y la capacidad de atención del sistema.

IV. Marco Metodológico

La optimización de los procesos dentro de las instituciones hospitalarias es un aspecto fundamental para garantizar una gestión eficiente de los recursos y ofrecer servicios de salud de calidad. En el contexto actual, los hospitales enfrentan una creciente demanda de atención médica, lo que hace necesario implementar herramientas y metodologías que permitan analizar, evaluar y mejorar el funcionamiento de sus diferentes áreas. Dentro de este entorno, el departamento de imagenología cumple un papel esencial en el proceso de diagnóstico clínico, ya que proporciona información médica clave mediante estudios especializados como radiografías, tomografías computarizadas, resonancias magnéticas y ultrasonidos, los cuales permiten a los profesionales de la salud tomar decisiones oportunas sobre el tratamiento de los pacientes.

El adecuado desempeño de los servicios de imagenología influye directamente en la eficiencia del flujo de atención hospitalaria, debido a que los resultados generados en esta área constituyen un elemento fundamental para el diagnóstico y seguimiento de diversas enfermedades. Sin embargo, la gestión de estos servicios puede presentar diferentes dificultades asociadas a la complejidad de los procesos, la coordinación entre el personal médico y técnico, la disponibilidad de equipos especializados y el incremento constante en la demanda de estudios diagnósticos. Estas condiciones pueden provocar retrasos en la atención, tiempos prolongados de espera, congestión en el flujo de pacientes y una utilización ineficiente de los recursos disponibles, lo cual repercute tanto en la experiencia del paciente como en el desempeño operativo del hospital.

Ante esta situación, resulta necesario aplicar enfoques analíticos que permitan comprender y evaluar el comportamiento de los procesos dentro del departamento de imagenología. En este sentido, las técnicas de simulación computacional representan una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito de la ingeniería industrial para el estudio de sistemas complejos. A través de la simulación es posible modelar el funcionamiento de los procesos, representar el flujo de pacientes, analizar la interacción entre los recursos humanos y tecnológicos, y evaluar el impacto de diferentes variables que influyen en la prestación del servicio.

El uso de modelos de simulación permite identificar cuellos de botella, ineficiencias operativas y oportunidades de mejora dentro del sistema de atención de imagenología. Asimismo, facilita el análisis de distintos escenarios que pueden contribuir a optimizar la asignación de recursos, mejorar la programación de los estudios diagnósticos, reducir los tiempos de espera de los pacientes y aumentar la capacidad de atención del servicio. Estas mejoras no solo favorecen la eficiencia operativa del hospital, sino que también contribuyen a mejorar la calidad del servicio brindado y la satisfacción de los usuarios.

En este contexto, la presente investigación propone el desarrollo de una metodología basada en simulación computacional orientada al análisis y mejora de los procesos de atención del departamento de imagenología de un hospital. El objetivo principal es modelar el funcionamiento actual del sistema, identificar los factores que afectan su desempeño y evaluar posibles estrategias de optimización que permitan mejorar la eficiencia del servicio. De esta manera, se busca generar información que apoye la toma de decisiones en la gestión hospitalaria y contribuya al fortalecimiento de los procesos dentro del área de imagenología, promoviendo una atención médica más eficiente, oportuna y centrada en las necesidades de los pacientes.

Enfoque y Tipo de Investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, ya que se basa en el análisis de variables medibles y en el uso de herramientas de modelación computacional para representar el funcionamiento de sistemas complejos. En el ámbito de la ingeniería, el enfoque cuantitativo permite describir los sistemas mediante variables, ecuaciones y algoritmos que facilitan la simulación de su comportamiento y el análisis de diferentes escenarios operativos. Además, los avances recientes en el modelado de sistemas han fortalecido el uso de datos y modelos computacionales para representar con mayor precisión el comportamiento de sistemas reales, convirtiendo la simulación en una herramienta fundamental para el análisis y la toma de decisiones en entornos dinámicos (Li et al., 2022).

En este contexto, la simulación computacional constituye uno de los principales instrumentos metodológicos dentro del enfoque cuantitativo, ya que permite analizar sistemas

sin necesidad de intervenir directamente en el entorno real. Diversos estudios destacan que los modelos de simulación permiten experimentar con diferentes configuraciones del sistema, evaluar su desempeño y analizar posibles mejoras antes de su implementación en la práctica (Wagg & Worden, 2020). En el caso de la presente investigación, esta herramienta se aplica para modelar y analizar el funcionamiento de los procesos del departamento de imagenología del Hospital Vivian Pellas, con el propósito de identificar oportunidades de mejora en la gestión del flujo de pacientes y en la utilización de los recursos disponibles.

Asimismo, la investigación se clasifica como un estudio de tipo aplicado y de desarrollo tecnológico, debido a que busca resolver un problema real mediante la implementación de una herramienta de simulación que permita optimizar los procesos del sistema analizado. El alcance del estudio es descriptivo y analítico, ya que se pretende describir el funcionamiento actual del sistema de imagenología y analizar las variables que influyen en su desempeño operativo. Finalmente, la investigación presenta una orientación temporal transversal, dado que el análisis del sistema se realiza con base en datos correspondientes a un período específico de operación del servicio.

Unidad de Análisis y Delimitación del Sistema

La unidad de análisis de la presente investigación corresponde a los procesos operativos desarrollados en el departamento de imagenología del Hospital Vivian Pellas, específicamente aquellos relacionados con la atención de pacientes que requieren la realización de estudios diagnósticos. El sistema objeto de estudio comprende el flujo de actividades que se inicia con la llegada del paciente al área de imagenología, continúa con las etapas de registro y preparación, la realización del estudio diagnóstico y finaliza con la salida del paciente una vez concluido el procedimiento.

Para efectos del modelado mediante simulación, se consideran como elementos principales del sistema el flujo de pacientes, el personal técnico encargado de la realización de los estudios, los equipos de diagnóstico disponibles y las áreas operativas involucradas en el proceso, tales como el área de registro, la sala de espera y las salas de estudio. Asimismo, el

modelo incorpora variables relevantes que influyen en el desempeño del sistema, entre las que destacan la tasa de llegada de pacientes, los tiempos de espera, la duración de los estudios diagnósticos, la disponibilidad de los equipos y la disponibilidad del personal encargado de la atención.

Entre estas variables, los tiempos de espera de los pacientes, la duración de los procedimientos y la disponibilidad de recursos técnicos y humanos se consideran variables críticas, debido a que influyen directamente en la eficiencia del servicio y en la capacidad de atención del departamento de imagenología.

Por otra parte, el alcance del estudio se limita exclusivamente a los procesos internos del área de imagenología, por lo que quedan fuera del modelo otros procesos hospitalarios que no forman parte directa del flujo operativo del servicio, tales como las consultas médicas previas, la interpretación clínica de los resultados y las decisiones terapéuticas posteriores al diagnóstico. Esta delimitación permite concentrar el análisis en los factores que afectan directamente la eficiencia del sistema y facilita la construcción de un modelo de simulación orientado a la optimización de los procesos del servicio.

Técnicas de Recolección y Análisis de Datos

En el presente apartado se describen las técnicas utilizadas para la obtención de información del sistema bajo estudio, así como el procedimiento aplicado para el tratamiento estadístico preliminar de los datos recopilados. La recolección de información constituye una etapa fundamental dentro del proceso de investigación, ya que permite obtener datos reales que reflejen el comportamiento del sistema analizado. En este caso particular, el estudio se centra en el funcionamiento del departamento de imagenología del Hospital Vivian Pellas, donde se realizan diversos procedimientos diagnósticos que requieren una adecuada gestión de recursos y tiempos de atención.

El objetivo principal de la recopilación de datos fue obtener información confiable que permitiera comprender la dinámica operativa del área de imagenología, identificar las variables que influyen en el flujo de pacientes y generar los parámetros necesarios para el desarrollo del

modelo de simulación del sistema. Para ello, se emplearon diferentes técnicas de recolección de datos que permitieron obtener una visión integral del proceso de atención dentro del departamento.

Las técnicas utilizadas incluyeron la observación directa del proceso, la revisión de registros históricos del hospital y el levantamiento de información en campo mediante instrumentos estructurados de registro. La combinación de estas herramientas permitió recopilar datos tanto cualitativos como cuantitativos relacionados con el funcionamiento del sistema.

Población y muestra

La población objeto de estudio estuvo conformada por los pacientes que requieren servicios de imagenología dentro del Hospital Vivian Pellas, incluyendo aquellos provenientes de consulta externa, hospitalización y emergencias. Debido a las características de la investigación y a las limitaciones en el acceso a información completa del sistema, se trabajó con una muestra de registros recopilados durante el período de análisis, los cuales permitieron representar el comportamiento operativo del área de imagenología.

El proceso de selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando los registros disponibles y la información necesaria para la construcción del modelo de simulación. Esta muestra proporcionó los datos requeridos para analizar variables como tiempos de llegada, tiempos de espera, tiempos de atención y flujo de pacientes, permitiendo desarrollar y validar el modelo de simulación utilizado en la investigación.

Observación directa del proceso

Una de las principales técnicas empleadas para la recopilación de información fue la observación directa dentro del área de imagenología. Esta técnica permitió analizar el comportamiento real del sistema, identificar cada una de las etapas que conforman el proceso de atención al paciente y registrar los tiempos asociados a cada actividad.

Durante el proceso de observación se realizó un seguimiento detallado del recorrido que realizan los pacientes desde su llegada al área de imagenología hasta la finalización del procedimiento diagnóstico. Este análisis permitió identificar las principales etapas del proceso, entre las que se encuentran el registro del paciente, la espera para la atención, la preparación previa al estudio, la realización del procedimiento diagnóstico y la salida del paciente del área.

Asimismo, la observación directa permitió identificar la interacción existente entre los diferentes recursos del sistema, tales como el personal médico, los técnicos especializados, los equipos de diagnóstico y las salas destinadas para la realización de los estudios. Esta información resulta fundamental para comprender la dinámica operativa del sistema y para identificar posibles puntos de congestión dentro del proceso de atención.

Durante las visitas al área de estudio se registraron diferentes variables relacionadas con el desempeño del sistema, tales como los tiempos de espera de los pacientes, la duración de los procedimientos, la disponibilidad de los equipos médicos y el flujo de pacientes que ingresan al departamento durante la jornada laboral. La recopilación de estos datos permitió construir una base de información que refleja el comportamiento real del sistema bajo condiciones normales de operación.

La observación directa se realizó mediante una guía estructurada de registro diseñada para recopilar información relacionada con los tiempos de llegada de los pacientes, tiempos de espera, tiempos de atención y utilización de los recursos disponibles dentro del área de imagenología. El proceso se desarrolló durante jornadas de observación previamente definidas, permitiendo registrar de forma sistemática el comportamiento operativo del sistema. La información obtenida fue utilizada posteriormente para la construcción de la base de datos y la parametrización del modelo de simulación.

Revisión de registros históricos

Otra de las técnicas utilizadas en el proceso de recolección de datos fue la revisión de registros históricos proporcionados por el hospital. Estos registros contienen información

relevante sobre la operación del departamento de imagenología, incluyendo el número de pacientes atendidos, los tipos de estudios realizados y la frecuencia con la que se utilizan los equipos de diagnóstico.

El análisis de esta información permitió identificar patrones en el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, tales como la variación en la demanda de servicios de imagenología, los períodos de mayor afluencia de pacientes y la carga de trabajo del personal médico y técnico. Esta información resulta especialmente útil para comprender la capacidad operativa del sistema y evaluar su desempeño en diferentes condiciones de demanda.

Además, los registros históricos permitieron complementar la información obtenida mediante observación directa, proporcionando datos cuantitativos que ayudan a validar el comportamiento del sistema y a estimar con mayor precisión las variables que serán utilizadas posteriormente en el modelo de simulación.

La información consultada permitió complementar los datos obtenidos durante el proceso de observación y levantamiento de información en campo, proporcionando una referencia sobre el comportamiento de los servicios de imagenología y las principales variables que influyen en su desempeño. Asimismo, el análisis de fuentes documentales y antecedentes relacionados con estudios similares contribuyó a la identificación de parámetros relevantes para la construcción del modelo de simulación y al fortalecimiento de la base técnica utilizada para el desarrollo de la investigación.

Levantamiento de información en campo

Con el propósito de obtener información adicional sobre el funcionamiento del sistema, se realizó un levantamiento de datos en campo mediante el uso de formatos estructurados diseñados específicamente para registrar la información relevante del proceso. Estos instrumentos permitieron recopilar datos relacionados con los tiempos de llegada de los pacientes, los tiempos de espera antes de ser atendidos, la duración de los estudios realizados y la disponibilidad de los recursos del sistema.

El uso de instrumentos estructurados de registro permitió organizar la información de manera sistemática, facilitando posteriormente su análisis y procesamiento. Cada registro incluyó información sobre la hora de llegada del paciente, el tipo de estudio realizado, el inicio y finalización del procedimiento diagnóstico y el tiempo total que el paciente permaneció dentro del área de imagenología.

Esta información fue registrada durante diferentes jornadas de observación con el fin de obtener una muestra representativa del comportamiento del sistema. De esta manera, se logró recopilar datos que reflejan las condiciones reales de operación del departamento de imagenología.

Organización y depuración de los datos

Una vez recopilada la información, se procedió a realizar un proceso de organización y depuración de los datos con el objetivo de garantizar su consistencia y confiabilidad. Para ello, los datos obtenidos mediante observación directa y registros históricos fueron ingresados en hojas de cálculo, lo que permitió estructurar la información de manera clara y ordenada.

Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de revisión detallada de los registros con el fin de identificar posibles errores, datos faltantes o valores inconsistentes que pudieran afectar la calidad de la información. En esta etapa se eliminaron registros incompletos y se corrigieron inconsistencias detectadas durante el proceso de verificación.

La depuración de los datos constituye una etapa fundamental dentro del análisis estadístico, ya que permite garantizar que la información utilizada en el estudio represente de manera adecuada el comportamiento real del sistema. De esta forma, se asegura que los resultados obtenidos posteriormente a partir del análisis de datos sean confiables y consistentes.

Tratamiento estadístico preliminar de los datos

Una vez finalizado el proceso de depuración, se realizó un tratamiento estadístico preliminar de la información recopilada. Este análisis tuvo como objetivo obtener medidas

descriptivas que permitan comprender el comportamiento de las variables del sistema y facilitar su posterior utilización en el modelo de simulación.

Entre las principales medidas estadísticas calculadas se encuentran el promedio, la mediana, la desviación estándar y la distribución de frecuencias de los tiempos registrados durante el proceso de atención. Estas medidas permiten identificar tendencias en los datos y analizar la variabilidad existente en los tiempos de espera y en la duración de los procedimientos realizados dentro del área de imagenología.

El análisis estadístico también permitió identificar las distribuciones probabilísticas que describen el comportamiento de las variables del sistema, tales como los tiempos de llegada de los pacientes y los tiempos de atención de los estudios diagnósticos. Estas distribuciones probabilísticas son utilizadas posteriormente como parámetros de entrada en el modelo de simulación.

Preparación de datos para el modelo de simulación

Finalmente, los datos procesados y analizados fueron utilizados para la construcción del modelo de simulación del sistema. El modelo fue desarrollado utilizando el software especializado de simulación Arena Simulation Software, el cual permite representar el comportamiento de sistemas complejos mediante la simulación de eventos discretos.

La información recopilada durante el proceso de recolección de datos fue utilizada para definir los parámetros de entrada del modelo, tales como las tasas de llegada de pacientes, los tiempos de atención de los diferentes estudios diagnósticos y la disponibilidad de los recursos del sistema. Estos parámetros permiten representar de manera realista el funcionamiento del departamento de imagenología dentro del modelo de simulación.

Mediante el uso de la simulación es posible analizar el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios operativos, identificar posibles cuellos de botella y evaluar alternativas orientadas a mejorar la eficiencia del proceso de atención. De esta manera, el modelo de simulación se convierte en una herramienta de apoyo para la toma de decisiones orientadas a

optimizar el funcionamiento del departamento de imagenología y mejorar la calidad del servicio brindado a los pacientes.

Con el fin de estructurar la información obtenida durante el proceso de recolección de datos, se identificaron las principales variables que influyen en el funcionamiento del sistema dentro del departamento de imagenología. Estas variables permiten analizar el flujo de pacientes, los tiempos asociados a cada etapa del proceso y la utilización de los recursos disponibles. En la siguiente tabla se presentan las variables consideradas para el análisis del sistema.

Tabla 1. *Variables consideradas para el análisis del sistema*

Variable	Descripción	Unidad de medida
Tiempo de llegada de pacientes	Intervalo entre la llegada de pacientes al área de imagenología	Minutos
Tiempo de espera	Tiempo transcurrido desde la llegada del paciente hasta el inicio del estudio	Minutos
Tiempo de atención	Duración del procedimiento diagnóstico realizado	Minutos
Capacidad del sistema	Número de equipos disponibles para realizar estudios	Equipos
Flujo de pacientes	Cantidad de pacientes atendidos durante una jornada	Pacientes/día

V. Contexto organizacional

Actualmente, el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas presenta una dinámica operativa caracterizada por una alta variabilidad en el flujo de pacientes provenientes de diferentes áreas del hospital, principalmente consulta externa y emergencias. Esta situación genera dificultades en la organización del proceso de atención, afectando los tiempos de espera y la utilización eficiente de los recursos disponibles.

Durante las observaciones preliminares realizadas en el área, se identificó que los principales puntos críticos se encuentran en las etapas de facturación, asignación de sala y espera para la realización del estudio, donde se producen acumulaciones de pacientes y retrasos en la atención. Asimismo, se observó que la mezcla de pacientes programados con pacientes de emergencia altera constantemente el flujo normal del sistema.

El área cuenta con diferentes recursos tecnológicos y espacios destinados a la realización de estudios diagnósticos; sin embargo, la ausencia de un sistema estructurado de priorización y gestión de colas dificulta la coordinación eficiente del servicio. De igual manera, la dependencia de personal proveniente de otras áreas hospitalarias influye en la disponibilidad del recurso humano y en la continuidad operativa del sistema.

Aunque actualmente no se dispone de indicadores cuantitativos definitivos relacionados con tiempos de proceso, capacidad instalada o niveles de utilización de recursos, las observaciones realizadas evidencian la existencia de cuellos de botella y tiempos de espera significativos dentro del proceso de atención. En este contexto, resulta necesaria la aplicación de herramientas de simulación computacional que permitan analizar el comportamiento del sistema, evaluar escenarios de mejora y optimizar el flujo de pacientes dentro del área de imagenología.

Característica General de la Organización

El Hospital Vivian Pellas pertenece al sector terciario de la economía, específicamente al subsector de servicios de salud privados, cuyo propósito principal es la prestación de servicios médicos integrales orientados a la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Este sector representa uno de los componentes más importantes dentro de la economía nacional y regional, debido a su impacto directo en el bienestar social, la productividad y la calidad de vida de la población.

Ubicado en la ciudad de Managua, Nicaragua, constituye una de las instituciones privadas de salud con mayor reconocimiento a nivel nacional. La organización ofrece una amplia variedad de servicios médicos especializados orientados a la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, integrando tecnología médica avanzada con personal altamente capacitado para garantizar una atención segura y de calidad a los pacientes.

La institución desarrolla sus actividades mediante la interacción coordinada de diversas áreas asistenciales, administrativas y de apoyo, las cuales contribuyen al cumplimiento de los objetivos organizacionales. Dentro de esta estructura, los servicios diagnósticos desempeñan un papel fundamental al proporcionar información clínica que permite apoyar el diagnóstico médico y la toma de decisiones terapéuticas oportunas.

Los hospitales privados desempeñan un papel fundamental dentro del sistema de salud, ya que complementan la atención brindada por el sector público mediante la oferta de servicios especializados, acceso a tecnología médica avanzada y una mayor capacidad de respuesta ante la demanda de atención médica. En este contexto, el Hospital Vivian Pellas opera como una organización compleja donde interactúan distintas áreas funcionales, médicas y administrativas para garantizar una atención integral y eficiente al paciente.

El giro de negocio del hospital se centra en la prestación de servicios de salud integrales, los cuales incluyen atención médica general y especializada, servicios de emergencia, hospitalización, intervenciones quirúrgicas y servicios diagnósticos. Dentro de estos últimos, el área de imagenología representa un componente estratégico para el apoyo al diagnóstico

médico, debido a que proporciona información fundamental para la toma de decisiones clínicas y el tratamiento oportuno de los pacientes.

La misión del Hospital Vivian Pellas consiste en brindar servicios de salud integrales con altos estándares de calidad, seguridad y eficiencia, mediante el uso de tecnología médica avanzada y personal altamente calificado, orientados a la atención oportuna y humanizada de los pacientes, contribuyendo al bienestar y la mejora de la calidad de vida de la población.

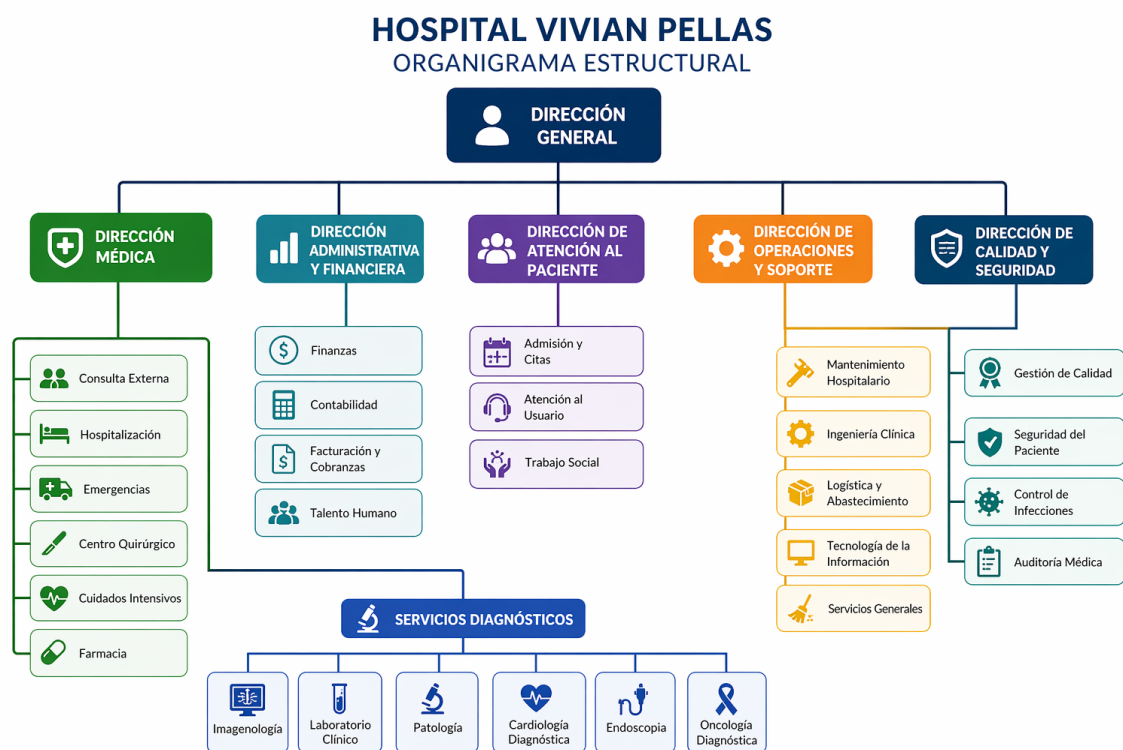
Por su parte, la visión institucional está orientada a consolidarse como una institución líder en la prestación de servicios de salud a nivel nacional y regional, reconocida por su excelencia médica, innovación tecnológica y calidad en la atención, posicionándose como referente en el diagnóstico y tratamiento oportuno de enfermedades.

Asimismo, dentro de sus objetivos estratégicos se encuentran la mejora continua de los procesos hospitalarios, la optimización de recursos operativos, el fortalecimiento de la calidad en la atención médica, la reducción de tiempos de espera y la implementación de herramientas tecnológicas que contribuyan a incrementar la eficiencia del servicio y la satisfacción de los pacientes.

En cuanto a su estructura organizativa, el Hospital Vivian Pellas presenta una estructura funcional, donde las diferentes áreas se organizan según su especialidad y función dentro del sistema hospitalario. En el nivel superior se encuentra la Dirección General, encargada de la planificación estratégica y supervisión integral de la institución. Posteriormente se encuentran las diferentes direcciones funcionales, entre ellas la Dirección Médica, Dirección Administrativa y Financiera, Dirección de Atención al Paciente, Dirección de Operaciones y Soporte, y Dirección de Calidad y Seguridad.

La estructura organizativa del Hospital Vivian Pellas se encuentra conformada por diferentes áreas funcionales que trabajan de manera coordinada para garantizar la prestación de servicios de salud. La Figura presenta de forma simplificada la ubicación del departamento de imagenología dentro de la estructura organizacional de la institución.

Figura 1. Estructura organizacional simplificada del Hospital Vivian Pellas



Dentro de la Dirección Médica se ubican los Servicios Diagnósticos, área a la que pertenece el departamento de imagenología, objeto principal del presente estudio. Debido a la importancia de los servicios diagnósticos dentro del proceso de atención médica, el área de imagenología constituye una unidad estratégica para el funcionamiento eficiente del hospital. Los estudios realizados en esta área permiten obtener información relevante para el diagnóstico clínico, contribuyendo a la toma de decisiones médicas y al seguimiento de diferentes patologías.

Asimismo, el área presenta características operativas que la convierten en un entorno adecuado para la aplicación de técnicas de simulación, tales como la variabilidad en la llegada de pacientes, la interacción de múltiples recursos, la existencia de tiempos de espera y la presencia de procesos secuenciales que influyen directamente en el desempeño global del sistema.

Análisis del entorno organizacional

El entorno organizacional del Hospital Vivian Pellas está conformado por diversos factores internos y externos que influyen directamente en el funcionamiento del sistema y en la prestación de los servicios de salud. Estos factores condicionan la dinámica operativa de la institución y afectan el desempeño de las diferentes áreas hospitalarias, especialmente aquellas relacionadas con los servicios diagnósticos.

En relación con los factores internos, la institución mantiene una cultura organizacional orientada a la calidad del servicio, la atención humanizada y la seguridad del paciente, promoviendo la mejora continua de los procesos médicos y administrativos. Esta orientación permite fortalecer la confianza de los usuarios y garantizar estándares adecuados en la atención hospitalaria.

Asimismo, el hospital presenta un estilo de gestión funcional y jerárquico, donde las responsabilidades se distribuyen según las especialidades y funciones de cada área. Esta estructura facilita la coordinación entre departamentos; sin embargo, también requiere una adecuada comunicación y planificación para evitar retrasos e interrupciones en los procesos operativos.

En cuanto al grado de digitalización, el Hospital Vivian Pellas dispone de herramientas tecnológicas y sistemas informáticos que apoyan la gestión hospitalaria, incluyendo registros digitales de pacientes, sistemas de facturación y equipos médicos especializados para la realización de estudios diagnósticos. La incorporación de tecnología representa un elemento clave para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del servicio.

Por otra parte, dentro de los factores externos se encuentran los pacientes provenientes de consulta externa, emergencias y hospitalización, quienes representan la principal fuente de demanda de los servicios médicos y diagnósticos. La variabilidad en el flujo de pacientes influye directamente en la capacidad operativa del sistema y en la generación de tiempos de espera.

Asimismo, el hospital mantiene relación con proveedores de equipos médicos, insumos hospitalarios y tecnología especializada, elementos fundamentales para garantizar la continuidad de los servicios. De igual manera, el entorno competitivo del sector salud exige a las instituciones hospitalarias mantener altos niveles de calidad y eficiencia en la atención médica.

En el ámbito regulatorio, el hospital debe cumplir con normativas sanitarias, estándares de calidad y protocolos de seguridad establecidos para la prestación de servicios de salud, lo cual implica la implementación constante de medidas orientadas al control y mejora de los procesos internos.

Actualmente, el sector salud presenta tendencias orientadas hacia la digitalización hospitalaria, automatización de procesos, optimización de recursos y aplicación de herramientas tecnológicas para mejorar la eficiencia operativa. En este contexto, la simulación computacional se ha convertido en una herramienta importante para el análisis de sistemas complejos y la toma de decisiones dentro de las organizaciones de salud.

Como parte del análisis del entorno organizacional, se desarrolló una matriz FODA orientada específicamente al área de imagenología, permitiendo identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que influyen en el desempeño operativo del sistema y en la necesidad de implementar estrategias de mejora.

FODA

Tabla 2. *Análisis FODA del área de imagenología*

Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
F1: Existencia de equipos especializados para la realización de estudios de imagenología, lo que permite llevar a cabo procedimientos diagnósticos necesarios para la atención médica de los pacientes.	O1: Implementación de sistemas de gestión de colas que permitan mejorar la organización del flujo de pacientes dentro del área de imagenología. O2: Uso de herramientas de simulación para analizar el comportamiento del sistema y

F2: Disponibilidad de registros históricos y datos operativos del área, los cuales facilitan el análisis del comportamiento del sistema y la identificación de áreas de mejora. F3: Importancia estratégica del área de imagenología dentro del proceso diagnóstico hospitalario, ya que los estudios realizados apoyan directamente la toma de decisiones médicas. F4: Disponibilidad de tecnología e infraestructura que contribuye al desarrollo eficiente de los procedimientos diagnósticos dentro del hospital.	evaluar posibles mejoras en la atención de los pacientes. O3: Optimización de la asignación de recursos humanos y tecnológicos para mejorar la eficiencia operativa del servicio. O4: Mejora de la calidad del servicio y reducción de los tiempos de espera mediante la implementación de estrategias de mejora en el proceso de atención.
Debilidades (D)	Amenazas (A)
D1: Mezcla de pacientes provenientes del área de emergencias con pacientes programados, lo que genera interrupciones en el flujo normal de atención. D2: Ausencia de un sistema estructurado de priorización de pacientes, lo que dificulta la organización eficiente del servicio. D3: Falta de un modelo formal de gestión de colas que permita organizar de manera adecuada el flujo de pacientes dentro del área. D4: Falta de personal asignado exclusivamente al área de imagenología, lo que puede generar retrasos en la realización de los estudios.	A1: Incremento en la demanda de estudios médicos, lo cual puede generar mayor presión sobre los recursos disponibles del área. A2: Variabilidad en la llegada de pacientes provenientes de emergencias, lo que introduce incertidumbre en la planificación del servicio. A3: Dependencia del personal proveniente de otras áreas del hospital, lo que puede afectar la disponibilidad del recurso humano. A4: Posible saturación del sistema que afecte la calidad del servicio y aumente los tiempos de espera de los pacientes.

ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL FODA

F2–O2: La disponibilidad de registros históricos del área permite utilizar herramientas de simulación para analizar el comportamiento del sistema y evaluar diferentes escenarios de mejora en la atención.

F3–O4: La importancia estratégica del área de imagenología dentro del proceso diagnóstico hospitalario puede aprovecharse para implementar acciones orientadas a mejorar la calidad del servicio y reducir los tiempos de espera de los pacientes.

F1–A1: La existencia de equipos especializados de diagnóstico puede contribuir a enfrentar el incremento en la demanda de estudios médicos mediante una mejor utilización de los recursos tecnológicos disponibles.

F2–A2: El uso de datos históricos permite analizar la variabilidad en la llegada de pacientes, especialmente aquellos provenientes del área de emergencias, facilitando la planificación y organización del servicio.

D1–O1: La implementación de un sistema de gestión de colas permitiría organizar de manera más eficiente la atención de pacientes programados y pacientes de emergencia, reduciendo los conflictos generados por la mezcla de ambos flujos.

D3–O2: La aplicación de herramientas de simulación permitiría analizar el flujo de pacientes y diseñar un modelo de gestión más eficiente que contribuya a superar la ausencia de un sistema formal de organización del proceso de atención.

D4–A3: La falta de personal asignado exclusivamente al área de imagenología, combinada con la dependencia de profesionales provenientes de otras áreas, puede mitigarse mediante una mejor planificación y asignación del recurso humano.

D1–A2: La mezcla de pacientes de emergencia con pacientes programados, junto con la variabilidad en la llegada de pacientes urgentes, genera interrupciones en el flujo normal de atención, por lo que se hace necesario diseñar estrategias que permitan gestionar estas situaciones de manera más eficiente.

Procesos principales del sistema

El área de imagenología del Hospital Vivian Pellas forma parte de los servicios diagnósticos y constituye un componente fundamental dentro del sistema hospitalario, debido a que proporciona información clave para el diagnóstico médico y la toma de decisiones clínicas. Su funcionamiento depende directamente del flujo de pacientes provenientes de diferentes áreas del hospital, como consulta externa, emergencias y hospitalización.

Dentro de este sistema se desarrollan diversos procesos operativos que permiten la atención integral de los pacientes. El proceso inicia con la recepción y registro del paciente, etapa en la que se realiza la verificación de datos personales, validación de la orden médica e ingreso al sistema hospitalario.

Posteriormente se lleva a cabo la facturación y validación del servicio, donde se gestionan aspectos administrativos relacionados con pagos, seguros médicos y autorizaciones correspondientes al estudio diagnóstico solicitado. Esta etapa representa uno de los principales puntos críticos del proceso, debido a los retrasos que pueden generarse por demoras administrativas.

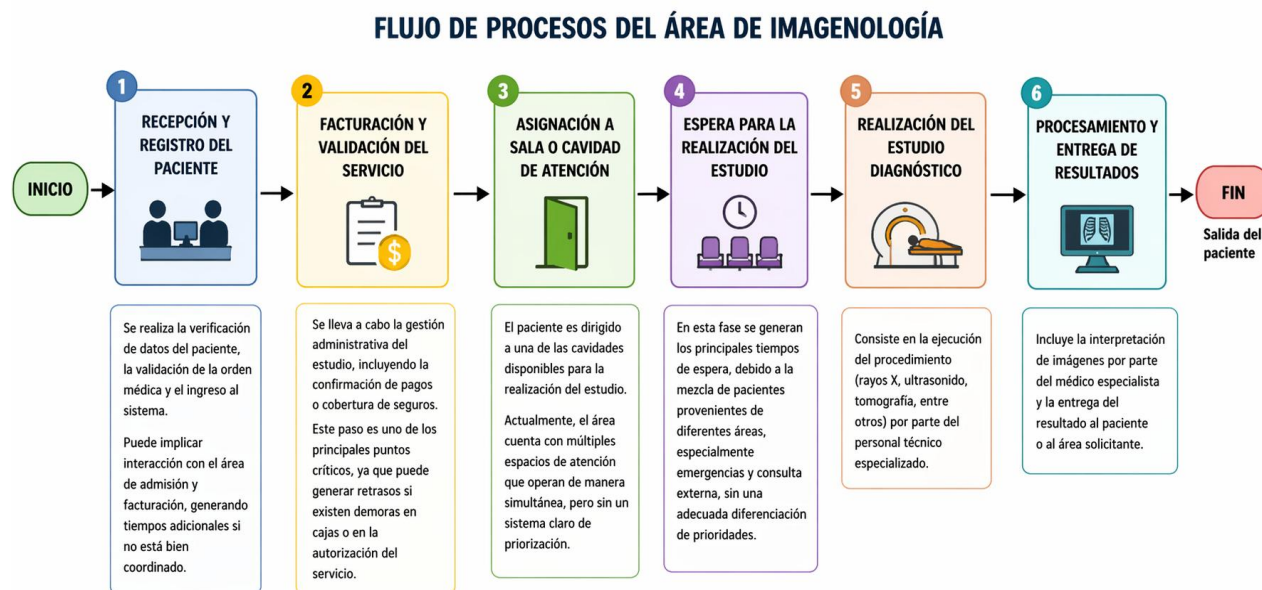
Una vez completado este procedimiento, el paciente es asignado a una sala o cavidad de atención según el tipo de estudio requerido. Actualmente, el área dispone de múltiples espacios de atención que operan de manera simultánea para la realización de estudios diagnósticos.

Posteriormente, el paciente pasa a la etapa de espera para la realización del estudio, fase en la cual se generan los mayores tiempos de espera debido a la mezcla de pacientes provenientes de emergencias y pacientes programados, sin la existencia de un sistema estructurado de priorización.

La siguiente etapa corresponde a la realización del estudio diagnóstico, donde el personal técnico especializado ejecuta procedimientos como rayos X, ultrasonidos o tomografías, dependiendo de la necesidad médica del paciente.

Finalmente, se realiza el procesamiento e interpretación de imágenes por parte del médico especialista y la entrega de resultados al paciente o al área solicitante.

Figura 2. Flujo general del proceso de atención en imagenología.



Dentro de estos procesos intervienen distintos recursos humanos, tecnológicos y materiales. Entre los recursos humanos se encuentran médicos radiólogos, técnicos especializados y personal administrativo. Los recursos tecnológicos incluyen equipos de rayos X, ultrasonidos, tomógrafos y sistemas informáticos hospitalarios. Por su parte, los recursos materiales abarcan insumos médicos, papelería y mobiliario utilizado en el proceso de atención.

Desde una perspectiva sistémica, el área de imagenología recibe como entradas principales a los pacientes provenientes de consulta externa, emergencias y hospitalización, además de órdenes médicas, recursos humanos especializados, equipos diagnósticos e información administrativa necesaria para la prestación del servicio. Estos elementos son transformados mediante un conjunto de actividades operativas orientadas a la realización de estudios diagnósticos.

Como resultado del proceso se generan diferentes salidas, entre las cuales destacan los estudios realizados, imágenes diagnósticas, informes médicos y la información clínica requerida

para apoyar la toma de decisiones por parte del personal médico. De esta manera, el área de imagenología aporta valor al sistema hospitalario mediante la generación de información diagnóstica confiable y oportuna.

Diagnóstico Técnico-Operativo

El área de imagenología del Hospital Vivian Pellas atiende pacientes provenientes principalmente de consulta externa, emergencias y hospitalización, quienes requieren la realización de diferentes estudios diagnósticos como ultrasonidos, radiografías, tomografías y mamografías. Debido a la diversidad de servicios ofrecidos y a la variabilidad en la llegada de pacientes, el sistema presenta una dinámica operativa compleja que involucra múltiples recursos humanos, tecnológicos y físicos.

Para el desarrollo del presente estudio se identificaron como variables de interés el tiempo entre llegadas de pacientes, el tiempo de espera previo a la realización del estudio, el tiempo de atención asociado a cada procedimiento diagnóstico, la capacidad instalada del sistema y el flujo diario de pacientes atendidos. Estas variables permiten caracterizar el comportamiento operativo del área y constituyen la base para la construcción del modelo de simulación.

Actualmente, el departamento cuenta con salas destinadas para la realización de estudios diagnósticos, entre ellas salas de ultrasonido, radiografía, tomografía y mamografía, así como áreas de recepción y espera para los pacientes. Asimismo, dispone de personal técnico especializado y equipos médicos necesarios para la prestación de los servicios. Sin embargo, la atención se ve influenciada por la variabilidad de la demanda y por la coexistencia de pacientes programados y pacientes provenientes del servicio de emergencias, situación que modifica continuamente el flujo operativo del área.

Debido a que el hospital no dispone de indicadores históricos consolidados relacionados con tiempos de espera, utilización de recursos o niveles de ocupación, fue necesario realizar observaciones directas, revisión documental y levantamiento de información en campo para recopilar los datos requeridos. La información obtenida permitió establecer una línea base

operativa del sistema, la cual será utilizada posteriormente para la parametrización y validación del modelo de simulación.

Tabla 3. Variables operativas consideradas para el análisis del sistema de atención en imagenología

Variable	Descripción	Unidad
Tiempo entre llegadas	Intervalo entre la llegada de pacientes	Minutos
Tiempo de espera	Tiempo desde la llegada hasta el inicio del estudio	Minutos
Tiempo de atención	Duración del estudio diagnóstico	Minutos
Capacidad del sistema	Número de salas/equipos disponibles	Equipos
Flujo de pacientes	Cantidad de pacientes atendidos por jornada	Pacientes/día

La tabla presenta las principales variables operativas consideradas para el análisis del sistema de atención en el área de imagenología del Hospital Vivian Pellas. Estas variables permiten caracterizar el comportamiento del flujo de pacientes, los tiempos asociados al proceso de atención y la capacidad de los recursos disponibles. La información recopilada constituye la base para la construcción y parametrización del modelo de simulación, facilitando la evaluación del desempeño actual del sistema y el análisis de posibles escenarios de mejora.

Capacidad Productiva del Área de Imagenología

La capacidad productiva constituye un indicador fundamental para evaluar el desempeño operativo del área de imagenología, ya que permite determinar la cantidad de pacientes que pueden ser atendidos durante una jornada laboral considerando los recursos físicos y

tecnológicos disponibles. Para efectos del presente estudio se analizó la capacidad teórica máxima, la capacidad operativa real y la producción observada en el sistema actual.

Capacidad teórica máxima

La capacidad teórica máxima corresponde al número máximo de pacientes que podrían ser atendidos si todos los recursos operaran de forma continua durante la jornada laboral, sin interrupciones ni tiempos improductivos.

El área de imagenología cuenta con:

- 4 salas de ultrasonido.
- 1 sala de rayos X.
- 1 sala de mamografía.
- 1 sala de tomografía.

Considerando una jornada de atención de 13 horas diarias (780 minutos), se estimó la siguiente capacidad:

Tabla 4. *Capacidad teórica máxima del área de imagenología*

Recurso	Cantidad de salas	Capacidad diaria estimada
Ultrasonido	4	84
Rayos X	1	31
Mamografía	1	26
Total	7	141 pacientes/día

Capacidad operativa real

Aunque la capacidad teórica representa el potencial máximo de los recursos disponibles, en la práctica existen factores que reducen dicho rendimiento, tales como tiempos de preparación de pacientes, interrupciones operativas, atención de casos de emergencia y variabilidad en la duración de los estudios.

Considerando estos factores, se estima una utilización efectiva aproximada del 70 %, lo que equivale a una capacidad operativa real de aproximadamente 98 pacientes por día.

Producción actual observada

De acuerdo con la información recopilada durante el levantamiento de datos y los resultados obtenidos en la simulación del sistema actual, se observa que ingresan alrededor de 60 pacientes por día al servicio de imagenología, mientras que únicamente se logra completar la atención de aproximadamente 30 pacientes diarios.

Tabla 5. *Comparación entre capacidad instalada y producción actual del sistema*

Indicador	Pacientes/día
Capacidad teórica máxima	141
Capacidad operativa real	98
Producción actual observada	30

Los resultados evidencian una brecha importante entre la capacidad disponible y la producción alcanzada actualmente, lo que sugiere la existencia de oportunidades de mejora relacionadas con la organización del flujo de pacientes, la asignación de recursos y la gestión de las colas de espera. Esta situación justifica la aplicación de herramientas de simulación para evaluar alternativas que permitan incrementar la productividad y reducir los tiempos de espera en el área de imagenología.

Definición del Problema

El área de imagenología del Hospital Vivian Pellas constituye un servicio diagnóstico fundamental para el funcionamiento general del hospital, debido a que proporciona información clínica indispensable para la toma de decisiones médicas. En esta área se realizan diversos estudios diagnósticos, entre los que destacan ultrasonidos, radiografías, mamografías y

tomografías, atendiendo pacientes provenientes de consulta externa, hospitalización y emergencias.

Durante el análisis preliminar del sistema se identificaron diversas situaciones que afectan el desempeño operativo del servicio. Entre las principales problemáticas observadas se encuentran la coexistencia de pacientes programados con pacientes provenientes del área de emergencias dentro de un mismo flujo de atención, la ausencia de mecanismos formales de priorización, la variabilidad en la llegada de pacientes y la limitada disponibilidad de recursos especializados para atender la demanda existente.

Estas condiciones generan interrupciones frecuentes en la programación normal de los estudios, provocando acumulación de pacientes en las áreas de espera y aumentando significativamente los tiempos de permanencia dentro del servicio. De igual manera, la necesidad de atender casos de emergencia con prioridad altera constantemente la secuencia operativa del sistema, afectando la productividad de los recursos y disminuyendo la eficiencia general del proceso.

La naturaleza dinámica del sistema dificulta la evaluación directa de alternativas de mejora en el entorno real, ya que cualquier modificación puede impactar temporalmente la atención de los pacientes. Por esta razón, se seleccionó la simulación de eventos discretos como herramienta de análisis, permitiendo representar el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de operación y evaluar diferentes escenarios sin afectar el funcionamiento cotidiano del hospital.

El problema central de la investigación consiste en los elevados tiempos de espera generados por la interacción de pacientes con diferentes niveles de prioridad dentro de un sistema con recursos limitados. En consecuencia, el presente estudio busca identificar oportunidades de mejora mediante la construcción de un modelo de simulación que permita analizar el comportamiento del sistema actual y evaluar alternativas orientadas a optimizar el flujo de pacientes, incrementar la productividad del área y reducir los tiempos de espera en el servicio de imagenología.

Presentación de Datos

Para la construcción del modelo de simulación fue necesario realizar un proceso de recopilación y análisis de información correspondiente al funcionamiento del área de imagenología del Hospital Vivian Pellas. El objetivo principal de esta etapa fue obtener datos confiables que permitieran representar de manera adecuada el comportamiento real del sistema y establecer los parámetros necesarios para el desarrollo del modelo en Arena.

La información utilizada en la investigación fue obtenida mediante observación directa de los procesos, revisión de registros operativos y levantamiento de datos en campo. Durante este proceso se recopilaron datos relacionados con las llegadas de pacientes, tiempos de espera, tiempos de atención, utilización de recursos y flujo general del sistema. Posteriormente, la información fue organizada y depurada con el fin de garantizar su consistencia y eliminar posibles errores o registros incompletos que pudieran afectar la calidad del análisis.

El área de imagenología atiende pacientes provenientes de consulta externa, hospitalización y emergencias, lo que genera una demanda variable a lo largo de la jornada laboral. Los principales estudios considerados dentro del análisis fueron ultrasonidos, radiografías, mamografías y tomografías, debido a que representan los servicios diagnósticos con mayor frecuencia dentro del departamento.

A partir de la información recopilada se determinó la distribución de pacientes por tipo de estudio, permitiendo identificar cuáles servicios presentan una mayor participación dentro de la operación diaria del área.

Tabla 6. *Distribución de pacientes por tipo de estudio*

Tipo de estudio	Cantidad de pacientes	Porcentaje (%)
Ultrasonido	55	51.89%
Radiografía	26	24.53%

Tomografía	15	14.15%
Mamografía	10	9.43%
Total	106	100%

Los resultados muestran que los estudios de ultrasonido representan más de la mitad de la demanda total del área de imagenología, convirtiéndose en el servicio con mayor carga operativa dentro del sistema. Esta situación influye directamente en la utilización de los recursos y en la generación de tiempos de espera, razón por la cual dicho servicio adquiere especial relevancia dentro del análisis realizado.

Posteriormente, se identificaron los recursos disponibles para la realización de los diferentes estudios diagnósticos. La disponibilidad de estos recursos determina la capacidad operativa del sistema y condiciona directamente el flujo de pacientes dentro del área.

Tabla 7. *Recursos disponibles en el área de imagenología*

Recurso	Cantidad
Salas de Ultrasonido	4
Sala de Radiografía	1
Sala de Mamografía	1
Sala de Tomografía	1
Total de salas	7

La capacidad instalada del área se encuentra conformada por siete salas destinadas a la realización de estudios diagnósticos. La mayor disponibilidad corresponde al servicio de ultrasonido, debido a que este concentra el mayor volumen de pacientes atendidos durante la jornada de trabajo.

Con el propósito de evaluar el desempeño del sistema, también se analizaron los tiempos de espera registrados para cada tipo de estudio. Estos indicadores permiten identificar posibles cuellos de botella y determinar cuáles procesos generan mayores niveles de congestión dentro del área de imagenología.

Tabla 8. *Tiempos de espera registrados por estudio*

Estudio	Tiempo mínimo (min)	Tiempo máximo (min)
Ultrasonido	10	120
Radiografía	10	95
Mamografía	12	85
Tomografía	15	90

Los resultados evidencian una variabilidad importante en los tiempos de espera experimentados por los pacientes. Los estudios de ultrasonido presentan los valores máximos más elevados, lo que sugiere la existencia de saturación en determinados momentos de la jornada y una alta influencia de la demanda sobre la capacidad de atención disponible.

Asimismo, se definieron las principales variables utilizadas para la construcción y programación del modelo de simulación. Estas variables permitieron representar el comportamiento dinámico del sistema y medir el desempeño operativo de los diferentes procesos involucrados.

Tabla 9. Variables utilizadas en el modelo de simulación

Variable	Descripción	Unidad
Hora de llegada	Momento en que el paciente ingresa al sistema	Hora
Tiempo de espera	Tiempo transcurrido antes de iniciar el estudio	Minutos
Tiempo de atención	Duración del procedimiento diagnóstico	Minutos
Hora de salida	Momento en que el paciente abandona el sistema	Hora
Tipo de estudio	Procedimiento solicitado	Categoría
Recurso asignado	Sala utilizada para la atención	Recurso

Estas variables fueron incorporadas al modelo desarrollado en Arena, permitiendo representar las condiciones reales de operación del área de imagenología y analizar el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios de funcionamiento.

Finalmente, se establecieron los principales indicadores del escenario actual, con el propósito de contar con una referencia para comparar posteriormente los resultados obtenidos en los escenarios de mejora evaluados mediante simulación.

Tabla 10. Indicadores del escenario actual

Indicador	Valor
Pacientes que ingresan al sistema	60 pacientes/día
Pacientes atendidos	30 pacientes/día
Productividad	50%

Horario de operación	7:00 a.m. – 8:00 p.m.
----------------------	-----------------------

Los indicadores del escenario actual reflejan limitaciones en la capacidad de atención del sistema, evidenciando la necesidad de implementar alternativas de mejora que permitan incrementar la productividad, optimizar la utilización de los recursos y reducir los tiempos de espera de los pacientes. La información presentada constituye la base para la construcción del modelo de simulación y la evaluación de los escenarios propuestos en la presente investigación.

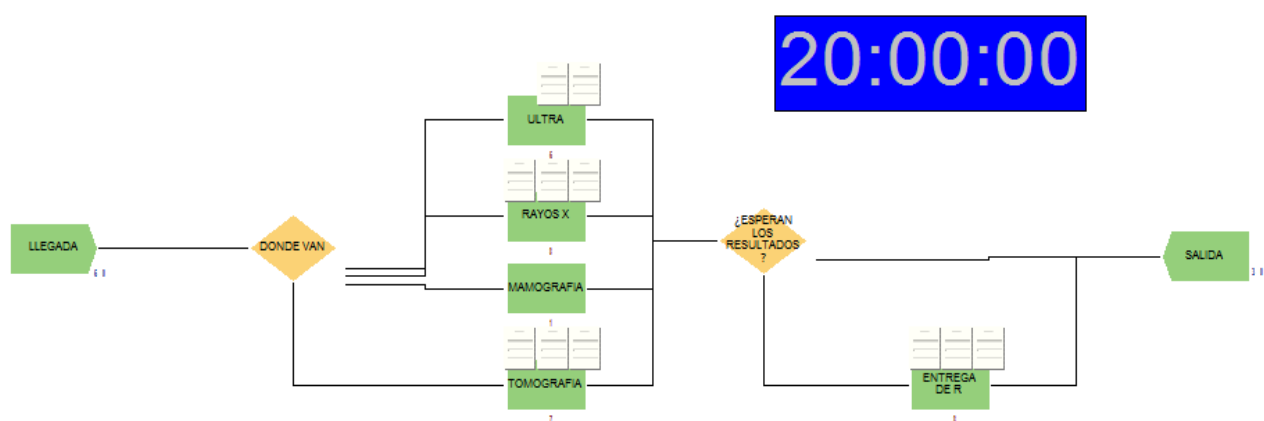
Tabla 11. Fragmento de la base de datos utilizada para la simulación del sistema de atención en el área de imagenología.

Fecha	Pacien	Estudio realizado	ra de ll	inicio	hora sal	Tiempo espera (m)	Tiempo atención (m)	Tiempo total (min)
01/06/2026	P001	Ultrasonido abdomen inferio	13:51	14:41	15:05	50	7	57
01/06/2026	P002	Ultrasonido abdomen comple	12:08	13:32	14:01	84	12	96
01/06/2026	P003	Tomografia	16:37	16:56	17:23	19	28	47
01/06/2026	P004	Ultrasonido abdomen superio	15:50	16:07	16:29	17	9	26
01/06/2026	P005	Tomografia	14:43	16:40	17:18	117	27	144
01/06/2026	P006	Tomografia	19:41	20:12	20:35	31	24	55
01/06/2026	P007	Ultrasonido abdomen superio	19:48	20:43	21:08	55	6	61
01/06/2026	P008	Ultrasonido abdomen comple	15:34	15:47	16:21	13	9	22
01/06/2026	P009	Rx AP y lat lumbar	19:48	20:15	20:34	27	16	43
01/06/2026	P010	Mamografia	12:50	13:34	13:52	44	23	67
01/06/2026	P011	Ultrasonido abdomen superio	14:58	16:37	17:02	99	10	109
01/06/2026	P012	Rx AP y lat lumbar	08:57	10:16	10:36	79	16	95
01/06/2026	P013	Rx AP de torax	09:28	10:05	10:15	37	10	47
01/06/2026	P014	Ultrasonido abdomen comple	09:36	10:38	11:07	62	10	72
01/06/2026	P015	Ultrasonido abdomen inferio	17:30	18:38	19:05	68	7	75
01/06/2026	P016	Rx AP de torax	13:38	14:47	14:57	69	15	84
01/06/2026	P017	Tomografia	13:46	15:35	16:06	109	35	144
01/06/2026	P018	Rx AP de torax	15:16	15:31	15:43	15	12	27
01/06/2026	P019	Tomografia	18:26	19:29	20:00	63	27	90
01/06/2026	P020	Rx AP y lat lumbar	15:41	15:51	16:09	10	20	30
02/06/2026	P021	Ultrasonido pelvico	12:26	13:49	14:13	83	8	91
02/06/2026	P022	Ultrasonido abdomen superio	12:25	13:30	13:57	65	7	72
02/06/2026	P023	Ultrasonido abdomen superio	10:10	11:11	11:37	61	7	68
02/06/2026	P024	Mamografia	11:24	13:15	13:30	111	16	127
02/06/2026	P025	Rx AP y lat cervical	14:18	14:50	15:10	32	18	50
02/06/2026	P026	Mamografia	13:41	15:39	16:02	118	21	139
02/06/2026	P027	Tomografia	10:56	11:28	11:58	32	39	71
02/06/2026	P028	Ultrasonido abdomen superio	10:09	11:56	12:26	107	6	113
02/06/2026	P029	Ultrasonido abdomen inferio	09:24	10:43	11:03	79	5	84
02/06/2026	P030	Mamografia	15:56	16:21	16:41	25	24	49
02/06/2026	P031	Mamografia	15:41	17:39	17:55	118	17	135
02/06/2026	P032	Rx AP de torax	18:47	20:46	21:00	119	14	133
02/06/2026	P033	Ultrasonido abdomen inferio	15:19	16:38	17:06	79	10	89

La figura presenta un fragmento de la base de datos utilizada durante el desarrollo de la investigación. En ella se registró información relacionada con los pacientes atendidos en el área de imagenología, incluyendo el tipo de estudio realizado, los horarios de llegada, inicio y

finalización de la atención, así como los tiempos de espera, atención y permanencia dentro del sistema. La organización de estos datos permitió analizar el comportamiento operativo del servicio e identificar patrones asociados a la demanda y utilización de los recursos disponibles. Asimismo, la información recopilada sirvió como base para la parametrización del modelo de simulación desarrollado en Arena, facilitando la representación del flujo de pacientes y la evaluación de diferentes escenarios orientados a la reducción de los tiempos de espera y la mejora del desempeño del sistema.

Construcción y Programación Simulación



Una vez recopilada y procesada la información, se procedió a desarrollar el modelo de simulación utilizando Arena Simulation Software. Para ello, se representó cada una de las etapas del proceso de atención mediante módulos que permiten modelar la llegada de pacientes, la asignación de recursos, los tiempos de espera y la realización de los estudios diagnósticos. La construcción del modelo buscó reproducir de la manera más fiel posible el funcionamiento del área de imagenología, permitiendo analizar el comportamiento del sistema y evaluar alternativas de mejora sin afectar la operación real del hospital.

Figura 3. Modelo de simulación desarrollado en Arena para el área de imagenología.

La figura muestra la estructura general del modelo de simulación construido en Arena, el cual representa el flujo de pacientes dentro del área de imagenología del Hospital Vivian Pellas. En el modelo se incorporaron los diferentes tipos de estudios diagnósticos, los recursos disponibles y la lógica de atención utilizada por el servicio. Asimismo, se definieron los procesos de llegada, asignación de recursos, formación de colas y atención de pacientes, permitiendo reproducir el comportamiento operativo del sistema bajo condiciones similares a las observadas. Esta representación permitió evaluar el desempeño del sistema actual e identificar oportunidades de mejora mediante la experimentación de diferentes escenarios.

En la simulación hecha, con los datos recolectados, se plantea que entran 60 pacientes y en el proceso se quedan en espera 30 pacientes, los cuales algunos deciden irse sin realizar su examen, estos se dividen en:

- Ultrasonido: 6
- Rayos X: 8
- Mamografía: 1
- Tomografía: 1
- Espera de resultados: 8

Saliendo en total 30 pacientes atendidos, esto nos deja con una productividad en el área del 50%.

Módulo Create (Llegadas)

Representa la llegada de pacientes al sistema. Cada entidad generada corresponde a un paciente que solicita un estudio médico.

Los datos utilizados permiten representar diferentes patrones de llegada, considerando la variabilidad existente en la demanda del servicio.

Create

Name: Entity Type:

Time Between Arrivals

Type: Value: Units:

Entities per Arrival: Max Arrivals: First Creation:

Comment:

Módulo Decide (Clasificación)

Permite separar los pacientes según el tipo de estudio solicitado, debido a que cada procedimiento posee diferentes tiempos de atención y requerimientos operativos.

Decide

Name: Type:

Percentages:

46.39
35.56
11.39
<End of list>

Add... Edit... Delete

Comment:

OK Cancel Help

Módulo Process (Atención médica)

Representa la ejecución del estudio solicitado. En este módulo se consideran:

- Tiempo requerido para realizar cada estudio.
- Disponibilidad del personal.
- Uso de los equipos médicos.

Cada paciente debe esperar hasta que el recurso necesario esté disponible para iniciar su procedimiento.

Process

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Units: Allocation:

Minimum: Maximum:

☒ Report Statistics

Comment:

OK Cancel Help

Process

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Units: Allocation:

Minimum: Maximum:

☒ Report Statistics

Comment:

OK Cancel Help

The 'Process' dialog box for 'MAMOGRAFIA' is shown. It has a 'Name' field with 'MAMOGRAFIA' and a 'Type' dropdown set to 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, MAMO, 1' and '<End of list>'. Below this, the 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' are 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 20 and the 'Maximum' value is 120. The 'Report Statistics' checkbox is checked. There is a 'Comment' field at the bottom. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom right.

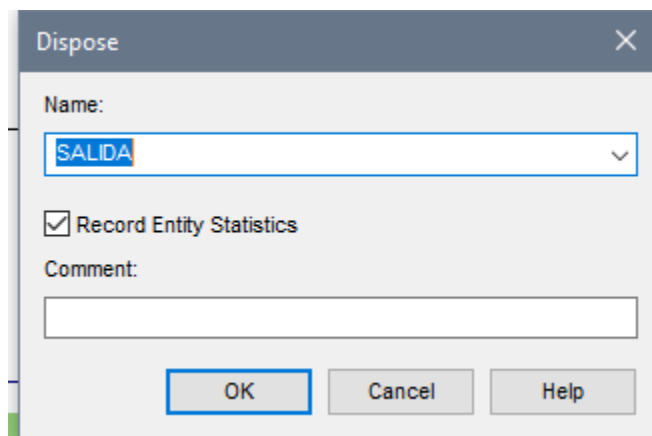
The 'Process' dialog box for 'TOMOGRAFIA' is shown. It has a 'Name' field with 'TOMOGRAFIA' and a 'Type' dropdown set to 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, TAC, 1' and '<End of list>'. Below this, the 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' are 'Hours', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 20 and the 'Maximum' value is 120. The 'Report Statistics' checkbox is checked. There is a 'Comment' field at the bottom. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom right.

Módulo Dispose (Salida)

Representa la finalización del proceso cuando el paciente termina su estudio y abandona el sistema.

Durante la programación se configuraron entidades, recursos, tiempos de operación y parámetros necesarios para reproducir el comportamiento del sistema real.

Posteriormente se realizó una verificación del modelo para comprobar que la lógica interna funcionara correctamente, revisando que los pacientes siguieran la secuencia establecida y que los recursos fueran utilizados de manera adecuada.



La construcción del modelo

La construcción del modelo se desarrolló en el software Arena Simulation Software mediante la representación de cada una de las etapas del proceso de atención del área de imagenología. En el modelo, cada paciente fue considerado como una entidad que ingresa al sistema y recorre diferentes procesos dependiendo del estudio diagnóstico requerido. Los recursos fueron definidos de acuerdo con la capacidad instalada del hospital, incluyendo las salas de ultrasonido, rayos X, tomografía y mamografía, las cuales poseen una capacidad limitada de atención. Durante la programación del modelo se incorporaron las distribuciones de llegada de pacientes, los tiempos de atención obtenidos durante la recopilación de datos y las reglas de prioridad existentes dentro del servicio, especialmente para los pacientes provenientes del área de emergencias. De esta manera, el modelo logró representar el comportamiento dinámico del sistema, permitiendo analizar la formación de colas, la utilización de los recursos y el desempeño general del proceso de atención bajo diferentes escenarios operativos.

Validación

La validación consiste en comparar el comportamiento del modelo de simulación con la información obtenida del sistema real, con el objetivo de comprobar que los resultados obtenidos sean representativos.

Para la validación se analizaron principalmente los indicadores de tiempo:

- Tiempo promedio de espera.
- Tiempo promedio de atención.
- Tiempo total del paciente dentro del sistema.

Los resultados obtenidos mediante los datos recopilados muestran un tiempo promedio de espera de aproximadamente 62 minutos, mientras que el tiempo promedio destinado al estudio es cercano a 14 minutos.

Esto permite identificar que la espera representa alrededor del 80% del tiempo total del paciente, siendo el principal factor que afecta la eficiencia del servicio.

La simulación permite evaluar diferentes alternativas de mejora, como:

- Incremento de capacidad mediante nuevos recursos.
- Redistribución de horarios de atención.
- Mejor organización del flujo de pacientes.
- Reducción de tiempos improductivos.

Con la comparación entre los resultados del modelo y los datos reales se determina que el modelo representa adecuadamente el sistema estudiado y puede utilizarse como herramienta para analizar escenarios futuros de optimización.

La construcción del modelo se desarrolló en el software Arena Simulation Software mediante la representación de cada una de las etapas del proceso de atención del área de imagenología. En el modelo, cada paciente fue considerado como una entidad que ingresa al sistema y recorre diferentes procesos dependiendo del estudio diagnóstico requerido. Los recursos fueron definidos de acuerdo con la capacidad instalada del hospital, incluyendo las salas de ultrasonido, rayos X, tomografía y mamografía, las cuales poseen una capacidad limitada de atención. Durante la programación del modelo se incorporaron las distribuciones de llegada de pacientes, los tiempos de atención obtenidos durante la recopilación de datos y las reglas de prioridad existentes dentro del servicio, especialmente para los pacientes provenientes del área

de emergencias. De esta manera, el modelo logró representar el comportamiento dinámico del sistema, permitiendo analizar la formación de colas, la utilización de los recursos y el desempeño general del proceso de atención bajo diferentes escenarios operativos.

Experimentación (Análisis de Escenarios)

La experimentación constituye una de las etapas más importantes dentro del proceso de simulación, ya que permite evaluar diferentes configuraciones operativas del sistema sin intervenir directamente en el funcionamiento real del área de Imagenología del Hospital Vivian Pellas. Mediante el modelo desarrollado en Arena® se analizaron diversos escenarios con el propósito de determinar el impacto de distintas alternativas de mejora sobre los tiempos de espera de los pacientes, la capacidad de atención y el aprovechamiento de los recursos disponibles.

El escenario inicial corresponde a las condiciones actuales de operación del servicio, en el cual los pacientes programados y los pacientes provenientes del área de Emergencia comparten los mismos recursos diagnósticos, ocasionando interrupciones en el flujo de atención debido a la prioridad clínica que requieren los pacientes de emergencia. Durante el desarrollo de la investigación se determinó que aproximadamente el **28.61 %** de la demanda total del área de Imagenología corresponde a pacientes provenientes del servicio de Emergencia, situación que influye directamente en el incremento de los tiempos de espera de los pacientes programados.

Con el objetivo de identificar alternativas que permitan optimizar el funcionamiento del sistema, se diseñaron tres escenarios de simulación. Todos fueron ejecutados bajo las mismas condiciones de llegada de pacientes, horario de operación y demanda observada, modificando únicamente la disponibilidad y asignación de los recursos destinados a la atención de pacientes de emergencia.

Escenario 1. Condición actual del sistema

Este escenario representa el funcionamiento actual del área de Imagenología y constituye la línea base utilizada para comparar los resultados obtenidos en los escenarios de mejora. El modelo considera la infraestructura disponible, conformada por cinco salas de ultrasonido, una sala de Rayos X, una sala de mamografía y una sala de tomografía.

En esta configuración todos los pacientes utilizan los mismos recursos diagnósticos, independientemente de si provienen de consulta programada o del servicio de Emergencia. Como consecuencia, la atención prioritaria de los pacientes de emergencia genera interrupciones en la programación diaria, incrementando los tiempos de espera y afectando la continuidad del servicio para los pacientes programados.

Los resultados obtenidos en este escenario sirven como referencia para evaluar el efecto de las alternativas propuestas.

Escenario 2. Habilitación de un ultrasonido exclusivo para pacientes de emergencia

En este escenario se evaluó la posibilidad de habilitar un equipo de ultrasonido disponible dentro del hospital como recurso exclusivo para la atención de pacientes provenientes del servicio de Emergencia. Esta alternativa surge como una estrategia de reorganización operativa que aprovecha la infraestructura existente, evitando la adquisición inmediata de un nuevo equipo.

La implementación de un ultrasonido exclusivo permite separar parcialmente el flujo de pacientes de emergencia del flujo de atención programada, disminuyendo las interrupciones ocasionadas durante la jornada laboral y mejorando la disponibilidad de las cinco salas de ultrasonido destinadas a los pacientes programados.

Dentro del modelo de simulación se consideró que los pacientes provenientes del servicio de Emergencia que requieren estudios de ultrasonido son atendidos exclusivamente en este

recurso, reduciendo significativamente sus tiempos de espera al eliminar la competencia con los pacientes programados. Esta alternativa representa una mejora de bajo costo, orientada principalmente a optimizar la utilización de los recursos ya disponibles dentro del hospital.

Escenario 3. Incorporación de un equipo exclusivo de Rayos X para pacientes de emergencia

El tercer escenario plantea una alternativa de mejora basada en el incremento de la capacidad operativa del servicio de Imagenología mediante la adecuación de un espacio exclusivo para la atención de pacientes provenientes del área de Emergencia.

Para este escenario se propone habilitar una sala destinada únicamente a la atención de este tipo de pacientes, aprovechando un equipo de ultrasonido existente que actualmente se mantiene como recurso de contingencia dentro del hospital y que puede incorporarse a la operación sin necesidad de adquirir un nuevo equipo. Adicionalmente, se contempla la adquisición de un equipo de Rayos X exclusivo para Emergencias, con el propósito de ampliar la capacidad instalada y evitar que la atención prioritaria interfiera con la programación de los pacientes ordinarios.

La implementación de esta alternativa permite establecer un flujo de atención diferenciado para los estudios de mayor demanda en el servicio de Emergencia, reduciendo la congestión en las áreas de ultrasonido y Rayos X destinadas a los pacientes programados. Asimismo, al aprovechar un recurso existente del hospital y concentrar la inversión únicamente en el equipo de Rayos X, la propuesta busca equilibrar los beneficios operativos obtenidos mediante la simulación con la viabilidad económica de su implementación.

Para efectos del modelo de simulación se consideró que los pacientes provenientes del servicio de Emergencia demandan principalmente estudios de Rayos X y ultrasonido, distribuyéndose en un 58 % y un 42 %, respectivamente. Esta distribución permitió evaluar el comportamiento del sistema bajo una configuración de recursos exclusivos para la atención

prioritaria, analizando el impacto de la propuesta sobre los tiempos de espera, la capacidad de atención y la utilización de los recursos disponibles.

Evaluación de los escenarios

Una vez ejecutadas las simulaciones correspondientes a cada escenario, se compararon los principales indicadores de desempeño generados por Arena®, entre ellos el tiempo promedio de espera, la utilización de los recursos, la longitud de las colas y el porcentaje de pacientes atendidos durante la jornada de trabajo.

Debido a que el modelo utiliza distribuciones probabilísticas para representar la llegada de pacientes, el número de ingresos puede presentar ligeras variaciones entre las corridas de simulación. Por esta razón, la evaluación de las alternativas de mejora se realizó principalmente mediante indicadores relativos de desempeño, tales como el porcentaje de pacientes atendidos respecto al total de pacientes que ingresaron al sistema y la reducción de los tiempos de espera, permitiendo efectuar una comparación objetiva entre los diferentes escenarios analizados.

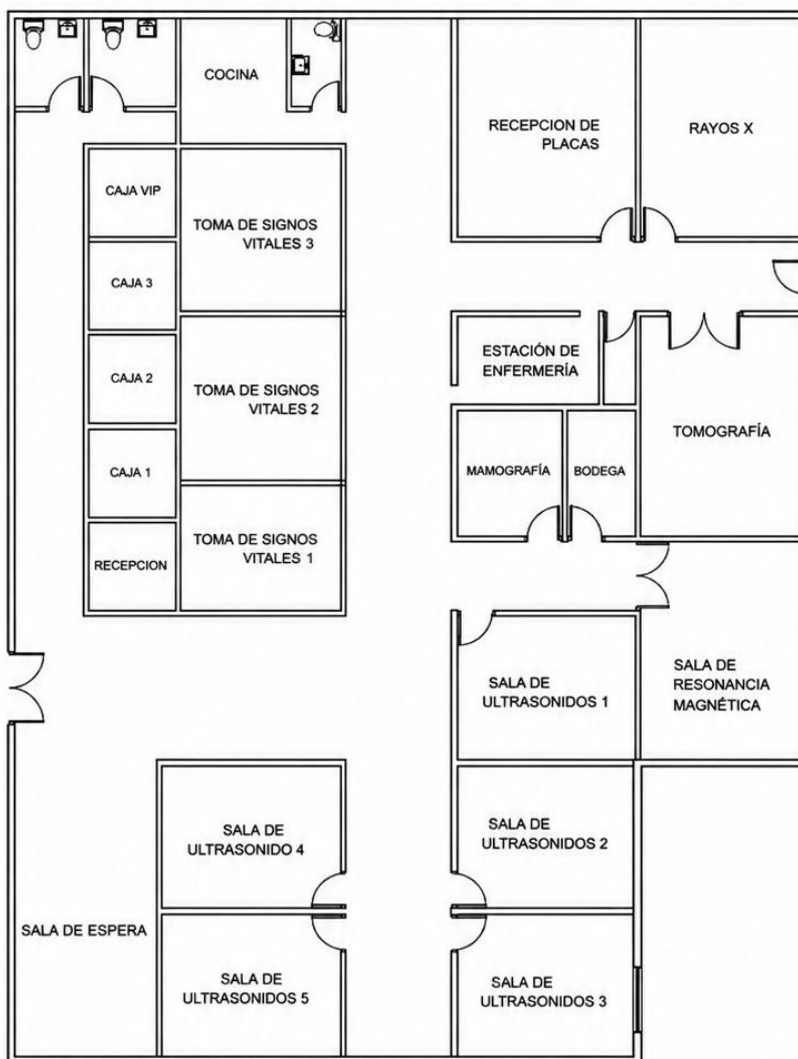
Los resultados obtenidos en esta etapa constituyen la base para seleccionar la alternativa de mejora que será desarrollada en el apartado siguiente, considerando tanto los beneficios operativos obtenidos mediante la simulación como la factibilidad de implementación dentro del Hospital Vivian Pellas.

Para evaluar el comportamiento del sistema se analizaron tres escenarios diferentes. El primer escenario corresponde al funcionamiento actual del área de imagenología, donde los pacientes programados y de emergencia comparten los mismos recursos disponibles. El segundo escenario consistió en redistribuir la capacidad instalada del servicio, destinando una de las cinco salas de ultrasonido exclusivamente para la atención de pacientes de emergencia, manteniendo las cuatro salas restantes para pacientes programados. Finalmente, el tercer escenario contempló la habilitación de una sala exclusiva para pacientes de emergencia equipada con un ultrasonido disponible dentro del hospital y un nuevo equipo de rayos X, manteniendo simultáneamente las cinco salas de ultrasonido existentes para la atención habitual. Esta

propuesta permitió separar parcialmente ambos flujos de pacientes sin disminuir la capacidad instalada del servicio, obteniendo los mejores indicadores de productividad y desempeño durante la simulación.

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias importantes entre los escenarios evaluados. En el escenario actual, la productividad de atención fue del 50 %, al atenderse 30 de los 60 pacientes que ingresaron al sistema durante el período simulado. Con la primera propuesta de mejora, la productividad aumentó al 72 %, al atenderse 36 de los 50 pacientes ingresados. Finalmente, la segunda propuesta alcanzó la mayor productividad, correspondiente al 76.6 %, atendiendo 36 de los 47 pacientes ingresados. Estos resultados demuestran que la implementación de una sala exclusiva para pacientes de emergencia, sin reducir la capacidad instalada de ultrasonido para pacientes programados, representa la alternativa más eficiente para optimizar el funcionamiento del área de imagenología.

LAYOUT ACTUAL



VI. Propuesta de Mejora

La implementación de esta propuesta también favorece una mejor planificación de la capacidad instalada del Departamento de Imagenología, al establecer una distribución más eficiente de los recursos disponibles según el tipo de paciente atendido. La existencia de una sala exclusiva para pacientes provenientes del servicio de emergencias disminuye la necesidad de interrumpir continuamente la programación de los pacientes ambulatorios, permitiendo mantener una secuencia de atención más estable y reduciendo la variabilidad en el proceso.

Asimismo, la redistribución de los recursos contribuye a disminuir la formación de colas durante los períodos de mayor demanda, favoreciendo un mejor aprovechamiento del personal y de los equipos de diagnóstico. Esta organización permite que el sistema responda con mayor flexibilidad ante variaciones en la llegada de pacientes sin afectar significativamente el desempeño general del servicio.

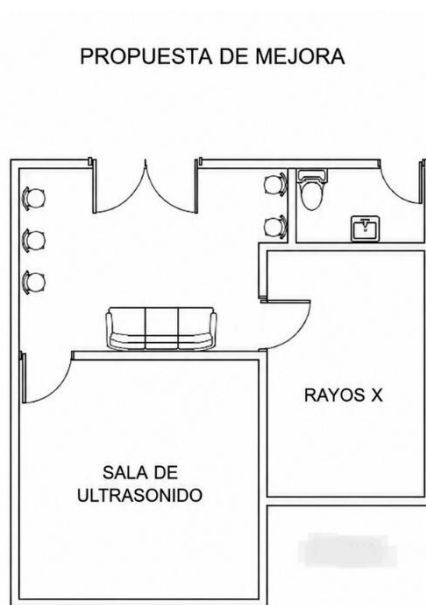
Otro aspecto relevante de la propuesta consiste en el aprovechamiento de la infraestructura existente del hospital. Al utilizar un equipo de ultrasonido que se encontraba disponible, la institución evita realizar una inversión adicional en este recurso, concentrando la inversión únicamente en la adquisición del nuevo equipo de Rayos X. Esta decisión incrementa la rentabilidad de la propuesta y demuestra un uso eficiente de los recursos tecnológicos ya disponibles dentro de la organización.

Desde la perspectiva asistencial, la reducción de los tiempos de espera también contribuye a disminuir la incertidumbre y el estrés experimentado por los pacientes mientras esperan la realización de sus estudios diagnósticos. Una atención más ágil permite que los resultados estén disponibles en menor tiempo, favoreciendo la continuidad del proceso médico y permitiendo que los especialistas puedan establecer diagnósticos y tratamientos oportunamente.

Para los pacientes provenientes del servicio de emergencias, la existencia de una sala exclusiva representa una mejora significativa, ya que reduce los tiempos necesarios para acceder a estudios diagnósticos considerados prioritarios. Esto puede influir positivamente en la rapidez

con que se toman decisiones clínicas, contribuyendo a mejorar la calidad de la atención brindada por el hospital.

Adicionalmente, la propuesta fortalece la percepción de calidad del servicio por parte de los usuarios, al disminuir las interrupciones, mejorar la organización del proceso de atención y reducir los tiempos de permanencia dentro del Departamento de Imagenología. Estos beneficios generan un impacto positivo tanto para los pacientes como para sus familiares, quienes reciben una atención más eficiente y organizada.



El proceso mejorado mantiene la estructura general del sistema actual; sin embargo, incorpora modificaciones en la asignación de recursos destinadas a optimizar el flujo de atención. La principal diferencia radica en la creación de una sala exclusiva para pacientes provenientes del servicio de emergencias, evitando que estos interrumpan continuamente la atención de los pacientes programados.

Con esta redistribución se logra una separación más eficiente entre ambos tipos de demanda, permitiendo que cada flujo de pacientes utilice recursos específicos de acuerdo con sus necesidades. Esta modificación disminuye los tiempos improductivos generados por cambios

constantes en la programación de estudios y favorece una utilización más equilibrada de la capacidad instalada.

Además, el proceso propuesto conserva los procedimientos clínicos establecidos por el hospital, por lo que la mejora se enfoca exclusivamente en la organización operativa y la asignación de recursos, sin alterar los protocolos médicos ni la calidad técnica de los estudios realizados.

Evaluación Financiera

Con el propósito de determinar la viabilidad económica de la propuesta de mejora seleccionada, se realizó una evaluación financiera considerando la inversión necesaria para la implementación de la alternativa propuesta y los beneficios esperados derivados de la optimización del proceso de atención en el Departamento de Imagenología del Hospital Vivian Pellas.

Para la elaboración de la evaluación financiera se consideró como limitación el acceso restringido a la información contable y financiera interna del Hospital Vivian Pellas. Debido a políticas de confidencialidad institucional, no fue posible acceder a los libros contables, estados financieros ni a los costos e ingresos internos correspondientes al área de Imagenología.

Ante esta limitación, se optó por realizar una estimación financiera tomando como referencia los precios de los servicios de Imagenología disponibles públicamente. Estos valores fueron utilizados como base para proyectar los ingresos asociados a la demanda y al nivel de atención obtenido durante el estudio. De esta manera, se estableció una referencia económica que permitiera valorar la factibilidad de la propuesta sin utilizar información financiera interna o confidencial de la institución.

Los resultados presentados en esta evaluación corresponden, por tanto, a proyecciones realizadas con fines académicos y de análisis de viabilidad. No representan los estados financieros ni los resultados contables oficiales del Hospital Vivian Pellas. A partir de estos valores de

referencia, junto con la inversión requerida para la implementación de la propuesta, se calcularon los indicadores financieros utilizados para evaluar su conveniencia económica.

La propuesta contempla una inversión inicial de US\$30,000, correspondiente a la adquisición de un nuevo equipo de Rayos X, el cual será destinado a la sala exclusiva para la atención de pacientes provenientes del servicio de emergencias. En cuanto al equipo de ultrasonido, no fue necesaria una inversión adicional, ya que el hospital dispone de un equipo que actualmente no se encuentra en operación y que puede ser reutilizado para la implementación de la propuesta, permitiendo optimizar el uso de los recursos tecnológicos existentes.

Presupuesto de inversión

Tabla 12. *Presupuesto de inversión*

Concepto	Cantidad	Costo (US\$)
Equipo de Rayos X	1	30,000
Equipo de Ultrasonido	1	0 (equipo disponible en el hospital)
Adecuación de la sala	Incluida	0
Inversión total		30,000

Con base en la inversión requerida y en los beneficios económicos proyectados a partir de los precios de los servicios disponibles públicamente y de los resultados de productividad obtenidos mediante la simulación, se calcularon los principales indicadores financieros del proyecto. Estos indicadores permiten estimar la conveniencia económica de la propuesta bajo los supuestos establecidos para el estudio.

Indicadores financieros

Tabla 13. *Indicadores Financieros*

Indicador	Resultado
Inversión inicial	US\$30,000
Valor Actual Neto (VAN)	US\$124,000
Tasa Interna de Retorno (TIR)	75 %
Período de recuperación (PR)	1.2 años

Los resultados obtenidos demuestran que la propuesta de mejora es económicamente viable. El Valor Actual Neto (VAN) positivo de US\$124,000 indica que el proyecto genera valor económico para la institución durante el horizonte de evaluación. Asimismo, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 75 % supera ampliamente el rendimiento esperado para este tipo de inversiones, evidenciando la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, el Período de Recuperación (PR) de 1.5 años refleja que la inversión inicial puede recuperarse en un plazo relativamente corto, disminuyendo el riesgo financiero asociado a la implementación de la propuesta.

En conjunto, estos indicadores respaldan la factibilidad económica de la alternativa seleccionada y complementan los resultados obtenidos mediante la simulación, demostrando que la implementación de una sala exclusiva para pacientes de emergencia constituye una solución viable tanto desde el punto de vista operativo como financiero para el Hospital Vivian Pellas.

Impacto Operativo y en el Cliente

La implementación de la propuesta de mejora genera un impacto positivo tanto en el desempeño operativo del Departamento de Imagenología como en la calidad del servicio

brindado a los pacientes. Los resultados obtenidos mediante la simulación evidencian que la reorganización de los recursos y la incorporación de una sala exclusiva para pacientes provenientes del servicio de emergencias permiten mejorar significativamente el funcionamiento del sistema sin modificar los procesos clínicos establecidos por el hospital.

Desde el punto de vista operativo, la propuesta permite optimizar la utilización de los recursos disponibles al reducir las interrupciones ocasionadas por la atención prioritaria de pacientes de emergencia sobre las salas destinadas a los pacientes programados. Esta redistribución favorece un flujo de atención más continuo, disminuye la formación de colas y mejora el aprovechamiento de la capacidad instalada del Departamento de Imagenología.

Asimismo, la simulación demostró un incremento en la productividad del sistema. Mientras que el escenario actual presentó una productividad del 50 %, la primera propuesta alcanzó un 72 % y la segunda propuesta obtuvo una productividad del 76.6 %, siendo esta última la alternativa seleccionada por representar el mejor desempeño operativo. Estos resultados evidencian una mejora importante en la capacidad del sistema para atender pacientes durante el período de simulación.

La implementación de una sala exclusiva para pacientes de emergencia también permite mejorar la planificación de las actividades del departamento, ya que reduce la necesidad de interrumpir constantemente la programación de estudios previamente establecidos. Como consecuencia, el personal puede desarrollar sus actividades de manera más organizada, favoreciendo una distribución más equilibrada de la carga de trabajo y una mejor coordinación entre los recursos disponibles.

Desde la perspectiva del paciente, la propuesta contribuye a disminuir los tiempos de espera para la realización de los estudios diagnósticos, permitiendo una atención más rápida y eficiente. La reducción de estos tiempos favorece la continuidad del proceso asistencial, agiliza la obtención de resultados diagnósticos y contribuye a que los médicos tratantes puedan tomar decisiones clínicas de manera más oportuna.

En el caso de los pacientes provenientes del servicio de emergencias, la propuesta representa un beneficio adicional al disponer de una sala exclusiva para su atención, evitando que deban esperar por la disponibilidad de los recursos utilizados por los pacientes programados. Esto permite responder con mayor rapidez a situaciones que requieren atención prioritaria y fortalece la capacidad de respuesta del hospital ante casos de mayor complejidad.

Por otra parte, los pacientes programados también se benefician de la propuesta, ya que la disminución de las interrupciones durante la jornada laboral permite mantener una secuencia de atención más estable, reduciendo retrasos y mejorando el cumplimiento de la programación diaria de estudios.

En términos institucionales, la propuesta fortalece la eficiencia operativa del Departamento de Imagenología mediante una utilización más racional de la infraestructura y de los equipos disponibles, evitando inversiones innecesarias y aprovechando los recursos existentes dentro del hospital. Asimismo, la mejora contribuye a fortalecer la imagen institucional del Hospital Vivian Pellas al ofrecer un servicio más oportuno, organizado y orientado a la satisfacción del paciente.

En conjunto, los resultados obtenidos mediante la simulación demuestran que la propuesta seleccionada no solo incrementa la productividad del sistema, sino que también mejora la calidad del servicio, optimiza el uso de los recursos disponibles y fortalece la capacidad de atención del Departamento de Imagenología, generando beneficios tanto para la institución como para la población usuaria de sus servicios.

Toma de Decisiones y Recomendaciones

Los resultados obtenidos mediante la simulación y la evaluación financiera permitieron determinar que la segunda propuesta de mejora representa la alternativa más conveniente para optimizar el proceso de atención del Departamento de Imagenología del Hospital Vivian Pellas. Esta decisión se fundamenta en el desempeño alcanzado durante la experimentación, donde la propuesta obtuvo una productividad del 76.6 %, superior a la del sistema actual (50 %) y a la

primera propuesta (72 %), evidenciando una mejor utilización de los recursos disponibles y una mayor capacidad de atención.

Desde el punto de vista operativo, la implementación de una sala exclusiva para pacientes provenientes del servicio de emergencias permite reducir las interrupciones en la atención de los pacientes programados, mejorando la continuidad del flujo de trabajo y favoreciendo una distribución más eficiente de la carga operativa entre los recursos del departamento. Asimismo, el aprovechamiento de un equipo de ultrasonido existente en el hospital disminuye la necesidad de realizar inversiones adicionales, concentrando la inversión únicamente en la adquisición del nuevo equipo de Rayos X.

El análisis financiero también respalda la implementación de la propuesta, al presentar un Valor Actual Neto (VAN) positivo de US\$124,000, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 75 % y un período de recuperación de 1.2 años, indicadores que demuestran la viabilidad económica del proyecto y justifican su ejecución.

Con base en estos resultados, se recomienda al Hospital Vivian Pellas implementar de manera gradual la propuesta seleccionada, iniciando con la adecuación de la sala destinada a la atención exclusiva de pacientes de emergencia y la adquisición del nuevo equipo de Rayos X. Paralelamente, se recomienda capacitar al personal involucrado sobre la nueva distribución operativa y los procedimientos asociados a la implementación, con el fin de garantizar una transición ordenada y minimizar posibles afectaciones durante el proceso de cambio.

Asimismo, se recomienda establecer un sistema de seguimiento mediante indicadores de desempeño que permitan evaluar periódicamente el comportamiento del proceso una vez implementada la propuesta. Entre los principales indicadores se sugiere monitorear el tiempo promedio de espera de los pacientes, la productividad del servicio, la utilización de los recursos disponibles, la cantidad de pacientes atendidos y el nivel de satisfacción de los usuarios, con el propósito de verificar el cumplimiento de los resultados esperados e identificar nuevas oportunidades de mejora.

Se recomienda que el Hospital continúe promoviendo el uso de herramientas de simulación como apoyo para la toma de decisiones en otros procesos asistenciales y administrativos. La simulación constituye una herramienta estratégica que permite evaluar diferentes alternativas antes de su implementación, reduciendo riesgos, optimizando recursos y facilitando la mejora continua de los servicios de salud.

VII. Conclusiones

En relación con el primer objetivo específico, se logró recopilar información relevante sobre el funcionamiento del área de imagenología del Hospital Vivian Pellas mediante técnicas de observación directa, revisión de registros históricos y levantamiento de información en campo. Este proceso permitió obtener datos relacionados con tiempos de llegada, tiempos de espera, duración de los estudios y utilización de recursos, garantizando una base de información suficiente para el desarrollo del modelo de simulación.

Asimismo, la organización y depuración de los datos permitió asegurar la consistencia y confiabilidad de la información utilizada en el estudio. La aplicación de procedimientos de análisis estadístico facilitó la identificación de patrones operativos y el establecimiento de parámetros representativos del comportamiento real del sistema, fortaleciendo la validez de los resultados obtenidos.

En cuanto al segundo objetivo específico, se realizó una descripción detallada de los procesos operativos del área de imagenología, identificando las etapas que conforman el flujo de atención desde la llegada del paciente hasta la realización del estudio diagnóstico. Este análisis permitió comprender la interacción existente entre pacientes, personal técnico, equipos médicos y espacios físicos involucrados en la prestación del servicio.

De igual manera, se identificaron factores que afectan el desempeño operativo del sistema, destacándose la mezcla de pacientes programados con pacientes provenientes del área de emergencias, la ausencia de mecanismos formales de priorización y la falta de una gestión estructurada de colas. Estas condiciones generan interrupciones en el flujo normal de atención y contribuyen al incremento de los tiempos de espera de los pacientes.

Respecto al tercer objetivo específico, la modelación y simulación del sistema permitió representar el comportamiento operativo del área de imagenología bajo condiciones similares a las observadas en la realidad. La utilización de técnicas de simulación de eventos discretos facilitó el análisis del flujo de pacientes y la evaluación del desempeño de los recursos involucrados en el proceso de atención.

A través de la simulación fue posible identificar puntos críticos y cuellos de botella que afectan la eficiencia del servicio, especialmente en las etapas relacionadas con la asignación de recursos y la atención de pacientes con diferentes niveles de prioridad. Asimismo, la experimentación con distintos escenarios permitió evaluar alternativas orientadas a mejorar el desempeño operativo del sistema.

En relación con el cuarto objetivo específico, se formularon alternativas de mejora fundamentadas en los resultados obtenidos mediante la simulación. Las propuestas desarrolladas estuvieron orientadas a optimizar la utilización de los recursos disponibles, mejorar la organización del flujo de pacientes y fortalecer la capacidad de respuesta del área de imagenología ante la variabilidad de la demanda.

La implementación de mecanismos de priorización, estrategias de gestión de colas y mejoras en la asignación de recursos representa una alternativa viable para disminuir los tiempos de espera y mejorar la calidad del servicio brindado a los pacientes. Estas acciones contribuyen al fortalecimiento de la eficiencia operativa del departamento y favorecen una atención más oportuna y organizada.

El desarrollo del presente proyecto permitió demostrar la utilidad de la simulación de sistemas como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en ingeniería industrial aplicada

al sector salud. El modelo construido proporciona una representación confiable del sistema estudiado y constituye una base técnica para la evaluación de futuras estrategias de mejora. Asimismo, la propuesta desarrollada aporta elementos que contribuyen a la optimización del servicio de imagenología del Hospital Vivian Pellas, favoreciendo una gestión más eficiente de los recursos y una mejor experiencia para los pacientes.

VIII. Referencias

- Amaró Garrido, M. A., Díaz Quintanilla, C. L., & Hernández González, T. (2022). *Imagenología digital como recurso didáctico en el aprendizaje significativo de las Ciencias Médicas. Humanidades Médicas*, 22(3), 673–688. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-8120202200030067
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-event system simulation* (5th ed.). Prentice Hall.
- Cocchi, D., Ciagli, E., Ancora, A., Tortoli, P., Carpinì, C., Cirone, D., Rossi, E., Frosini, F., & Vezzosi, S. (2020). Improving patient waiting time of centralized front office service in a regional hub hospital using the discrete event simulation model. *Technology and Health Care*, 28(5), 1–12. <https://doi.org/10.3233/THC-191813>
- Duguay, C., & Chetouane, F. (2007). Modeling and improving emergency department systems using discrete event simulation. *Simulation*, 83(4), 311–320. <https://doi.org/10.1177/0037549707083111>
- Gross, D., Shortle, J. F., Thompson, J. M., & Harris, C. M. (2008). *Fundamentals of queueing theory* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Ismayyir, D. K., & Haleel, A. J. (2019). Application of Lean System Principles in Healthcare Services Using Arena Simulation. *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*.
- Jun, J. B., Jacobson, S. H., & Swisher, J. R. (1999). Application of discrete-event simulation in health care clinics: A survey. *Journal of the Operational Research Society*, 50(2), 109–123.
- Karvonen, S., Korvenranta, H., Paatela, M., & Seppälä, T. (2007). Production flow analysis: A tool for designing a lean hospital. *World Hospitals and Health Services*, 43(1), 28–31.

- Law, A. M. (2015). *Simulation modeling and analysis* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Liu, S., Li, Y., Triantis, K. P., Xue, H., & Wang, Y. (2020). The diffusion of discrete event simulation approaches in health care management in the past four decades: A comprehensive review. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 57. <https://doi.org/10.1177/2381468320915242>
- Luo, L., Zhang, Y., Qing, F., Ding, H., Shi, Y., & Guo, H. (2018). A discrete event simulation approach for reserving capacity for emergency patients in the radiology department. *BMC Health Services Research*, 18, 452. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3282-8>
- Rodríguez Mera, J. R. (2022). *Plan de gestión gerencial del proceso de selección adecuada de estudios de imagen radiológicas, Hospital de Especialidades Portoviejo* [Proyecto de titulación de maestría, Universidad de Las Américas]. Repositorio Digital Universidad de Las Américas. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/14046>
- Sepehri, Z., Arabzad, S. M., & Sajadi, S. M. (2015). Analysing the performance of emergency department by simulation: The case of Sirjan Hospital. *International Journal of Services and Operations Management*, 20(3), 289–301. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.067769>
- Singla, S. (2020). Demand and capacity modelling in healthcare using discrete event simulation. *Open Journal of Modelling and Simulation*, 8(4), 88–107. <https://doi.org/10.4236/ojmsi.2020.84007>
- Universidad de Las Américas. (s. f.). Facultad de Ciencias de la Salud. Repositorio Digital Universidad de Las Américas. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8>
- Vázquez-Serrano, J. I., Peimbert-García, R. E., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). Discrete-event simulation modeling in healthcare: A comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 12262. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212262>

- Vintimilla Condo, A. S. (2022). *Plan de gestión gerencial para el descongestionamiento y mejoramiento del área de emergencia del Hospital General Machala, año 2022–2023* [Proyecto de titulación de maestría, Universidad de Las Américas]. Repositorio Digital Universidad de Las Américas. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/14165>
- Wang, T., Guinet, A., Belaidi, A., & Besombes, B. (2009). Modelling and simulation of emergency services with ARIS and Arena: Case study: The emergency department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital. *Production Planning & Control*, 20(6), 484–495. <https://doi.org/10.1080/09537280902938605>
- Zhang, X. (2018). Application of discrete event simulation in health care: A systematic review. *BMC Health Services Research*, 18, 687. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3456-4>

IX. Apéndices

Los apéndices contienen información complementaria elaborada durante el desarrollo de la investigación, la cual sirvió de soporte para la recopilación, análisis y procesamiento de los datos utilizados en la simulación del sistema de atención del área de imagenología del Hospital Vivian Pellas. Estos elementos permiten documentar de manera detallada la metodología aplicada, los instrumentos utilizados y los procedimientos técnicos empleados para la construcción y validación del modelo de simulación. La inclusión de esta información fortalece la transparencia del estudio y facilita la comprensión de los resultados obtenidos.

Apéndice A. Instrumento de recolección de datos

Para la recopilación de información se diseñó un instrumento estructurado que permitió registrar las principales variables operativas del sistema. Este instrumento fue aplicado durante las jornadas de observación realizadas en el área de imagenología y permitió documentar el comportamiento real de los pacientes dentro del proceso de atención.

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de lleg	ora inicio es	Hora salid	Tiempo espera (n	Tiempo atención (n	Tiempo total (n

Apéndice B. Base de datos utilizada para la simulación

La base de datos fue construida a partir de la información recopilada mediante observación directa y revisión de registros operativos del área de imagenología. Posteriormente, los datos fueron organizados en hojas de cálculo para facilitar su procesamiento y análisis.

Base de datos para Rx AP de torax

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida	Tiempo espera (min)	Tiempo atención (min)	Tiempo total (min)
01/06/2026	P013	Rx AP de torax	09:28	10:05	10:15	37	10	47
01/06/2026	P016	Rx AP de torax	13:38	14:47	14:57	69	15	84
01/06/2026	P018	Rx AP de torax	15:16	15:31	15:43	15	12	27
02/06/2026	P032	Rx AP de torax	18:47	20:46	21:00	119	14	133
03/06/2026	P047	Rx AP de torax	15:31	17:20	17:33	109	14	123
03/06/2026	P049	Rx AP de torax	19:09	19:38	19:50	29	14	43
03/06/2026	P050	Rx AP de torax	12:08	13:19	13:34	71	15	86
04/06/2026	P066	Rx AP de torax	15:00	15:58	16:09	58	13	71
04/06/2026	P071	Rx AP de torax	07:36	07:57	08:07	21	14	35
05/06/2026	P093	Rx AP de torax	10:02	10:33	10:47	31	12	43
05/06/2026	P096	Rx AP de torax	15:53	16:55	17:10	62	10	72
06/06/2026	P109	Rx AP de torax	18:11	19:32	19:42	81	14	95
06/06/2026	P110	Rx AP de torax	10:23	11:07	11:20	44	15	59
06/06/2026	P111	Rx AP de torax	09:25	10:02	10:12	37	10	47
06/06/2026	P113	Rx AP de torax	13:01	14:26	14:37	85	10	95
06/06/2026	P117	Rx AP de torax	12:13	13:32	13:45	79	12	91

Base de datos para Rx AP y lat Cervical

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida	Tiempo espera (min)	Tiempo atención (min)	Tiempo total (min)
02/06/2026	P025	Rx AP y lat cervical	14:18	14:50	15:10	32	18	50
03/06/2026	P057	Rx AP y lat cervical	18:47	18:59	19:17	12	20	32
03/06/2026	P058	Rx AP y lat cervical	07:36	08:39	08:55	63	16	79
03/06/2026	P059	Rx AP y lat cervical	09:41	11:03	11:19	82	16	98
03/06/2026	P060	Rx AP y lat cervical	09:13	09:33	09:53	20	19	39
04/06/2026	P062	Rx AP y lat cervical	17:35	19:12	19:31	97	19	116
04/06/2026	P079	Rx AP y lat cervical	14:21	15:25	15:45	64	17	81
05/06/2026	P082	Rx AP y lat cervical	08:18	08:52	09:09	34	15	49
05/06/2026	P085	Rx AP y lat cervical	08:50	09:00	09:15	10	16	26
05/06/2026	P090	Rx AP y lat cervical	15:11	16:56	17:11	105	17	122
05/06/2026	P091	Rx AP y lat cervical	08:02	08:32	08:49	30	17	47
06/06/2026	P103	Rx AP y lat cervical	08:50	10:45	11:05	115	20	135
06/06/2026	P105	Rx AP y lat cervical	18:05	18:20	18:35	15	20	35
06/06/2026	P112	Rx AP y lat cervical	15:16	16:35	16:53	79	20	99
06/06/2026	P114	Rx AP y lat cervical	07:26	07:37	07:57	11	19	30
06/06/2026	P120	Rx AP y lat cervical	18:12	19:34	19:51	82	17	99

Base de datos para Rx AP y lat lumbar

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida	Tiempo espera (min)	Tiempo atención (min)	Tiempo total (min)
01/06/2026	P009	Rx AP y lat lumbar	19:48	20:15	20:34	27	16	43
01/06/2026	P012	Rx AP y lat lumbar	08:57	10:16	10:36	79	16	95
01/06/2026	P020	Rx AP y lat lumbar	15:41	15:51	16:09	10	20	30
02/06/2026	P036	Rx AP y lat lumbar	16:04	16:24	16:44	20	17	37
04/06/2026	P061	Rx AP y lat lumbar	16:03	16:47	17:03	44	19	63
05/06/2026	P087	Rx AP y lat lumbar	08:54	09:06	09:23	12	15	27
05/06/2026	P088	Rx AP y lat lumbar	08:25	09:27	09:45	62	19	81
05/06/2026	P092	Rx AP y lat lumbar	18:41	20:33	20:51	112	19	131
05/06/2026	P098	Rx AP y lat lumbar	17:24	17:49	18:09	25	17	42
05/06/2026	P099	Rx AP y lat lumbar	07:56	08:31	08:46	35	15	50
06/06/2026	P108	Rx AP y lat lumbar	16:12	18:07	18:25	115	17	132

Base datos para Tomografía

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida	Tiempo espera (min)	Tiempo atención (min)	Tiempo total (min)
01/06/2026	P003	Tomografía	16:37	16:56	17:23	19	28	47
01/06/2026	P005	Tomografía	14:43	16:40	17:18	117	27	144
01/06/2026	P006	Tomografía	19:41	20:12	20:35	31	24	55
01/06/2026	P017	Tomografía	13:46	15:35	16:06	109	35	144
01/06/2026	P019	Tomografía	18:26	19:29	20:00	63	27	90
02/06/2026	P027	Tomografía	10:56	11:28	11:58	32	39	71
03/06/2026	P041	Tomografía	11:56	12:51	13:19	55	26	81
03/06/2026	P042	Tomografía	09:07	11:07	11:42	120	28	148
04/06/2026	P063	Tomografía	17:52	18:37	18:59	45	38	83
04/06/2026	P067	Tomografía	08:23	08:55	09:16	32	25	57
05/06/2026	P086	Tomografía	18:25	20:17	20:45	112	25	137
06/06/2026	P106	Tomografía	13:08	14:57	15:29	109	22	131

Base de datos para US abdomen completo

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida	Tiempo espera (min)	Tiempo atención (min)	Tiempo total (min)
01/06/2026	P002	Ultrasonido abdomen completo	12:08	13:32	14:01	84	12	96
01/06/2026	P008	Ultrasonido abdomen completo	15:34	15:47	16:21	13	9	22
01/06/2026	P014	Ultrasonido abdomen completo	09:36	10:38	11:07	62	10	72
02/06/2026	P035	Ultrasonido abdomen completo	18:33	19:26	20:00	53	9	62
02/06/2026	P039	Ultrasonido abdomen completo	12:45	13:46	14:17	61	5	66
03/06/2026	P048	Ultrasonido abdomen completo	13:32	13:47	14:14	15	8	23
04/06/2026	P073	Ultrasonido abdomen completo	14:42	15:08	15:41	26	9	35
04/06/2026	P074	Ultrasonido abdomen completo	09:29	11:25	11:56	116	10	126
05/06/2026	P084	Ultrasonido abdomen completo	14:27	15:26	15:58	59	8	67
06/06/2026	P116	Ultrasonido abdomen completo	16:57	17:29	17:56	32	12	44

Base de datos para US abdomen inferior

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida	Tiempo espera (min)	Tiempo atención (min)	Tiempo total (min)
01/06/2026	P001	Ultrasonido abdomen inferior	13:51	14:41	15:05	50	7	57
01/06/2026	P015	Ultrasonido abdomen inferior	17:30	18:38	19:05	68	7	75
02/06/2026	P029	Ultrasonido abdomen inferior	09:24	10:43	11:03	79	5	84
02/06/2026	P033	Ultrasonido abdomen inferior	15:19	16:38	17:06	79	10	89
02/06/2026	P038	Ultrasonido abdomen inferior	14:41	15:39	16:00	58	5	63
02/06/2026	P040	Ultrasonido abdomen inferior	07:40	09:14	09:38	94	8	102
03/06/2026	P044	Ultrasonido abdomen inferior	14:16	16:04	16:33	108	6	114
03/06/2026	P045	Ultrasonido abdomen inferior	12:33	13:56	14:19	83	9	92
03/06/2026	P054	Ultrasonido abdomen inferior	10:42	12:12	12:33	90	12	102
03/06/2026	P055	Ultrasonido abdomen inferior	08:42	09:07	09:34	25	5	30
04/06/2026	P064	Ultrasonido abdomen inferior	16:39	18:19	18:43	100	7	107
04/06/2026	P076	Ultrasonido abdomen inferior	19:08	19:24	19:48	16	11	27
05/06/2026	P081	Ultrasonido abdomen inferior	15:51	17:37	17:58	106	10	116
05/06/2026	P097	Ultrasonido abdomen inferior	08:42	10:15	10:44	93	10	103
05/06/2026	P100	Ultrasonido abdomen inferior	09:10	09:50	10:16	40	8	48
06/06/2026	P119	Ultrasonido abdomen inferior	19:17	19:35	19:59	18	9	27

Base de datos para US abdomen superior

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida	Tiempo espera (min)	Tiempo atención (min)	Tiempo total (min)
01/06/2026	P004	Ultrasonido abdomen superior	15:50	16:07	16:29	17	9	26
01/06/2026	P007	Ultrasonido abdomen superior	19:48	20:43	21:08	55	6	61
01/06/2026	P011	Ultrasonido abdomen superior	14:58	16:37	17:02	99	10	109
02/06/2026	P022	Ultrasonido abdomen superior	12:25	13:30	13:57	65	7	72
02/06/2026	P023	Ultrasonido abdomen superior	10:10	11:11	11:37	61	7	68
02/06/2026	P028	Ultrasonido abdomen superior	10:09	11:56	12:26	107	6	113
03/06/2026	P043	Ultrasonido abdomen superior	15:29	15:46	16:12	17	10	27
03/06/2026	P052	Ultrasonido abdomen superior	12:42	14:42	15:07	120	12	132
03/06/2026	P053	Ultrasonido abdomen superior	16:58	18:39	19:05	101	10	111
03/06/2026	P056	Ultrasonido abdomen superior	10:12	10:54	11:24	42	11	53
04/06/2026	P065	Ultrasonido abdomen superior	18:04	18:43	19:09	39	5	44
04/06/2026	P080	Ultrasonido abdomen superior	10:01	11:57	12:23	116	7	123
05/06/2026	P089	Ultrasonido abdomen superior	16:00	17:27	17:52	87	8	95
06/06/2026	P101	Ultrasonido abdomen superior	11:52	12:07	12:30	15	7	22
06/06/2026	P104	Ultrasonido abdomen superior	07:39	08:04	08:27	25	10	35
06/06/2026	P107	Ultrasonido abdomen superior	10:23	12:00	12:30	97	6	103

X. Anexos

Tabla 14. *Bitácora de Enfermería*

Fecha	Paciente	Estudio realizado	Hora de llegada	Hora inicio estudio	Hora salida
01/06/2026	P001	Ultrasonido abdomen inferior	13:51	14:41	15:05
01/06/2026	P002	Ultrasonido abdomen completo	12:08	13:32	14:01
01/06/2026	P003	Tomografía	16:37	16:56	17:23
01/06/2026	P004	Ultrasonido abdomen superior	15:50	16:07	16:29
01/06/2026	P005	Tomografía	14:43	16:40	17:18
01/06/2026	P006	Tomografía	19:41	20:12	20:35
01/06/2026	P007	Ultrasonido abdomen superior	19:48	20:43	21:08
01/06/2026	P008	Ultrasonido abdomen completo	15:34	15:47	16:21
01/06/2026	P009	Rx AP y lat lumbar	19:48	20:15	20:34
01/06/2026	P010	Mamografía	12:50	13:34	13:52
01/06/2026	P011	Ultrasonido abdomen superior	14:58	16:37	17:02
01/06/2026	P012	Rx AP y lat lumbar	08:57	10:16	10:36
01/06/2026	P013	Rx AP de torax	09:28	10:05	10:15
01/06/2026	P014	Ultrasonido abdomen completo	09:36	10:38	11:07
01/06/2026	P015	Ultrasonido abdomen inferior	17:30	18:38	19:05
01/06/2026	P016	Rx AP de torax	13:38	14:47	14:57
01/06/2026	P017	Tomografía	13:46	15:35	16:06
01/06/2026	P018	Rx AP de torax	15:16	15:31	15:43
01/06/2026	P019	Tomografía	18:26	19:29	20:00
01/06/2026	P020	Rx AP y lat lumbar	15:41	15:51	16:09
02/06/2026	P021	Ultrasonido pelvico	12:26	13:49	14:13
02/06/2026	P022	Ultrasonido abdomen superior	12:25	13:30	13:57
02/06/2026	P023	Ultrasonido abdomen superior	10:10	11:11	11:37
02/06/2026	P024	Mamografía	11:24	13:15	13:30
02/06/2026	P025	Rx AP y lat cervical	14:18	14:50	15:10
02/06/2026	P026	Mamografía	13:41	15:39	16:02
02/06/2026	P027	Tomografía	10:56	11:28	11:58
02/06/2026	P028	Ultrasonido abdomen superior	10:09	11:56	12:26
02/06/2026	P029	Ultrasonido abdomen inferior	09:24	10:43	11:03

Fuente: Elaboración propia en Excel



Fuente: Elaborada con IA (Por temas de confidencialidad no se permitió tomar fotos reales)

Figura 5. Sala de Ultrasonido



Fuente: Elaborada con IA (Por temas de confidencialidad no se permitió tomar fotos reales)

Figura 6. Sala de Rayos X



Fuente: Tomada de internet (Por temas de confidencialidad no se permitió tomar fotos reales)

Figura 7. Pasillos internos del área



Fuente: Foto tomada bajo supervisión de encargado de área.

Figura 8. Estación de enfermería interna



Fuente: Foto tomada bajo supervisión de encargado de área.

Figura 9. Área de toma de signos vitales



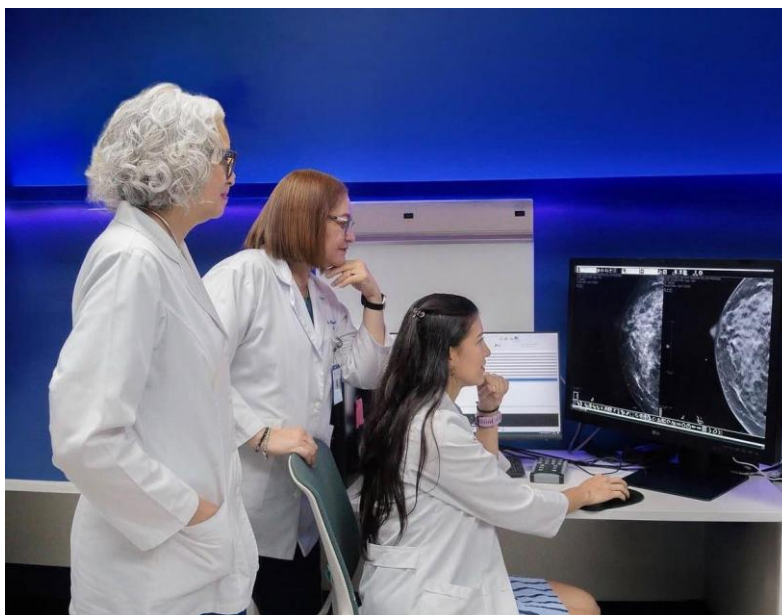
Fuente: Foto tomada bajo supervisión de encargado de área.

Figura 10. Realización de Ultrasonido



Fuente: Foto obtenida de redes sociales del hospital

Figura 11. Área de transcripción de estudios



Fuente: Foto obtenida de redes sociales del hospital

Figura 12. Realización de Rayos X



Fuente: Tomada de internet (Por temas de confidencialidad no se permitió tomar fotos reales)

Figura 13. *Realización de Mamografía*



Fuente: Tomada de redes sociales del hospital

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

Nosotros, Rebeka Porras Miranda con cédula de identidad 401-210605-1006A, Jesús Sebastián Sándigo Muñoz con cédula de identidad 401-190603-1000A y Azael Josué Gómez Rayo con cédula de identidad 361-220503-1002G, egresados del programa académico de Ingeniería Industrial declaramos que:

El contenido del presente documento es un reflejo de nuestro trabajo personal, y toda la información que se presenta está libre de derechos de autor, por lo que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, nos hacemos responsables de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo (UNICA).

Así mismo, autorizamos a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada de nuestro trabajo de investigación, bajo el título Optimización del sistema de atención en el área de imagenología en el hospital Vivian Pellas mediante simulación de sistemas para reducir tiempos de espera en pacientes en el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto lo hacemos desde nuestra libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los 22 días del mes Julio de 2026.

Atentamente,

Rebeka Porras Miranda

Rbkporras21@gmail.com

Firma:



Jesús Sebastián Sándigo Muñoz

Jesussebastiansandigomunoz@gmail.com

Firma:

Azael Josué Gómez Rayos

gomezrazael@gmail.com

Firma:

