

**La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención
en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium**

Autor

SANTIAGO EDUARDO ADARME DÍAZ

Director

Mg. RICHARD ANTONIO MOYA ARGÜELLO
Ingeniero Industrial

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, diciembre 15 de 2022**

Agradecimientos

Agradezco a la E.S.E. hospital Jorge Cristo Sahium del Municipio de Villa del Rosario y a su gerente el Dr. Duban Marcell Martínez Méndez, al personal del área por haber permitido entregar información para el caso del objeto de estudio del área del Call Center.

A sí mismo doy gracias a Dios por haberme permitido hacer parte del programa de Ingeniera Industrial, el cual ha sido un ciclo enriquecedor para mi formación profesional y personal.

También le agradezco en especial a mi tutor Richard Antonio Moya Argüello por su dedicación y orientación en la investigación. Igualmente, a mis docentes de formación quienes con su conocimiento forjaron en mi un ser con múltiples capacidades y habilidades del saber y el hacer para el entorno profesional y social ellos fueron las ingenieras, Ing. Jessica Domínguez, Ing. Ruth Reyes, y los ingenieros. Ing. Ronald Castro y el Ing. Francisco Arencibia, Infinitas Gracias.

Dedico este triunfo a mi “motor de motivación” como lo es mi familia, mi madre maria Isabel Diaz y mi padre Hector Adarme, por su acompañamiento en esta formación a mis hermanos Jhonny, Diego, Edwin, Yesid. En especial a mi inspiración de vida como lo fue mi hermano Adolfo Enrique Adarme Diaz por su apoyo desde el inicio quien me motivo a seguir adelante, y a mi segunda madre, mi abuela Josefa Diaz por su insistencia en estudiar y seguir adelante en este hermoso mundo del conocimiento, aunque ya no nos acompañan desde el cielo aun me siguen guiando en cada paso y decisión que doy Gracias.

Tabla de Contenido

1.	Introducción	1
2.	Resultados	3
2.1	Teoría de colas	3
2.1.1	Colas	3
2.1.2	Objetivos de la Teoría de colas	6
2.2	Uso de la Notación Kendall	6
2.2.1	Distribución de llegadas.	7
2.2.2	Distribución de los tiempos de servicio.	8
2.2.3	Número de servidores	8
2.3	Ecuaciones claves en diferentes tipos de escenarios de los sistemas de colas	8
2.3.1	Ecuaciones del modelo de colas multicanal	11
2.3.2	Ecuaciones para el modelo del tiempo de servicio constante	12
2.3.3	Ecuaciones para el modelo de población finita	13
2.4	Sistema de cola de un solo canal	14
2.5	Teoría de colas modelos de sistema multicanal o de varios servidores m/m/s:	15
2.6	Análisis del uso de aplicaciones para el desarrollo de la gestión de colas	16
2.6.1	Skiplino	17
2.6.2	Qless	17
2.6.3	Whyline	18
2.7	Casos de análisis	19
2.7.1	Caso 1	19
2.7.2	Equilibrio Costo Beneficio	25
2.7.3	Caso 2	26
2.8	Caso de estudio: Descripción de la empresa	27
2.8.1	Mapa de procesos	27
2.8.2	Reseña Histórica	28
2.8.3	Áreas de servicios	30
2.8.4	Sedes	31
2.9	Panorama del área de estudio del sistema de colas	31
2.9.1	Sistema de cola del Área del Call Center	31
2.9.2	Área del Call Center	32

	4
2.9.3 Diagrama de Ishikawa	33
2.10 Propósito de estudio	34
2.11 Tipo de Investigación	35
2.12 La planificación del lapso de observaciones del sistema	36
2.12.1 Cronograma de Actividades	36
2.12.2 Diagrama de Gantt	37
2.13 Selección del modelo Kendall para los dos escenarios	38
2.13.1 Ecuación del modelo actual del Área del Call Center	40
2.14 Ecuaciones del modelo	40
2.15 Formato para la toma de tiempos	42
2.16 Escenarios	43
2.16.1 Primer escenario	43
2.16.2 Segundo escenario	43
2.17 Cálculos por módulos	44
2.17.1 Modulo 1	45
2.17.2 Modulo 2	51
2.17.3 Modulo 3	55
2.17.4 Modulo 4	60
2.18 Análisis de la tabulación de la muestra de datos por modulo	64
2.18.1 Muestra	64
2.19 Análisis de la tabulación de los datos por modulo	66
2.19.1 Primer escenario	66
2.19.2 Segundo escenario	69
2.20 Análisis sistema total Actual	72
2.20.1 Modelo M/M/4/∞/∞/FIFO	72
2.21 Medidas: Primer Escenario	72
2.21.1 Cálculo promedio de las medidas primer escenario	72
2.21.2 Cálculo de las medidas de desempeño 1 escenario	73
2.21.3 Resultados del panorama de estudio para el 1 escenario	76
2.22 Costos del sistema: Escenario 1	79
2.22.1 Costo de espera: Primer escenario	80
2.22.2 Costo de servicio: Primer escenario	80

	5
2.22.3 Costo total: Primer escenario	81
2.23 Medidas: Segundo Escenario	82
2.23.1 Cálculo promedio de las medidas: segundo escenario	82
2.23.2 Cálculo de las medidas de desempeño 2 escenario	83
2.23.3 Resultados del panorama de estudio para el 2 escenario	87
2.24 Costos del sistema: Escenario 2	90
2.24.1 Costo de espera: Primer escenario	90
2.24.2 Costo de servicio: Primer escenario	91
2.24.3 Costo total: Segundo escenario	91
2.25 Validación de los Resultados mediante el Software de WinQSB	92
2.25.1 Validación de los resultados del Primer escenario mediante el Software de WinQSB.	93
2.25.2 Validación de los resultados del Segundo escenario mediante el Software de WinQSB.	96
2.26 Modelo Propuesto: M/M/3 mediante simulación	98
2.27 Simulación con FlexSim	99
2.27.1 Simulación con FlexSim Primer escenario	99
2.27.2 Simulación con FlexSim Segundo escenario	102
3. Conclusiones	105
3.1 Recomendaciones	108
4. Bibliografía	109
5. Anexos	113
5.1 Carta de Autorización de Investigación de campo	113
5.2 Evidencia fotográfica de toma de datos	114
5.2.1 Área de Estudio	114
5.3 Drive de los documentos utilizados de los cálculos	114
5.4 Formatos de la toma de datos	115

Lista de Tablas

Tabla 1. Notación de los diferentes tipos de sistemas de colas	7
Tabla 2. Cronograma de Actividades.....	37
Tabla 3. Modelo Kendall del Área del Call Center	39
Tabla 4. Ecuaciones para el cálculo de las medidas de desempeño $s > 1$	41
Tabla 5. Formato para la toma de tiempos.....	42
Tabla 6. Descripción del primer escenario	43
Tabla 7. Descripción del segundo escenario.....	43
Tabla 8. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Día 1: Citas Preferenciales	46
Tabla 9. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Día 2: Citas Preferenciales	47
Tabla 10. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Día 1: Citas Todo Publico	49
Tabla 11. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Día 2: Citas Todo Publico	51
Tabla 12. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Día 1: Citas Preferenciales	52
Tabla 13. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Día 2: Citas Preferenciales	53
Tabla 14. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Día 1: Citas Todo Publico	54
Tabla 15. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Día 2: Citas Todo Publico	55
Tabla 16. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Día 1: Citas Preferenciales	56
Tabla 17. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Día 2: Citas Preferenciales	57
Tabla 18. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Día 1: Citas Todo Publico	58
Tabla 19. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Día 2: Citas Todo Publico	59
Tabla 20. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4: Día 1: Citas Preferenciales	60
Tabla 21. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4: Día 2: Citas Preferenciales	61
Tabla 22. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4: Día 1: Citas Todo Publico	62
Tabla 23. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4: Día 2: Citas Todo Publico	63
Tabla 24. N°. Tabulación de los datos cálculos de los Usuarios en el sistema.....	64
Tabla 25. Tabulación de los Cálculos/módulos/Días 1 escenario.....	66
Tabla 26. Factor de Utilización - Ocio por módulos 1 escenario	67
Tabla 27. Cálculos, panorama por módulos Escenario 1	68
Tabla 28. Tabulación de los Cálculos/módulos/Días 2 escenario.....	69
Tabla 29. Factor de Utilización - Ocio por módulos 2 escenario	70
Tabla 30. Cálculos, panorama por módulos Escenario 2	71
Tabla 31. Tabulación del cálculo promedio: Primer escenario.....	72
Tabla 32. Tabulación de datos para el cálculo de las medidas de desempeño.....	73
Tabla 33. Resumen de las Medidas de desempeño: Sistema de cola escenario 1	77
Tabla 34. Descripción del salario.....	79
Tabla 35. Tabulación de los costos del sistema: escenario 1	81
Tabla 36. Tabulación del cálculo promedio: Segundo escenario	82
Tabla 37. Tabulación de datos para el cálculo de las medidas de desempeño 2 escenario	83
Tabla 38. Resumen de las Medidas de desempeño: Sistema de cola escenario 2	87
Tabla 39. Tabulación de los costos del sistema: escenario 2	91
Tabla 40. Datos de entrada winQSB Primer (1) escenario	93
Tabla 41. Validación Medidas de Desempeño winQSB Primer escenario.....	94
Tabla 42. Descripción de las medidas de desempeño primer escenario	95

Tabla 43. Datos de entrada winQSB Segundo (2) escenario	96
Tabla 44. Validación Medidas de Desempeño winQSB Segundo escenario.....	96
Tabla 45. Descripción de las medidas de desempeño segundo escenario	97
Tabla 46. Datos de entrada FlexSim Primer escenario	99
Tabla 47. Descripción de los datos de simulación por modulo primer escenario.....	102
Tabla 48. Datos de entrada FlexSim Segundo escenario	102
Tabla 49. Descripción de los datos de simulación por modulo Segundo escenario	104

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Tipos de Sistema de Colas	5
Ilustración 2. Sistema de colas de un solo canal	14
Ilustración 3. Módulo de un sistema multicanal	15
Ilustración 4. Mapa de procesos E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium	28
Ilustración 5. Funcionamiento del proceso de colas del Área: Call Center	32
Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa	34
Ilustración 7. Diagrama de Gantt Realizado en Project Libre	37
Ilustración 8. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Dia 1: Citas Preferenciales	45
Ilustración 9. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Dia 2: Citas Preferenciales	47
Ilustración 10. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Dia 1: Citas Todo Publico	48
Ilustración 11. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Dia 2: Citas Todo Publico	50
Ilustración 12. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Dia 1: Citas Preferenciales	52
Ilustración 13. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Dia 2: Citas Preferenciales	53
Ilustración 14. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Dia 1: Todo Publico.....	54
Ilustración 15. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Dia 2: Todo Publico.....	55
Ilustración 16. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Dia 1: Citas Preferenciales	56
Ilustración 17. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Dia 2: Citas Preferenciales	57
Ilustración 18. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Dia 1: Citas Todo Publico	58
Ilustración 19. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Dia 2: Citas Todo Publico	59
Ilustración 20. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4: Dia 1: Citas Preferenciales	60
Ilustración 21. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4: Dia 2: Citas Preferenciales	61
Ilustración 22. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4: Dia 1: Citas Todo Publico	62
Ilustración 23. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4: Dia 2: Citas Todo Publico	63
Ilustración 24. Tabulación de los datos de los usuarios Mediante grafico de líneas y barras	65
Ilustración 25. Factor de Utilización Vs Ocio: módulos 1 escenario	67
Ilustración 26. Representación del Panorama por módulos Escenario 1	68
Ilustración 27. Factor de Utilización Vs Ocio: módulos 2 escenario	70
Ilustración 28. Representación del Panorama por módulos Escenario 2	71
Ilustración 29. Condiciones de un Sistema Estable & Transitorio escenario 1	78
Ilustración 30. Tabulación costos del sistema Escenario 1.....	82
Ilustración 31. Condiciones de un Sistema Estable & Transitorio escenario 2	89
Ilustración 32. Tabulación costos del sistema Escenario 2.....	92
Ilustración 33. Simulación del Primer Escenario M/M/3	101
Ilustración 34. Simulación del Segundo Escenario M/M/3	103

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. hospital Jorge Cristo Sahium

Resumen

Esta investigación pretende examinar la teoría de las colas y la gestión de los servicios mediante un estudio teórico; ilustra la importancia de la ejecución de metodologías de gestión de los tiempos de espera para muchas organizaciones, como bancos, líneas aéreas, empresas de telecomunicaciones y departamentos de policía que utilizan habitualmente modelos de colas para ayudar a determinar los niveles de capacidad necesarios para responder a las demandas experimentadas de manera oportuna.

Aunque el análisis de colas se ha utilizado en hospitales y otros entornos sanitarios, su uso en este sector no es muy extendido. Sin embargo, dada la generalización de los retrasos en tiempos que ocurren en el proceso de atención para la programación de citas en la mayoría de las instituciones prestadoras de salud (hospitales, clínicas o centros de salud), que satisfacen las crecientes demandas con recursos muy limitados, adoptan los modelos de colas debido a que son muy útiles para desarrollar políticas más efectivas para la asignación de camas y dotación de personal, y para identificar otras oportunidades que mejoren el servicio. Este documento, además, describe los modelos básicos de colas, así como algunas modificaciones y extensiones simples que son particularmente útiles en el entorno de atención médica, la atención al usuario para asignación de citas, mediante el análisis literario que brinda ejemplos de su uso, el tema crítico de los requisitos de datos, así como la elección del modelo y la interpretación y uso de los resultados.

Palabras clave: Organizaciones, análisis de cola, modelos de colas, datos.

Abstract

This research aims to examine queuing theory and service management through a theoretical study; illustrates the importance of executing wait-time management methodologies for many organizations, such as banks, lines, telecommunications companies, and police departments that routinely use queuing models to help determine the capacity levels needed to respond to queues. demands experienced in a timely manner.

Although queuing analysis has been used in hospitals and other healthcare settings, it is not widely used in this industry. However, given the generalized time delays that occur in the care process for scheduling appointments in most health care institutions (hospitals, clinics, or health centers), which meet the growing demands with very limited , adopt queuing models because they are very useful in developing more effective policies for bed availability and staffing, and in identifying other opportunities to improve service. This document further describes the basic queuing models, as well as some simple modifications and extensions that are particularly useful in the healthcare environment, customer service for assigning appointments, through literature analysis that provides examples of their use, the critical issue of data requirements, as well as the choice of the model and the interpretation and use of the results.

Keywords: Organizations, queue analysis, queue models, data.

1. Introducción

Los administradores de atención médica enfrentan una tarea desafiante para organizar sus procesos de manera más efectiva y eficiente (Puyol Aliaga, 2022, p. 22). La presión sobre los administradores de atención médica aumenta a medida que la demanda de atención médica y los gastos aumentan de manera constante. La atención al usuario en el entorno de salud, es un ambiente en el que existen muchos puntos diferentes de análisis. Un asunto en particular es la vía de comunicación al Centro De Atención Telefónica, allí los usuarios tienen la posibilidad de agendar citas y sumado a ello, la exposición de quejas como; entre ellas, líneas ocupadas por tiempos prolongados. Por lo tanto, puede conducir a una reducción significativa del tiempo de espera a comparación que optar por aumentar la velocidad del servicio. Muchos sistemas imponen un límite superior en el número de clientes atendidos simultáneamente por cada administrador de casos (Puyol Aliaga, 2022, p.53). Examinamos el impacto de estos límites de carga de casos en el tiempo de espera y describimos métodos heurísticos efectivos para establecer estos límites.

Muchos problemas como estos deben abordarse en la atención al usuario en el área analizada de asignación de citas para temas del cuidado de la salud, y la investigación operativa proporciona numerosas metodologías y técnicas de solución para abordarlos. El modelo de investigación operativa ofrece un enfoque sistemático para el análisis y resolución de problemáticas, permite la caracterización de actividades de un sistema existente utilizando modelos matemáticos, Maldonado (como se citó en Malca Villanueva, *La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium*

2021, p. 52), que aborda con éxito los problemas de los sistemas de atención de la salud es el uso de modelos de colas.

Se realizó una revisión de literatura para determinar las áreas de atención actuales apoyadas por modelos planteados de la teoría colas. En donde se fundamentó en apoyo de artículos científicos, descripción de modelos de colas y sus temas relacionados con la atención al usuario en los diferentes servicios prestados por entidades prestadoras en salud. La presente monografía se agrupa en artículos de investigación seleccionados publicados en el campo de las aplicaciones de la teoría de colas (QTA) en la gestión del cuidado de la salud (HCM) y en artículos publicados entre 2016 a 2022. El objetivo del presente documento es describir las principales tendencias en la aplicación de la teoría de colas, modelos que estén a disposición de los decisores en salud, Como los canales de atención al usuario vía telefónica, para la asignación de citas, teniendo en cuenta que la bibliografía resultante no debe ser considerada como definitiva.

2. Resultados

2.1 Teoría de colas

2.1.1 Colas

Las colas o el factor de esperar a ser atendidos hacen parte comúnmente de nuestra vida habitual, Hoy en día es muy mínima la cantidad de personas que no hayan tenido la posibilidad de haber experimentado el esperar en cola en diferentes lugares o situaciones como por ejemplo en las líneas de espera de las llamadas telefónicas, semáforos, en aeropuertos, peajes, restaurantes, incluso en una línea de producción, etc.

Se evidencio en la visita realizada a las instalaciones de la E.S.E. hospital Jorge Cristo Sahium como se forman las colas en sus diferentes áreas de servicio, nuestro caso de estudio del sistema de atención al usuario realizado para el área del Call Center. Tanto para los dos (2) escenarios evaluados para el agendamiento de citas. El escenario uno (1) se realiza en el horario de la llegada del personal a las 6 de la mañana para prestar el servicio a partir de las 6:30 hasta las 8 am, para usuarios preferenciales, para el segundo (2) escenario de 8 a 12 am, para todo tipo de usuarios el agendamiento de citas mediante llamada telefónica. Presenciamos como en los dos escenarios algunos usuarios abordan una cultura de esperar en cola, para ser atendidos y así poder agendar sus citas. Y el cómo una vez han sido atendidos abandonan el sistema.

El estudio de las colas tiene que ver con la cuantificación del fenómeno de esperar por medio de medidas de desempeño representativas, tales como longitud promedio

de la cola, tiempo de espera promedio en la cola, y el uso promedio de la instalación.

(Taha, 2012, pág. 593)

La teoría de las colas o también llamada teoría de las líneas de espera fue originalmente de un trabajo práctico. Como primera noticia del inicio de la aplicación de esta teoría se remonta a los estudios realizados en 1909 por el matemático danés. Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 - 1929), para analizar la congestión en el sistema telefónico de Copenhague. Con el pasar del tiempo y estudios realizados se convirtió en un concepto teórico que consiguió un gran desarrollo, y desde hace unos años se vuelve a hablar de un concepto aplicado, aunque exige un importante trabajo de análisis para convertir las fórmulas en realidades, o viceversa. (Pazos Arias y otros, 2003)

En 1981, por estudios de Kauffman, entre otros autores relevantes como Cooper, Gross y Harris testificaban que este modelo matemático proporcionaba posibles soluciones a un fenómeno como lo es la espera. Cálculos que hacen posible unas probabilidades y así facilitar una toma de decisiones apoyadas en los resultados para optimizar el servicio dentro de la entidad u organización. Determinando indicadores y parámetros que hacen más eficiente el proceso. (Centro de Mecanización Agropecuaria (Cuba) & Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, 1998)

El caso de estudio que se analiza en esta investigación la teoría de colas se convierte, pilar fundamental como herramienta estratégica en la optimización del sistema

de atención del área de Call Center en la E.S.E. hospital Jorge Cristo Sahium del Municipio de Villa del Rosario - N/S.

Las colas son fenómenos que ocurren en cualquier negocio que ofrece servicios o productos, se estudian matemáticamente y se aplican para evitar repercusiones como la pérdida de clientes, por falencias en recursos humanos para la atención de clientes, pero tampoco la solución será incrementar los costos operativos, de manera que debe existir un equilibrio (Fernández Clavijo & Llerena Alva, 2018, p. 36). El objetivo es entender cómo son los sistemas de líneas de espera, calificar el rendimiento del sistema y además optimizarlo.

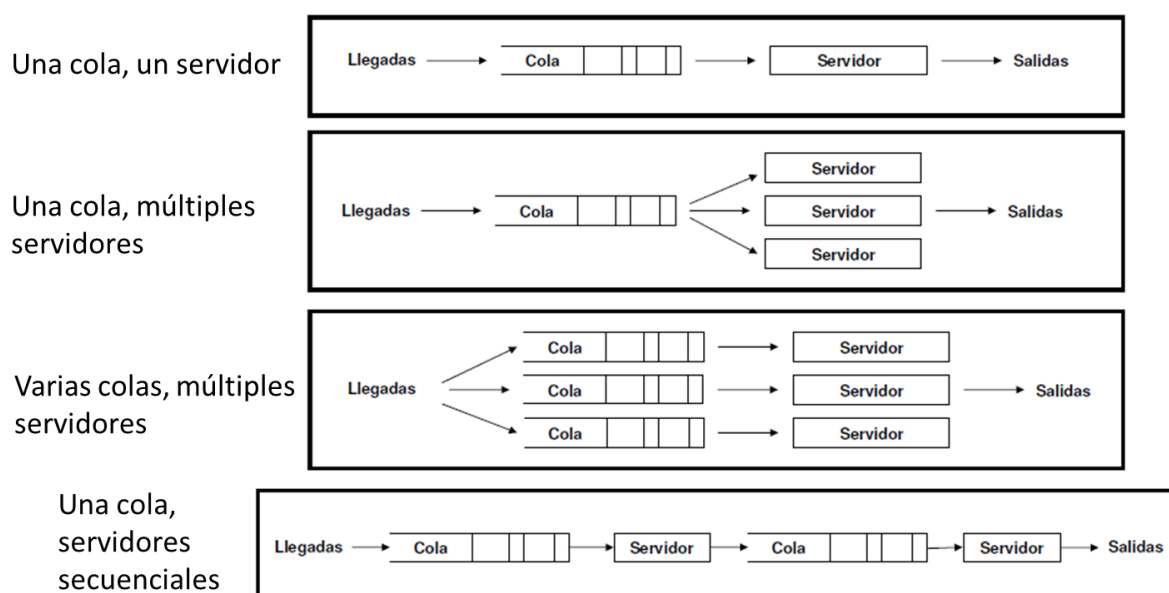


Ilustración 1. Tipos de Sistema de Colas

2.1.2 Objetivos de la Teoría de colas

Los objetivos de la Teoría de colas consisten en:

- ✓ Identificar el nivel óptimo de capacidad del sistema que minimiza el costo global del mismo.
- ✓ Evaluar el impacto que las posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema tendrían en el costo total del mismo.
- ✓ Establecer un balance equilibrado (“óptimo”) entre las consideraciones cuantitativas de costos y las cualitativas de servicio.

Un elemento importante al que se le debe prestar atención es al tiempo de permanencia en el sistema o en la cola: “la paciencia” de los clientes depende del tipo de servicio específico y eso puede hacer que un cliente abandone el sistema. (Ayala Izaguirre, 2007)

2.2 Uso de la Notación Kendall

El matemático David G. Kendall, Originario de Inglaterra. En el año de 1953, implementó la notación de colas, la cual es utilizada para identificar las características de una línea de espera por medio de iniciales. (Ihaka & Gentleman, 1996)

Un sistema podrá ser notado de la siguiente manera,

A/B/X/Y/Z/V	
Notacion	Significado
A	Es el modelo de llegadas: Valores positivos M: Tiempo entre llegadas Exponenciales, (Poisson) D: Tiempo entre llegadas Deterministas Ek: Tiempo entre llegada Erlang (Gama) con parametro de forma k G: Tiempo entre llegadas Generales (Cualquier Distribucion)
B	Es el modelo de servicios: M: Tiempo entre servicio Exponenciales D: Tiempo entre servicio Deterministas Ek: Tiempo entre servicio Erlang (Gama) con parametro de forma k G: Tiempo entre servicio Generales (Cualquier Distribucion)
X	Es el números de servidores
Y	Es la Capacidad de sistema (número máximo de clientes en el sistema) se puede omitir si es infinita
Z	Es la disciplina (se puede omitir si es infinita)
V	Es el número de estados de servicio, se puede omitir si es 1

Tabla 1. Notación de los diferentes tipos de sistemas de colas

La forma sencilla de clasificar los sistemas de línea de espera dados por 3 caracteres:

2.2.1 Distribución de llegadas.

- a. M = Markoviana (tipo poisson) Dado que los sistemas de negocio serán humanos, la llegada de las personas será probabilística. La función de probabilidad más adaptable a este tipo de procesos es la distribución poisson. Ej., en un supermercado, no llegará la misma cantidad de personas cada determinado lapso.
- b. D = Determinística (constante) Ej. En una fábrica donde existe sistema automotriz en el cual se establece que cada tres minutos llegará una carcasa nueva y es posible calcular la cantidad de llegadas si establecemos un tiempo exacto.
- c. E_k = Distribución Erlang (Gama) con parámetro de forma de k
- d. G = General

2.2.2 Distribución de los tiempos de servicio.

- a. M = Markoviana (curva de probabilidad tipo exponencial). Ej. En un supermercado, no se brinda atención a la misma cantidad de personas para un determinado lapso debido a la cantidad de productos.
- b. D = Determinístico cuando un servidor se tarda una determinada cantidad de tiempo. Ej. En sistemas como el de una montaña rusa, las personas forman una fila y el servicio, que es llenar el carrito y usarlo, siempre tardará la misma cantidad de tiempo.
- c. Ek = Distribución Erlang (Gama) con parámetro de forma de k
- d. G = General

2.2.3 Número de servidores

Este último carácter determina cuántos servidores brindarán la atención en el sistema; cantidad cerrada (Contreras García, 2021, p. 12).

2.3 Ecuaciones claves en diferentes tipos de escenarios de los sistemas de colas

(BARRY RENDER et al., 2012)

➤ llegadas

λ = Velocidad promedio de llegadas y se necesita para hallar trabajo

t_l = Tiempo promedio entre llegadas

μ = Velocidad promedio de atención en el servicio

t_s = Tiempo promedio en el servicio

Donde, $\lambda = \frac{1}{t_l}$, $\mu = \frac{1}{t_s}$

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Expresados en $\frac{\text{unidades}}{\text{hora}}$

➤ Unidades

L_q = Numero Número promedio de clientes que se encuentran esperando a ser atendidos/
número promedio de clientes en la línea de espera/longitud de la línea de espera

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

L = Numero promedio de clientes en un sistema (línea de espera o siendo atendido)

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

➤ Tiempo

W_q = Tiempo promedio que una persona espera por ser atendida

W_q = tambien es el Tiempo promedio en que una persona pasa en línea de espera

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

W = Tiempo promedio en que una persona pasa en el sistema (línea de espera o en el servicio)

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

➤ Probabilidades

p_0 = Probabilidad de que el sistema esté vacío/

porcentaje de tiempo que pasa desocupado el sistema

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

ρ = Factor de utilización. probabilidad de que haya cola / probabilidad de que haya al menos una unidad en sistemas. / probabilidad de que se esté en utilización el sistema

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$P_{(n>k)}$ = Probabilidad de que haya más de K unidades en el sistema

$$P_{n>k} = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^{k+1}$$

P_n = Probabilidad de que haya exactamente n unidades en el sistema

$P_{(t>x)}$ = Probabilidad de que una unidad pase más de x minutos en la línea de espera

$P_{(T>x)}$ = Probabilidad de que una unidad pase más de x minutos en el sistema

Para poder realizar los cálculos debidamente necesarios para poder determinar un análisis de las partes operativas del sistema de colas multicanal se requieren fórmulas específicas para cada parámetro(Cano Sánchez & Vargas Quiroz, 2021)

2.3.1 Ecuaciones del modelo de colas multicanal

En donde conocemos que:

m = Número de canales abiertos, se denota también por la letra s

λ = Tasa de llegadas promedio

μ = Tasa de servicio promedio en cada canal.

Para el cálculo de las medidas de Desempeño vienen dadas por:

P_0 es La probabilidad de que haya cero usuarios o unidades en el sistema viene dada por la ecuacion

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \frac{m\mu}{m\mu - \lambda}} \text{ para } m\mu > \lambda$$

➤ Como Criterio tenemos que: $m\mu > \lambda$ para la aplicación se debe cumplir.

De igual forma también se puede encontrar de forma simplificada para la facilidad de cálculo quedando de la siguiente manera.

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m}{m!} \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{\lambda}{m\mu} \right)} \right) \right]}$$

L es el número promedio de clientes o unidades en el sistema es

$$L = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^m}{(m-1)!(m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

W es el tiempo promedio que una unidad pasa en la línea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema) viene dada por la ecuacion:

$$W = \frac{\mu (\lambda / \mu)^m}{(m-1)!(m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda}$$

L_q es el numero promedio de usuarios o unidades que se encuentran en la linea esperando ser atendidos

$$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu}$$

W_q es el tiempo promedio que un usuario o unidad para en la cola esperando ser atendido

$$W_q = W - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

ρ es la tasa de utilizacion o el factor de ocupacion en el sistema

$$\rho = \frac{\lambda}{m\mu}$$

2.3.2 Ecuaciones para el modelo del tiempo de servicio constante

Para este modelo las ecuaciones vienen dadas de la siguiente manera:

L_q es la longitud promedio de la cola

$$L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu - \lambda)}$$

W_q es el tiempo de espera promedio en la cola

$$W_q = \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)}$$

L es el numero promedio de usuarios en el sistema

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

W viene dado por el tiempo promedio en el sistema

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

2.3.3 Ecuaciones para el modelo de población finita

➤ Utilizando

λ = Tasa de llegadas promedio

μ = Tasa de servicio promedio

N = Tamano de la poblacion

➤ Las características paralas medidas de desempeño para este modelo de este tipo de población con un único canal en un turno vienen dadas de la siguiente forma:

Po es la probabilidad de que el sistema este vacio

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}$$

Lq es la Longitud promedio de la cola

$$L_q = N - \left(\frac{\lambda + \mu}{\lambda}\right)(1 - P_0)$$

L viene dado por el numero promedio de usuarios (unidades) dentro del sistema

$$L = L_q + (1 - P_0)$$

Wq es el tiempo de espera promedio en la cola

$$W_q = \frac{L_q}{(N - L)\lambda}$$

W es el Tiempo promedio en el sistema

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

P_n es la probabilidad de n unidades en el sistema

$$P_n = \frac{N!}{(N - n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 \quad \text{for } n = 0, 1, \dots, N$$

2.4 Sistema de cola de un solo canal

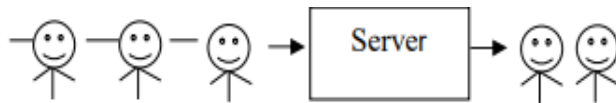


Ilustración 2. Sistema de colas de un solo canal

Considere un sistema de colas de un solo servidor (M/M/1) como lo señala la Ilustración 2, en el que los clientes que llegan siguen la ruta de Poisson. proceso con tasa de llegada λ y el proceso de servicio sigue una distribución exponencial con tasa de servicio μ . Aquí los clientes se identifican como pacientes que llegan. Suponemos que los servicios en todas las fases son independientes e idénticos y sólo un paciente a la vez está en el mecanismo de servicio (López Hung & Joa Triay, 2018).

Cuando un paciente ingresa al sistema y en un momento si el sistema está libre, su tiempo de servicio comienza inmediatamente, cuando el sistema no está libre, el paciente se incorpora a la cola y espera su turno/número para ser atendido. Después de la finalización de los servicios, el paciente no tiene que hacer cola si no hay más instalaciones de servicios ampliados. Si el servidor está ocupado, los pacientes que llegan se ponen en

órbita y se convierten en una fuente de llamadas repetidas. Este grupo de fuentes de llamadas repetidas puede verse como una especie de cola. El tiempo que lleva atender cada paciente es exponencial variable aleatoria con parámetro μ .

En la ilustración 2, es una representación pictórica de un sistema de colas de un solo servidor (m/m/1) este escenario puede suponer en que los pacientes están haciendo cola, esperando que el servidor esté libre para prestar el servicio (Huamanchumo Sandoval & Pizarro Bacilio, 2021). En la situación de congestión de pacientes en un sistema de salud, hay muy pocas posibilidades de que los pacientes que llegan al final reciban tratamiento como hay un solo servidor que presta servicios. En la peor situación, los pacientes pueden abandonar el sistema sin ser atendido. (Mala, S.P, & Varma, 2016)

2.5 Teoría de colas modelos de sistema multicanal o de varios servidores m/m/s:

Sistema multicanal es m/m/s el sistema multicanal es un multiservicio o de múltiples canales es un arreglo de línea de espera el cual tiene una sola fila y cuando se llega a tope de la fila existen muchos servidores y se debe ser atendido por el primero que se encuentre desocupado (Chiroque Yarleque & Saavedra Macalupu, 2021, p. 11).

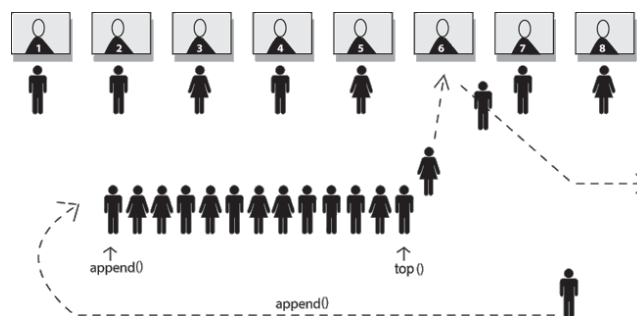


Ilustración 3. Módulo de un sistema multicanal

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

En el ejemplo de la ilustración 3, se tiene un sistema de $m/m/s$ era el número de es el número de servidores dos servidores, entonces vamos a tener una población que puede o no, ir a la línea de espera. Se observa la línea de espera y en este caso se tienen dos servidores, para que exista línea de espera deben estar siendo ocupados y mientras eso ocurre se empieza a formar la cola y puede haber más elementos de la población que se pongan en la línea de espera.

Si ya que puede haber uno de dos también podría haber uno de $m = \text{tres}$ (3) servidores igualmente cumple la misma condición, los servidores están siendo ocupados y por eso se forma línea de espera. Una vez que tengo esto, tendría la población y esta población, puede o no ir a la línea de espera y así puede haber muchos servidores de la misma forma; la condición es que el número de servidores sea mayor que uno (Cano Sánchez & Vargas Quiroz, 2021).

Los parámetros analizados en el sistema de un solo canal son los mismos para el sistema de múltiples canales, pero las características no lo son y tampoco las formas de cálculo de los parámetros requeridos para el análisis (Jarosz et al., 2022, p. 3). Por ejemplo, si usted llega primero no necesariamente se va a ir primero; no es un sistema fijo, todo dependerá del tiempo que se demora en el servicio o de la rapidez que tengan los servidores, puede ser que una persona sea más experimentada que otra.

2.6 Análisis del uso de aplicaciones para el desarrollo de la gestión de colas

En este apartado se presentan los aspectos más relevantes de cada aplicación, las ventajas y desventajas y aquellos factores que las diferencian.

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

2.6.1 Skiplino

Es una aplicación de gestor de colas, que ayuda a generar soluciones de mejora para el flujo de tráfico y ahorro de tiempo para las personas. Esta aplicación actualmente ha generado más de 10.000 descargas en la play store. La misma fue actualizada por última vez el día 2 de diciembre del año 2019. Skiplino es la aplicación con mejor diseño de las que se han comparado, ya que busca ahorrarles tiempo a los clientes. Por otro lado, se encuentra una versión más versátil, Skiplino Branch; de esta existen dos aplicaciones para Android y otra para televisores donde el cliente podrá registrar en la cola sin tener el acceso a su dispositivo móvil personal y podrá ver el número y ocupación de la cola en los televisores, con Branch Tv. (Izquierdo Belichòn et al., 2020, p. 15).

2.6.2 Qless

Esta aplicación permite esperar una cola virtual en vez de una física, al unirse a ella, los clientes reciben un mensaje de texto, una llamada y una notificación cuando se acerca la respectiva cola en el momento de realizar la investigación es la que más cuenta con descargas en la Play Store. Con más de 100.000 descargas se fortalece como una aplicación a tener en cuenta, su última actualización fue el 15 de mayo del 2019 (Izquierdo Belichòn et al., 2020, p. 6).

Entre sus capacidades, prevalece la interfaz de un mapa donde muestran las colas cercanas al usuario, esto ayudando a controlar donde se encuentra exactamente las colas a las que el usuario puede unirse, y así podrá acceder a un listado para que controlar a las que se ha unido e incluso, solicitar más tiempo en la cita que haya sido concedida.

2.6.3 Whyline

Es una aplicación muy parecida a Qless y Skiplino, ya que ofrece las mismas características a los usuarios. Consta de más de 100.000 descargas en la Play Store. De acuerdo a la investigación presente por medio de información recopilada, la aplicación WhyLine tiene la mejor capacidad, cuenta con un buen diseño, es fácil de aprender y a su vez sencilla de manejar, este aplicativo permite que el usuario elija el tipo de servicio, esta conlleva a un mapa donde puede elegir las colas a las que se pueden unirse, muestra un tiempo estipulado y los pacientes o usuarios que tiene delante, por otra parte, la aplicación permite retrasar la cita y retroceder posiciones, es muy eficiente al manejar, el usuario puede añadir su propia estimación del tiempo de espera y ocupación de la cola. (Izquierdo Belichòn et al., 2020).

2.7 Casos de análisis

2.7.1 Caso 1

El presente trabajo tiene como objetivo optimizar el rendimiento del departamento de OPD utilizando teoría de colas y aumentar la satisfacción de los pacientes. Mediante un análisis en profundidad de los OPD desde diferentes dimensiones, Los objetivos involucrados en el estudio se enumeran a continuación (Yaduvanshi & Sharma, 2019, p. 167):

1. Estudiar el flujo de proceso completo del OPD in Hospital Fortis Escorts, Jaipur.
 2. Identificar áreas donde el tiempo de un paciente es consumido por
 3. Realizando un análisis DAFO de la OPD existente.
 4. Conocer la percepción del paciente sobre el retraso en la OPD a través de una encuesta de satisfacción.
 5. Hacer estudio de tiempos en diferentes estaciones OPD en Fortis Hospital de acompañantes, Jaipur.
 6. Calcular el tiempo de espera de los pacientes en diferentes estaciones OPD usando modelos de colas. sobre muy pocas unidades o casos en un solo período de tiempo.
- Que optimice el tiempo de espera en operaciones hospitalarias utilizando las teorías de colas, el diseño del estudio es un estudio de tiempo. El estudio, se extendió alrededor de una semana de observación para el trabajo de OPD, patrón y los puntos de retraso probables, recopilación de datos de tiempo consumido en cada paso

involucrado en obtener una consulta hecha en el OPD. (oficinas de protección de derechos)

El estudio se realizó en dos dimensiones, El enfoque objetivo y subjetivo:

En objetivo evaluación, se observó que por cuánto tiempo el paciente esperaban en la cola, el tiempo que pasaban en el contador de registro, el tiempo consumido en llegar a la OPD y el tiempo de espera en los OPD para consulta, etc. La parte inicial de la evaluación objetiva implicó identificar el informante clave en OPD para obtener información sobre un tema general, descripción general del sistema ambulatorio (Yaduvanshi & Sharma, 2019, p. 166).

Seguidamente, la colección de más datos e información relacionada con este estudio fue analizado utilizando un modelo de colas para optimizar el tiempo de espera y patrón de llegada del departamento de pacientes externos para objetivos y evaluación. Luego, estos datos se usaron para analizar la situación y derivar una idea para dar recomendaciones lo que podría minimizar el tiempo de espera de los pacientes, el enfoque es subjetivo incluyó la percepción de los pacientes sobre la demora, las razones detrás de la demora, la psicología y opinión sobre la prontitud en el tiempo de registro, obtener la consulta, tipo de investigación realizada, la prontitud en la entrega del informe de investigación, entre otros. y el número de posibles razones de la demora (Gonzales Cornejo, 2019, p.11)

En aquella investigación se determinar la relación que existía entre las percepciones del proceso de atención de consulta externa y el nivel de calidad del servicio recibido por los

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

pacientes, esta metodología se utiliza la escala Likert como medida de puntuación para la percepción y atención y eficiente calidad de los servicios ofrecidos a los pacientes, por lo cual se logró el valor de significancia es de 0.00 al ser menor a 0.05, es por ello que se le menciona como significancia baja (Velázquez Martí & Vinueza Villares, 2017, p. 29).

Los tiempos de espera que el centro médico salud II realiza son los siguientes:

- De acuerdo con el autor, el tiempo de espera, definido como el tiempo en el que el paciente espera una cola, en donde recibe la atención del servicio ya sea en admisión, traje, consulta, lo que ayuda a que estos factores provocan una decisión que determine situaciones a los pacientes que permanecen en consulta externa (Linares Cos et al., 2020, p.22).
- A su vez el autor habla sobre los principios para los tiempos de espera mediante las fases en que los pacientes aguardan para tomar una decisión que pueda determinar el procedimiento o al personal para que los asista (Esteban Velázquez, 2018, p. 73).

Antes del inicio de cada proceso para ser atendidos los pacientes deben guardar un tiempo para dar paso a la hora de atención administrativa, lo cual uno de los elementos que se destacan es la satisfacción del usuario, el cual procede a que influya en las expectativas del prestador y de la entidad, esta es una gran desventaja para el uso de los diversos servicios de este, ya sea para la atención en consulta externa sino se brinda de manera adecuada (Moreno Carrillo & Matiz Espinosa, 2019, p. 7).

Por su parte el autor Fernández (como se citó en Izquierdo Belichòn et al., 2020, p.

24) comenta que la teoría de colas engloba conjunto de modelos matemáticos que permiten
*La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E.
 Hospital Jorge Cristo Sahium*

determinar y a su vez evaluar las líneas de espera en donde los objetivos fundamentales es encontrar en los procesos de atención a clientes para proceder a determinar una capacidad de servicio apropiada para garantizar un equilibrio permanente.

Por otra parte según los estudios, también realizaron un procedimiento similar, tal fue el caso de Won Cho et al., (2017) en su tesis, donde analizaron los cambios en los tiempos de espera en los pacientes ambulatorios en hospital que presenta EMR, de acuerdo a los tiempos de espera para proceder al servicio, también realizaron un diagnóstico donde obtuvieron en los 3 hospitales, en donde los pacientes realizaban esperas lo cual permitió la formación de largas colas, volviendo al presente estudio, sobre la importancia de analizar y entender la situación operativa presente en una organización, entidad u empresa y proponer mejoras que impacten positivamente el buen desempeño en el servicio.

Según el autor Shortle (como se citó en Pérez Parera, 2020) en la gestión de colas es importante determinar el número más apropiado de servidores para el sistema. Hay que tener un equilibrio entre un C muy alto que ayuda a mejorar el sistema y un C muy bajo que dificulta la prestación del servicio que interpone en el ahorro.

De acuerdo con el número de servidores más adecuado para el modelo M/M/s, con las llegadas de clientes siguen un proceso de Poisson de parámetro λ que los tiempos de servicio siguen una distribución exponencial de parámetro μ . Recordamos la notación $\rho = \lambda/s\mu$

Por su parte el autor Fernández, (como se citó en Pérez Parera, 2020) comenta que la teoría de colas engloba conjunto de modelos matemáticos que permiten determinar y a su vez evaluar las líneas de espera en donde el objetivo fundamental es encontrar en los procesos de atención a clientes para proceder a determinar una capacidad de servicio apropiada para garantizar un equilibrio permanente.

Pacheco Espín (2017) en su tesis desarrolla como objetivo el estudio de la teoría de colas y su incidencia en el tiempo de espera, tomando como escenario la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental. Se desarrolló una metodología cuantitativa, en la cual se tuvieron dos variables: Teoría de Colas, la cual se utiliza para poder obtener la toma de tiempos a través de la observación para poder determinar el estado actual y la segunda variable que es el tiempo de espera, mediante un reporte diario de ventanilla. Por último, se obtuvo un rechazo hacia la hipótesis, lo que afianza la incidencia de la teoría de colas en el tiempo de espera, obteniendo unos cambios de 24.42 min antes de la teoría de colas a 21.42 min luego de efectuada la simulación, durante la venta de tiques de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

“El 11 de marzo de 2020, la OMS declara la COVID-19 como pandemia mundial” Muñoz (como se citó en Puyol Aliaga, 2022, p. 20). Dos días más tarde, el presidente del Gobierno de España, Pedro Sánchez, anuncia la decisión de aplicar el Estado de Alarma durante 15 días en todo el territorio nacional: cualquier situación en la cual se generen colas puede reducirse a un sistema conformado por un flujo de entrada, una línea de espera, un

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

servicio y un flujo de salida(García Sabater, 2020, p .6). Partiendo de esta premisa, algunos de los principales objetivos de la Teoría de Colas son:

1. Identificar la capacidad del sistema, es decir, el número máximo de clientes por unidad de tiempo que pueden ser atendidos sin llegar a colapsar.
2. Analizar dónde se encuentra el cuello de botella del proceso, e intentar mejorarlo para aumentar la capacidad del sistema.
3. Calcular cuántos servidores que atienden clientes se necesitan en función de lo congestionado que se encuentre el proceso (Ludeña, como se citó en Puyol Aliaga, 2022, p. 27).
4. Estudiar el efecto que causarían las posibles modificaciones en la configuración del sistema.
5. Identificar el método adecuado de selección de clientes en cola: en función del orden de llegada, aleatoriamente, según la prioridad de cada cliente, etc.
6. Calcular el tiempo medio de permanencia en la cola y en el conjunto del sistema por parte de cada uno de los clientes.

En definitiva, el objetivo de la Teoría de Colas es encontrar la solución óptima global en términos de tiempo y costes de una determinada situación en la cual se generen esperas utilizando para ello modelos y herramientas matemáticas (TORRES ROBAYO, 2020, p.

29). Con la súbita irrupción del coronavirus en el mundo, la Teoría de Colas ha cobrado
*La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E.
Hospital Jorge Cristo Sahium*

gran importancia en la gestión de ciertas problemáticas tales como las colas en los supermercados y farmacias, la estrategia utilizada en los puntos de vacunación o la asignación de camas a los enfermos en los hospitales. Si bien es cierto que las líneas de espera han sido y serán siempre objeto de estudio por el Capítulo 1. Introducción potencial margen de ahorro de dinero y tiempo que implican, con la pandemia COVID-19 se suman también motivos de salud (Puyol Aliaga, 2022, p. 10). Se deben evitar las aglomeraciones de personas puesto que el virus se propaga por vía aérea, y la aplicación de Teoría de Colas resulta clave para alcanzar dicho fin. Incluso con la enorme importancia que ha adquirido Internet en estos tiempos de crisis sanitaria, sobre todo debido a que posibilita la realización de trámites burocráticos o compras de cualquier tipo sin necesidad de presencialidad.

2.7.2 Equilibrio Costo Beneficio

La aplicación de un análisis de costes de prestación del servicio por parte de Vega de la Cruz et al. (2019) certifica la selección final del número de servidores que logrará optimizar el sistema de atención. Ofrecer una amplia gama de servicios ayuda a reducir el coste global de su prestación. Al crear un sistema cohesionado, se pueden mezclar diferentes ideas para crear una idea fluida que siga cumpliendo con los costes (Vallejos Torres et al., 2017, p. 40). El uso adecuado de los recursos de un servicio requiere comprender la teoría de las colas. Se basa en el estudio de las relaciones entre los servicios, sus respectivos recursos y su funcionamiento. De este modo se obtienen estrategias más eficaces para gestionar los servicios y aumentar la satisfacción de los clientes (Ledesma Sulbarán, 2018, p. 33).

2.7.3 Caso 2

Desde lo conceptual es importante resaltar la teoría de colas, fundamentada en la gestión que impacta en la calidad del servicio, lo cual constituye una herramienta fundamental que permite desarrollar los niveles de calidad en los bienes y servicios que se ofrecen al cliente, de acuerdo con sus necesidades (Linares-Cos et al., 2020, p. 4). La aplicación de la teoría de colas en la medición de la calidad del servicio ayuda a mejorar la capacidad del sistema u organización para que se reduzca lo posible en la espera de los clientes por el servicio prestado y a su vez la estancia de estos en todo el sistema, de acuerdo con la relación establecida con el tiempo de servicio.

En el campo de las comunicaciones, la gestión de colas se ha basado para emplear y evaluar la efectividad de determinado servicio, a partir de las herramientas requeridas para dar procedencia a la calidad de este. Según el autor presente lo expresado de forma particular sobre una cola que explica que es un sistema con una serie de recursos y una línea de espera, en la que las peticiones de una población de usuarios aguardan a que alguno de los recursos quede disponible para ser atendidos. El tamaño de la cola puede ser limitado o ilimitado FarayibiAdesoji (Linares-Cos et al., 2020).

Como fundamento de los resultados obtenidos, se valoró la definición de las distribuciones requeridas para validar un modelo de colas, de acuerdo con las variables evaluadas. Las características operacionales de los sistemas de servicio se determinan esencialmente por las distribuciones de probabilidad desde los tiempos entre arribos y de los tiempos de servicio (TORRES ROBAYO, 2022, p.21). Otros criterios al respecto están relacionados a que los sistemas de colas suelen contener un grado de incertidumbre(Vega

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

de la Cruz et al., 2017, p.14). En particular los tiempos entre llegadas de clientes y los tiempos de servicios no se conocen con antelación de manera exacta. Para modelar esta incertidumbre, es muy habitual la utilización de la distribución exponencial. Sobre la óptica de un proceso Poisson, dicho proceso es concebido cuando la variable evaluada en un valor puntual equivalente a cero, es igual a cero, es decir, si $x(0) = 0$. Todo modelo bajo el criterio o establecimiento de la Notación de Kendall, posee entradas Poisson y tiempos de servicio exponencial (Mielnisuk et al., 2016, p.12). Es decir, supone que tanto los tiempos entre llegadas como los de servicio son independientes e idénticamente distribuidos según una exponencial, además de un número de servidores igual a S (Vesga Ferreira et al., 2021, p. 33).

2.8 Caso de estudio: Descripción de la empresa

Descripción de la empresa del sistema de atención al usuario con la que cuentan actualmente la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium.

2.8.1 Mapa de procesos

El E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium cuenta con el siguiente mapa de procesos para su funcionamiento operacional.

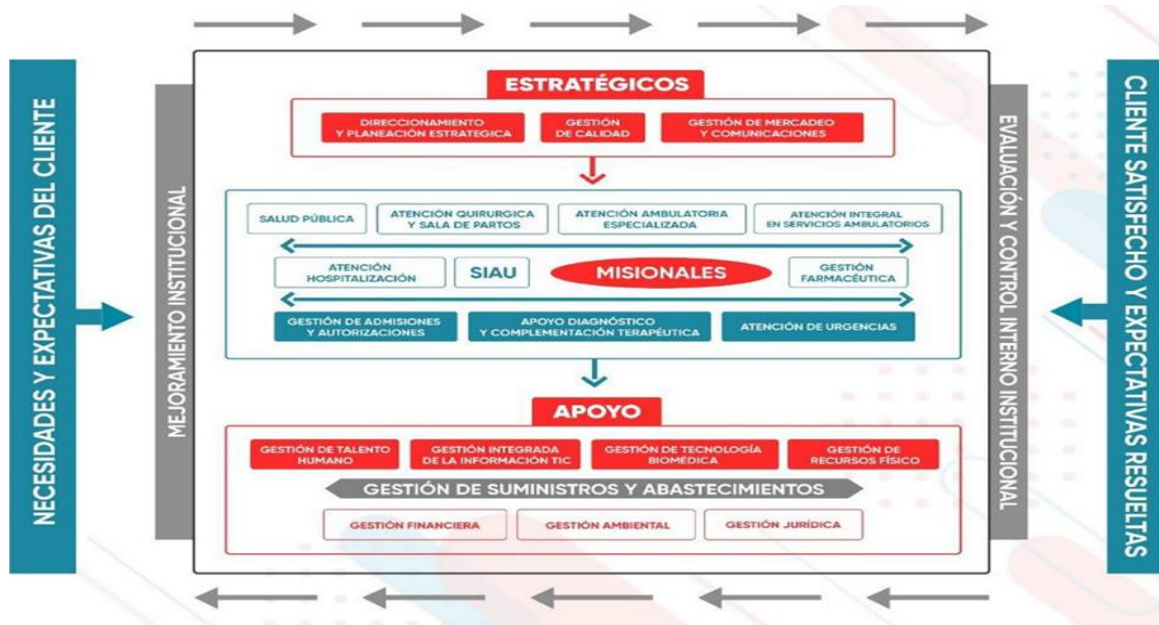


Ilustración 4. Mapa de procesos E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

El mapa de procesos en la ilustración 5, Nos muestra como los procesos estratégicos, misionales y de apoyo son de suma importancia para la prestación de un servicio de alta calidad a la comunidad del municipio de Villa del Rosario.

2.8.2 Reseña Histórica

La Empresa Social del Estado E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium. es una Institución que presta servicios de salud de primer nivel de complejidad a la a la población del Municipio de Vila del Rosario y su área de influencia.

Tuvo inicio en el año de 1962, por medio de la donación de un terreno para la construcción del puesto de salud en el municipio. Esta donación fue por parte del médico Gabriel Gómez. Inició sus labores en el año de 1987 siendo una unidad

básica dependiente del Hospital Erasmo Meoz; Prestando servicios médicos las 24 horas del día,

Para el año de 1997 se conformó un grupo interdisciplinario liderado por el coordinador de la unidad básica Villa del Rosario el Doctor Juan Alberto Bitar Mejía quienes inician su trabajo en coordinación con el Instituto Departamental de Salud para buscar la descentralización de la unidad básica y así poderla transformar en una Empresa Social del Estado conforme a los parámetros establecidos por la ley 100 de 1993.

Una vez cumplidos los requisitos exigidos para la descentralización el honorable Concejo Municipal mediante acuerdo 043 del 16 de septiembre de 1998, autoriza la transforma de unidad básica en empresa social del estado “E.S.E” con el fin de ser el centro asistencial más importante de la comunidad de villa del rosario; De acuerdo al crecimiento poblacional y la demanda de los servicios se crea la necesidad de presentar un proyecto de ampliación y dotación de la planta física de la E.S.E ante el ministerio de salud, Cuenta con talento humano idóneo, recursos tecnológicos e infraestructura adecuada, enfocados en la promoción de la salud y prevención de la enfermedad, bajo los principios de accesibilidad, oportunidad y seguridad.¹ (E.S.E Hospital J.C.S, 2022)

¹ E.S.E Hospital J.C.S: reseña historia. 25 de octubre 2022{en línea}. Disponible en: <http://www.esehjcs.gov.co/>

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

2.8.3 Áreas de servicios

Información consultada en la página oficial de esta institución las áreas de servicios con las que cuenta actualmente la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium son:

- El área de Hospitalización, se ofrece en la sede principal, personal profesional calificado para prestar este servicio a los usuarios de este municipio.
- El área de urgencias presta sus servicios 24/7 con disponibilidad permanente en todas las especialidades de baja complejidad.
- El área de Transporte Asistencial ofrece servicios de transporte de ambulancia básica acorde a lo establecido en la resolución 2003 de 2014.
- El área de Apoyo Diagnostico y complementación terapéutica. Servicio de apoyo especializado, laboratorio clínico, radiología e imágenes diagnosticas.
- El área de consulta externa. Presta servicios de atención de alta calidad, servicios ambulatorios con múltiples especialidades.
- El área de Protección Específica y Detención Temprana. Programas de promoción y mantenimiento de la salud.
- Área del Call Center: Presta servicios del proceso de agendamiento de citas se puede realizar de forma presencial o vía telefónica. (E.S.E Hospital J.C.S, 2022)

2.8.4 Sedes

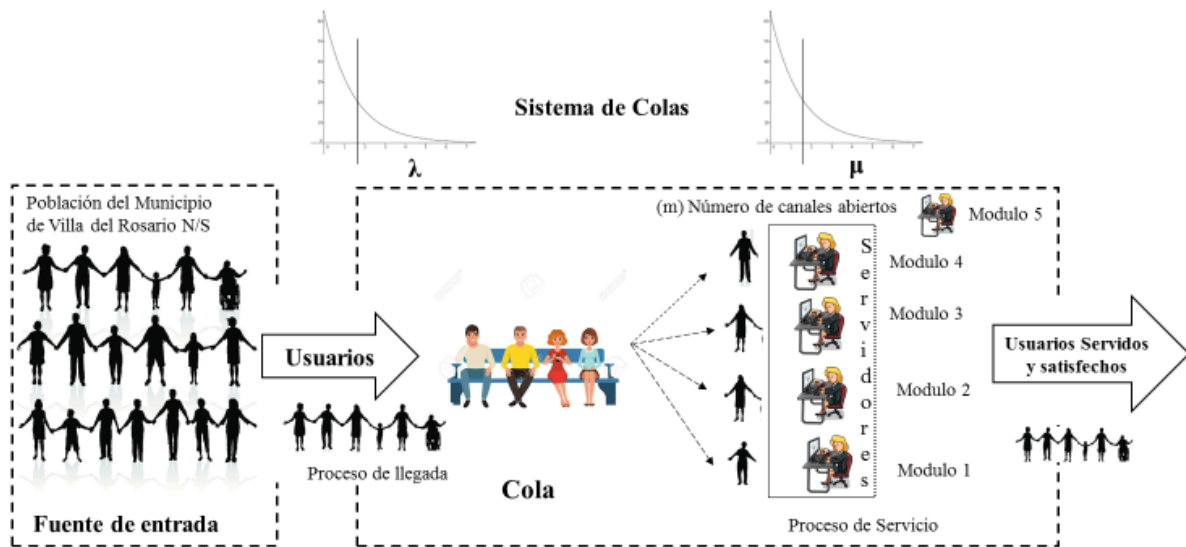
El Hospital Jorge Cristo Sahium, su sede principal ubicada exactamente en la calle 5 N. 7-49 en el Municipio de Villa del Rosario, como referente frente al parque los libertadores. Cuenta con 5 sedes, como las son el puesto de salud de santabárbara ubicada en la zona urbana crr 8 # 20-60. El puesto de salud de juan frio, el centro de salud de lomititas ubicado en la crr 6 # 87-1, el centro de salud la parada ubicada en la zona urbana cll 3 # 7-18 y por último su sede como dispensorio de palo gordo ubicada en la zona rural del corregimiento de palogordo villa del rosario norte de Santander. (E.S.E Hospital J.C.S, 2022).

Actualmente se está llevando una nueva obra en el barrio senderos de paz esta obra realizada en apoyo con la alcaldía del municipio según la planificación y cronograma de actividades se estima para el mes de febrero del año 2023 sin ningún contratiempo se inauguraría con finalidad total para su funcionamiento. Los servicios a prestar como lo es la consulta externa, el área de urgencias, odontología, fisioterapia, laboratorio clínico entre otros más servicios que contara esta instalación de la nueva obra del Hospital Jorge Cristo Sahium para sus habitantes del municipio.

2.9 Panorama del área de estudio del sistema de colas

2.9.1 Sistema de cola del Área del Call Center

Ilustración 5. Funcionamiento del proceso de colas del Área: Call Center



Fuente: Elaboración Propia

La representación gráfica de un acercamiento del panorama actual del sistema como se encuentra en función en cuanto al proceso de la asignación de citas. Bien sea de forma preferencial o de forma vía telefónica. Ilustración 6.

2.9.2 Área del Call Center

El área del estudio de campo como lo muestra la ilustración 6. Se ofrecen los servicios del proceso de agendamiento de citas se puede realizar de forma presencial o vía telefónica.

El caso de aplicación se realizó al Área de Call Center de la sede central ubicada la Calle 5 N. 7-49 del Municipio de Villa del Rosario, Norte de Santander – Colombia. El estudio de campo realizado de acuerdo al horario manejado desde las 6 am hasta las 12 del medio día hora la cual culminamos nuestro estudio este horario se maneja de 2 secciones.

Esta área es la central de comunicación con los usuarios, cuenta actualmente con una infraestructura de 5 servidores, en la toma de datos 4 servidores se encontraron abiertos. Con base a lo anterior se adecua el sistema para la toma de 4 servidores. La llegada del personal que presta este servicio tiene entrada desde las 6 am. Para los usuarios los horarios de atención son de lunes a viernes de 6 a 8 am para citas preferenciales estas citas son para tres tipos de público en primer lugar para personas de la tercera edad, para personas discapacitadas y por último para niños de primera infancia o menores de 1 año. En el segundo horario es de 8 a 12 am estas citas son de manera telefonía y va dirigido para todo público que puede hacer la cita desde casa. Las citas preferenciales son para Medicina General, Odontología y Primera Infancia. Las citas que se dan vía telefonía son de Medicina General, Odontología y crecimiento y desarrollo RIAS_consulta medicina integral; también se agenda para tele consulta en medicina general. Si así lo desea el paciente.

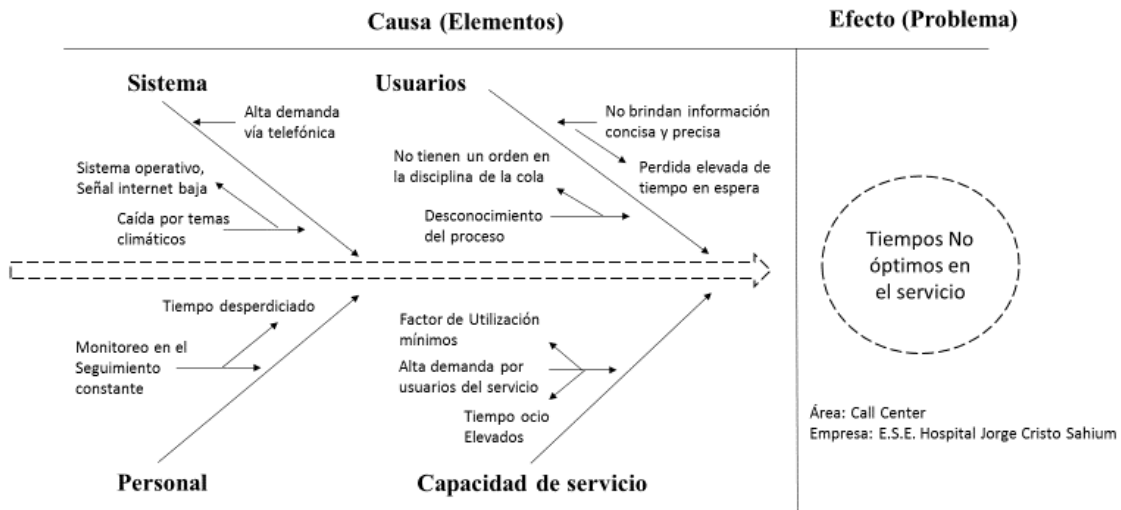
2.9.3 Diagrama de Ishikawa

Para nuestro análisis del entorno de la situación actual que se esté generando en esta área como la es la central de citas, proponemos realizarlo mediante el análisis por Diagrama de Ishikawa.

El Diagrama de Ishikawa al ser una de las herramientas de calidad eficaces y eficientes en las acciones de disminución de un problema central, viene a ser un elemento fundamental, que posibilita examinar los elementos que intervienen en la calidad del producto/servicio mediante una interacción de causa y efecto, ayudando a sacar a la luz las causas de la dispersión y además a ordenar la relación entre las

causas en un asunto que pueden estar enfocadas en diversos campos (Burgasí Delgado et al. 2021)

Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Representación del diagrama de Ishikawa. De las posibles causas(elementos) y del efecto(problema) que se podrían presentar en el sistema de atención del área estudiada del proceso de la asignación de citas. Ver Ilustración 6.

2.10 Propósito de estudio

Este estudio de la teoría tiene como finalidad saber el panorama del sistema de atención al usuario en esta área, buscando el comportamiento de este. Con base en el

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

estudio, se propondrá un modelo para optimizar dicho sistema y así poder disminuir los tiempos de las líneas de espera.

2.11 Tipo de Investigación

Para nuestro estudio de campo se realizó bajo el enfoque cuantitativo ya que se realizó un esquema de recolección de información, toma de datos para así poder posteriormente ser analizados, tabulados y evaluados previamente, esto con el fin de tener un panorama de estudio obteniendo de tal modo una gran aproximación a la realidad que está viviendo en esta área como la es el Call center de la sede principal del hospital Jorge Cristo Sahium.

En el enfoque cuantitativo, se estableció una recolección de información, a través de métodos de investigación como los son observaciones, diagramas, graficas, registro y análisis de los datos obtenidos.

Según Hernandez Sampieri et al. (2014) “los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (pág. 60).

Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

Por tanto, se puede decir que el tipo de investigación implementada para estudio de campo de tipo descriptivo, ya que, a partir de los datos históricos de la organización, datos cuantitativos recolectados, y variables estudiadas, será posible realizar el análisis para mejorar los procesos de atención al usuario a la hora de asignación de citas en el área del Call center por medio de un estudio de teoría de colas.

2.12 La planificación del lapso de observaciones del sistema

2.12.1 Cronograma de Actividades

Según por información de fuente secundaria en este caso los empleados que prestan el servicio del sistema se toma la decisión conjunta de tomar los tiempos en dos días los cuales están comprendidos el martes y miércoles ya que según la experiencia en el sistema estos días son los más transitorio para la prestación de este servicio por tal motivo se realiza esta toma estos dos días en los horarios de 6 a 8 am para las citas preferenciales y de 8 a 12 para las citas por vía telefónica.

Las actividades se realizaron de acuerdo a la siguiente planificación.

Tabla 2. Cronograma de Actividades

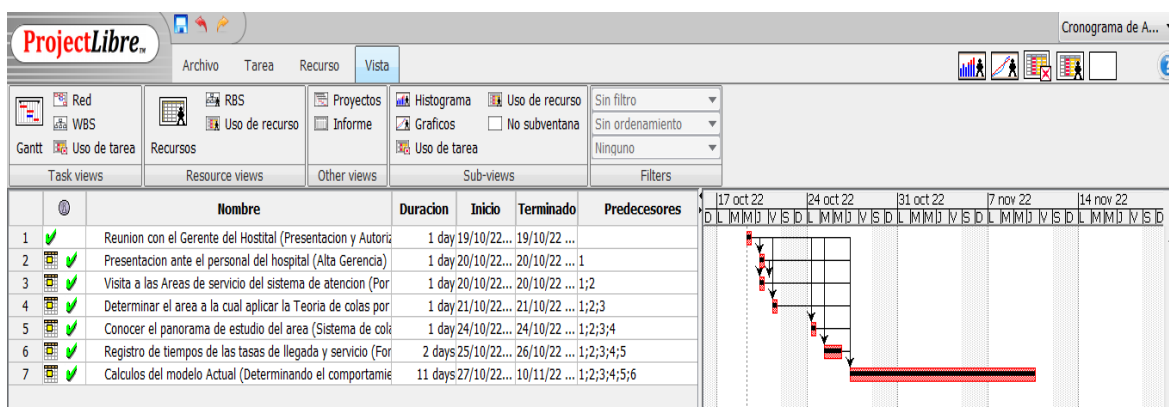
N°	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	OCTUBRE					
		DIAS					
		Miercoles	Jueves	Viernes	Marte	Miercoles	
1	Reunion con el Gerente del Hostital (Presentacion y Autorizacion de Investigacion de campo)	19					
2	Presentacion ante el personal del hospital (Alta Gerencia)		20				
3	Visita a las Areas de servicio del sistema de atencion (Por parte de una Guia)		20				
4	Determinar el area a la cual aplicar la Teoria de colas por determinacion de gerencia se asigna el area de (Call center) en el horario de 6 a 8 Am para citas preferenciales y de 8 a 12 Am para citas por medio telefonico			21			
5	Conocer el panorama de estudio del area (Sistema de colas) Area call center			21			
6	Registro de tiempos de las tasas de llegada y servicio (Formatos)				25	26	
7	Calculos del modelo Actual (Determinando el comportamiento del Sistema)						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3. Se describe al detalle la planificación de actividades a realizar en este proceso de estudio de campo como lo es el análisis y aplicación de esta teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención al usuario del área del Call center.

2.12.2 Diagrama de Gantt

Ilustración 7. Diagrama de Gantt Realizado en Project Libre



La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

La elaboración de este cronograma de actividades se realizó desde el software de Project libre. Como lo muestra la ilustración 7. Describe una serie de pasos o actividades según unas fechas establecidas para cada actividad igualmente unas actividades predecesoras las cuales dependerán de la actividad anterior para poder realizar la siguiente y así poder llegar a lograr en su totalidad esa planificación planteada.

2.13 Selección del modelo Kendall para los dos escenarios

Las pruebas que se realizaron en el inciso 2.17 tuvieron como el fin de conocer el comportamiento de la distribución que siguen los datos para determinar nuestro modelo Kendall. Definidas en el Tabla 3. De acuerdo a la visita en el área de estudio en compañía del personal. Los días establecidos en el cronograma de actividades ya que estos dos días son los más transcurridos por los usuarios para los dos tipos de escenarios son el número mayor de personas en cada escenario del sistema de atención. Se establece según criterios por la teoría debemos tener en cuenta que para realizar el cálculo de las medidas de desempeño es necesario primeramente establecer la ecuación del modelo Kendall, de acuerdo con los datos recopilados y tabulados mediante graficas que nos señalan un comportamiento de tendencia lineal y exponencial en el tiempo esto para los dos parámetros evaluados., los tiempos entre llegadas y las tasas de servicio siguen una distribución exponencial; lineal en el tiempo, la infraestructura que cuenta esta área es de 5 módulos o canales de atención al usuario. Por efectos desconocidos el estudio se ajustó a 4 módulos o canales de atención para proseguir con el estudio de campo, por motivos que los días de toma de datos este 5 modulo o canal se encontraba fuera de servicio o no había

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

personal para ser atendido y así brindar aun mayor servicio en el sistema. Por fuentes secundarias en este caso el personal que labora en el área me señalan que este quinto módulo o canal es utilizado como apoyo en caso de colapso en el sistema, igualmente me señalan que la persona encargada o asignada aleatoriamente para este módulo en ocasiones no se encuentra activa en esta área ya que igualmente brindan apoyo en otras áreas de servicios y por obvias razones uno de los 5 módulos entra a estado fuera de servicio hasta ser atendido por personal calificado para esta labor.

El área de Call center tiene como cultura o es atendida de forma FIFO primeros en entrar son los primeros en salir, tanto para los dos escenarios se evidenciaron los criterios en teoría. de acuerdo a lo anterior la ecuación se expresa de acuerdo a las siguientes características propuestas por el matemático David G. Kendall, de la siguiente manera:

Tabla 3. Modelo Kendall del Área del Call Center

Características (Iniciales)	Símbolo (Caracteres)	Descripción
Distribución del tiempo entre llegadas (A)	M	Exponencial (Lineal) (poisson)
Distribución del tiempo de servicio (B)	M	Exponencial
N.º de módulos o servidores (X)	4	Cuatro módulos para el estudio de campo
Capacidad del sistema (Y)	∞	Infinito
Disciplina de la cola (Z)	FIFO	Primeras en entrar, primeras en salir.

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4. Describe las características tenidas en cuenta para la formulación de la ecuación 1.

2.13.1 Ecuación del modelo actual del Área del Call Center

Por lo tanto, la ecuación queda de la siguiente manera para nuestros dos escenarios

Ecuación 1. Modelo Kendall del Área del Call Center

M. Kendall Area de estudio: M/M/4/∞/∞/FIFO

2.14 Ecuaciones del modelo

A continuación, se presentan las ecuaciones para calcular el desempeño del modelo observado en el estudio de campo sabiendo y teniendo como criterio del cual partimos que lo que me define el modelo es el tipo de servicio.

En esta ocasión el tipo de servicio que ofrece esta área de Call center analizamos el estudio en dos escenarios el primero hace referencia de las citas preferenciales las cuales tienen un horario de atención de 6 a 8 de la mañana de lunes a viernes el segundo escenario son las citas de manera telefónica estas citas van dirigidas a todo tipo de personas vinculadas al sistema de atención del hospital. Sabiendo que la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium atiende a la población de aseguramiento: Subsidiado, Contributivo, Regímenes especiales Otros planes de beneficio: SOAT, Población pobre y vulnerable (en lo no cubierto por la demanda), Población de otros departamentos, Población desplazada, Población extranjera. (E.S.E Hospital J.C.S, 2022)

Tabla 4. Ecuaciones para el cálculo de las medidas de desempeño $s > 1$

Ecuaciones del modelo del sistema de colas multicanal ($m > 1$)		
Descripción	Símbolo	Formula
Número de canales abiertos. se denota también por la letra s	m	
Tasa de llegadas promedio (λ)	λ	$Promedio\ del\ tiempo\ entre\ llegada = \frac{\sum tiempo\ entre\ llegada}{\# usuarios}$
		$\lambda = \frac{\# Usuarios}{\sum tiempo\ entre\ llegada} = \frac{1}{Promedio\ del\ tiempo\ entre\ llegada}$
Tasa de servicio promedio en cada canal (μ)	μ	$Promedio\ del\ tiempo\ de\ servicio = \frac{\sum tiempo\ de\ servicio}{\# Usuarios}$
		$\mu = \frac{\# Usuarios}{\sum tiempo\ de\ servicio} = \frac{1}{Promedio\ del\ tiempo\ de\ servicio}$
La probabilidad de que haya cero Usuarios o unidades en el sistema	P_0	$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \frac{m\mu}{m\mu - \lambda}}$ para $m\mu > \lambda$
El número promedio de usuarios o unidades en el sistema	L	$L = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^m}{(m-1)!(m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$
El tiempo promedio que una unidad pasa en la línea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema)	W	$W = \frac{\mu(\lambda/\mu)^m}{(m-1)!(m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda}$
El número promedio de usuarios o unidades que se encuentran en la línea esperando ser atendidos	L_q	$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu}$
El tiempo promedio que un usuario o unidad pasa en la cola esperando ser atendido	W_q	$W_q = W - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$
Tasa de utilización	ρ	$\rho = \frac{\lambda}{m\mu}$

Fuente: Elaboración propia tomado del

Capítulo 13. In *Modelos de teorías de colas y de líneas de espera* (Vol. 10, pp. 499– 522)

Esta tabla describe la representación de cada medida de desempeño para este modelo multicanal.

2.15 Formato para la toma de tiempos

Para la toma de tiempo se realizó mediante la elaboración propia de unos formatos en la herramienta de Microsoft Excel, en compañía de Visual Basic.

Tabla 5. Formato para la toma de tiempos

LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss		
Comenzar	0:00:00		Comenzar	0:00:00	
Stop			Stop		
Reset			Reset		
Nota: Empieza a correr a partir de la sincronía con la hora actual					
MODULO #					
DIA #	HORARIO A ESTABLECER		TIPO DE CITA		TIPO DE CITA
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss		
Modulo #			Modulo #		
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
Σ		0:00:00	Σ		0:00:00
		0,00			0,00
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:00:00	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:00:00
		0,00			0,00
TASA DE LLEGADA (λ)		0,000	TASA DE SERVICIO (μ)		0,000
0,00		0,00 Usuarios/Minuto	0,00		0,00 Usuario/Minuto
		0,00 Usuarios/Hora			0,00 Usuario/Hora
Modulo #	Factor de utilizacion (ρ)	0,0000			
		0,00%			

Fuente: Elaboración propia

Este formato se realizó por criterio propio y bases fundamentadas en conocimientos básicos de programación adquiridos en el transcurso de la carrera. Tabla 5

2.16 Escenarios

Este estudio se realizó con el fin de llegar a conocer el comportamiento actual del sistema de colas para esta área en este horario correspondiente a los días más transcurridos según fuentes primarias de los mismos empleados estos escenarios tal y como lo muestra las tablas 6 y 7. Esto en ámbito de determinar y mostrar actualmente las tasas de llegada y servicio tanto para los dos (2) escenarios evaluados. En las siguientes tablas se muestran los escenarios evaluados con las características correspondientes. Ver tablas 6 & 7.

2.16.1 Primer escenario

Tabla 6. Descripción del primer escenario

AREA	Medio	Tipo	Citas	Publico	Horario
Call Center	Escenarios	1	Presencial	Preferenciales	Medicina General, Odontología y > 60 años, Niños 1ª Infancia, Discapacitados
					6 a 8 Am

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6, contiene la actividad que se realiza en esta área y al público dirigido en el horario establecido por políticas de la empresa.

2.16.2 Segundo escenario

Tabla 7. Descripción del segundo escenario

AREA	Medio	Tipo	Citas	Publico	Horario
Call Center	Escenarios	2	Vía Telefónica	A Todo Publico	Medicina General, Odontología, crecimiento y desarrollo: RIAS: Para todo tipo de consulta medicina integral. También se agenda para tele consulta en medicina al sistema general
					8 a 12 Am

Fuente: Elaboración propia

La tabla 7, Describe las actividades que se prestan en esta área, el público que es atendido y el horario para este servicio.

2.17 Cálculos por módulos

Como se dijo anteriormente en el inciso Estas pruebas se hacen con el fin de conocer el comportamiento de la distribución que siguen los datos para determinar nuestro modelo Kendall.

Para los cálculos se utilizaron las siguientes formulas tomadas del Capítulo 13. In *Modelos de teorías de colas y de líneas de espera* (Vol. 10, pp. 499–522)

- Tasa de llegadas promedio (lambda)

$$\text{Promedio del tiempo entre llegada} = \frac{\sum \text{tiempo entre llegada}}{\# \text{ usuarios}}$$

$$\lambda = \frac{\# \text{ Usuarios}}{\sum \text{ tiempo entre llegada}} = \frac{1}{\text{Promedio del tiempo entre llegada}}$$

- Tasa de servicio promedio en cada canal (miu)

$$\text{Promedio del tiempo de servicio} = \frac{\sum \text{ tiempo de servicio}}{\# \text{ Usuarios}}$$

$$\mu = \frac{\# \text{ Usuarios}}{\sum \text{ tiempo de servicio}} = \frac{1}{\text{Promedio del tiempo de servicio}}$$

- Factor de utilización/probabilidad de que haya cola/probabilidad de que haya al menos una unidad en el sistema/probabilidad de que se esté en utilización el sistema

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Nota: Para este análisis realizado por módulos se utiliza esta fórmula del factor de utilización por criterios de la teoría y establecido según el modelo a utilizar en este se está analizando el comportamiento de cada módulo y se determinara la capacidad del mismo.

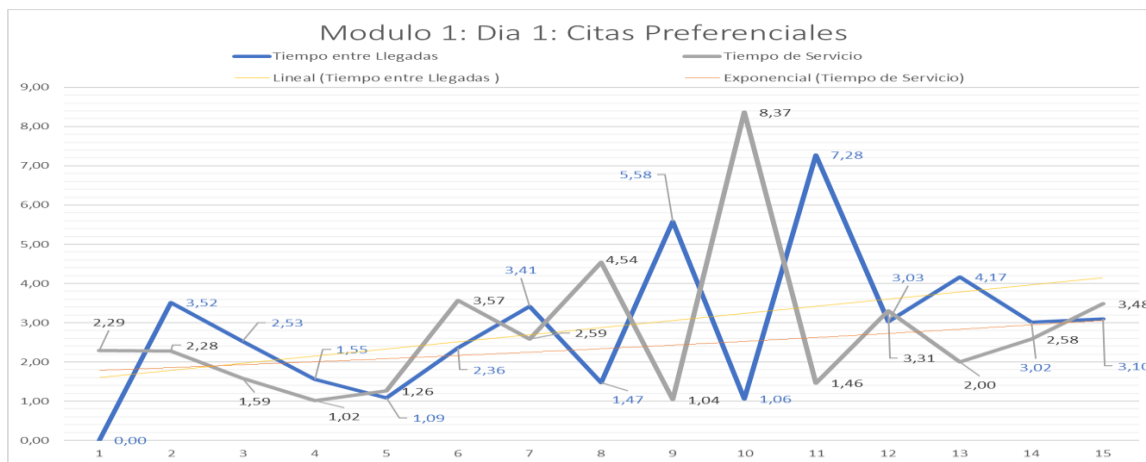
El tests que se realizó fue con el apoyo de la herramienta de Microsoft Excel este programa ofrece funciones para ejecutar análisis estadísticos básicos y avanzados. El cual se utilizó con el estadístico de línea de tendencia que trae esta herramienta y es el grafico de tendencia, también conocidas como líneas de mejor ajuste o líneas de regresión, ilustran gráficamente las tendencias de una serie de datos y suelen utilizarse al representar predicciones gráficamente para determinar el tipo de distribución bien sea exponencial, lineal, Normal, poisson etc. (Garmendia Zapata, 2020)

2.17.1 Modulo 1

➤ Citas Preferenciales

Día 1.

Ilustración 8. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Día 1: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Mediante la tabulación gráfica como lo muestra la Ilustración 8, se realizó la representación de líneas de los tiempos entre llegadas y los tiempos de servicio, para evidenciar el comportamiento que siguen los datos durante el tiempo se realizó la línea de tendencia para los tiempos entre llegadas se realizó de forma lineal y para los tiempos de servicio se realizó de forma exponencial arrojando así la tendencia que tiene el modelo propuesto, esta representación fue para el módulo 1 en el primer día de toma de tiempos en el área para el escenario analizado de las citas preferenciales.

Tabla 8. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Día 1: Citas Preferenciales

Σ		0:45:57
		45,57
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)	0:03:04	
	3,04	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,329
19,74	0,329 Usuarios/Minuto	
	19 Usuarios/Hora	
Módulo 1	Factor de utilización (p)	0,9868
		98,68%

Σ		0:44:58
		44,58
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)	0:03:00	
	3,00	
TASA DE SERVICIO (μ)		0,333
20,00	0,333 Usuario/Minuto	
	20 Usuario/Hora	

Fuente: Elaboración propia

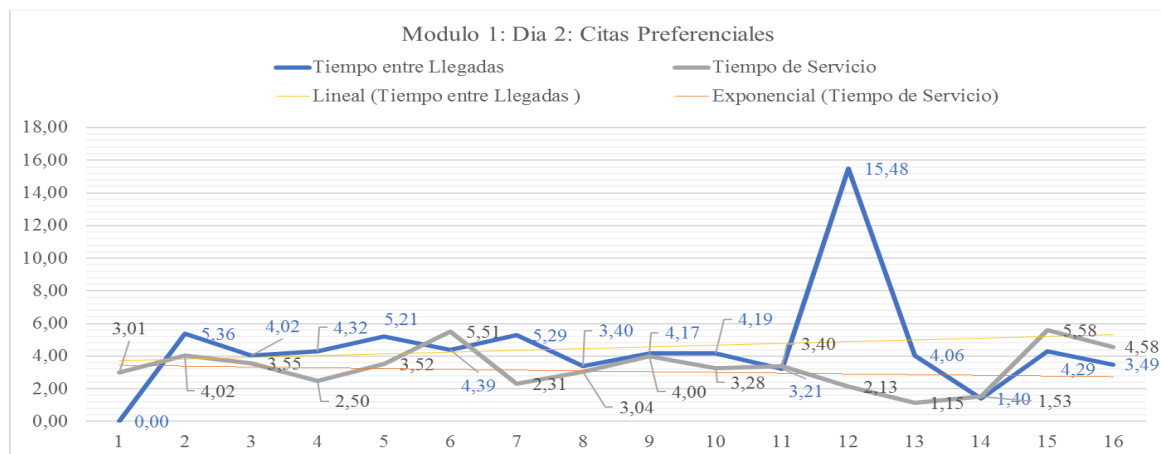
En base a lo anterior, Tabla 8, para el día uno (1) de citas preferenciales se analizó este primer módulo un tiempo promedio entre llegada de 3,04 minutos por usuario lo que nos indicaría que la tasa de llegada es de 0,329 usuarios por minuto o 19 usuarios por hora, en cuanto al promedio del tiempo de servicio viene dado por 3 minutos por usuario y una tasa de servicio de 0,333 usuarios por minuto o 20 usuarios por hora, la probabilidad de que haya cola o se esté en utilización el sistema de este módulo es del 98,68% y el porcentaje de tiempo que pasa desocupado el sistema es del 1,32% este análisis me

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

determina el comportamiento del mismo modulo en su utilización para este primer día de análisis.

Día 2.

Ilustración 9. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Día 2: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 9. Describe una gráfica de línea, para mostrar la tendencia en el tiempo de los datos obtenidos en la toma de tiempos para el día dos (2) del escenario de citas preferenciales.

Tabla 9. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Día 2: Citas Preferenciales

Σ		1:14:08
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:38
		4,38
TASA DE LLEGADA (λ)		0,228
13,70		0,228 Usuarios/Minuto
		13 Usuarios/Hora

Σ		0:56:31
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:32
		3,32
TASA DE SERVICIO (μ)		0,301
18,07		0,301 Usuario/Minuto
		18 Usuario/Hora

Modulo 1	Factor de utilizacion (ρ)	0,7580
		75,80%

Fuente: Elaboracion propia

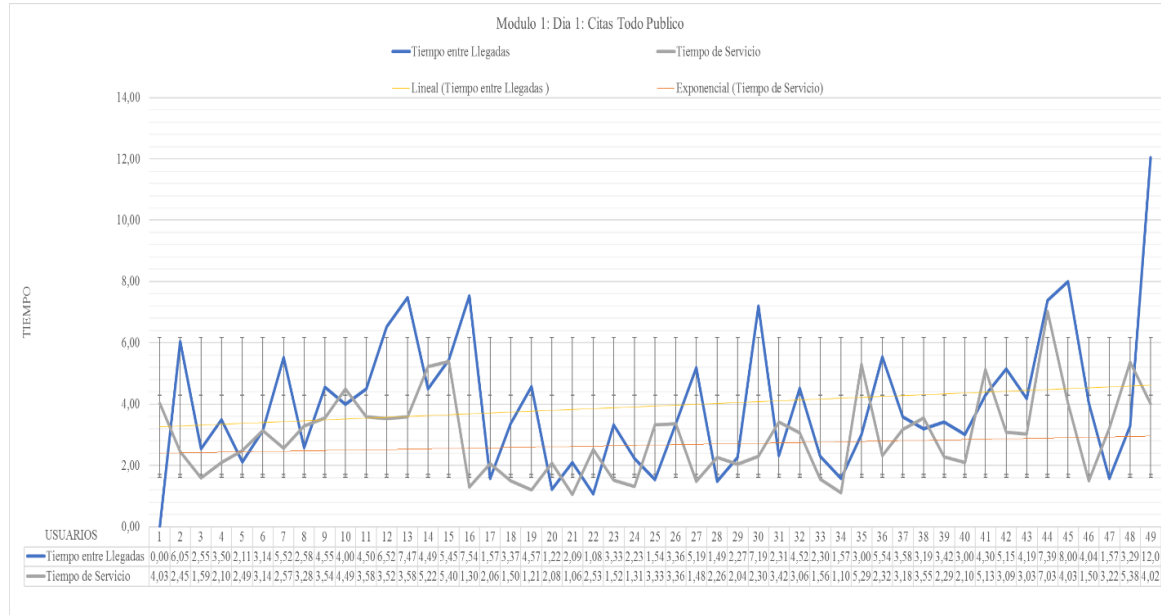
La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Analizando los datos tabulados de la Tabla 9, para el día dos (2) de citas preferenciales este primer módulo un tiempo promedio entre llegada de 4 minutos con 38 segundos por usuario esto quiere decir que la tasa de llegada es de 0,228 usuarios por minuto o 13 usuarios por hora, en cuanto al promedio del tiempo de servicio viene dado por 3 minutos con 32 segundos por usuario y una tasa de servicio de 0,301 usuarios por minuto o 18 usuarios por hora, la probabilidad de que se esté en utilización el sistema para este día es del 75,80% y el porcentaje de tiempo que pasa desocupado este módulo es del 24,2%.

➤ Citas. Todo Publico

Día 1

Ilustración 10. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Día 1: Citas Todo Publico



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 10. Nos describe el comportamiento de los datos de forma gráfica, esto nos da una visión para el análisis de los mismos, y saber que tendencia siguen con el tiempo, igualmente esta grafica nos brinda los rangos de los tiempos promedios de llegada y servicio para tener un control de los tiempos que sobresalen de los rangos establecidos en esta gráfica y las desviaciones estándar que se tienen en cuenta.

Tabla 10. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Dia 1: Citas Todo Publico

Σ		3:22:27	Σ		2:34:52
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:08	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:10
TASA DE LLEGADA (λ)		4,08	TASA DE SERVICIO (μ)		3,10
14,71		0,245	19,35		0,323
		0,245 Usuarios/Minuto			0,323 Usuario/Minuto
		14 Usuarios/Hora			19 Usuario/Hora
Modulo 1	Factor de utilizacion (ρ)	0,7598			
		75,98%			

Fuente: Elaboración Propia

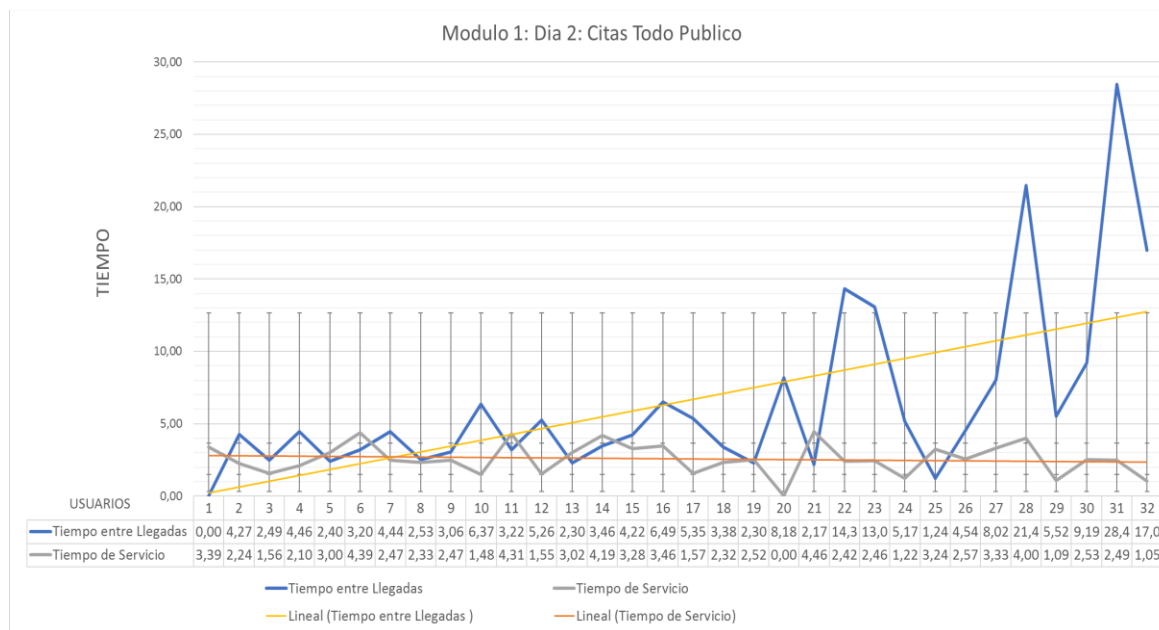
La tabla 10. Representa la tabulación de los resultados obtenidos del módulo 1 del día uno (1) para el escenario de citas todo publico vía telefónica.

A continuación para el escenario se analizan las citas a todo tipo de público agendamiento de citas vía telefónica para el módulo uno (1) un tiempo promedio entre llegada de 4,08 minutos por usuario lo que nos indicaría que la tasa de llegada es de 0,245 usuarios por minuto o 14 usuarios por hora, en cuanto al promedio del tiempo de servicio viene dado por 3,10 minutos por usuario y una tasa de servicio de 0,323 usuarios por minuto o 19 usuarios por hora, la probabilidad de que haya cola o se esté en utilización el sistema de este módulo es del 75,98% y el porcentaje de tiempo que pasa desocupado el sistema es

del 24,02% este análisis me determina el comportamiento del mismo modulo en su utilización para este primer día de análisis.

Dia 2.

Ilustración 11. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 1: Dia 2: Citas Todo Publico



Fuente: Elaboración propia

Representación de la tabulación grafica utilizando el análisis de gráficos de líneas para el Módulo 1 en el día 2 en el escenario de Citas telefónica a todos los usuarios que demanden o lleguen a este sistema. Ver Ilustración 11.

Tabla 11. Tabulación de los datos cálculos del Mod 1: Día 2: Citas Todo Publico

Σ		3:34:16
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:06:42
		6,42
TASA DE LLEGADA (λ)		0,156
9,35	0,156 Usuarios/Minuto	
	9 Usuarios/Hora	
Modulo 1	Factor de utilizacion (p)	0,3925
		39,25%

Σ		1:31:44
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:02:52
		2,52
TASA DE SERVICIO (μ)		0,397
23,81	0,397 Usuario/Minuto	
	23 Usuario/Hora	

Fuente: Elaboración propia

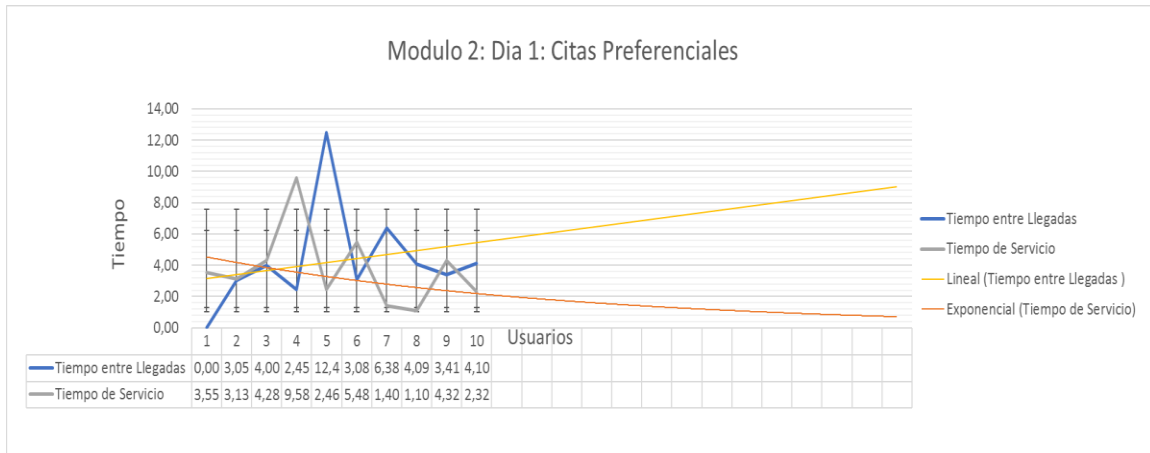
Con base a la ilustración 11, concluimos, para el día dos (2) de citas preferenciales se analizó un tiempo promedio entre llegada de 6,42 minutos por usuario lo que nos indicaría que la tasa de llegada es de 0,156 usuarios por minuto o 9 usuarios por hora, en cuanto al promedio del tiempo de servicio viene dado por 2,52 minutos por usuario y una tasa de servicio de 0,397 usuarios por minuto o 23 usuarios por hora, la probabilidad de que haya cola o se esté en utilización el sistema de este módulo es del 39,25% y el porcentaje de tiempo que pasa desocupado el sistema es del 60,75% lo que nos indicaría que sería un ocio para este día y modulo este análisis me determina el comportamiento del mismo modulo en su utilización para este segundo día de análisis. Ver tabla 11

2.17.2 Modulo 2

➤ Citas Preferenciales

Día 1.

Ilustración 12. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Dia 1: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12. Describe el comportamiento de los datos recopilados

Tabla 12. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Dia 1: Citas Preferenciales

Σ		0:44:25
		44,25
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:27
		4,27
TASA DE LLEGADA (λ)		0,234
14,05		0,234 Usuarios/Minuto
		14 Usuarios/Hora
Modulo 2	Factor de utilizacion (ρ)	0,8384
		83,84%

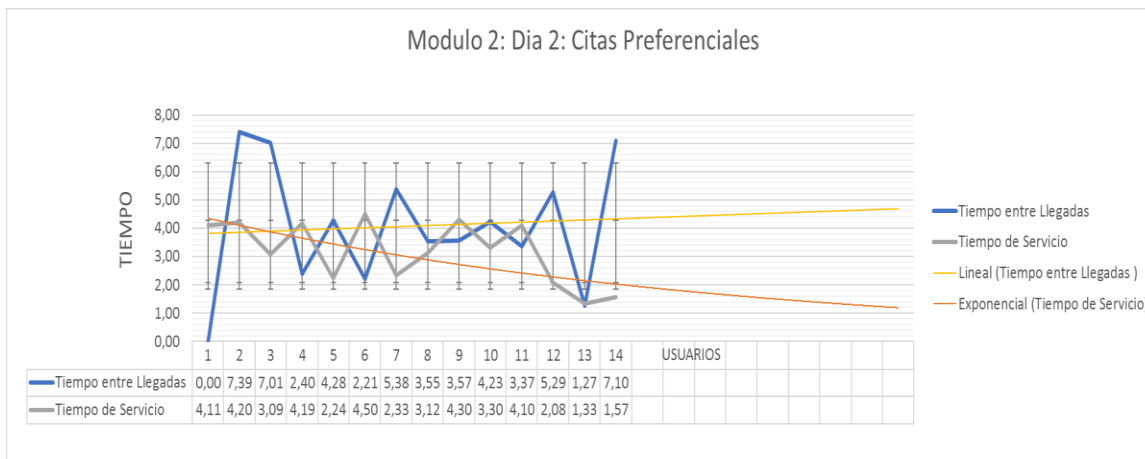
Σ		0:39:42
		39,42
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:58
		3,58
TASA DE SERVICIO (μ)		0,279
16,76		0,279 Usuario/Minuto
		16 Usuario/Hora

Fuente: Elaboración propia

La descripción grafica del comportamiento de los datos tabulados se representan en la ilustración 12, como resultado en la tabla 12 se describen los resultados obtenidos para este módulo y el día de la toma de los mismo en el escenario 1. Donde se tiene una tasa de llegada de 14 usuarios por hora. Y una tasa de servicio de 16 usuarios por hora.

Dia 2

Ilustración 13. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Dia 2: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13. Se describe el comportamiento de los tiempos entre llegada y los tiempos de servicio. con la línea de tendencia tanto lineal como exponencial. Y el rango limite admitido de los tiempos.

Tabla 13. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Dia 2: Citas Preferenciales

Σ		0:59:45
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		59,45
TASA DE LLEGADA (λ)		4,16
14,42		0,240 Usuarios/Minuto
		14 Usuarios/Hora
Modulo 2	Factor de utilizacion (p)	0,8606
		86,06%

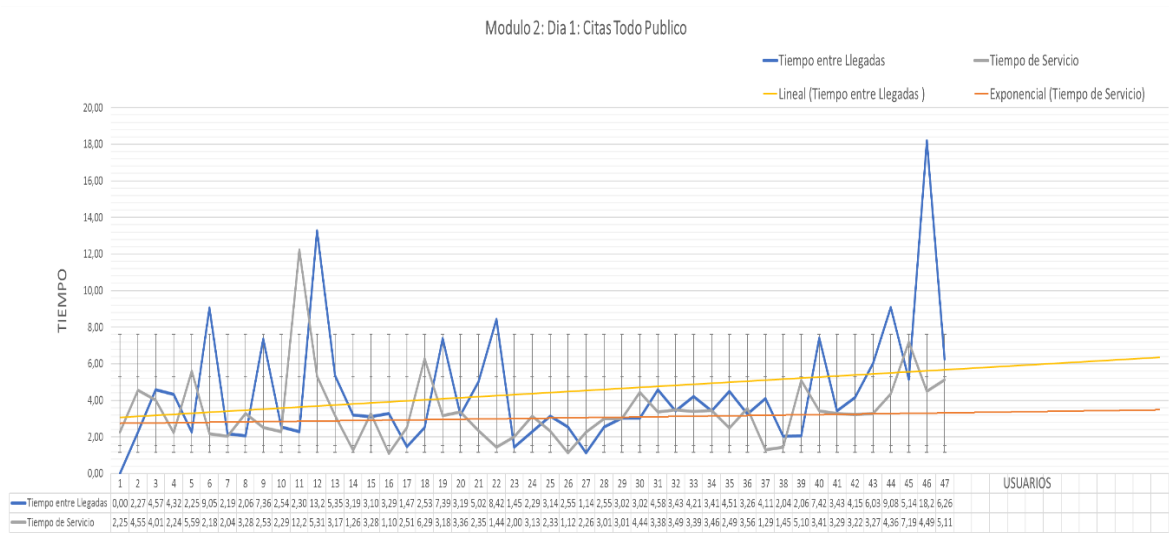
Σ		0:46:46
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		46,46
TASA DE SERVICIO (μ)		0:03:20
16,76		3,58
		0,279 Usuario/Minuto
		16 Usuario/Hora

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de una tasa de llegada de 14 usuarios por hora y una tasa de servicio de 16 usuarios por hora. Se evidencian en la tabla 13 descrita.

➤ Citas. Todo Publico

Día 1.
Ilustración 14. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Día 1: Todo Publico



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Día 1: Citas Todo Publico

Σ		3:34:01
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)	0:04:33	
	4,33	
TASA DE LLEGADA (λ)	0,231	
13,86	0,231 Usuarios/Minuto	
	13 Usuarios/Hora	
Modulo 2	Factor de utilizacion (p)	0,7760
		77,60%

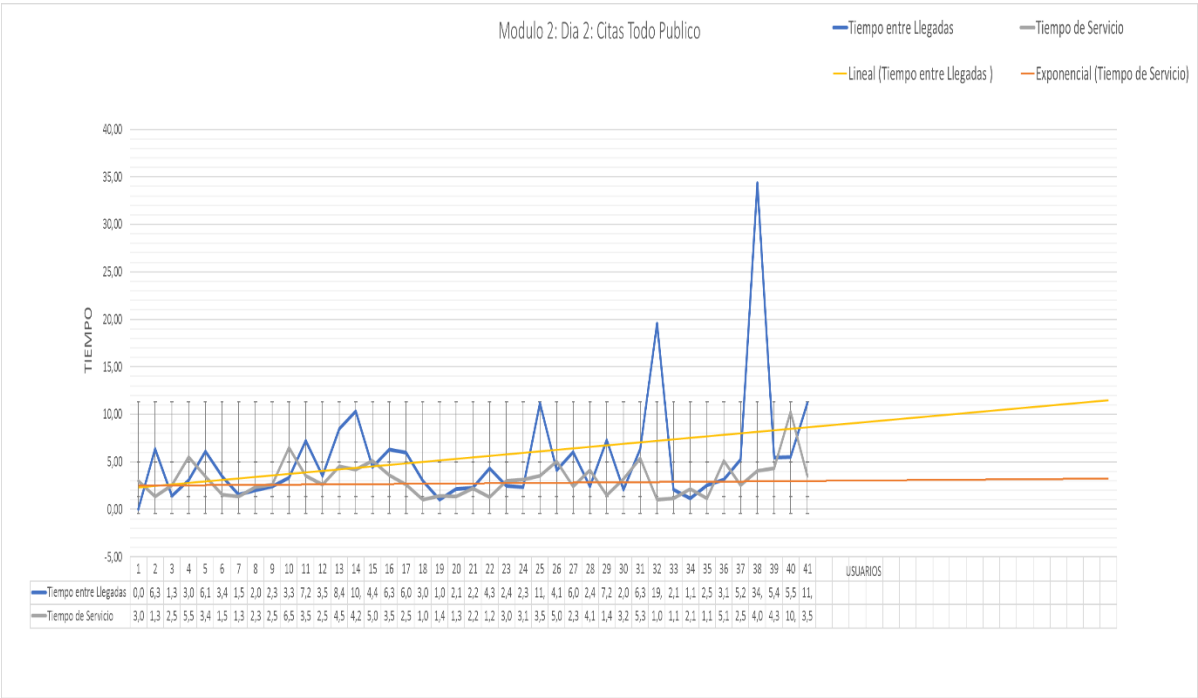
Σ		2:48:49
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)	0:03:36	
	3,36	
TASA DE SERVICIO (μ)	0,298	
17,86	0,298 Usuario/Minuto	
	17 Usuario/Hora	

Fuente: Elaboración propia

La ilustración 14. Contiene el comportamiento de los datos obtenidos tanto para los tiempos entre llegadas y los tiempos de servicio, ver tabla 14. Resultados de las tasas.

Día 2.

Ilustración 15. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 2: Dia 2: Todo Publico



Fuente. Elaboración propia

Tabla 15. Tabulación de los datos cálculos del Mod 2: Dia 2: Citas Todo Publico

Σ		3:51:14
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:05:38
		5,38
TASA DE LLEGADA (λ)		0,186
11,15	0,186 Usuarios/Minuto	
	11 Usuarios/Hora	

Σ		2:18:59
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:23
		3,20
TASA DE SERVICIO (μ)		0,313
18,75	0,313 Usuario/Minuto	
	18 Usuario/Hora	

Modulo 2	Factor de utilizacion (ρ)	0,5948
		59,48%

Fuente: Elaboración propia

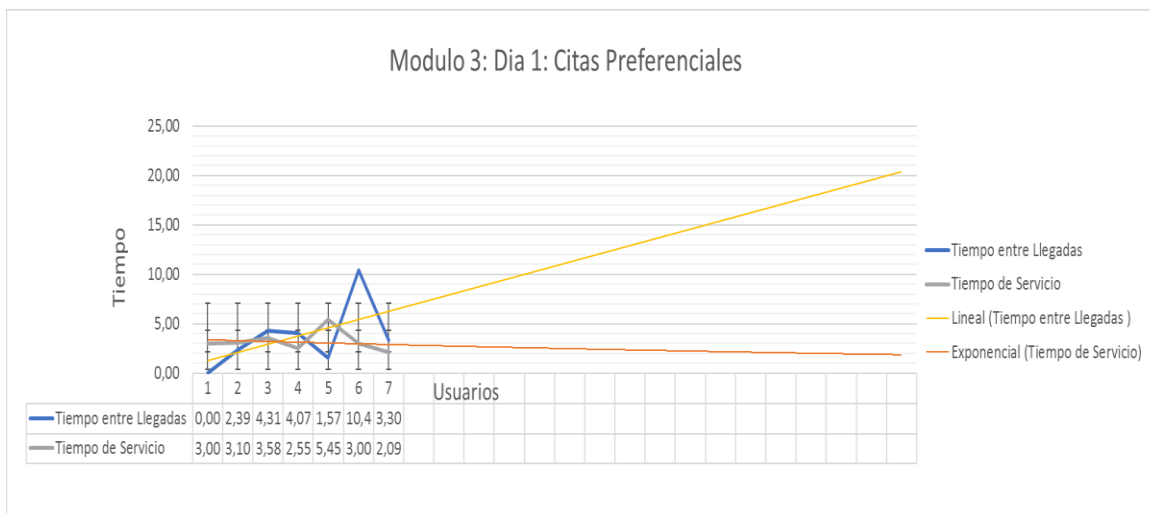
Tabla 15. Esta contiene las tasas previamente calculadas.

2.17.3 Modulo 3

➤ Citas Preferenciales

Día 1

Ilustración 16. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Día 1: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

Representación por medio lineal, del comportamiento actual. Ver Ilustración 16

Tabla 16. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Día 1: Citas Preferenciales

Σ		0:27:29
		27,29
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:03:56
		3,56
TASA DE LLEGADA (λ)		0,281
16,85		0,281 Usuarios/Minuto
		16 Usuarios/Hora
Modulo 3	Factor de utilizacion (ρ)	0,9129
		91,29%

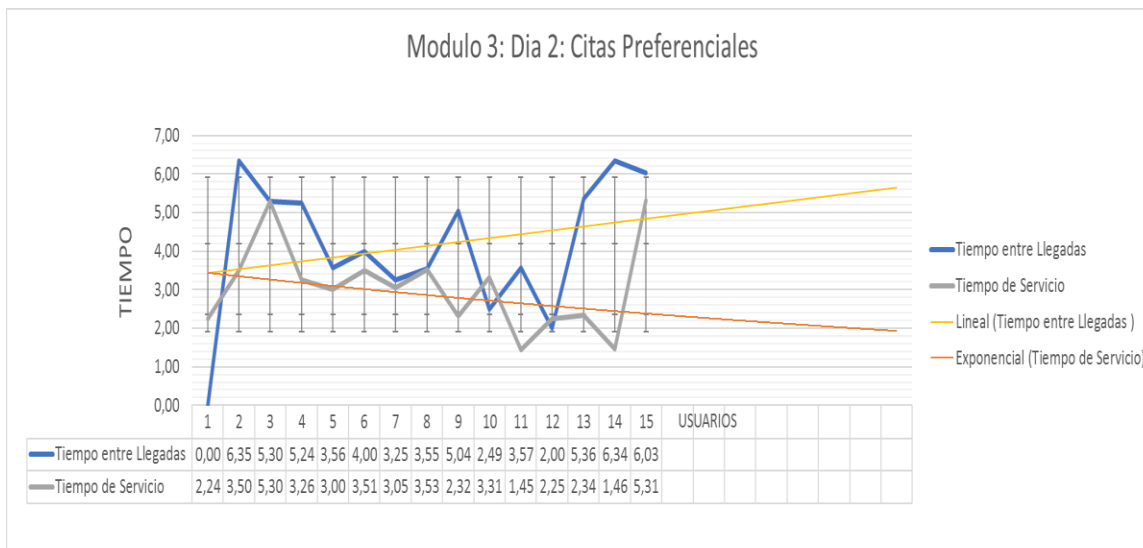
Σ		0:23:57
		23,57
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:25
		3,25
TASA DE SERVICIO (μ)		0,308
18,46		0,308 Usuario/Minuto
		18 Usuario/Hora

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Contiene la tabulación correspondiente de algunas medidas.

Día 2

Ilustración 17. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Día 2: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Día 2: Citas Preferenciales

Σ		1:04:48
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:19
TASA DE LLEGADA (λ)		0,239
14,32	0,239 Usuarios/Minuto	14 Usuarios/Hora
Modulo 3	Factor de utilizacion (ρ)	0,7542
		75,42%

Σ		0:49:03
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		49,03
TASA DE SERVICIO (μ)		0:03:16
18,99	0,316 Usuario/Minuto	3,16
	18 Usuario/Hora	0,316

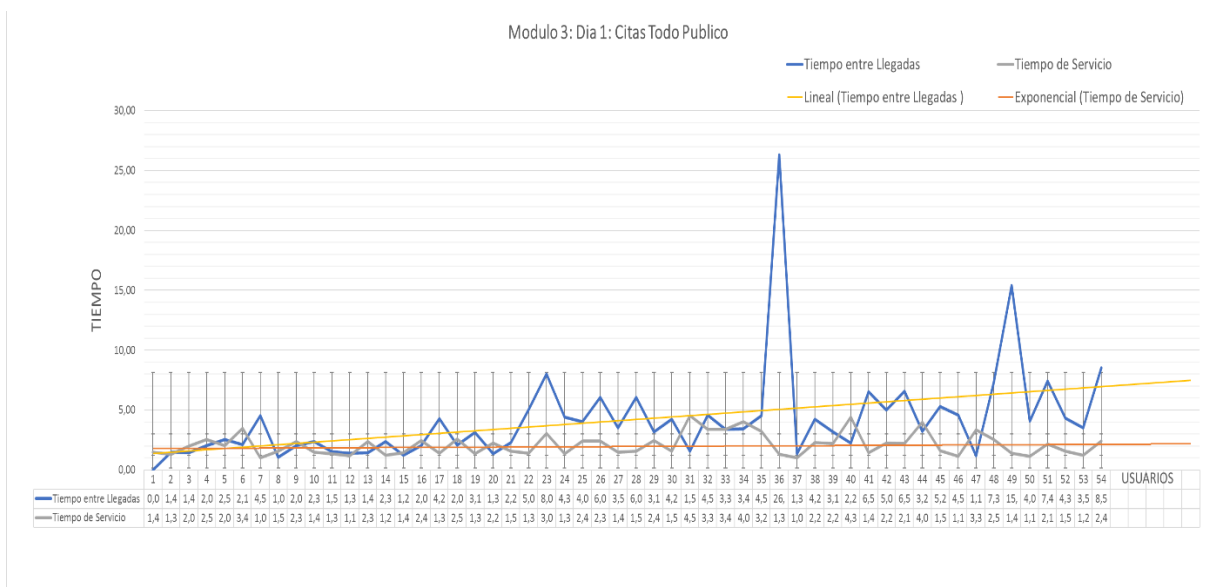
Fuente: Elaboración Propia

➤ Citas. Todo Publico

Día 1

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Ilustración 18. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Dia 1: Citas Todo Publico



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 18, Grafico de la tabulación correspondiente al análisis de los datos como muestran la tendencia en el tiempo.

Tabla 18. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Dia 1: Citas Todo Publico

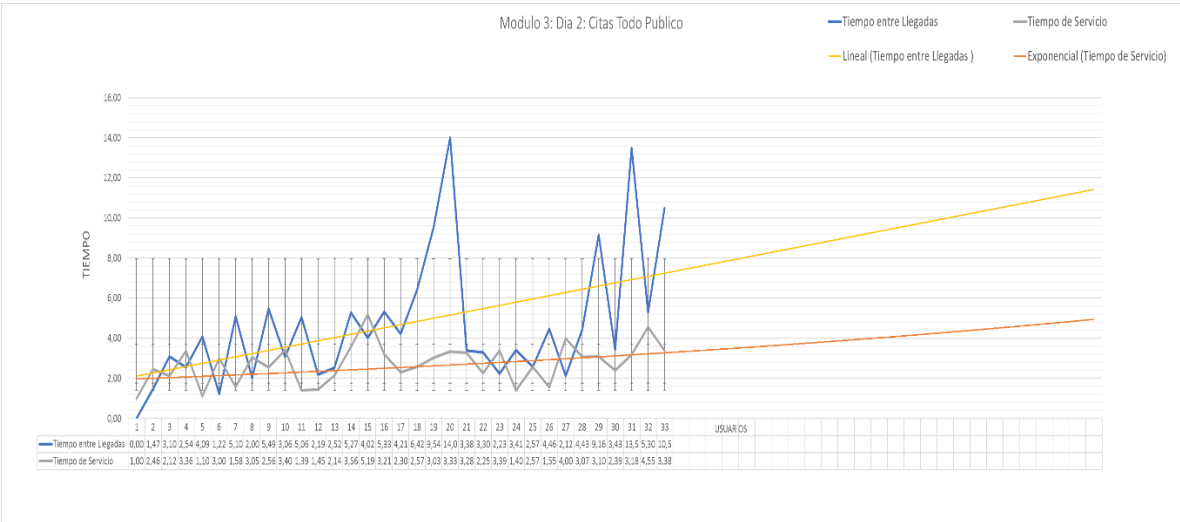
Σ		3:54:59
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:21
TASA DE LLEGADA (λ)		0,238
14,25	0,238 Usuarios/Minuto	
	14 Usuarios/Hora	
Σ		2:06:25
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:02:20
TASA DE SERVICIO (μ)		2,20
27,27	0,455 Usuario/Minuto	
	27 Usuario/Hora	
Modulo 3	Factor de utilizacion (ρ)	0,5226
		52,26%

Fuente: Elaboración propia

Dia 2.

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Ilustración 19. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 3: Dia 2: Citas Todo Publico



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19. Tendencia del grafico en el tiempo exponencial y lineal

Tabla 19. Tabulación de los datos cálculos del Mod 3: Dia 2: Citas Todo Publico

Σ		2:40:43
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:52
		4,52
TASA DE LLEGADA (λ)		0,221
13,27		0,221 Usuarios/Minuto
		13 Usuarios/Hora
Modulo 3	Factor de utilizacion (ρ)	0,5642
		56,42%

Σ		1:36:31
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:02:55
		2,55
TASA DE SERVICIO (μ)		0,392
23,53		0,392 Usuario/Minuto
		23 Usuario/Hora

Fuente: Elaboración propia

La tabla 19. Nos describe las medidas de la tasa de arribo como la tasa de servicio. igualmente, el factor de utilización del modulo para este escenario y día correspondiente.

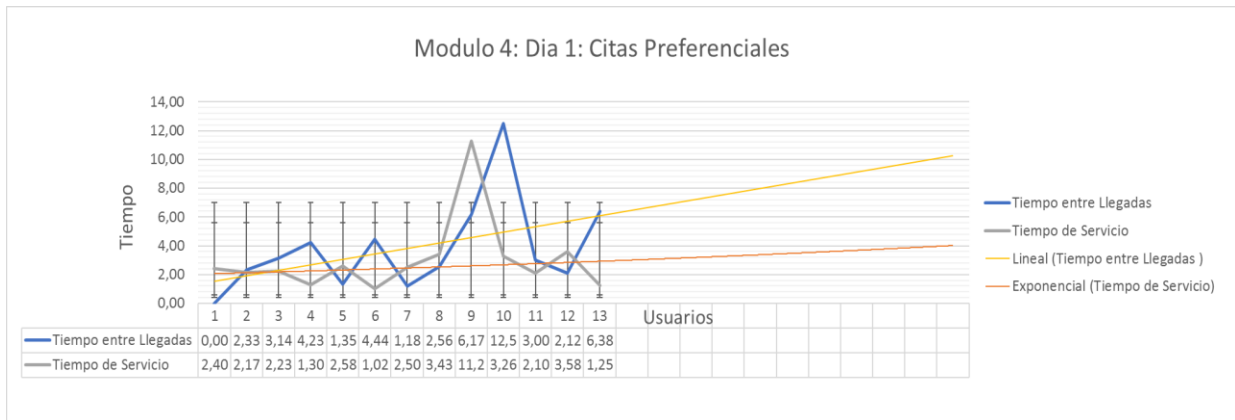
La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

2.17.4 Modulo 4

➤ Citas Preferenciales

Dia 1

Ilustración 20. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4; Dia 1: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

Correspondiente a la ilustración 20. Es una gráfica de líneas. Que nos ayuda a realizar y brindar un análisis como la tendencia de estos tiempos del sistema en el tiempo.

Tabla 20. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4; Dia 1: Citas Preferenciales

Σ		0:51:40
		51,40
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:03:58
		3,58
TASA DE LLEGADA (λ)		0,279
16,76	0,279 Usuarios/Minuto	
	16 Usuarios/Hora	
Modulo 4	Factor de utilizacion (ρ)	0,8743
		87,43%

Σ		0:41:51
		23,57
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:13
		3,13
TASA DE SERVICIO (μ)		0,319
19,17	0,319 Usuario/Minuto	
	19 Usuario/Hora	

Fuente: Elaboración propia

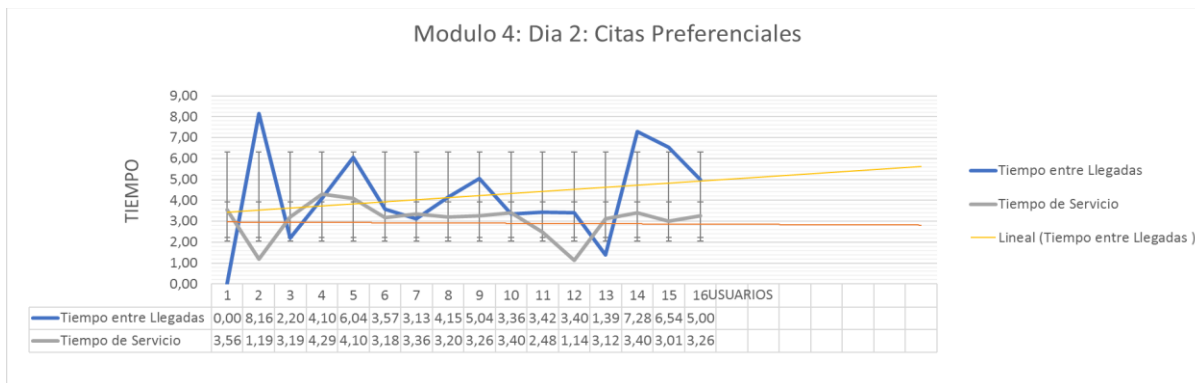
La Tabla 20. Son cálculos tabulados de acuerdo a la toma de datos y análisis de la gráfica. Ver Ilustración 20. Con un factor de uso para este día del 87,43%, y una tasa de

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

servicio de 19 usuarios por hora y llegadas de 16 usuarios por hora para este escenario día y modulo.

Día 2

Ilustración 21. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4: Día 2: Citas Preferenciales



Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4: Día 2: Citas Preferenciales

Σ		1:09:18	Σ		0:51:54
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:20	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:15
TASA DE LLEGADA (λ)		0,238	TASA DE SERVICIO (μ)		0,317
14,29		0,238 Usuarios/Minuto	19,05		0,317 Usuario/Minuto
		14 Usuarios/Hora			19 Usuario/Hora
Modulo 4	Factor de utilizacion (ρ)	0,7500			
		75,00%			

Fuente: Elaboración propia

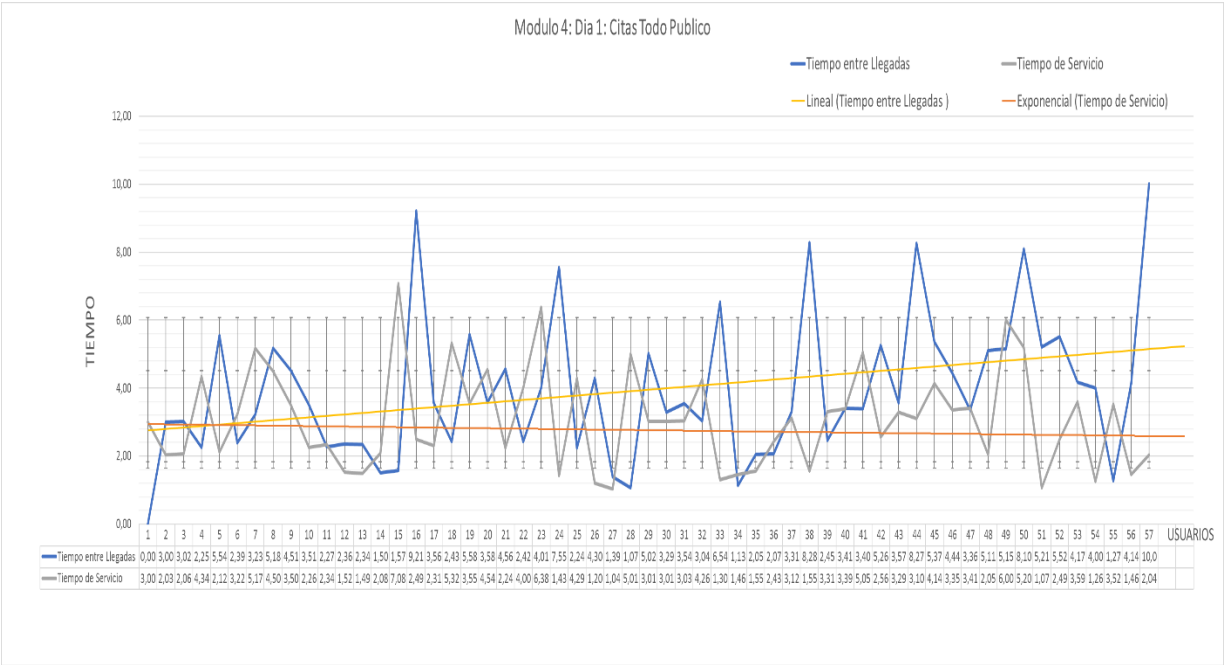
Tabla 21. Muestra los resultados para este día y módulo de los tiempos promedio, tanto para las llegadas como para los servicios, y el factor de uso del sistema. Dado por el 75% de su uso.

Citas Todo Publico

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Día 1

Ilustración 22. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4: Día 1: Citas Todo Publico



Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4: Día 1: Citas Todo Publico

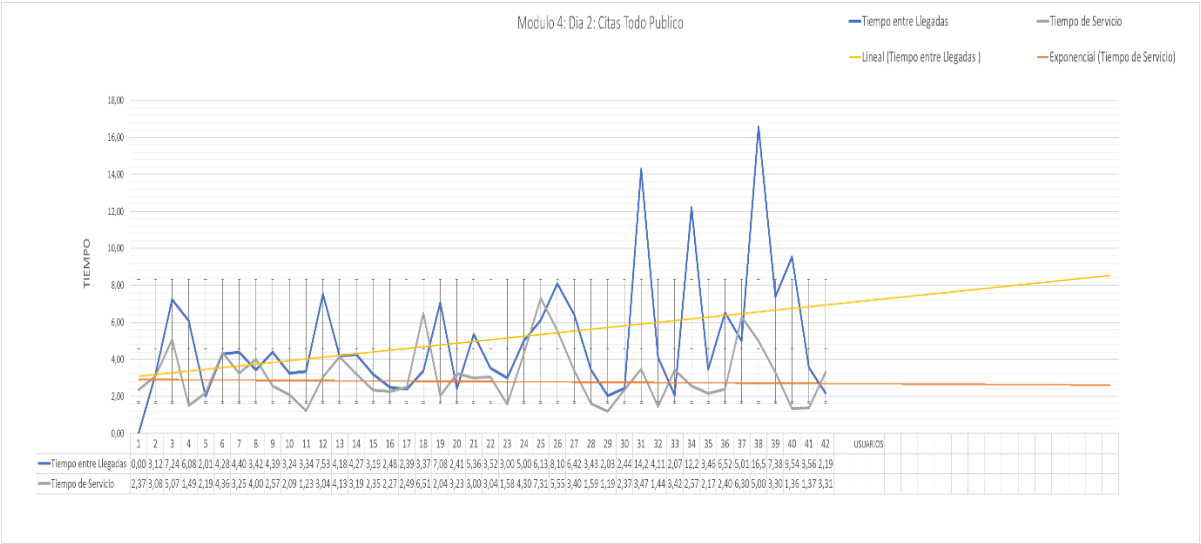
Σ		3:56:26
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:09
TASA DE LLEGADA (λ)		0,244
14,67	0,244 Usuarios/Minuto	
	14 Usuarios/Hora	
Modulo 4	Factor de utilizacion (p)	0,7726
		77,26%
Σ		3:05:51
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:16
TASA DE SERVICIO (μ)		3,16
18,99	0,316 Usuario/Minuto	
	18 Usuario/Hora	

Fuente: Elaboración propia

Describe el factor de utilización y las tasas de medida. Ver tabla 22.

Día 2

Ilustración 23. Tabulación Mediante grafico de líneas Mod 4: Día 2: Citas Todo Publico



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23. Nos indican la línea de tendencia el comportamiento de los datos en el tiempo donde se comporta de manera exponencial para los servicios y lineal para las llegadas.

Tabla 23. Tabulación de los datos cálculos del Mod 4: Día 2: Citas Todo Publico

Σ		3:38:34
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)	0:05:12	
	5,12	
TASA DE LLEGADA (λ)	0,195	
11,72	0,195 Usuarios/Minuto	
	11 Usuarios/Hora	
Modulo 4	Factor de utilizacion (ρ)	0,6211
		62,11%
Σ		2:18:39
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)	0:03:18	
	3,18	
TASA DE SERVICIO (μ)	0,314	
18,87	0,314 Usuario/Minuto	
	18 Usuario/Hora	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 8, para el día dos (2) de citas a todo el público se analizó este 4 módulo con un tiempo promedio entre llegada de 5,12 minutos, una tasa de arribo al sistema de 11 usuarios por hora, respecto al servicio el promedio del tiempo de servicio viene dado por 3 minutos con 18 segundos por usuario. Con una tasa de servicio de 18 usuarios por hora, la utilización del sistema es del 62,11% este análisis me determina el comportamiento del mismo modulo en su uso.

2.18 Análisis de la tabulación de la muestra de datos por modulo

2.18.1 Muestra

Tabla 24. N°. Tabulación de los datos cálculos de los Usuarios en el sistema

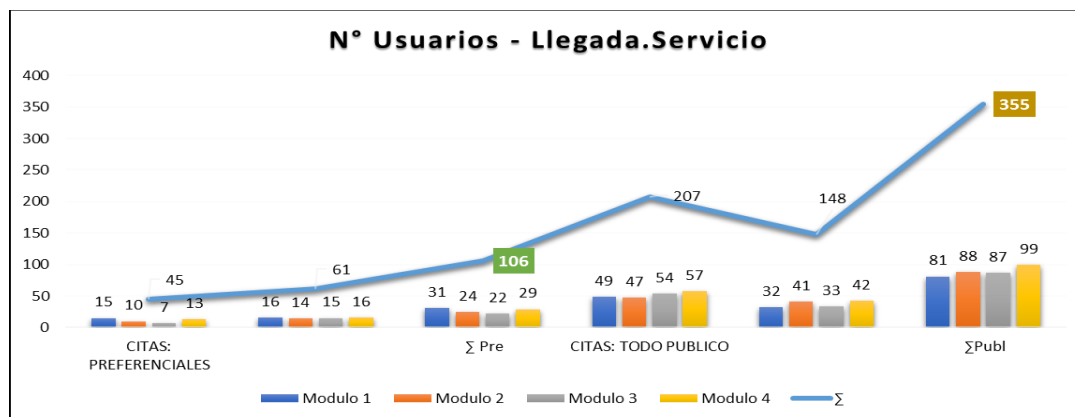
	N°. Usuarios - Llegada. Servició					
	CITAS: PREFERENCIALES		Σ Pre	CITAS: TODO PUBLICO		Σ Publi
	Día 1	Día 2		Día 1	Día 2	
Modulo 1	15	16	31	49	32	81
Modulo 2	10	14	24	47	41	88
Modulo 3	7	15	22	54	33	87
Modulo 4	13	16	29	57	42	99
Σ	45	61	106	207	148	355
Σ_{Total}	461 usuarios en sistema					

Fuente: Elaboración propia

Como resultado el total de personas que ingresaron al sistema los días de la toma de datos. Contando con un total de 461 usuarios en sistema. Fueron estudiados para los dos escenarios evaluados. Ver Tabla 24.

A continuación, en la Ilustración 24, se describe el análisis grafico por escenario de acuerdo a cada módulo, la cantidad de usuarios que llegan y son servidos, igualmente la cantidad total de cada escenario.

Ilustración 24. Tabulación de los datos de los usuarios Mediante grafico de líneas y barras



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado observado en el escenario de citas preferenciales el día uno (1) llegaron y fueron atendidos 45 usuarios y 61 usuarios para el día dos (2). Como resultado 106 usuarios para el escenario de citas preferenciales. Para el segundo escenario de citas a todo el público vía telefónica se tiene para el día uno (1) llegó y fueron atendidos 207 usuarios y 148 usuarios para el día dos (2). Para así tener un total de 355 usuarios para este escenario. De manera que para un total de usuarios en el sistema de 461. Siendo así el escenario dos (2) de asignación de citas y atención vía telefónica para el área de Call center el más demandado por los usuarios afiliados a esta entidad de salud pública. Ver Tabla 24.

2.19 Análisis de la tabulación de los datos por modulo

2.19.1 Primer escenario

Tabla 25. Tabulación de los Cálculos/módulos/Días 1 escenario

	Cálculos Por módulos/Día	Modulo 1		Modulo 2		Modulo 3		Modulo 4	
		Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2
CITAS: PREFERENCIALES	Nº Usuarios - Llegada. Servició	15	16	10	14	7	15	13	16
	Total, del tiempo entre llegada [h]:mm:ss	0:45:57	1:14:08	0:44:25	0:59:45	0:27:29	1:04:48	0:51:40	1:09:18
	Promedio del tiempo entre llegada (min: sg/Usu)	0:03:04	0:04:38	0:04:27	0:04:16	0:03:56	0:04:19	0:03:58	0:04:20
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Min)	0,329	0,228	0,234	0,240	0,281	0,239	0,279	0,238
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Hra)	19,74	13,70	14,05	14,42	16,85	14,32	16,76	14,29
	Total, del tiempo de servicio [h]:mm:ss	0:44:58	0:56:31	0:39:42	0:46:46	0:23:57	0:49:03	0:41:51	0:51:54
	Promedio del tiempo de Servicio (min: sg/Usu)	0:03:00	0:03:32	0:03:58	0:03:20	0:03:25	0:03:16	0:03:13	0:03:15
	TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Min)	0,333	0,301	0,279	0,313	0,308	0,316	0,319	0,317
	TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Hra)	20,00	18,07	16,76	18,75	18,46	18,99	19,17	19,05
	Factor de utilización (ρ)	0,9868	0,7580	0,8384	0,7692	0,9129	0,7542	0,8743	0,7500
	Factor de utilización (ρ) (%)	98,68%	75,80%	83,84%	76,92%	91,29%	75,42%	87,43%	75,00%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 25 contiene la tabulación de los datos obtenidos en el análisis del factor de utilización por día y modulo.

Examinaremos brevemente ahora, esos datos mostrados en la tabla 26, como resultado de la tabulación de los cálculos obtenidos anteriormente por cada módulo para el escenario de las citas preferenciales, de donde se infiere que para los módulos la probabilidad de que se esté en utilización el sistema tanto el día uno (1) como para el día dos (2) como resultado se calcula el promedio consiguiendo así para el módulo uno (1) de 87,24%. Para el módulo dos (2) es de 80,38%, para el módulo tres (3) es de 83,35% y, por último, pero no menos importante para el módulo cuatro (4) de 81,22%. Estas medidas

nos indica como se encuentra actualmente el panorama sistema de atención por modulo en función de utilización para esta área evaluada. Ver Tabla 27.

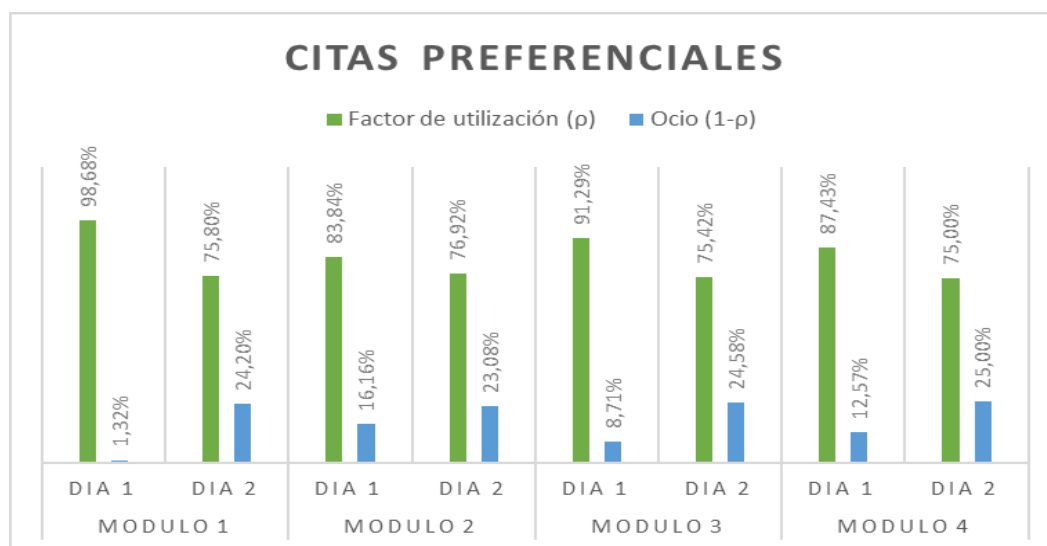
Tabla 26. Factor de Utilización - Ocio por módulos 1 escenario

CITAS: PREFER	Cálculos por módulos/Día	Modulo 1		Modulo 2		Modulo 3		Modulo 4	
		Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2
	Factor de utilización (p)	98,68%	75,80%	83,84%	76,92%	91,29%	75,42%	87,43%	75,00%
	Ocio (1-p)	1,32%	24,20%	16,16%	23,08%	8,71%	24,58%	12,57%	25,00%

Fuente: Elaboración propia

De manera puntual la tabla 26 nos describe la probabilidad de ocio por modulo que pasa desocupado. En promedio tanto para el primer día como para el segundo día, el módulo uno tiene en promedio un ocio de 12,76%, para el módulo dos de 19,62%, modulo tres de 16,65% y por último para el módulo tres un ocio de 18,78%. Estos cálculos son los promedios en cuanto al día uno (1) como el día dos (2) de cada módulo respectivamente analizado. Ver Tabla 27.

Ilustración 25. Factor de Utilización Vs Ocio: módulos 1 escenario



Fuente: Elaboración propia

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

De modo que la Ilustración 25, nos muestra un comparativo del factor de utilización vs el ocio que tiene cada modulo por cada dia estudiado.

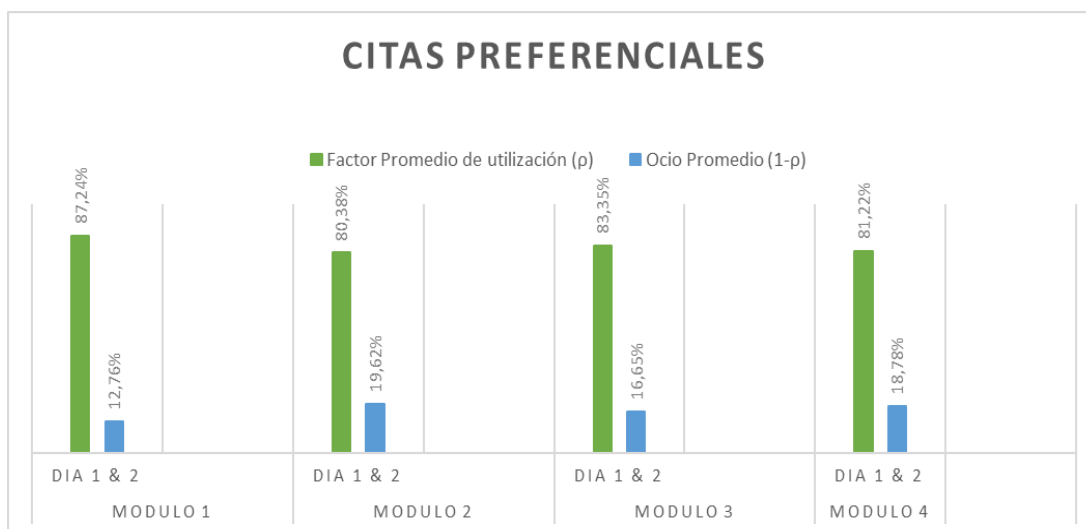
Tabla 27. Cálculos, panorama por módulos Escenario 1

CITAS: PREFER	Cálculos por módulos	Modulo 1	Modulo 2	Modulo 3	Modulo 4
		Dia 1 & 2	Dia 1 & 2	Dia 1 & 2	Dia 1 & 2
	Factor Promedio de utilización (p)	87,24%	80,38%	83,35%	81,22%
	Ocio Promedio (1-p)	12,76%	19,62%	16,65%	18,78%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27. Se muestran los datos tabulados de las tablas anteriores en donde se evidencia cómo se encuentra actualmente el panorama de estudio del área analizada por módulos.

Ilustración 26. Representación del Panorama por módulos Escenario 1



Fuente: Elaboracion propia

Como resultado de este análisis realizado para saber el panorama de estudio, como primera fase que era saber el factor de utilización de cada módulo e igualmente el ocio del mismo. Ver Ilustración 26. Representación del panorama por módulos

2.19.2 Segundo escenario

Tabla 28. Tabulación de los Cálculos/módulos/Días 2 escenario

CITAS: TODO PUBLICO	Cálculos Por módulos/Día	Modulo 1		Modulo 2		Modulo 3		Modulo 4	
		Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2
	Nº Usuarios - Llegada. Servicio	49	32	47	41	54	33	57	42
	Total, del tiempo entre llegada [h]:mm: ss	3:22:27	3:34:16	3:34:01	3:51:14	3:54:59	2:40:43	3:56:26	3:38:34
	Promedio del tiempo entre llegada (min: sg/Usu)	0:04:08	0:06:42	0:04:33	0:05:38	0:04:21	0:04:52	0:04:09	0:05:12
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Min)	0,245	0,156	0,231	0,186	0,238	0,221	0,244	0,195
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Hra)	14,71	9,35	13,86	11,15	14,25	13,27	14,67	11,72
	Total, del tiempo de servicio [h]:mm: ss	2:34:52	1:31:44	2:48:49	2:18:59	2:06:25	1:36:31	3:05:51	2:18:39
	Promedio del tiempo de Servicio (min: sg/Usu)	0:03:10	0:02:52	0:03:36	0:03:23	0:02:20	0:02:55	0:03:16	0:03:18
	TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Min)	0,323	0,397	0,298	0,310	0,455	0,392	0,316	0,314
	TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Hra)	19,35	23,81	17,86	18,58	27,27	23,53	18,99	18,87
	Factor de utilización (ρ)	0,7598	0,3925	0,7760	0,6004	0,5226	0,5642	0,7726	0,6211
	Factor de utilización (ρ) (%)	75,98%	39,25%	77,60%	60,04%	52,26%	56,42%	77,26%	62,11%

Fuente: Elaboracion propia

El contenido de la Tabla 28, Describe la tabulación de los datos calculados en el análisis del factor de utilización por día y modulo.

Dicho lo anterior, contamos para escenario de las citas a todo el público por medio de agendamiento de citas vía telefónica, de donde se infiere que para los módulos la probabilidad de que se esté en utilización el sistema tanto el día uno (1) como para el día dos (2) como resultado se calcula el promedio consiguiendo así para el módulo uno (1) de 57,62%. Para el módulo dos (2) es de 68,82%, para el módulo tres (3) es de 54,34% para el módulo cuatro (4) de 69,69%. Estas medidas nos indica como se encuentra actualmente el panorama sistema de atención por modulo en función de utilización para esta área evaluada. Ver Tabla 30.

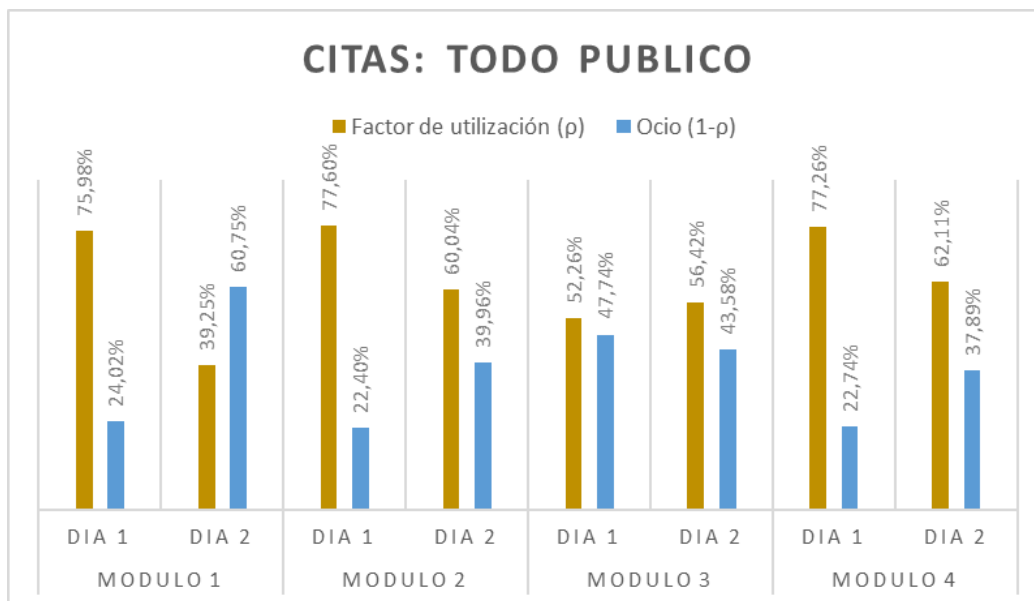
Tabla 29. Factor de Utilización - Ocio por módulos 2 escenario

CITAS: T. PUBL	Cálculos Por módulos/Día	Modulo 1		Modulo 2		Modulo 3		Modulo 4	
		Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2
	Factor de utilización (p)	75,98%	39,25%	77,60%	60,04%	52,26%	56,42%	77,26%	62,11%
	Ocio (1-p)	24,02%	60,75%	22,40%	39,96%	47,74%	43,58%	22,74%	37,89%

Fuente: Elaboracion propia

La Tabla 29, Contiene la probabilidad de ocio por modulo que pasa desocupado. Avanzando en nuestro razonamiento la tabulación de los cálculos obtenidos, en promedio tanto para el primer día como para el segundo día, el módulo uno (1) tiene en promedio un ocio de 42,38%, el módulo dos (2) de 31,18%, modulo tres (3) de 45,66% y, por último, pero no menos importante para el módulo tres (3) un ocio en promedio de 30,31%. Esta tabulación de datos son los promedios en cuanto al día uno (1) como el día dos (2) conjuntamente de cada módulo respectivamente estudiado. Ver Tabla 30.

Ilustración 27. Factor de Utilización Vs Ocio: módulos 2 escenario



Fuente: Elaboracion propia

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

La Ilustración 27, nos describe un analisis comparativo del factor de utilizacion vs el ocio que tiene cada modulo por cada dia analizado.

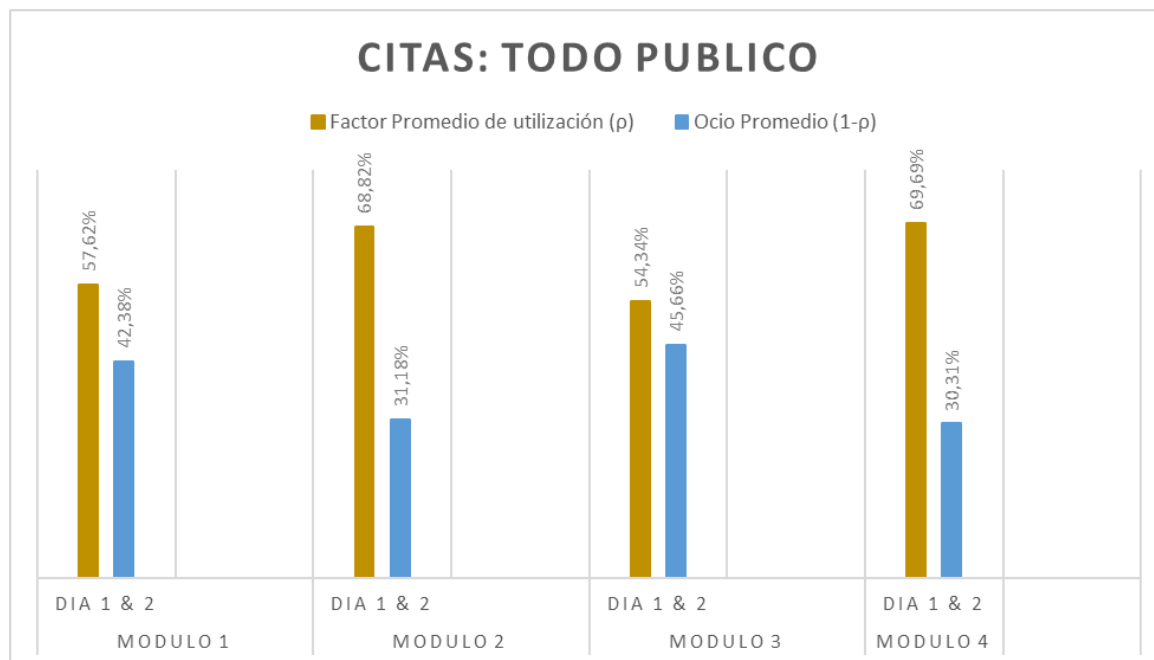
Tabla 30. Cálculos, panorama por módulos Escenario 2

CITAS: T. PUBL	Cálculos por módulos	Modulo 1	Modulo 2	Modulo 3	Modulo 4
		Dia 1 & 2	Dia 1 & 2	Dia 1 & 2	Dia 1 & 2
	Factor Promedio de utilización (p)	57,62%	68,82%	54,34%	69,69%
	Ocio Promedio (1-p)	42,38%	31,18%	45,66%	30,31%

Fuente: Elaboracion propia

Como resultado de la tabulación de los datos de las tablas anteriores en la tabla 30. se evidencia cómo se encuentra actualmente el panorama de estudio del área analizada por módulos.

Ilustración 28. Representación del Panorama por módulos Escenario 2



Fuente: Elaboracion propia.

En síntesis, del resultado de este análisis realizado para este escenario la ilustración 28, nos representa gráficamente el panorama de estudio, como primera fase que era saber el factor de utilización de cada módulo e igualmente el ocio del mismo.

2.20 Análisis sistema total Actual

2.20.1 Modelo M/M/4/∞/∞/FIFO

Ecuación 2. Modelo Kendall del Área del Call Center

M. Kendall Area de estudio: M/M/4/∞/∞/FIFO

Con base al análisis realizado por módulos se tabularon los datos en tablas en donde se promedian los tiempos promedios de los días analizados con el fin de obtener la tasa de llegada y de servicio del sistema de los usuarios a la E.S.E Hospital Jorge Cristo Sahium en el área del Call center.

2.21 Medidas: Primer Escenario

2.21.1 Cálculo promedio de las medidas primer escenario

$$\text{Promedio de las medidas} = \frac{\sum \text{de las medidas}}{\# \text{ medidas}}$$

Tabla 31. Tabulación del cálculo promedio: Primer escenario

	Medidas	Modulo 1		Modulo 2		Modulo 3		Modulo 4		Promedio de las medidas
		Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	
CITAS: PREFERENCIALES	Promedio del tiempo entre llegada (min: sg/Usu)	0:03:04	0:04:38	0:04:27	0:04:16	0:03:56	0:04:19	0:03:58	0:04:20	0:04:07
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Min)	0,329	0,228	0,234	0,240	0,281	0,239	0,279	0,238	0,259
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Hra)	19,74	13,70	14,05	14,42	16,85	14,32	16,76	14,29	15,52
	Promedio del tiempo de Servicio (min: sg/Usu)	0:03:00	0:03:32	0:03:58	0:03:20	0:03:25	0:03:16	0:03:13	0:03:15	0:03:22
	TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Min)	0,333	0,301	0,279	0,313	0,308	0,316	0,319	0,317	0,311

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Hra)	20,00	18,07	16,76	18,75	18,46	18,99	19,17	19,05	18,66
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboracion propia

La tabla 31, cálculos promedios de las medidas,

Como resultado para el sistema, el Promedio del tiempo entre llegada para este escenario es de cuatro minutos con siete segundos por usuario. (0:04:07), Contando con una tasa de llegada (λ) de 0,259 usuarios por minuto, Lo que equivale a 15,52 usuarios por hora. Seguidamente el promedio del tiempo de servicio del sistema es de tres minutos con veintidós segundos por usuario (0:03:22). La tasa de servicio (μ) equivale a 0,311 usuarios por minuto, o 8,66 usuarios por hora.

2.21.2 Cálculo de las medidas de desempeño 1 escenario

- Numero de canales abiertos = 4

Con base a la Tabla 31, generamos la siguiente tabulación de los datos analizados.

Tabla 32. Tabulación de datos para el cálculo de las medidas de desempeño

CITAS: PREFERENCIALES	Símbolo	Medidas de Desempeño	Calculo	Unidad de medida
	m, s	Numero de canales abiertos	4	Módulos
	$\bar{X}_{Li}$	Promedio del tiempo entre llegada	0:04:07	min: sg/Usuario
	λ_m	TASA DE LLEGADA m	0,259	Usuarios por Minuto
	λ_H	TASA DE LLEGADA H	15,52	Usuarios por Hora
	$\bar{X}_s$	Promedio del tiempo de Servicio	0:03:22	min: sg/Usuario
	μ_m	TASA DE SERVICIO m	0,311	Usuarios por Minuto
	μ_H	TASA DE SERVICIO H	18,66	Usuarios por Hora

Fuente: Elaboracion propia

En esta tabla 32, contiene los datos principales para poder hallar el cálculo de las medidas de desempeño y así poder determinar el panorama que se encuentra actualmente el sistema de colas.

➤ *Tasa de Llegada (λ)*

$$\lambda_m = 0,259 \text{ Usuarios por minuto} \quad \lambda_H = 15,52 \text{ Usuarios por Hora}$$

➤ *Tasa de Servicio (μ)*

$$\mu_m = 0,311 \text{ Usuarios por minuto} \quad \mu_H = 18,66 \text{ Usuarios por Hora}$$

Continuamente se procede a la realización de los cálculos, para dichos cálculos se toma como referencia las unidades de usuarios por minutos con el fin de dar los resultados de las medidas de desempeño del proceso del primer escenario de las citas preferenciales en el área de Call center.

A continuación, se muestran los cálculos según el modelo M/M/4:

➤ *Tasa de Utilizacion (ρ)*

$$\rho = \frac{\lambda}{m\mu}$$

$$\rho = \frac{0,259 \text{ usuarios por minuto}}{(4)(0,311 \text{ usuarios por minuto})}$$

$$\rho = 0,208$$

$$\rho = 20,8 \%$$

La probabilidad para este primer escenario de que se esté en utilización el sistema es del 20,8% de su totalidad.

➤ *Probabilidad de que haya cero usuarios o unidades en el sistema (P_0)*

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \frac{m\mu}{m\mu - \lambda}} \text{ para } m\mu > \lambda$$

➤ Criterio: $m\mu > \lambda$

Para aplicarla cumplir $= (4)(0,311) > 0,259$

Cumple criterio $= 1,244 > 0,259$

Simplificamos la fórmula para facilidad de cálculo quedando de la siguiente manera.

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m}{m!} \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{\lambda}{m\mu} \right)} \right) \right]}$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{4-1} \frac{\left(\frac{0,259}{0,311} \right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{0,259}{0,311} \right)^4}{4!} \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{0,259}{4 * 0,311} \right)} \right) \right]}$$

$$P_0 = \frac{1}{[1 + 0,8327974277 + 0,3467757778 + 0,09626465856] + (0,02004224001) * 1,262944162}$$

$$P_0 = 0,435$$

$$P_0 = 0,435 * 100$$

$$P_0 = 43,5\%$$

La Probabilidad de que haya cero usuarios en el sistema corresponde al 43,5%

➤ Número promedio de usuarios o unidades en el sistema (L)

$$L = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^m}{(m - 1)! (m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L = \frac{(0,259 * 0,311) \left(\frac{0,259}{0,311} \right)^4}{(4 - 1)! ((4 * 0,311) - 0,259)^2} (0,435) + \frac{0,259}{0,311}$$

$$L = 0,835 \text{ usuarios}$$

- *Numero promedio de usuarios que se encuentran en la linea esperando a ser atendidos (L_q)*

$$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_q = 0,835 - \frac{0,259}{0,311}$$

$$L_q = 0,003 \text{ Usuarios}$$

- *Tiempo promedio que una unidad pasa en la linea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema) (W)*

$$W = \frac{\mu(\lambda/\mu)^m}{(m-1)!(m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda}$$

$$W = \frac{(0,311) \left(\frac{0,259}{0,311}\right)^4}{(4-1)!((4 * 0,311) - 0,259)^2} (0,435) + \frac{1}{0,311} = \frac{0,835}{0,259}$$

$$W = 3,23 \text{ Minutos}$$

- *Tiempo promedio que un usuario o unidad en la cola espera a ser atendido (W_q)*

$$W_q = W - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W_q = 3,23 - \frac{1}{0,311} = \frac{0,003}{0,259}$$

$$W_q = 0,011 \text{ Minutos}$$

2.21.3 Resultados del panorama de estudio para el 1 escenario

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Tabla 33. Resumen de las Medidas de desempeño: Sistema de cola escenario 1

CITAS: PREFERENCIALES	Símbolo	Medidas de Desempeño	Resultado	Unidad de medida
	m, s	Numero de canales abiertos	4	Módulos
	$\bar{X}_{Li}$	Promedio del tiempo entre llegada	0:04:07	min: sg/Usuario
	λ	Tasa de Llegada	0,259	Usuarios por Minuto
	$\bar{X}_s$	Promedio del tiempo de Servicio	15,52	Usuarios por Hora
	μ	Tasa de Servicio	0:03:22	min: sg/Usuario
	ρ	Tasa de Utilización	0,311	Usuarios por Minuto
	Po	Probabilidad de que haya cero usuarios o unidades en el sistema	18,66	Usuarios por Hora
	L	Número promedio de usuarios o unidades en el sistema	0,208	Decimal
	Lq	Número promedio de usuarios o unidades que se encuentran en la línea esperando ser atendidos	20,8%	Porcentaje
	W	Tiempo promedio que una unidad pasa en la línea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema)	4,35	Decimal
	Wq	Tiempo promedio que un usuario o unidad pasa en la cola esperando ser atendido	43,5%	Porcentaje
			0,835	Usuarios

Fuente: Elaboracion Propia

Como se muestra en la tabla 33, los resultados de las medidas del desempeño para el escenario evaluado, se analiza que la tasa de utilización es menor a 1, esto quiere decir que el sistema se puede calcular en condiciones de estabilidad, en otras palabras, significa que el sistema tiene la suficiente capacidad para atender una tasa de servicio no mayor a 18 usuarios por hora. Ver Ilustración 29.

Igualmente se evidenciando que el sistema de colas para este escenario de 6 a 8 de la mañana trabaja con una tasa de ocupación promedio del 20,8% de su capacidad. Además, este porcentaje también supone una medida de la probabilidad de que un cliente nuevo tenga que esperar para ser servido (donde $0 \leq \rho \leq 1$) o del número medio de servidores ocupados

$$0,208 * 4 = 0,832$$

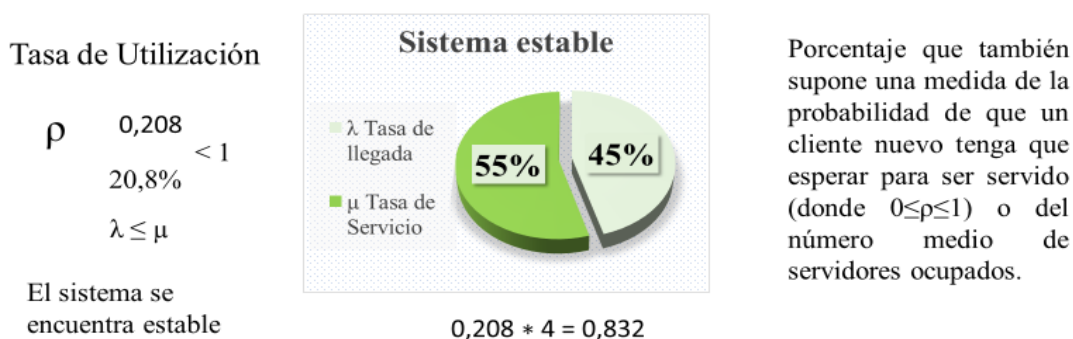
Lo que significa que almenos el 0,832 o el 83,2 % se encuentra ocupado

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Fundamentando la tabla 33, podemos decir que la probabilidad de que haya cero usuarios en el sistema es de 43,5%, lo cual indica que el proceso de la asignación de citas de forma preferencial para los usuarios según las condiciones establecidas para asignar citas en este horario del área del Call center ira a estar por debajo del 50% de su funcionamiento.

El número promedio de usuarios en el sistema son de 0,835 esto nos indica que aproximadamente 1 usuario está en el sistema tomando el servicio. Esto quiere decir que el tiempo promedio que un usuario que dura en la línea de espera es de 3,23 minutos y el numero promedio de usuarios que se encuentra en cola para ser atendidos es de 0,003 usuarios con un tiempo promedio que pasa en cola esperando para ser atendido de 0,011 minutos.

Ilustración 29. Condiciones de un Sistema Estable & Transitorio escenario 1



Lo que significa que almenos el 0,832 o el 83,2 % se encuentra ocupado

λ	Tasa de Llegada	0,259 15,52	Usuarios por Minuto Usuarios por Hora
μ	Tasa de Servicio	0,311 18,66	Usuarios por Minuto Usuarios por Hora

Fuente: Elaboracion Propia

Como se muestra en la ilustración 29, los criterios para que el sistema de colas según el escenario sea estable. El factor de utilización no tiene que superar el 1 o el 100% es decir que este dato sea inferior, como segundo criterio la tasa de llegada tiene que ser menor o igual a la tasa de servicio. Si se presentan las condiciones contrarias a las establecidas anterior mente, Se debe tener alternativas de soluciones para el desarrollo de este es decir contar con una alternativa que me ayude a simular o aplicar un método que me optimice el sistema y me lo ayude a mejorar. El estudio realizado en este escenario se aplicado a cuatro canales, en donde con base a los resultados pudo decir que se presenta en un escenario de muy poco uso y un ocio muy elevado.

2.22 Costos del sistema: Escenario 1

Luego de haber analizado conjuntamente el modelo actual para el primer (1) escenario el paso que sigue es hallar los costos del sistema tanto costo de espera como costos totales. Esta área para el primer escenario es atendida adecuadamente por un personal amable y colaborador, encargado de prestar el servicio para tal área de atención al usuario en temas de asignación de citas. Por fuentes propias del personal nos indican que el sueldo establecido por contrato de prestación de servicios cuenta con la suma correspondiente a un salario mínimo mensuales legales vigente que a continuación se desglosa para su debido análisis y debido calculo por unidad de tiempo.

Tabla 34. Descripción del salario

$$\frac{\text{Salario}}{\text{dia}} = \frac{\$ 1.000.000,00}{30 \text{ dias}} = \$ 33.333,33 \text{ COP}$$

$$\frac{\text{Salario}}{\text{hora}} = \frac{\$ 33.333,33}{8 \text{ horas}} = \$ 4.166,67 \text{ COP}$$

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

$$\frac{\text{Salario}}{\text{minuto}} = \frac{\$ 4.166,67}{480 \text{ minutos}} = \$ 8,68 \text{ COP}$$

Por prestador de servicio para esta área				
Salario/mes	Salario/día	Salario/hora	Salario/minuto	Unidad
\$ 1.000.000,00	\$ 33.333,33	\$ 4.166,67	\$ 8,68	COP

Elaboracion Propia

En la tabla 34, se describe brevemente como es el salario actual en Colombia sin subsidio de transporte este subsidio equivale a \$ 117.172,00 COP. Según fuente consultada en el decreto 1724 de 2021.

$W_q = 0,011$ minutos, tiempo promedio que un usuario pasa en la cola esperando ser atendido. $W = 3,23$ minutos, tiempo promedio que una unidad pasa en la línea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema)

2.22.1 Costo de espera: Primer escenario

Costo de espera = $W_q * \text{Salario/Minuto}$

Costo de esperar = $0,011 \text{ minutos} * \$ 8,68 \text{ COP/minuto}$

Costo de esperar = $0,1 \text{ COP}$ lo que significa que le cuesta en promedio por minuto a un usuario este valor en esperar en cola.

2.22.2 Costo de servicio: Primer escenario

Costo de servicio = $W * \text{Salario/Minuto}$

Costo de servicio = $3,23 \text{ minutos} * \$ 8,68 \text{ COP/minuto}$

Costo de servicio = $28,04 \text{ COP}$ valor por esperar en servicio

2.22.3 Costo total: Primer escenario

$$Lq = 0,003 \text{ Usuarios}$$

$$S = 4 \text{ Modulos}$$

$$CT = C_s * S + C_q * Lq$$

$$CT = (\$ 28,04 \text{ COP})(4 \text{ Modulos}) + (\$ 0,1 \text{ COP})(0,003 \text{ usuarios})$$

$$CT = \$ 112,2 \text{ COP (Pesos Colombianos)}$$

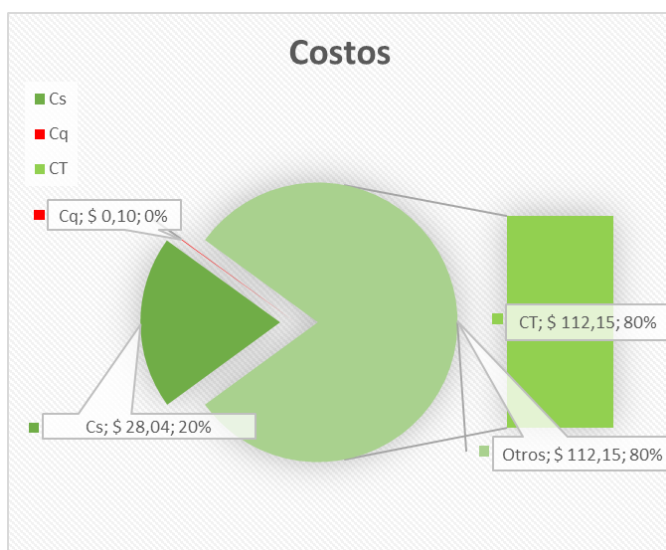
Tabla 35. Tabulación de los costos del sistema: escenario 1

Símbolo	Costos del sistema: Escenario 1	Resultado	Unidad
Cs	costo del servicio por servidor / unidad de tiempo	\$ 28,04	COP/Min
S	número de servidores	4	Modulos
Cq	costo de espera por cliente/unidad de tiempo	\$ 0,1	COP/Min
Lq	número de clientes en la fila.	0,003	Usuarios
CT	costo total por unidad de tiempo	\$ 112,15	COP/Min

Fuente: Elaboracion propia

En la tabla 35, muestra los costos del sistema para este escenario lo que nos indica que el costo total por minuto viene dado por \$ 112,15 pesos colombianos por minuto. Este sería el costo total del sistema para este primer escenario evaluado.

Ilustración 30. Tabulación costos del sistema Escenario 1



Fuente: Elaboracion propia

Por consiguiente, la ilustración 30, representa gráficamente los costos del sistema

2.23 Medidas: Segundo Escenario

2.23.1 Cálculo promedio de las medidas: segundo escenario

$$\text{Promedio de las medidas} = \frac{\sum \text{de las medidas}}{\# \text{medidas}}$$

Tabla 36. Tabulación del cálculo promedio: Segundo escenario

	Medidas	Modulo 1		Modulo 2		Modulo 3		Modulo 4		Promedio de las medidas
		Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	Dia 1	Dia 2	
CITAS: TODO PUBLICO	Promedio del tiempo entre llegada (min: sg/Usu)	0:04:08	0:06:42	0:04:33	0:05:38	0:04:21	0:04:52	0:04:09	0:05:12	0:04:57
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Min)	0,245	0,156	0,231	0,186	0,238	0,221	0,244	0,195	0,219
	TASA DE LLEGADA (λ) (Usu/Hra)	14,71	9,35	13,86	11,15	14,25	13,27	14,67	11,72	13,13
	Promedio del tiempo de Servicio (min: sg/Usu)	0:03:10	0:02:52	0:03:36	0:03:23	0:02:20	0:02:55	0:03:16	0:03:18	0:03:06
	TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Min)	0,323	0,397	0,298	0,310	0,455	0,392	0,316	0,314	0,327
	TASA DE SERVICIO (μ) (Usu/Hra)	19,35	23,81	17,86	18,58	27,27	23,53	18,99	18,87	19,61

Fuente: Elaboracion propia

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Como resultado, la tabla 36, contiene la tabulación correspondiente del análisis obtenido del cálculo promedios de las medidas para este segundo escenario de estudio.

Este sistema de colas tiene un promedio del tiempo entre llegada de cuatro minutos con cincuenta y siete segundos por usuario. (0:04:57), obteniendo una tasa de llegada λ de 0,219 usuarios por minuto, equivalente a 13,13 usuarios por hora. Posteriormente, el promedio del tiempo de servicio del sistema de cola es de tres minutos con seis segundos por usuario (0:03:06). Y contando con una tasa de servicio (μ) equivalente a 0,327 usuarios por minuto, que en horas es igual a tener 19,61 usuarios.

2.23.2 Cálculo de las medidas de desempeño 2 escenario

- Numero de canales abiertos = 4

Con base a la Tabla 36, generamos la siguiente tabulación de los datos analizados.

Tabla 37. Tabulación de datos para el cálculo de las medidas de desempeño 2 escenario

CITAS: TODO PÚBLICO	Símbolo	Medidas de Desempeño	Calculo	Unidad de medida
	m, s	Numero de canales abiertos	4	Módulos
	$\bar{X}_{LI}$	Promedio del tiempo entre llegada	0:04:57	min: sg/Usuario
	λ_m	TASA DE LLEGADA _m	0,219	Usuarios por Minuto
	λ_H	TASA DE LLEGADA _H	13,13	Usuarios por Hora
	$\bar{X}_S$	Promedio del tiempo de Servicio	0:03:06	min: sg/Usuario
	μ_m	TASA DE SERVICIO _m	0,327	Usuarios por Minuto
	μ_H	TASA DE SERVICIO _H	19,61	Usuarios por Hora

Fuente: Elaboracion propia

Como se muestra la tabla 37, describe el análisis de los datos principales para poder encontrar los datos correspondientes a las medidas de desempeño, datos que nos

determinaran como se encuentra actualmente el panorama de estudio para este escenario realizado en el área estudiada.

➤ *Tasa de Llegada (λ)*

$$\lambda_m = 0,219 \text{ Usuarios por minuto} \quad \lambda_h = 13,13 \text{ Usuarios por Hora}$$

➤ *Tasa de Servicio (μ)*

$$\mu_m = 0,327 \text{ Usuarios por minuto} \quad \mu_h = 19,61 \text{ Usuarios por Hora}$$

Nota: Para los cálculos se toma como medida de unidad las unidades de usuarios por “minutos” con el fin de dar los resultados de las medidas de desempeño en la misma unidad de tiempo.

En continuidad, se muestran los cálculos realizados en criterio teórico planteado por un modelo M/M/S que en nuestro estudio esta dado por 4 servidores quedando de la siguiente manera:

$$\checkmark \text{ M/M/4}$$

➤ *Tasa de Utilizacion (ρ)*

$$\rho = \frac{\lambda}{m\mu}$$

$$\rho = \frac{0,219 \text{ usuarios por minuto}}{(4)(0,327 \text{ usuarios por minuto})}$$

$$\rho = 0,1674 \quad * 100$$

$$\rho = 16,74 \%$$

La probabilidad para este segundo escenario de que se esté en utilización el sistema es del 16,74 % de su totalidad por servidores.

➤ Probabilidad de que haya cero usuarios o unidades en el sistema (P_0)

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \frac{m\mu}{m\mu - \lambda}} \text{ para } m\mu > \lambda$$

➤ Criterio: $m\mu > \lambda$

$$\text{Para aplicarla cumplir} = (4)(0,327) > 0,219$$

$$\text{Cumple criterio} = 1,308 > 0,219$$

Para la aplicación de esta fórmula se cuenta con un criterio dado en la teoría de este modelo, este criterio hace referencia que el producto obtenido de la multiplicación de la tasa de servicio por los canales disponibles sea mayor que la tasa de llegada cumpliendo este criterio en campo se procede a aplicar esta fórmula.

Para la agilidad del proceso del cálculo se tuvo en cuenta la simplificación de la fórmula quedando de la siguiente manera.

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m}{m!} \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{\lambda}{m\mu} \right)} \right) \right]}$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{4-1} \frac{\left(\frac{0,219}{0,327} \right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{0,219}{0,327} \right)^4}{4!} \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{0,219}{4 * 0,327} \right)} \right) \right]}$$

$$P_0 = \frac{1}{[1 + 0,6697248 + 0,2242656342 + 0,05006541681] + (0,008382512) * 1,201101928}$$

$$P_0 = 0,512$$

$$P_0 = 0,512 * 100$$

$$P_0 = 51,2\%$$

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

La Probabilidad de que haya cero usuarios en el sistema corresponde al 51,2%

➤ Número promedio de usuarios o unidades en el sistema (L)

$$L = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^m}{(m-1)!(m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L = \frac{(0,219 * 0,327) \left(\frac{0,219}{0,327}\right)^4}{(4-1)!((4 * 0,327) - 0,219)^2} (0,512) + \frac{0,219}{0,327}$$

$$L = 0,67076144 \text{ usuarios}$$

$$L = 0,671 \text{ usuarios}$$

➤ Numero promedio de usuarios que se encuentran en la linea esperando a ser atendidos (L_q)

$$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_q = 0,67076144 - \left(\frac{0,219}{0,327}\right)$$

$$L_q = 0,00104 \text{ Usuarios}$$

➤ Tiempo promedio que una unidad pasa en la linea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema) (W)

$$W = \frac{\mu (\lambda / \mu)^m}{(m-1)!(m\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda}$$

$$W = \frac{(0,327) \left(\frac{0,219}{0,327}\right)^4}{(4-1)!((4 * 0,327) - 0,219)^2} (0,512) + \frac{1}{0,327} = \frac{0,671}{0,219}$$

$$W = 3,06 \text{ Minutos}$$

➤ *Tiempo promedio que un usuario o unidad en la cola espera a ser atendido (Wq)*

$$Wq = W - \frac{1}{\mu} = \frac{Lq}{\lambda}$$

$$Wq = \frac{0,00104}{0,219}$$

$$Wq = 0,005 \text{ Minutos}$$

2.23.3 Resultados del panorama de estudio para el 2 escenario

Tabla 38. Resumen de las Medidas de desempeño: Sistema de cola escenario 2

	Símbolo	Medidas de Desempeño	Resultado	Unidad de medida
CITAS: TODO PUBLICO	m, s	Numero de canales abiertos	4	Módulos
	$\bar{X}_{Li}$	Promedio del tiempo entre llegada	0:04:57	min: sg/Usuario
	λ	Tasa de Llegada	0,219	Usuarios por Minuto
	$\bar{X}_s$	Promedio del tiempo de Servicio	13,13	Usuarios por Hora
	μ	Tasa de Servicio	0:03:06	min: sg/Usuario
			0,327	Usuarios por Minuto
			19,61	Usuarios por Hora
	ρ	Tasa de Utilización	0,1674	Decimal
			16,74%	Porcentaje
	P_0	Probabilidad de que haya cero usuarios o unidades en el sistema	5,12	Decimal
			51,2%	Porcentaje
	L	Número promedio de usuarios o unidades en el sistema	0,6706194	Usuarios
	Lq	Número promedio de usuarios o unidades que se encuentran en la línea esperando ser atendidos	0,00104	Usuarios
	W	Tiempo promedio que una unidad pasa en la línea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema)	3,06	Minutos
	Wq	Tiempo promedio que un usuario o unidad pasa en la cola esperando ser atendido	0,005	Minutos

Fuente: Elaboracion Propia

La tabla 38, Describe cada uno de los resultados obtenidos para este escenario de las medidas del desempeño, por consiguiente, se evidencia que la tasa de utilización es menor a 1, esto nos indica que el sistema se encuentra en estado de estabilidad, contando

con una capacidad para atender una tasa de servicio no mayor a 19 usuarios por hora. Ver Ilustración 31.

Consideramos ahora que el sistema de atención al usuario por la central de citas analizado en el horario de 8 a 12 de la mañana. Tiene una ocupación promedio del 16,74% de los servidores del sistema de cola. Dicho lo anterior, este porcentaje también supone una medida de la probabilidad de que un usuario potencial tenga que esperar en cola para ser atendido (donde $0 \leq p \leq 1$) o del número medio de servidores ocupados como resultado

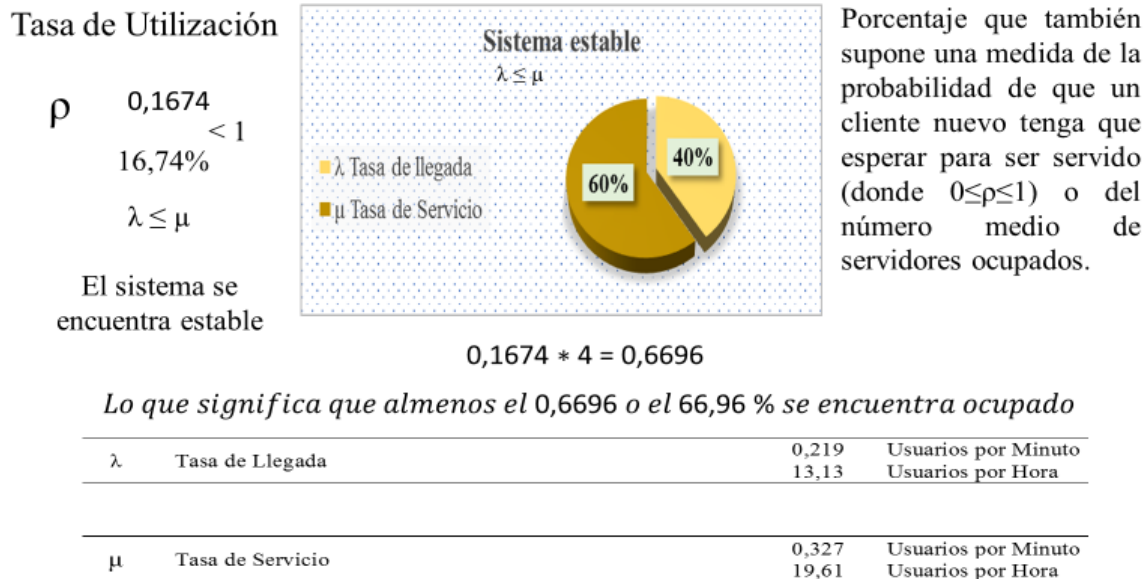
$$0,1674 * 4 = 0,6696$$

Lo que significa que al menos el 0,6696 o el 66,96 % se encuentra ocupado

Como se afirmó en la tabla 38, ahora puedo decir que la probabilidad de que haya cero (0) usuarios en el sistema es del 51,2%, esto nos señala que, para el proceso de la asignación de citas de forma telefónica como segundo escenario analizado para los usuarios según las condiciones establecidas por políticas de la empresa, en el horario de 8 a 12 del medio día del área del Call center ira a estar por debajo del 60% de su funcionamiento.

De ahí que el número promedio de usuarios en el sistema correspondería a 0,67 usuarios esto nos indica que aproximadamente 1 usuario está en el sistema tomando el servicio. El tiempo promedio que un usuario que dura dentro del sistema es de 3 minutos con 6 segundos y el numero promedio de usuarios que se encuentra en cola para ser atendidos es de 0,001 usuarios con un tiempo promedio que pasa en cola esperando para ser atendido de 0,005 minutos.

Ilustración 31. Condiciones de un Sistema Estable & Transitorio escenario 2



Fuente: Elaboracion Propia

En la ilustración 31, muestra los criterios para que un sistema sea estable.

Tales criterios nos señalan, que la tasa de utilización no tiene que ser superior al 100% o a 1, de modo que este dato debe ser inferior para encontrar estabilidad en el sistema, para el segundo criterio la tasa de llegada (λ) tiene que ser menor o igual a la tasa de servicio (μ). En el caso que el sistema sea transitorio es decir se den las condiciones contrarias a las establecidas, como una tasa de llegada mayor a una tasa de servicio, esto significa que la capacidad del sistema es muy demandada en otras palabras está en su mayor grado de ocupación, si es el caso se tiene que ver posibles soluciones una de esas posibles soluciones y la más común es la de implementar un nuevo modelo es decir que el sistema tenga un nuevo canal o servidor. Con el fin de saber el ajuste y la optimización del nuevo

sistema de cola simulado a través de un software de simulación. el efecto de implementar

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

un nuevo modelo dependerá de los criterios establecidos en el entorno de estudio y un análisis de costos. Para este análisis se puede evidenciar que los 4 módulos para este escenario son en exceso ya que brindan muy poco uso y un ocio muy elevado. Por tal motivo se pretende simular el sistema para este escenario con 3 módulos para saber el comportamiento que tiene el implementar un módulo M/M/3, con tres canales de servicio.

2.24 Costos del sistema: Escenario 2

Con base a la tabla 34, anteriormente de la descripción del salario, se procede a analizar el costo que tiene en espera tanto en sistema como en cola, para el área analizada en el la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium del municipio de villa del rosario, para el área del Call center opera en infraestructura de 5 módulos equipados con un sistema adecuado para la atención de llamadas. los servidores analizados fueron 4 por motivos de uno de ellos se encontraba fuera de servicio, tal área es atendida por personal calificado que se encargan de prestar el servicio de la asignación y consultas de citas vía telefónica en el área del Call center y así brindar a la comunidad un agrado servicio de atención al usuario.

$$\text{Salario/minuto} = \$ 8,68 \text{ COP}$$

$W_q = 0,005$ minutos, tiempo en promedio de un usuario que está en la cola esperando ser servido. $W = 3,06$ minutos, tiempo promedio que una unidad pasa en la línea de espera o recibiendo servicio (es decir, dentro del sistema)

2.24.1 Costo de espera: Primer escenario

$$\text{Costo de espera} = W_q * \text{Salario/Minuto}$$

$$\text{Costo de esperar} = 0,005 \text{ minutos} * \$ 8,68 \text{ COP/minuto}$$

Costo de esperar = 0,04 COP lo que significa que le cuesta en promedio por minuto a un usuario este valor en esperar en cola.

2.24.2 Costo de servicio: Primer escenario

Costo de servicio = $W * \text{Salario/Minuto}$

Costo de servicio = 3,06 minutos * \$ 8,68 COP/minuto

Costo de servicio = 26,6 COP valor por esperar en servicio

2.24.3 Costo total: Segundo escenario

$Lq = 0,00104$ Usuarios

$S = 4$ Modulos

$CT = Cs * S + Cq * Lq$

$CT = (\$ 26,6 \text{ COP})(4 \text{ Modulos}) + (\$ 0,0434 \text{ COP})(0,00104 \text{ usuarios})$

$CT = \$ 106,4 \text{ COP}$ (Pesos Colombianos)

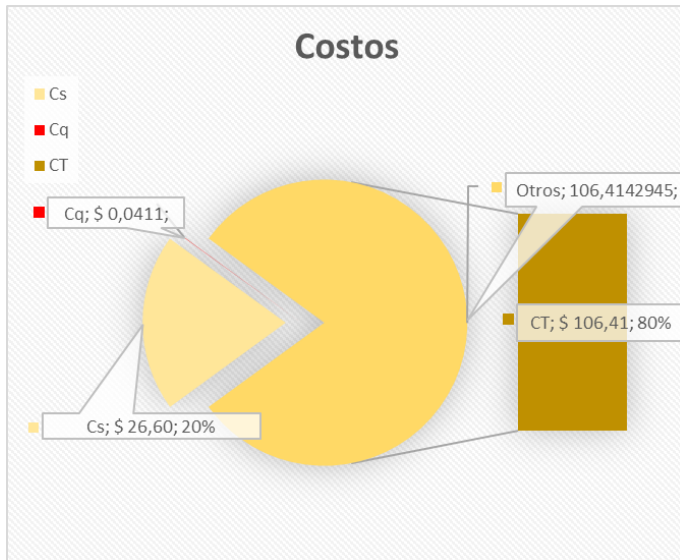
Tabla 39. Tabulación de los costos del sistema: escenario 2

Símbolo	Costos del sistema: Escenario 1	Resultado	Unidad
Cs	costo del servicio por servidor / unidad de tiempo	\$ 26,6	COP/Min
S	número de servidores	4	Modulos
Cq	costo de espera por cliente/unidad de tiempo	\$ 0,04	COP/Min
Lq	número de clientes en la fila.	0,00104	Usuarios
CT	costo total por unidad de tiempo	\$ 106,41	COP/Min

Fuente: Elaboracion propia

En la tabla 40, muestra los costos del sistema para este escenario lo que nos indica que el costo total por minuto viene dado por \$ 106,41 pesos colombianos por minuto. Este sería el costo total del sistema para este segundo escenario evaluado.

Ilustración 32. Tabulación costos del sistema Escenario 2



Fuente: Elaboracion propia

Por consiguiente, la ilustración 32, representa gráficamente los costos del sistema

2.25 Validación de los Resultados mediante el Software de WinQSB

De acuerdo con la tabulación de datos adquiridas desde la etapa inicial de información, podemos decir que la información anterior es la consecuencia de la utilización de las ecuaciones de la teoría de colas, son útiles para analizar el comportamiento que este teniendo el sistema en condiciones de estabilidad, para la validación de esos resultados se aplicara un análisis con la ayuda del programa WinQSB, programa que hace menos laborioso el esfuerzo manual del proceso de los cálculos.

2.25.1 Validación de los resultados del Primer escenario mediante el Software de WinQSB.

Tabla 40. Datos de entrada winQSB Primer (1) escenario

Data Description	ENTRY
Number of servers	4
Service rate (per server per minute)	0.311
Customer arrival rate (per minute)	0.259
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per minute	28.04
Idle server cost per minute	28.04
Customer waiting cost per minute	0.1

Fuente: Elaboracion propia

La Tabla 40. Describe los datos de entrada al sistema correspondientes para hacer el cálculo de las medidas de desempeño. Y así poder ejecutar o validar los datos en el programa. A continuación, se da el significado de cada uno de ellos.

- Number of servers: Esto significa el número de servidores, en nuestro escenario contamos con 4 Modulos.
- Service rate (Per server per minute): Tasa de Servicio, (Por servidor por minuto): para nuestro caso sería de 0,311 usuarios/minuto.
- Customer Arrival rate (per minute): Tasa de llegada de clientes (Por minuto): para el caso es de 0.259 Usuarios/minuto.
- Queue Capacity (máximum waiting space): Capacidad de la cola (espacio de espera máximo). Para nuestro caso se especifica el modelo según el modelado como población infinita y la representamos por una letra M.
- Customer population: Población de clientes, en la mayoría de los casos la población se simula infinita, en nuestro caso la representamos con la letra M.

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

- Busy server cost per minute: Servidor ocupado costo por minuto, \$ 28,04
COP/Min
- Idle server cost per minute: Costo del servidor inactivo por minuto, ira a hacer igual al costo de estar ocupado ya que se le va a pagar igual este o no haciendo nada. \$ 28,04 COP/Min
- Customer Waiting cost per minute: Costo de espera del usuario por minuto, \$ 0,1 COP/Minuto.

Ahora se procede hacer la comprobación por el programa de las medidas de desempeño siguiendo las fórmulas planteadas para el modelo M/M/S.

Tabla 41. Validación Medidas de Desempeño winQSB Primer escenario

Performance Summary for 1 escenario		
11-27-2022	Performance Measure	Result
1	System: M/M/4	From Formula
2	Customer arrival rate (lambda) per minute =	0,2590
3	Service rate per server (mu) per minute =	0,3110
4	Overall system effective arrival rate per minute =	0,2590
5	Overall system effective service rate per minute =	0,2590
6	Overall system utilization =	20,8199 %
7	Average number of customers in the system (L) =	0,8357
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0,0029
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	0,2629
10	Average time customer spends in the system (W) =	3,2266 minutes
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,0112 minutes
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	1,0152 minutes
13	The probability that all servers are idle (Po) =	43,4565 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw or Pb) =	1,1000 %
15	Average number of customers being balked per minute =	0
16	Total cost of busy server per minute =	\$23,3516
17	Total cost of idle server per minute =	\$88,8084
18	Total cost of customer waiting per minute =	\$0,0003
19	Total cost of customer being served per minute =	\$0
20	Total cost of customer being balked per minute =	\$0
21	Total queue space cost per minute =	\$0
22	Total system cost per minute =	\$112,1603

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 41. Se describen las medidas arrojadas por medio del programa WinQSB, permitió verificar los cálculos de las medidas de desempeño y validar los datos debido a

que posee la herramienta enfocada a la ingeniería especialmente en la industrial unas de estas es Queuing analysis (QA), (análisis de cola).

Ahora bien, En apoyo con WinQSB se pudo obtener todas las medidas de desempeño ya analizadas teóricamente, y de acuerdo con los datos arrojados por el cálculo de las medidas de desempeño se puede concluir que para este primer escenario del área de Call center podemos decir que su panorama actual se comporta de la siguiente manera:

Tabla 42. Descripción de las medidas de desempeño primer escenario

Nº	Medida de Rendimiento (Descripción)	Resultado
1	Sistema M/M/4	
2	Tasa de llegada de usuarios (Lambda) por minuto	0,259
3	Tasa de servicio por servidor (μ) por minuto	0,311
4	Tasa de llegada efectiva del sistema general por minuto	0,259
5	Tasa de servicio efectiva del sistema general por minuto	0,259
6	Utilización general del sistema	20,8199%
7	Promedio de usuarios en el sistema	0,8357
8	Promedio de usuarios en la cola	0,0029
9	Numero promedio de clientes en la cola para un sistema ocupado	0,2629
10	Tiempo promedio que el usuario pasa en el sistema	3,2266 min
11	Tiempo promedio que el usuario pasa en la cola	0,0112 min
12	Tiempo promedio que el cliente pasa en la cola para un sistema	1,0151 min
13	La probabilidad de que todos los servidores estén inactivos	43,4565%
14	La probabilidad de que un usuario que llegue espere	1,1000%
15	Numero promedio de clientes rechazados por minuto	0
16	Costo total de servidor ocupado por minuto	\$ 23,3516
17	Costo total del servidor inactivo por minuto	\$ 88,8084
18	Costo total de usuarios esperando por minuto	\$ 0,0003
19	Costo total del usuario atendido por minuto	\$ 0
20	Costo total de usuarios rechazados por minuto	\$ 0
21	Coste total del espacio de la cola por minuto	\$ 0
22	Costo total del sistema por minuto	\$ 112,1603

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 42. Describe como se encuentra actualmente el sistema de colas para este primer escenario.

2.25.2 Validación de los resultados del Segundo escenario mediante el Software de WinQSB.

Tabla 43. Datos de entrada winQSB Segundo (2) escenario

Data Description	ENTRY
Number of servers	4
Service rate (per server per minute)	0.327
Customer arrival rate (per minute)	0.219
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per minute	26.6
Idle server cost per minute	26.6
Customer waiting cost per minute	0.04

Fuente: Elaboracion propia

La tabla 43. Describe los datos de entrada al sistema correspondientes para hacer el cálculo de las medidas de desempeño. Y así poder ejecutar o validar los datos en el programa. Se procede hacer la comprobación por el programa de las medidas de desempeño.

Tabla 44. Validación Medidas de Desempeño winQSB Segundo escenario

11-28-2022	Performance Measure	Result
1	System: M/M/4	From Formula
2	Customer arrival rate (λ) per minute =	0,2190
3	Service rate per server (μ) per minute =	0,3270
4	Overall system effective arrival rate per minute =	0,2190
5	Overall system effective service rate per minute =	0,2190
6	Overall system utilization =	16,7431 %
7	Average number of customers in the system (L) =	0,6708
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0,0010
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	0,2011
10	Average time customer spends in the system (W) =	3,0628 minutes
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,0047 minutes
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0,9183 minutes
13	The probability that all servers are idle (Po) =	51,1738 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw or Pb) =	0,5152 %
15	Average number of customers being balked per minute =	0
16	Total cost of busy server per minute =	\$17,8147
17	Total cost of idle server per minute =	\$88,5853
18	Total cost of customer waiting per minute =	\$0,0000
19	Total cost of customer being served per minute =	\$0
20	Total cost of customer being balked per minute =	\$0
21	Total queue space cost per minute =	\$0
22	Total system cost per minute =	\$106,4000

Fuente: Elaboracion propia

A continuación, como lo muestra la Tabla 44. Se evidencia la validación de las medidas arrojadas por medio del programa WinQSB. Y en la Tabla 45. La descripción de dicha validación.

Tabla 45. Descripción de las medidas de desempeño segundo escenario

N°	Medida de Rendimiento (Descripción)	Resultado
1	Sistema M/M/4	
2	Tasa de llegada de usuarios (λ) por minuto	0,219
3	Tasa de servicio por servidor (μ) por minuto	0,327
4	Tasa de llegada efectiva del sistema general por minuto	0,219
5	Tasa de servicio efectiva del sistema general por minuto	0,219
6	Utilización general del sistema	16,7431%
7	Promedio de usuarios en el sistema	0,6708
8	Promedio de usuarios en la cola	0,001
9	Numero promedio de clientes en la cola para un sistema ocupado	0,2011
10	Tiempo promedio que el usuario pasa en el sistema	3,0628 min
11	Tiempo promedio que el usuario pasa en la cola	0,0047 min
12	Tiempo promedio que el cliente pasa en la cola para un sistema	0,9183
13	La probabilidad de que todos los servidores estén inactivos	51,1738%
14	La probabilidad de que un usuario que llegue espere	0,5152%
15	Numero promedio de clientes rechazados por minuto	0
16	Costo total de servidor ocupado por minuto	\$ 17,8147
17	Costo total del servidor inactivo por minuto	\$ 88,5853
18	Costo total de usuarios esperando por minuto	\$ 0,0000
19	Costo total del usuario atendido por minuto	\$ 0
20	Costo total de usuarios rechazados por minuto	\$ 0
21	Coste total del espacio de la cola por minuto	\$ 0
22	Costo total del sistema por minuto	\$ 106,4000

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 45. Se evidencia los tipos de medidas descritas para el segundo escenario.

En conclusión este programa permitió comprobar la sistematizaciones de las medidas de desempeño y aceptar los datos debido a que posee la herramienta encaminada a la ingeniería principalmente en la industrial unas de estas es Queuing analysis (QA),

(análisis de cola) la utilización de este nos proporcionó un análisis estadístico detallado del sistema de cola, teniendo en cuenta, el número de servidores, la tasa de llegada, la tasa del servicio, en algunos casos como en este se le puede proporcionar el costo del servidor y el costo de espera del cliente en la entidad para determinar el costo total por hora de las líneas de espera del sistema de colas de esta área.

2.26 Modelo Propuesto: M/M/3 mediante simulación

Con este modelo propuesto simulado, nuestro propósito de estudio parte de los análisis realizados y comprobados anteriormente en el presente documento. Como resultado bajas tasas de utilización del sistema y elevados porcentajes de ocio, tanto para los dos escenarios evaluados. Mediante la simulación pretendemos buscar un equilibrio del sistema determinando el número de canales (Modulos) apropiados para el sistema actual. Evaluando con las tasas de llegadas y servicio para el panorama actual encontrado anteriormente en la jornada laboral correspondiente para al área. Ver si se aumenta o disminuye aún más la productividad de los servidores. Este caso es especial por su tasa de uso muy baja el sistema actual es estable pero no en un punto de equilibrio para su productividad mayor al 70% como mínimo. Lo que nos indica que bien sea si la cantidad de servidores existentes actualmente son inapropiados para brindar una mayor productividad al sistema o bien sea que en el área asisten muy pocas personas a tomar el servicio o bien sea que no se esté dando una utilidad adecuada como se debería estar dando ya que hay quejas que para el escenario 2 se presentan congestiones de llamadas en cola, y por parte de los usuarios presentan quejas que las líneas telefónicas están cogestionadas y no presentan

atención lo suficientemente adecuadas para prestar un servicio ágil y cubriendo una mayor demanda de atención. Por esas razones decidimos profundizar aun mayor proponiendo este módulo mediante simulación para determinar la cantidad necesaria para cada jornada laboral los Modulos o canales apropiados al sistema de cola del área del Call Center en sus dos escenarios de 6 a 8 am y de 8 a 12 am.

2.27 Simulación con FlexSim

De acuerdo a lo anterior se decide a realizar un estudio que permita obtener datos a través de las simulaciones en el software FlexSim y con ello la toma de decisiones para aplicar en el área del Call center para los dos escenarios analizados. Este software de FlexSim permite cálculos de simulación de acuerdo a los parámetros que le brinde uno a la simulación para determinar el escenario y simulación correspondiente se tiene en cuenta los siguientes datos y criterios.

2.27.1 Simulación con FlexSim Primer escenario

De acuerdo a los datos calculados y comprobados con el programa de WinQSB para este primer escenario se toma en cuenta la tasa de servicio y de llegadas del sistema actual quedando los datos de entrada de la siguiente manera:

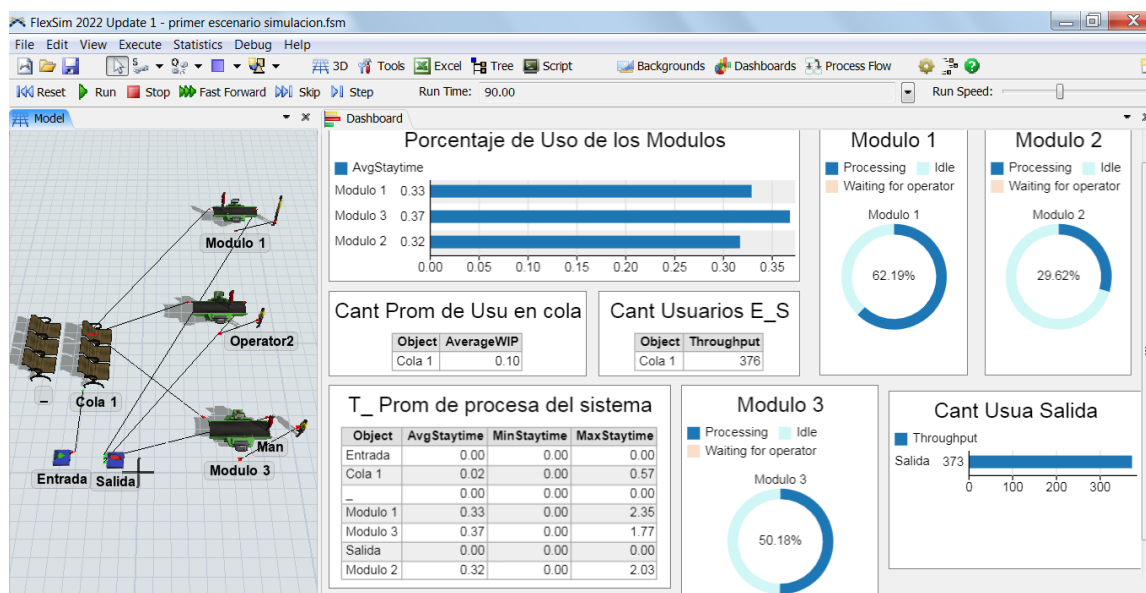
Tabla 46. Datos de entrada FlexSim Primer escenario

Primer Escenario	Modelo propuesto: M/M/3		
	Hora de simulación	6:30 a 8:00 AM	Jornada Laboral
	Minutos Transcurridos	90 minutos	Por jornada laboral
	Tasa de Llegada	0,259 usuarios / Minuto	Exponencial
	Tasa de Servicio	0,311 usuarios/Minuto	Exponencial

Elaboracion propia.

Tabla 46. Se describen los datos correspondientes de entrada para ingresar a la simulación del programa de FlexSim contando con distribuciones exponenciales para el sistema con una tasa de servicio y llegada determinada de los cálculos obtenidos anteriormente. El tiempo de simulación teniendo en cuenta que parte desde las 6:30 ya que a partir de las 6 de la mañana es la hora de entrada del personal, mientras el personal llega al área y se instala y adecua el área laboral transcurren aproximadamente 30 minutos es donde se simuló que a partir de las 6:30 empieza a correr el simulador ya que según evidencia la hora de llegada de los usuarios es a partir de este horario y empiezan a tomar el servicio del sistema. Por lo que el tiempo de la jornada laboral para solo este escenario es de 90 minutos. El resto del tiempo lo consumen para el segundo escenario y demás labores correspondientes al sistema para poder completar las horas laborales correspondientes como lo emana el artículo 161 del código sustantivo del trabajo según lo establece la ley.

Ilustración 33. Simulación del Primer Escenario M/M/3



Fuente: Elaboracion propia

Ilustración33. Describe mediante un Dashboards o tablero de control el comportamiento del sistema simulado para un modelo M/M/3 los siguientes datos obtenidos.

Para el primer escenario con un tiempo de corrida de 90 minutos de la jornada laboral con 3 servidores o Modulos operando una tasa de servicio de 0,311 usuarios por minuto o lo que viene siendo 18,66 usuarios por hora y con una tasa de llegada de 0,259 usuarios ´por minuto lo mismo que 15,52 usuarios por hora el sistema tiene un comportamiento de entrada de 376 usuarios y una cantidad máxima en cola de 5 usuarios, por modulo los datos representados en la siguiente tabla:

Tabla 47. Descripción de los datos de simulación por modulo primer escenario

	Usuarios	OCIO (% Inactivo "Idle")	USO (% Procesando)
Modulo 1	170	37,7%	62,2%
Modulo 2	87	70,3%	29,6%
Modulo 3	119	49,8%	50,2%

Fuente: Elaboracion Propia

La Tabla 47. Nos muestra el comportamiento del uso del sistema y el porcentaje que tiene en no ser utilizado.

2.27.2 Simulación con FlexSim Segundo escenario

Para este proceso los datos calculados y comprobados con el programa de WinQSB Nos acercan más a la realidad simulando este modelo para el segundo escenario se toma en cuenta la tasa de servicio y de llegadas del sistema actual quedando los datos de entrada de la siguiente manera:

Tabla 48. Datos de entrada FlexSim Segundo escenario

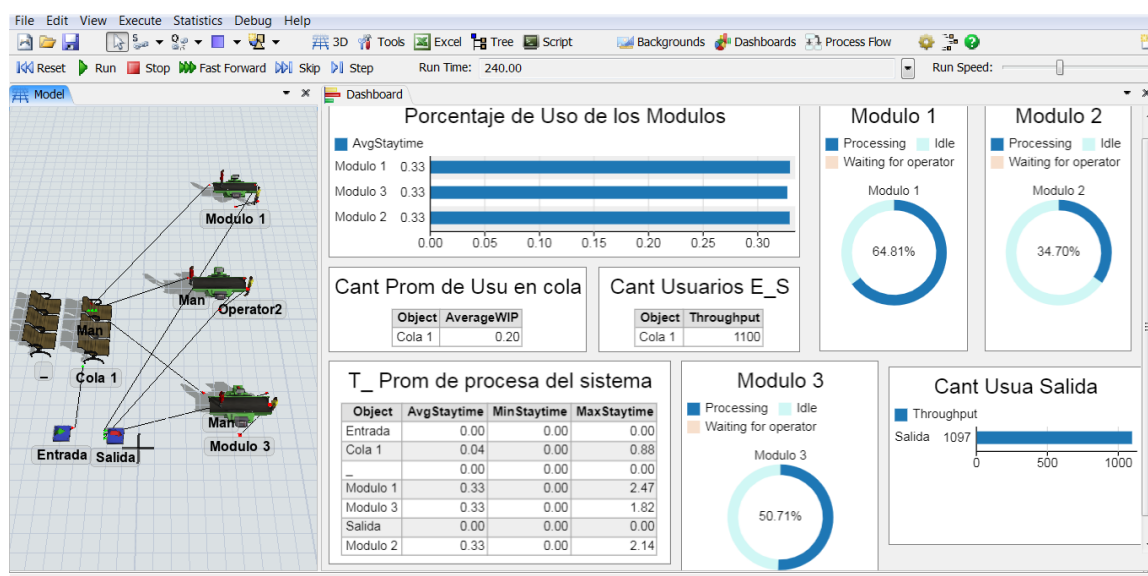
Segundo Escenario	Modelo propuesto: M/M/3		
	Hora de simulación	8:00 a 12:00 Medio día	Jornada Laboral
	Minutos Transcurridos	240 minutos	Por jornada laboral
	Tasa de Llegada	0,219 usuarios / Minuto	Exponencial
	Tasa de Servicio	0,327 usuarios/Minuto	Exponencial

Fuente: Elaboracion propia

A continuación, como lo muestra la Tabla 48. Se evidencian los datos de ingresar al programa FlexSim como entrada. Sabiendo la tendencia de los datos ya analizados por modulo con distribuciones exponenciales para el sistema de cola. Igualmente, la tasa de servicio y llegada determinada de los cálculos obtenidos del sistema actual. El tiempo de

simulación parte desde las 8 de la mañana y finaliza este escenario a las 12 del medio día donde el personal sale en su hora de almuerzo y regresa a las 2 de la tarde para finalizar su hora laboral correspondiente como lo emana el artículo 161 del código sustantivo del trabajo según lo establece la ley. Luego de cuando llegar de nuevo al sistema realizan otras funciones correspondientes para completar sus horas laborales del día.

Ilustración 34. Simulación del Segundo Escenario M/M/3



Fuente: Elaboracion propia

La Ilustración 34. Representa a través de un Dashboards o tablero de control el procedimiento o el panorama simulado del sistema para un modelo M/M/3 lo cual arrojaron los siguientes datos analizados.

Para el segundo escenario con un tiempo de corrida de 240 minutos de la jornada laboral con 3 servidores o Modulos operando una tasa de servicio (μ) de 0,327 usuarios/minuto o 19,61 usuarios/hora, una tasa de llegada (λ) de 0,219 usuarios/minuto o 13,13 usuarios/hora el sistema tiene cuenta con una entrada al sistema de la cantidad de

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

1101 usuarios y una cantidad máxima en cola de 7 usuarios, y 4 siendo servidos aun en el sistema lo que quiere decir que solo 1097 salieron ya del sistema. Por consiguiente, por Modulos los datos representados en la siguiente tabla expresan la cantidad y panorama del sistema de colas analizado igualmente por Modulos:

Tabla 49. Descripción de los datos de simulación por modulo Segundo escenario

	Usuarios	OCIO (% Inactivo "Idle")	USO (% Procesando)
Modulo 1	472	35,2%	64,8%
Modulo 2	253	65,3%	34,7%
Modulo 3	372	49,3%	50,7%

Fuente: Elaboracion propia

Lo que nos indica la Tabla 49. Hace referencia al comportamiento del uso del sistema del porcentaje de procesamiento que tiene cada módulo simulado con esa tasa de servicio y con respecto al porcentaje que tiene en no ser utilizado o este inactivo en esta jornada laboral simulada.

3. Conclusiones

El estudio realizado al área del Call center aplicado a los dos escenarios, y con el desarrollo del diagnóstico, se pudo evidenciar el comportamiento de las líneas de espera de esta área de la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium.

Para el sistema total, Se encontró actualmente para el primer escenario la utilización por servidor del sistema de cola del 20,8 % de su uso, con la utilización de 4 servidores. El número medio de llegadas de usuarios aproximadamente es de 16 por hora, y el número medio de servicio de 19 usuarios aproximadamente por hora. con el sistema actual en promedio el cliente pasa 3,23 minutos en el sistema distribuidos de la siguiente manera: 0,011 minutos pasa esperando en la cola más 3,22 minutos en servicio. Contando con un costo total de \$ 112,06 COP por minuto del sistema de cola.

Finalmente, para el segundo escenario el factor de utilización es del 16,74% del uso de los 4 Modulos aplicados al sistema de colas, consiguiendo así el número medio de llegas de 14 usuarios por hora aproximadamente, y de servicio aproximadamente 20 usuarios por hora, para este caso del sistema actual, en promedio el cliente pasa 3,06 minutos en el sistema distribuidos así: 0,005 minutos pasa esperando en cola más 3,05 minutos en servicio, y su costo total de \$ 106,41 COP por minuto.

Se determinan estos resultados como muestra de las tasas de llegada como de servicio actuales del sistema, estas se presentarán a la gerencia del hospital para ser tenidas en cuenta

como indicador máximo en los tiempos de atención al usuario en el sistema, todo ello por motivos del desconocimiento actual por parte de la gerencia de dichas medidas de desempeño.

El sistema como resultado actualmente se encuentra estable, pero de forma general la tasa de utilización viene dando muy baja y un ocio muy alto que afecta un tiempo pernicioso al sistema, índices que se presenta que en promedio el sistema se está utilizando por debajo de un 21%, índice con los módulos disponibles. En cuanto al análisis realizado por separado y por cada uno los módulos que prestaron el servicio los días de estudio de campo. Estos si arrojan un factor de utilización en promedio del 83,05% respecto a cada uno de los Modulos y un ocio promedio del 16,95% de tiempo pernicioso para el sistema en cuenta que este análisis se realizó solo con la cantidad correspondiente de usuarios que llegan aleatoriamente en cada uno de ellos.

Con Respecto al Modelo simulado se obtienen los objetivos alcanzados en el modelo propuesto mediante la simulación ya que este demostró que el aumento de la utilización de los servidores y la disminución del tiempo de espera de los usuarios incrementan la productividad del sistema. A su vez, la teoría de colas proporciona una técnica de modelado eficaz, eficiente y poderosa que puede ayudar a los gerentes a lograr los objetivos antes mencionados. Este enfoque puede ser adoptado fácilmente y permite que los resultados sean positivos para los tiempos de finalización y por lo tanto abordan una gran cantidad de quejas y solicitudes por parte de los usuarios. En este sentido, es gracias al éxito de la metodología de colas que encuentran la clave para solucionar la problemática y se fundamenta como herramienta estratégica en la optimización del sistema

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium en esta área de Call center de la sede principal.

Esta monografía permitió el análisis de cada modelo para el desarrollo de la teoría de colas en los escenarios estudiados. Modelos que ayudan a estimar tiempo de espera, la variabilidad en la demanda de servicios de salud y los tiempos de servicio tanto presenciales como telefónicos evidencian que las reglas simplistas como obligar niveles de utilización específicos o la fijación de proporciones de pacientes a recursos sólo conduciría a la congestión y mala calidad de servicio y es poco probable que sean enfoques exitosos para contener o reducir los costos, de acuerdo a las investigaciones donde se observa que las organizaciones más grandes con más pacientes pueden lograr la misma calidad de servicio en utilidades más altas que las organizaciones más pequeñas. Aunque los sistemas de citas son a menudo diseñados para evitar el tiempo de inactividad del médico (sin considerar el tiempo de espera del paciente), es posible reducir el tiempo de espera del paciente sin aumentar significativamente el tiempo de inactividad del médico.

3.1 Recomendaciones

Con respecto al modelo propuesto mediante la simulación en el programa de FlexSim podemos evidenciar en los dos Dashboards para cada uno de los dos escenarios. Como recomendación.

Se pueden utilizar para el primer escenario perfectamente 2 Modulos para prestar el servicio y uno dejarlo como apoyo para el sistema.

Para el segundo escenario se puede emplear los 3 Modulos ya que en este hay un elevado índice de demanda por parte de los usuarios al sistema, pero igualmente se tiene en cuenta un 4 modulo como apoyo si en llegado caso se llega a ver congestión el sistema se utilizará como alternativa de emergencia si así se requiere todo esto para poder aumentar esa tasa de producción y así optimizar mejor el sistema tanto en su factor de utilización como en costos del sistema en general.

4. Bibliografía

- Ayala Izaguirre, M. E. (2007). ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LA TEORIA DE COLAS EN UN CENTRO MÉDICO DE CONSULTA EXTERNA [Tesis de Maestro en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma De México]. Repositorio Institucional de la UNAM, MÉXICO.
- BARRY RENDER, RALPH M. STAIR, JR., & MICHAEL E. HANNA. (2012). Capítulo 13. In *Modelos de teorías de colas y de líneas de espera* (Vol. 10, pp. 499–522).
- Burgasí Delgado, D. D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS. *TAMBARA*(84), 1212 - 1230. http://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMAISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf.
- Cano Sánchez, J. E., & Vargas Quiroz, A. J. (2021). *Teoría de colas para incrementar la satisfacción de los clientes de la Caja del Santa- 2021*.
- Centro de Mecanización Agropecuaria (Cuba), Y., & Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana., C. E. (1988). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* (Vol. 23). Centro de Mecanización Agropecuaria, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Chiroque Yarleque, H. I., & Saavedra Macalupu, R. C. (2021). *Teoría de colas aplicada a supermercados para mejorar la satisfacción de los usuarios* [Universidad César Vallejo]. oai: repositorio.ucv.edu.pe:20.500.12692/88901
- Contreras García, M. (2021). *TEORÍA DE COLAS* [Grado en administración de empresas]. Universidad de Jaén.
- Esteban Velázquez, G. (2018). *MODELOS DE TEORÍA DE COLAS* [Deposito de investigación universidad de sevilla, Universidad de sevilla]. <https://hdl.handle.net/11441/77595>
- E.S.E Hospital J.C.S. (25 de Octubre de 2022). *esehjcs*. Obtenido de <http://www.esehjcs.gov.co/>
- Fernández Clavijo, D. K., & Llerena Alva, B. A. (2018). *Aplicación de Teoría de colas en el área de farmacia para incrementar la satisfacción del paciente –Hospital III EsSalud*. Universidad César Vallejo.
- García Sabater, J. P. (2020). La Gestión de las Tiempos de Espera. *ROGLE - UPV*. <http://hdl.handle.net/10251/137896>
- Garmendia Zapata, M. (2020). Aplicaciones de estadística básica: en Microsoft Excel y R. Repositorio Universidad Nacional Agraria. [Repositorio.una.edu.ni](https://repositorio.una.edu.ni)
- Gonzales Cornejo, C. A. (2019). *Aplicación de la teoría de colas para reducir los tiempos de espera de atención de los pacientes en consulta externa del Centro Médico Minsa en la ciudad de Talara, 2018*. Universidad César Vallejo.

- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- Huamanchumo Sandoval, C. O. R., & Pizarro Bacilio, F. (2021). *Sistema de líneas de espera para reducir los tiempos en el supermercado Plaza Vea, Chimbote 2021* [Universidad César Vallejo]. oai: repositorio.ucv.edu.pe:20.500.12692/82507
- Izquierdo Belichòn, R., García Núñez, R., Jareño Guerrero, V. G., & Piña Miguelsanz, D. (2020). *QFLOW: DESARROLLO DE APLICACIONES PARA LA GESTIÓN DE COLAS*.
- Jarosz, K., Zborowska, A., & Młynarska, A. (2022). Rationing Care, Job Satisfaction, Fatigue and the Level of Professional Burnout of Nurses in Urology Departments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14). <https://doi.org/10.3390/ijerph19148625>
- Ledesma Sulbarán, D. S. (2018). *Modelos de teorías de colas para el análisis en los tiempos de atención en parqueaderos de centros comerciales de la ciudad de Barranquilla* [UNIVERSIDAD DE LA COSTA]. <http://hdl.handle.net/11323/1930>
- Leguia Alarcón, J. A. (2017). *DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB CON TEORÍA DE COLAS PARA LA GESTIÓN DE CITAS EN LOS SERVICIOS DE SALUD EN EL HOSPITAL DOCENTE HUGO PESCEPESCTTO EN ANDAHUAYLAS*.
- Linares Cos, J., Vilalta Alonso, J. A., & Garza Ríos, R. (2020). CONCEPCIONES TEÓRICAS SOBRE LA CALIDAD EN LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS Y SU EFECTIVIDAD DESDE LA TEORÍA DE COLAS. *Revista Cubana De Administración Pública Y Empresarial*, 4(1), 128–143. <https://orcid.org/0000-0003-0400-2938>
- Linares-Cos, J., Vilalta-Alonso, J. A., & Garza-Ríos, R. (2020). La teoría de colas aplicada a una Oficina Comercial de Telecomunicaciones. *Ingeniería Industrial*, 41(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362020000200004&lng=es&tlng=es.
- López Hung, E., & Joa Triay, L. G. (2018). Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de servicio de una farmacia. *Revista Cubana de Informática Médica*, 10(1), 3–15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592018000100002&lng=es&tlng=es.
- Malca Villanueva, M. L. (2021). *TEORÍA DE COLAS PARA DISMINUIR TIEMPOS DE ESPERA EN EL ÁREA DE ATENCIÓN AL CLIENTE EN LA EMPRESA E.P.S. SEDACAJ S.A*. Universidad Privada del Norte.
- Mielnisuk, N. O., Mariño, S. I., & Alderete, R. Y. (2016). Diseño de un entorno colaborativo. Una aplicación para apoyar el aprendizaje de técnicas de modelado y simulación de la Teoría de Colas. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 23, 13–21.
- Moreno Carrillo, A., & Matiz Espinosa, R. E. (2019). *APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ATENCIÓN DEL ÁREA DE*

- PROCEDIMIENTOS DE ENFERMERÍA DE URGENCIAS EN UN HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD*. <http://hdl.handle.net/10554/46084>.
- Pacheco Espín, D. F. (2017). *ESTUDIO DE LA TEORÍA DE COLAS Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ESPERA, DURANTE LA VENTA DE TICKETS DE LA OFICINA PRINCIPAL DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL TOURIS SAN FRANCISCO ORIENTAL* [Universidad Tecnológica Indoamericana]. <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/106>
- Pazos Arias, J. J., Suarez González, A., & Diaz Redondo, R. (2003). *Teoría de colas y simulación de eventos discretos*. España: Pearson Educación.
- Pérez Parera, R. (2020). *TEORÍA DE COLAS. Modelo M/M/s*. Universidad de Barcelona.
- Puyol Aliaga, J. M. (2022). *La Teoría de Colas y su aplicación durante la pandemia COVID-19*.
- Taha, H. A. (2012). *INVESTIGACION DE OPERACIONES* (Novena ed.). Mexico: PEARSON EDUCACION.
- TORRES ROBAYO, L. A. (2020). *APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL DE SERVICIOS ASISTENCIALES PARA MINIMIZAR EL TIEMPO DE ESPERA DE LOS CLIENTES EN LÍNEA* [Trabajo de Grado]. Universidad Católica de Colombia.
- TORRES ROBAYO, L. A. (2022). Rationing Care, Job Satisfaction, Fatigue and the Level of Professional Burnout of Nurses in Urology Departments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14). <https://doi.org/10.3390/ijerph19148625>
- Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3), 299–314. <https://doi.org/10.2307/1390807>
- Vallejos Torres, Y. D., Alfonzo, P. L., & Mariño, S. I. (2017). Teoría de colas. Propuesta de un simulador didáctico. *Revista*, 13, 16–27.
- Vega de la Cruz, L. O., Leyva Cardenosa, E., Pérez Pravia, M. de la C., & Tapia Claro, I. I. (2017). La teoría de colas en la consulta de ortopedia. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*, 31(2), 1–13. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2017000200002&lng=es&tlng=es.
- Vega de la Cruz, L. O., Pérez Campaña, M., Pérez Vallejo, L. M., & Tapia Claro, I. I. (2019). Gestión de las líneas de esperas a través de teoría de colas en entidades farmacéuticas. *Revista Cubana de Farmacia*, 52(2), 1–16. <http://orcid.org/0000-0002-4314-7809>
- Velázquez Martí, B., & Vinuesa Villares, V. V. (2017). Aplicación de modelos de teorías de colas a la gestión asistencial en los centros de salud. *Enfermería Investiga, Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión*, 2(1).
- Vesga Ferreira, J. C., Contreras Higuera, M. F., & Vesga Barrera, J. A. (2021). Modelamiento de una red multiservicio en redes HAN sobre Power Line Communications soportado en Teoría de Colas. *Revista EIA*, 18(36), 1–19. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i36.1507>

- Won Cho, K., Min Kim, S., Moon Chae, Y., & Uk Song, Y. (2017). Application of queueing theory to the analysis of changes in outpatients' waiting times in hospitals introducing EMR. *Healthcare Informatics Research*, 23(1), 35–42.
<https://doi.org/10.4258/hir.2017.23.1.35>
- Yaduvanshi, D., & Sharma, A. (2019). Application of Queuing Theory to Optimize Waiting-Time in Hospital Operations. *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*, 12(3), 165–174.

5.4 Formatos de la toma de datos

➤ Toma de datos para el Módulo 1

LLEGADAS [h]:mm:ss Comenzar Stop Reset 0:00:00		SERVICIO [h]:mm:ss Comenzar Stop Reset 0:00:00	
Nota: Empieza a correr a partir de la sincronia con la hora actual			
MODULO 1			
DIA 1	HORARIO DE 6 A 8 AM		CITAS: PREFERENCIALES
LLEGADAS [h]:mm:ss		SERVICIO [h]:mm:ss	
Modulo 1		Modulo 1	
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Tiempo de Servicio
1	6:45:25	0:00:00	0:02:29
2	6:49:17	0:03:52	0:02:28
3	6:52:10	0:02:53	0:01:59
4	6:54:05	0:01:55	0:01:02
5	6:55:14	0:01:09	0:01:26
6	6:57:50	0:02:36	0:03:57
7	7:01:31	0:03:41	0:02:59
8	7:03:18	0:01:47	0:04:54
9	7:09:16	0:05:58	0:01:04
10	7:10:22	0:01:06	0:08:37
11	7:17:50	0:07:28	0:01:46
12	7:20:53	0:03:03	0:03:31
13	7:25:10	0:04:17	0:02:00
14	7:28:12	0:03:02	0:02:58
15	7:31:22	0:03:10	0:03:48
Σ		0:45:57	0:44:58
		45,57	44,58
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:03:04	0:03:00
		3,04	3,00
TASA DE LLEGADA (λ)		TASA DE SERVICIO (μ)	
19,74		20,00	
0,329 Usuarios/Minuto		0,333 Usuario/Minuto	
19 Usuarios/Hora		20 Usuario/Hora	
Modulo 1	Factor de utilizacion (p)	0,9868	
		98,68%	

MODULO 1						
DIA 2	HORARIO DE 6 A 8 AM				CITAS: PREFERENCIALES	
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 1			Modulo 1			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	6:32:40	0:00:00	1	6:35:39	6:38:40	0:03:01
2	6:38:16	0:05:36	2	6:40:06	6:44:08	0:04:02
3	6:42:18	0:04:02	3	6:44:15	6:48:10	0:03:55
4	6:46:50	0:04:32	4	6:48:30	6:51:20	0:02:50
5	6:52:11	0:05:21	5	6:53:10	6:57:02	0:03:52
6	6:56:50	0:04:39	6	6:57:10	7:03:01	0:05:51
7	7:02:19	0:05:29	7	7:03:09	7:05:40	0:02:31
8	7:05:59	0:03:40	8	7:06:55	7:09:59	0:03:04
9	7:10:16	0:04:17	9	7:11:10	7:15:10	0:04:00
10	7:14:35	0:04:19	10	7:15:15	7:18:43	0:03:28
11	7:17:56	0:03:21	11	7:18:50	7:22:30	0:03:40
12	7:33:44	0:15:48	12	7:34:24	7:36:37	0:02:13
13	7:37:50	0:04:06	13	7:36:40	7:37:55	0:01:15
14	7:39:30	0:01:40	14	7:39:36	7:41:29	0:01:53
15	7:42:59	0:03:29	15	7:44:00	7:49:58	0:05:58
16	7:46:48	0:03:49	16	7:47:58	7:52:56	0:04:58
Σ		1:14:08	Σ			0:56:31
						56,31
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:38	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:32
		4,38				3,32
TASA DE LLEGADA (λ)		0,228	TASA DE SERVICIO (μ)			0,301
13,70		0,228 Usuarios/Minuto	18,07		0,301 Usuario/Minuto	
		13 Usuarios/Hora			18 Usuario/Hora	
Modulo 1	Factor de utilizacion (p)	0,7580				
		75,80%				

MODULO 1						
DIA 1		HORARIO DE 8 A 12 AM			CITAS: TODO PUBLICO	
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 1			Modulo 1			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	8:02:00	0:00:00	1	8:02:00	8:06:03	0:04:03
2	8:08:05	0:06:05	2	8:08:05	8:10:50	0:02:45
3	8:11:00	0:02:55	3	8:11:00	8:12:59	0:01:59
4	8:14:50	0:03:50	4	8:14:50	8:17:00	0:02:10
5	8:17:01	0:02:11	5	8:17:01	8:19:50	0:02:49
6	8:20:15	0:03:14	6	8:20:15	8:23:29	0:03:14
7	8:26:07	0:05:52	7	8:26:07	8:29:04	0:02:57
8	8:29:05	0:02:58	8	8:29:05	8:32:33	0:03:28
9	8:34:00	0:04:55	9	8:34:00	8:37:54	0:03:54
10	8:38:00	0:04:00	10	8:38:00	8:42:49	0:04:49
11	8:42:50	0:04:50	11	8:42:50	8:46:48	0:03:58
12	8:49:42	0:06:52	12	8:49:42	8:53:34	0:03:52
13	8:57:29	0:07:47	13	8:57:29	9:01:27	0:03:58
14	9:02:18	0:04:49	14	9:02:18	9:07:40	0:05:22
15	9:08:03	0:05:45	15	9:08:03	9:13:43	0:05:40
16	9:15:57	0:07:54	16	9:15:57	9:17:27	0:01:30
17	9:17:54	0:01:57	17	9:17:54	9:20:00	0:02:06
18	9:21:31	0:03:37	18	9:21:31	9:23:21	0:01:50
19	9:26:28	0:04:57	19	9:26:28	9:27:49	0:01:21
20	9:27:50	0:01:22	20	9:27:50	9:29:58	0:02:08
21	9:29:59	0:02:09	21	9:29:59	9:31:05	0:01:06
22	9:31:07	0:01:08	22	9:31:07	9:34:00	0:02:53
23	9:34:40	0:03:33	23	9:34:40	9:36:32	0:01:52
24	9:37:03	0:02:23	24	9:37:03	9:38:34	0:01:31
25	9:38:57	0:01:54	25	9:38:57	9:42:30	0:03:33
26	9:42:33	0:03:36	26	9:42:33	9:46:09	0:03:36
27	9:47:52	0:05:19	27	9:47:52	9:49:40	0:01:48
28	9:49:41	0:01:49	28	9:49:41	9:52:07	0:02:26
29	9:52:08	0:02:27	29	9:52:08	9:54:12	0:02:04
30	9:59:27	0:07:19	30	9:59:27	10:01:57	0:02:30
31	10:01:58	0:02:31	31	10:01:58	10:05:40	0:03:42
32	10:06:50	0:04:52	32	10:06:50	10:09:56	0:03:06
33	10:09:20	0:02:30	33	10:09:20	10:10:16	0:00:56
34	10:11:17	0:01:57	34	10:10:17	10:12:27	0:02:10
35	10:13:17	0:02:00	35	10:13:17	10:18:46	0:05:29
36	10:19:11	0:05:54	36	10:19:11	10:21:43	0:02:32
37	10:23:09	0:03:58	37	10:23:09	10:26:27	0:03:18
38	10:26:28	0:03:19	38	10:26:28	10:30:23	0:03:55
39	10:30:10	0:03:42	39	10:30:10	10:33:09	0:02:59
40	10:33:10	0:03:00	40	10:33:10	10:35:20	0:02:10
41	10:37:40	0:04:30	41	10:37:40	10:42:53	0:05:13
42	10:42:55	0:05:15	42	10:42:55	10:46:04	0:03:09
43	10:47:14	0:04:19	43	10:47:14	10:50:17	0:03:03
44	10:54:53	0:07:39	44	10:54:53	11:01:56	0:07:03
45	11:02:53	0:08:00	45	11:02:53	11:06:56	0:04:03
46	11:06:57	0:04:04	46	11:06:57	11:08:47	0:01:50
47	11:08:54	0:01:57	47	11:08:54	11:12:16	0:03:22
48	11:12:23	0:03:29	48	11:12:23	11:18:01	0:05:38
49	11:24:27	0:12:04	49	11:24:27	11:28:29	0:04:02
Σ		3:22:27	Σ		2:34:52	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:08	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:10	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,245	TASA DE SERVICIO (μ)		3,10	
14,71		0,245 Usuarios/Minuto	19,35		0,323 Usuario/Minuto	
		14 Usuarios/Hora			19 Usuario/Hora	
Modulo 1	Factor de utilizacion (p)	0,7598				
		75,98%				

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

MODULO 1						
DIA 2	HORARIO DE 8 A 12 AM				CITAS: TODO PUBLICO	
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 1			Modulo 1			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	8:09:38	0:00:00	1	8:09:38	8:13:17	0:03:39
2	8:14:05	0:04:27	2	8:14:05	8:16:29	0:02:24
3	8:16:54	0:02:49	3	8:16:54	8:18:50	0:01:56
4	8:21:40	0:04:46	4	8:21:40	8:23:50	0:02:10
5	8:24:20	0:02:40	5	8:24:20	8:27:20	0:03:00
6	8:28:00	0:03:40	6	8:28:00	8:32:39	0:04:39
7	8:32:44	0:04:44	7	8:32:44	8:35:31	0:02:47
8	8:35:37	0:02:53	8	8:35:37	8:38:10	0:02:33
9	8:38:43	0:03:06	9	8:38:43	8:41:30	0:02:47
10	8:45:20	0:06:37	10	8:45:20	8:47:08	0:01:48
11	8:48:42	0:03:22	11	8:48:42	8:53:13	0:04:31
12	8:54:08	0:05:26	12	8:54:08	8:56:03	0:01:55
13	8:56:38	0:02:30	13	8:56:38	8:59:40	0:03:02
14	9:00:24	0:03:46	14	9:00:24	9:04:43	0:04:19
15	9:04:46	0:04:22	15	9:04:46	9:08:14	0:03:28
16	9:11:35	0:06:49	16	9:11:35	9:15:21	0:03:46
17	9:17:10	0:05:35	17	9:17:10	9:19:07	0:01:57
18	9:20:48	0:03:38	18	9:20:48	9:23:20	0:02:32
19	9:23:18	0:02:30	19	9:23:18	9:26:10	0:02:52
20	9:31:36	0:08:18	20	9:31:36	9:33:49	0:02:13
21	9:33:53	0:02:17	21	9:33:53	9:38:39	0:04:46
22	9:48:27	0:14:34	22	9:48:27	9:51:09	0:02:42
23	10:01:35	0:13:08	23	10:01:35	10:04:21	0:02:46
24	10:06:52	0:05:17	24	10:06:52	10:08:14	0:01:22
25	10:08:16	0:01:24	25	10:08:16	10:11:40	0:03:24
26	10:13:10	0:04:54	26	10:13:10	10:16:07	0:02:57
27	10:21:12	0:08:02	27	10:21:12	10:24:45	0:03:33
28	10:42:59	0:21:47	28	10:42:59	10:46:59	0:04:00
29	10:48:51	0:05:52	29	10:48:51	10:50:00	0:01:09
30	10:58:10	0:09:19	30	10:58:10	11:01:03	0:02:53
31	11:26:54	0:28:44	31	11:26:54	11:29:43	0:02:49
32	11:43:54	0:17:00	32	11:43:54	11:44:59	0:01:05
Σ		3:34:16	Σ		1:31:44	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:06:42	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:02:52	
		6,42			2,52	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,156	TASA DE SERVICIO (μ)		0,397	
9,35		0,156 Usuarios/Minuto	23,81		0,397 Usuario/Minuto	
		9 Usuarios/Hora			23 Usuario/Hora	
Modulo 1	Factor de utilizacion (ρ)	0,3925				
		39,25%				

➤ Toma de datos para el Módulo 2

LLEGADAS [h]:mm:ss Comenzar Stop Reset 0:00:00 SERVICIO [h]:mm:ss Comenzar Stop Reset 0:00:00																																																																																																																																										
Nota: Empieza a correr a partir de la sincronia con la hora actual																																																																																																																																										
Modulo 2																																																																																																																																										
DIA 1	HORARIO DE 6 A 8 AM																																																																																																																																									
CITAS: PREFERENCIALES																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #004d40; color: white;">LLEGADAS [h]:mm:ss</th> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Modulo 2</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffeb3b;">Usuario</th> <th style="background-color: #ffeb3b;">Hora de Llegada</th> <th style="background-color: #ffeb3b;">Tiempo entre Llegadas</th> </tr> <tr><td>1</td><td>6:46:25</td><td>0:00:00</td></tr> <tr><td>2</td><td>6:49:30</td><td>0:03:05</td></tr> <tr><td>3</td><td>6:53:30</td><td>0:04:00</td></tr> <tr><td>4</td><td>6:56:15</td><td>0:02:45</td></tr> <tr><td>5</td><td>7:09:04</td><td>0:12:49</td></tr> <tr><td>6</td><td>7:12:12</td><td>0:03:08</td></tr> <tr><td>7</td><td>7:18:50</td><td>0:06:38</td></tr> <tr><td>8</td><td>7:22:59</td><td>0:04:09</td></tr> <tr><td>9</td><td>7:26:40</td><td>0:03:41</td></tr> <tr><td>10</td><td>7:30:50</td><td>0:04:10</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Σ</td> <td style="text-align: center;">0:44:25</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Σ</td> <td style="text-align: center;">44,25</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)</td> <td style="text-align: center;">4,27</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TASA DE LLEGADA (λ)</td> <td style="text-align: center;">0,234</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">14,05</td> <td style="text-align: center;">0,234 Usuarios/Minuto</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">14 Usuarios/Hora</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #004d40; color: white;">SERVICIO [h]:mm:ss</th> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Modulo 2</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffeb3b;">Usuario</th> <th style="background-color: #ffeb3b;">Hora de Inicio</th> <th style="background-color: #ffeb3b;">Hora de Salida</th> <th style="background-color: #ffeb3b;">Tiempo de Servicio</th> </tr> <tr><td>1</td><td>6:47:05</td><td>6:50:40</td><td>0:03:35</td></tr> <tr><td>2</td><td>6:50:50</td><td>6:54:03</td><td>0:03:13</td></tr> <tr><td>3</td><td>6:54:12</td><td>6:58:40</td><td>0:04:28</td></tr> <tr><td>4</td><td>6:59:05</td><td>7:09:03</td><td>0:09:58</td></tr> <tr><td>5</td><td>7:10:04</td><td>7:12:50</td><td>0:02:46</td></tr> <tr><td>6</td><td>7:13:02</td><td>7:18:50</td><td>0:05:48</td></tr> <tr><td>7</td><td>7:19:20</td><td>7:21:00</td><td>0:01:40</td></tr> <tr><td>8</td><td>7:23:58</td><td>7:25:08</td><td>0:01:10</td></tr> <tr><td>9</td><td>7:25:50</td><td>7:30:22</td><td>0:04:32</td></tr> <tr><td>10</td><td>7:32:40</td><td>7:35:12</td><td>0:02:32</td></tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Σ</td> <td style="text-align: center;">0:39:42</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Σ</td> <td style="text-align: center;">39,42</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)</td> <td style="text-align: center;">0:03:58</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)</td> <td style="text-align: center;">3,58</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">TASA DE SERVICIO (μ)</td> <td style="text-align: center;">0,279</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">16,76</td> <td style="text-align: center;">0,279 Usuario/Minuto</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">16 Usuario/Hora</td> </tr> </table>		LLEGADAS [h]:mm:ss			Modulo 2			Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	1	6:46:25	0:00:00	2	6:49:30	0:03:05	3	6:53:30	0:04:00	4	6:56:15	0:02:45	5	7:09:04	0:12:49	6	7:12:12	0:03:08	7	7:18:50	0:06:38	8	7:22:59	0:04:09	9	7:26:40	0:03:41	10	7:30:50	0:04:10	Σ		0:44:25	Σ		44,25	Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		4,27	TASA DE LLEGADA (λ)		0,234	14,05		0,234 Usuarios/Minuto			14 Usuarios/Hora	SERVICIO [h]:mm:ss				Modulo 2				Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio	1	6:47:05	6:50:40	0:03:35	2	6:50:50	6:54:03	0:03:13	3	6:54:12	6:58:40	0:04:28	4	6:59:05	7:09:03	0:09:58	5	7:10:04	7:12:50	0:02:46	6	7:13:02	7:18:50	0:05:48	7	7:19:20	7:21:00	0:01:40	8	7:23:58	7:25:08	0:01:10	9	7:25:50	7:30:22	0:04:32	10	7:32:40	7:35:12	0:02:32	Σ			0:39:42	Σ			39,42	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:58	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			3,58	TASA DE SERVICIO (μ)			0,279	16,76			0,279 Usuario/Minuto				16 Usuario/Hora
LLEGADAS [h]:mm:ss																																																																																																																																										
Modulo 2																																																																																																																																										
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas																																																																																																																																								
1	6:46:25	0:00:00																																																																																																																																								
2	6:49:30	0:03:05																																																																																																																																								
3	6:53:30	0:04:00																																																																																																																																								
4	6:56:15	0:02:45																																																																																																																																								
5	7:09:04	0:12:49																																																																																																																																								
6	7:12:12	0:03:08																																																																																																																																								
7	7:18:50	0:06:38																																																																																																																																								
8	7:22:59	0:04:09																																																																																																																																								
9	7:26:40	0:03:41																																																																																																																																								
10	7:30:50	0:04:10																																																																																																																																								
Σ		0:44:25																																																																																																																																								
Σ		44,25																																																																																																																																								
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		4,27																																																																																																																																								
TASA DE LLEGADA (λ)		0,234																																																																																																																																								
14,05		0,234 Usuarios/Minuto																																																																																																																																								
		14 Usuarios/Hora																																																																																																																																								
SERVICIO [h]:mm:ss																																																																																																																																										
Modulo 2																																																																																																																																										
Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio																																																																																																																																							
1	6:47:05	6:50:40	0:03:35																																																																																																																																							
2	6:50:50	6:54:03	0:03:13																																																																																																																																							
3	6:54:12	6:58:40	0:04:28																																																																																																																																							
4	6:59:05	7:09:03	0:09:58																																																																																																																																							
5	7:10:04	7:12:50	0:02:46																																																																																																																																							
6	7:13:02	7:18:50	0:05:48																																																																																																																																							
7	7:19:20	7:21:00	0:01:40																																																																																																																																							
8	7:23:58	7:25:08	0:01:10																																																																																																																																							
9	7:25:50	7:30:22	0:04:32																																																																																																																																							
10	7:32:40	7:35:12	0:02:32																																																																																																																																							
Σ			0:39:42																																																																																																																																							
Σ			39,42																																																																																																																																							
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:58																																																																																																																																							
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			3,58																																																																																																																																							
TASA DE SERVICIO (μ)			0,279																																																																																																																																							
16,76			0,279 Usuario/Minuto																																																																																																																																							
			16 Usuario/Hora																																																																																																																																							
Modulo 2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Factor de utilizacion (p)</td> <td style="text-align: center;">0,8384</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">83,84%</td> </tr> </table>	Factor de utilizacion (p)	0,8384		83,84%																																																																																																																																					
Factor de utilizacion (p)	0,8384																																																																																																																																									
	83,84%																																																																																																																																									

Modulo 2						
DIA 2	HORARIO DE 6 A 8 AM			CITAS: PREFERENCIALES		
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 2			Modulo 2			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	6:32:11	0:00:00	1	6:36:01	6:40:12	0:04:11
2	6:39:50	0:07:39	2	6:41:10	6:45:30	0:04:20
3	6:46:51	0:07:01	3	6:47:01	6:50:10	0:03:09
4	6:49:31	0:02:40	4	6:50:31	6:54:50	0:04:19
5	6:53:59	0:04:28	5	6:54:56	6:57:20	0:02:24
6	6:56:20	0:02:21	6	6:57:30	7:02:20	0:04:50
7	7:01:58	0:05:38	7	7:02:28	7:05:01	0:02:33
8	7:05:53	0:03:55	8	7:06:03	7:09:15	0:03:12
9	7:09:50	0:03:57	9	7:10:30	7:15:00	0:04:30
10	7:14:13	0:04:23	10	7:15:03	7:18:33	0:03:30
11	7:17:50	0:03:37	11	7:18:40	7:22:50	0:04:10
12	7:23:19	0:05:29	12	7:23:09	7:25:17	0:02:08
13	7:24:46	0:01:27	13	7:25:42	7:27:15	0:01:33
14	7:31:56	0:07:10	14	7:32:57	7:34:54	0:01:57
Σ		0:59:45	Σ		0:46:46	
		59,45			46,46	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:16	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:20	
		4,16			3,58	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,240	TASA DE SERVICIO (μ)		0,279	
14,42		0,240 Usuarios/Minuto	16,76		0,279 Usuario/Minuto	
		14 Usuarios/Hora			16 Usuario/Hora	
Modulo 2	Factor de utilizacion (p)	0,8606				
		86,06%				

Modulo 2			
DIA 1	HORARIO DE 8 A 12 AM		CITAS: TODO PUBLICO
LLEGADAS [h]:mm:ss		SERVICIO [h]:mm:ss	
Modulo 2		Modulo 2	
Usuario	Hora de Llegada	Tempo entre Llegadas	
1	8:02:40	0:00:00	
2	8:05:07	0:02:27	
3	8:10:04	0:04:57	
4	8:14:36	0:04:32	
5	8:17:01	0:02:25	
6	8:26:06	0:09:05	
7	8:28:25	0:02:19	
8	8:30:31	0:02:06	
9	8:38:07	0:07:36	
10	8:41:01	0:02:54	
11	8:43:31	0:02:30	
12	8:56:58	0:13:27	
13	9:02:33	0:05:35	
14	9:05:52	0:03:19	
15	9:09:02	0:03:10	
16	9:12:31	0:03:29	
17	9:14:18	0:01:47	
18	9:17:11	0:02:53	
19	9:24:50	0:07:39	
20	9:28:09	0:03:19	
21	9:33:11	0:05:02	
22	9:41:53	0:08:42	
23	9:43:38	0:01:45	
24	9:46:07	0:02:29	
25	9:49:21	0:03:14	
26	9:52:16	0:02:55	
27	9:53:30	0:01:14	
28	9:56:25	0:02:55	
29	9:59:27	0:03:02	
30	10:02:29	0:03:02	
31	10:07:27	0:04:58	
32	10:11:10	0:03:43	
33	10:15:31	0:04:21	
34	10:19:12	0:03:41	
35	10:24:03	0:04:51	
36	10:27:29	0:03:26	
37	10:31:40	0:04:11	
38	10:33:44	0:02:04	
39	10:35:50	0:02:06	
40	10:43:32	0:07:42	
41	10:47:15	0:03:43	
42	10:51:30	0:04:15	
43	10:57:33	0:06:03	
44	11:06:41	0:09:08	
45	11:11:55	0:05:14	
46	11:30:15	0:18:20	
47	11:36:41	0:06:26	
Σ		3:34:01	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:33	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,231	
13,86		0,231 Usuarios/Minuto	
		13 Usuarios/Hora	
Modulo 2		Factor de utilizacion (p)	0,7760
			77,60%

Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tempo de Servicio
1	8:02:40	8:05:05	0:02:25
2	8:05:07	8:10:02	0:04:55
3	8:10:04	8:14:05	0:04:01
4	8:14:36	8:17:00	0:02:24
5	8:17:01	8:23:00	0:05:59
6	8:26:06	8:28:24	0:02:18
7	8:28:25	8:30:29	0:02:04
8	8:30:31	8:33:59	0:03:28
9	8:38:07	8:41:00	0:02:53
10	8:41:01	8:43:30	0:02:29
11	8:43:31	8:55:54	0:12:23
12	8:56:58	9:02:29	0:05:31
13	9:02:33	9:05:50	0:03:17
14	9:05:52	9:07:18	0:01:26
15	9:09:02	9:12:30	0:03:28
16	9:12:31	9:13:41	0:01:10
17	9:14:18	9:17:09	0:02:51
18	9:17:11	9:23:40	0:06:29
19	9:24:50	9:28:08	0:03:18
20	9:28:09	9:31:45	0:03:36
21	9:33:11	9:35:46	0:02:35
22	9:41:53	9:43:37	0:01:44
23	9:43:38	9:45:38	0:02:00
24	9:46:07	9:49:20	0:03:13
25	9:49:21	9:51:54	0:02:33
26	9:52:16	9:53:28	0:01:12
27	9:53:30	9:55:56	0:02:26
28	9:56:25	9:59:26	0:03:01
29	9:59:27	10:02:28	0:03:01
30	10:02:29	10:07:13	0:04:44
31	10:07:27	10:11:05	0:03:38
32	10:11:10	10:14:59	0:03:49
33	10:15:31	10:19:10	0:03:39
34	10:19:12	10:22:58	0:03:46
35	10:24:03	10:26:52	0:02:49
36	10:27:29	10:31:25	0:03:56
37	10:31:40	10:33:09	0:01:29
38	10:33:44	10:35:29	0:01:45
39	10:35:50	10:41:00	0:05:10
40	10:43:32	10:47:13	0:03:41
41	10:47:15	10:50:44	0:03:29
42	10:51:30	10:54:52	0:03:22
43	10:57:33	11:01:00	0:03:27
44	11:06:41	11:11:17	0:04:36
45	11:11:55	11:19:14	0:07:19
46	11:30:15	11:35:04	0:04:49
47	11:36:41	11:41:52	0:05:11
Σ			2:48:49
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:36
TASA DE SERVICIO (μ)			3,36
17,86			0,298
			0,298 Usuarios/Minuto
			17 Usuario/Hora

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Modulo 2			
DIA 2	HORARIO DE 8 A 12 AM		CITAS: TODO PUBLICO
LLEGADAS [h]:mm:ss		SERVICIO [h]:mm:ss	
Modulo 2		Modulo 2	
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	
1	8:02:33	0:00:00	
2	8:09:12	0:06:39	
3	8:10:51	0:01:39	
4	8:13:55	0:03:04	
5	8:20:08	0:06:13	
6	8:23:57	0:03:49	
7	8:25:55	0:01:58	
8	8:27:57	0:02:02	
9	8:30:35	0:02:38	
10	8:34:08	0:03:33	
11	8:41:28	0:07:20	
12	8:45:21	0:03:53	
13	8:54:09	0:08:48	
14	9:04:44	0:10:35	
15	9:09:29	0:04:45	
16	9:15:59	0:06:30	
17	9:21:59	0:06:00	
18	9:24:59	0:03:00	
19	9:26:04	0:01:05	
20	9:28:20	0:02:16	
21	9:30:49	0:02:29	
22	9:35:21	0:04:32	
23	9:38:07	0:02:46	
24	9:40:43	0:02:36	
25	9:52:03	0:11:20	
26	9:56:18	0:04:15	
27	10:02:23	0:06:05	
28	10:05:03	0:02:40	
29	10:12:31	0:07:28	
30	10:14:37	0:02:06	
31	10:21:15	0:06:38	
32	10:41:14	0:19:59	
33	10:43:24	0:02:10	
34	10:44:39	0:01:15	
35	10:47:33	0:02:54	
36	10:50:47	0:03:14	
37	10:56:14	0:05:27	
38	11:30:50	0:34:36	
39	11:36:32	0:05:42	
40	11:42:26	0:05:54	
41	11:53:47	0:11:21	
Σ		3:51:14	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:05:38	
		5,38	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,186	
11,15		0,186 Usuarios/Minuto	
		11 Usuarios/Hora	
Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	8:02:33	8:05:36	0:03:03
2	8:09:12	8:10:49	0:01:37
3	8:10:51	8:13:42	0:02:51
4	8:13:55	8:19:49	0:05:54
5	8:20:08	8:23:56	0:03:48
6	8:23:57	8:25:51	0:01:54
7	8:25:55	8:27:28	0:01:33
8	8:27:57	8:30:33	0:02:36
9	8:30:35	8:33:33	0:02:58
10	8:34:08	8:40:58	0:06:50
11	8:41:28	8:45:20	0:03:52
12	8:45:21	8:48:19	0:02:58
13	8:54:09	8:59:03	0:04:54
14	9:04:44	9:09:06	0:04:22
15	9:09:29	9:14:38	0:05:09
16	9:15:59	9:19:56	0:03:57
17	9:21:59	9:24:57	0:02:58
18	9:24:59	9:26:00	0:01:01
19	9:26:04	9:27:46	0:01:42
20	9:28:20	9:29:56	0:01:36
21	9:30:49	9:33:09	0:02:20
22	9:35:21	9:36:50	0:01:29
23	9:38:07	9:41:09	0:03:02
24	9:40:43	9:43:53	0:03:10
25	9:52:03	9:55:58	0:03:55
26	9:56:18	10:01:20	0:05:02
27	10:02:23	10:05:02	0:02:39
28	10:05:03	10:09:13	0:04:10
29	10:12:31	10:14:19	0:01:48
30	10:14:37	10:17:59	0:03:22
31	10:21:15	10:26:54	0:05:39
32	10:41:14	10:42:15	0:01:01
33	10:43:24	10:44:37	0:01:13
34	10:44:39	10:46:56	0:02:17
35	10:47:33	10:48:50	0:01:17
36	10:50:47	10:55:59	0:05:12
37	10:56:14	10:59:10	0:02:56
38	11:30:50	11:34:57	0:04:07
39	11:36:32	11:41:03	0:04:31
40	11:42:26	11:52:50	0:10:24
41	11:53:47	11:57:39	0:03:52
Σ			2:18:59
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:23
			3,20
TASA DE SERVICIO (μ)			0,313
18,75			0,313 Usuario/Minuto
			18 Usuario/Hora

Modulo 2	Factor de utilizacion (p)	0,5948
		59,48%

➤ Toma de datos para el Módulo 3

LLEGADAS [h]:mm:ss Comenzar 0:00:00 Stop Reset SERVICIO [h]:mm:ss Comenzar 0:00:00 Stop Reset																																																																																																																								
Nota: Empieza a correr a partir de la sincronia con la hora actual																																																																																																																								
Modulo 3																																																																																																																								
DIA 1	HORARIO DE 6 A 8 AM																																																																																																																							
CITAS: PREFERENCIALES																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #003366; color: white;">LLEGADAS [h]:mm:ss</th> </tr> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #d9e1f2;">Modulo 3</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc00;">Usuario</th> <th style="background-color: #ffcc00;">Hora de Llegada</th> <th style="background-color: #ffcc00;">Tiempo entre Llegadas</th> </tr> <tr><td>1</td><td>6:59:01</td><td>0:00:00</td></tr> <tr><td>2</td><td>7:01:40</td><td>0:02:39</td></tr> <tr><td>3</td><td>7:06:11</td><td>0:04:31</td></tr> <tr><td>4</td><td>7:10:18</td><td>0:04:07</td></tr> <tr><td>5</td><td>7:12:15</td><td>0:01:57</td></tr> <tr><td>6</td><td>7:23:00</td><td>0:10:45</td></tr> <tr><td>7</td><td>7:26:30</td><td>0:03:30</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Σ</td> <td>0:27:29</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Σ</td> <td>27,29</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)</td> <td>0:03:56</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>3,56</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TASA DE LLEGADA (λ)</td> <td>0,281</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">16,85</td> <td>0,281 Usuarios/Minuto</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>16 Usuarios/Hora</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #003366; color: white;">SERVICIO [h]:mm:ss</th> </tr> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #d9e1f2;">Modulo 3</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc00;">Usuario</th> <th style="background-color: #ffcc00;">Hora de Inicio</th> <th style="background-color: #ffcc00;">Hora de Salida</th> <th style="background-color: #ffcc00;">Tiempo de Servicio</th> </tr> <tr><td>1</td><td>7:00:30</td><td>7:03:30</td><td>0:03:00</td></tr> <tr><td>2</td><td>7:03:40</td><td>7:06:50</td><td>0:03:10</td></tr> <tr><td>3</td><td>7:07:12</td><td>7:11:10</td><td>0:03:58</td></tr> <tr><td>4</td><td>7:11:16</td><td>7:14:11</td><td>0:02:55</td></tr> <tr><td>5</td><td>7:14:15</td><td>7:20:00</td><td>0:05:45</td></tr> <tr><td>6</td><td>7:24:00</td><td>7:27:00</td><td>0:03:00</td></tr> <tr><td>7</td><td>7:27:00</td><td>7:29:09</td><td>0:02:09</td></tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Σ</td> <td>0:23:57</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Σ</td> <td>23,57</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)</td> <td>0:03:25</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>3,25</td> </tr> <tr> <td colspan="3">TASA DE SERVICIO (μ)</td> <td>0,308</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">18,46</td> <td>0,308 Usuario/Minuto</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>18 Usuario/Hora</td> </tr> </table>		LLEGADAS [h]:mm:ss			Modulo 3			Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	1	6:59:01	0:00:00	2	7:01:40	0:02:39	3	7:06:11	0:04:31	4	7:10:18	0:04:07	5	7:12:15	0:01:57	6	7:23:00	0:10:45	7	7:26:30	0:03:30	Σ		0:27:29	Σ		27,29	Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:03:56			3,56	TASA DE LLEGADA (λ)		0,281	16,85		0,281 Usuarios/Minuto			16 Usuarios/Hora	SERVICIO [h]:mm:ss				Modulo 3				Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio	1	7:00:30	7:03:30	0:03:00	2	7:03:40	7:06:50	0:03:10	3	7:07:12	7:11:10	0:03:58	4	7:11:16	7:14:11	0:02:55	5	7:14:15	7:20:00	0:05:45	6	7:24:00	7:27:00	0:03:00	7	7:27:00	7:29:09	0:02:09	Σ			0:23:57	Σ			23,57	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:25				3,25	TASA DE SERVICIO (μ)			0,308	18,46			0,308 Usuario/Minuto				18 Usuario/Hora
LLEGADAS [h]:mm:ss																																																																																																																								
Modulo 3																																																																																																																								
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas																																																																																																																						
1	6:59:01	0:00:00																																																																																																																						
2	7:01:40	0:02:39																																																																																																																						
3	7:06:11	0:04:31																																																																																																																						
4	7:10:18	0:04:07																																																																																																																						
5	7:12:15	0:01:57																																																																																																																						
6	7:23:00	0:10:45																																																																																																																						
7	7:26:30	0:03:30																																																																																																																						
Σ		0:27:29																																																																																																																						
Σ		27,29																																																																																																																						
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:03:56																																																																																																																						
		3,56																																																																																																																						
TASA DE LLEGADA (λ)		0,281																																																																																																																						
16,85		0,281 Usuarios/Minuto																																																																																																																						
		16 Usuarios/Hora																																																																																																																						
SERVICIO [h]:mm:ss																																																																																																																								
Modulo 3																																																																																																																								
Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio																																																																																																																					
1	7:00:30	7:03:30	0:03:00																																																																																																																					
2	7:03:40	7:06:50	0:03:10																																																																																																																					
3	7:07:12	7:11:10	0:03:58																																																																																																																					
4	7:11:16	7:14:11	0:02:55																																																																																																																					
5	7:14:15	7:20:00	0:05:45																																																																																																																					
6	7:24:00	7:27:00	0:03:00																																																																																																																					
7	7:27:00	7:29:09	0:02:09																																																																																																																					
Σ			0:23:57																																																																																																																					
Σ			23,57																																																																																																																					
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:25																																																																																																																					
			3,25																																																																																																																					
TASA DE SERVICIO (μ)			0,308																																																																																																																					
18,46			0,308 Usuario/Minuto																																																																																																																					
			18 Usuario/Hora																																																																																																																					
Modulo 3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;">Factor de utilizacion (p)</td> <td style="text-align: center;">0,9129</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">91,29%</td> </tr> </table>	Factor de utilizacion (p)	0,9129		91,29%																																																																																																																			
Factor de utilizacion (p)	0,9129																																																																																																																							
	91,29%																																																																																																																							

Modulo 3						
DIA 2	HORARIO DE 6 A 8 AM				CITAS: PREFERENCIALES	
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 3			Modulo 3			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	6:32:45	0:00:00	1	6:36:40	6:39:04	0:02:24
2	6:39:20	0:06:35	2	6:40:30	6:44:20	0:03:50
3	6:44:50	0:05:30	3	6:45:00	6:50:30	0:05:30
4	6:50:14	0:05:24	4	6:51:04	6:54:30	0:03:26
5	6:54:10	0:03:56	5	6:55:00	6:58:00	0:03:00
6	6:58:10	0:04:00	6	6:58:10	7:02:01	0:03:51
7	7:01:35	0:03:25	7	7:02:15	7:05:20	0:03:05
8	7:05:30	0:03:55	8	7:06:10	7:10:03	0:03:53
9	7:10:34	0:05:04	9	7:11:30	7:14:02	0:02:32
10	7:13:23	0:02:49	10	7:14:39	7:18:10	0:03:31
11	7:17:20	0:03:57	11	7:18:15	7:20:00	0:01:45
12	7:19:20	0:02:00	12	7:20:20	7:22:45	0:02:25
13	7:24:56	0:05:36	13	7:25:16	7:27:50	0:02:34
14	7:31:30	0:06:34	14	7:32:59	7:34:45	0:01:46
15	7:37:33	0:06:03	15	7:38:33	7:44:04	0:05:31
Σ		1:04:48	Σ			0:49:03
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:19	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)			0:03:16
TASA DE LLEGADA (λ)		0,239	TASA DE SERVICIO (μ)			0,316
14,32		0,239 Usuarios/Minuto	18,99		0,316 Usuario/Minuto	
		14 Usuarios/Hora			18 Usuario/Hora	
Modulo 3	Factor de utilizacion (p)	0,7542				
		75,42%				

Modulo 3						
DIA 1		HORARIO DE 8 A 12 AM		CITAS: TODO PUBLICO		
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 3			Modulo 3			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Tiempo de Servicio	
1	8:01:30	0:00:00	1	8:01:30	8:03:17	0:01:47
2	8:03:18	0:01:48	2	8:03:18	8:04:50	0:01:32
3	8:05:00	0:01:42	3	8:05:00	8:07:00	0:02:00
4	8:07:02	0:02:02	4	8:07:02	8:09:55	0:02:53
5	8:09:57	0:02:55	5	8:09:57	8:12:00	0:02:03
6	8:12:07	0:02:10	6	8:12:07	8:15:56	0:03:49
7	8:16:59	0:04:52	7	8:16:59	8:18:00	0:01:01
8	8:18:02	0:01:03	8	8:18:02	8:20:00	0:01:58
9	8:20:04	0:02:02	9	8:20:04	8:22:39	0:02:35
10	8:22:40	0:02:36	10	8:22:40	8:24:29	0:01:49
11	8:24:30	0:01:50	11	8:24:30	8:26:05	0:01:35
12	8:26:07	0:01:37	12	8:26:07	8:27:26	0:01:19
13	8:27:51	0:01:44	13	8:27:51	8:30:28	0:02:37
14	8:30:29	0:02:38	14	8:30:29	8:31:50	0:01:21
15	8:31:51	0:01:22	15	8:31:51	8:33:36	0:01:45
16	8:33:54	0:02:03	16	8:33:54	8:36:40	0:02:46
17	8:38:23	0:04:29	17	8:38:23	8:40:00	0:01:37
18	8:40:30	0:02:07	18	8:40:30	8:43:28	0:02:58
19	8:43:41	0:03:11	19	8:43:41	8:45:16	0:01:35
20	8:45:17	0:01:36	20	8:45:17	8:47:43	0:02:26
21	8:47:44	0:02:27	21	8:47:44	8:49:41	0:01:57
22	8:52:48	0:05:04	22	8:52:48	8:54:25	0:01:37
23	9:00:48	0:08:00	23	9:00:48	9:03:54	0:03:06
24	9:05:27	0:04:39	24	9:05:27	9:07:03	0:01:36
25	9:09:29	0:04:02	25	9:09:29	9:12:12	0:02:43
26	9:15:34	0:06:05	26	9:15:34	9:18:13	0:02:39
27	9:19:24	0:03:50	27	9:19:24	9:21:12	0:01:48
28	9:25:30	0:06:06	28	9:25:30	9:27:26	0:01:56
29	9:28:46	0:03:16	29	9:28:46	9:31:32	0:02:46
30	9:33:09	0:04:23	30	9:33:09	9:35:05	0:01:56
31	9:35:06	0:01:57	31	9:35:06	9:40:01	0:04:55
32	9:40:02	0:04:56	32	9:40:02	9:43:39	0:03:37
33	9:43:41	0:03:39	33	9:43:41	9:47:21	0:03:40
34	9:47:22	0:03:41	34	9:47:22	9:51:26	0:04:04
35	9:52:17	0:04:55	35	9:52:17	9:55:39	0:03:22
36	10:18:47	0:26:30	36	10:18:47	10:20:19	0:01:32
37	10:20:20	0:01:33	37	10:20:20	10:21:20	0:01:00
38	10:24:42	0:04:22	38	10:24:42	10:27:10	0:02:28
39	10:28:01	0:03:19	39	10:28:01	10:30:22	0:02:21
40	10:30:24	0:02:23	40	10:30:24	10:35:03	0:04:39
41	10:37:15	0:06:51	41	10:37:15	10:38:59	0:01:44
42	10:42:16	0:05:01	42	10:42:16	10:44:40	0:02:24
43	10:49:11	0:06:55	43	10:49:11	10:51:29	0:02:18
44	10:52:33	0:03:22	44	10:52:33	10:56:33	0:04:00
45	10:58:01	0:05:28	45	10:58:01	11:00:00	0:01:59
46	11:02:57	0:04:56	46	11:02:57	11:04:11	0:01:14
47	11:04:14	0:01:17	47	11:04:14	11:07:50	0:03:36
48	11:11:47	0:07:33	48	11:11:47	11:14:40	0:02:53
49	11:27:28	0:15:41	49	11:27:28	11:29:09	0:01:41
50	11:31:34	0:04:06	50	11:31:34	11:32:48	0:01:14
51	11:39:16	0:07:42	51	11:39:16	11:41:31	0:02:15
52	11:43:48	0:04:32	52	11:43:48	11:45:44	0:01:56
53	11:47:38	0:03:50	53	11:47:38	11:49:01	0:01:23
54	11:56:29	0:08:51	54	11:56:29	11:59:09	0:02:40
Σ		3:54:59	Σ		2:06:25	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:21	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:02:20	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,238	TASA DE SERVICIO (μ)		0,455	
14,25		0,238 Usuarios/Minuto	27,27		0,455 Usuario/Minuto	
		14 Usuarios/Hora			27 Usuario/Hora	
Modulo 3	Factor de utilizacion (p)	0,5226				
		52,26%				

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Modulo 3			
DIA 2	HORARIO DE 8 A 12 AM		CITAS: TODO PUBLICO
LLEGADAS [h]:mm:ss		SERVICIO [h]:mm:ss	
Modulo 3		Modulo 3	
Usuario	Hora de Llegada	Usuario	Hora de Inicio
1	8:10:23	1	8:10:23
2	8:12:10	2	8:12:10
3	8:15:20	3	8:15:20
4	8:18:14	4	8:18:14
5	8:22:23	5	8:22:23
6	8:23:45	6	8:23:45
7	8:28:55	7	8:28:55
8	8:30:55	8	8:30:55
9	8:36:44	9	8:36:44
10	8:39:50	10	8:39:50
11	8:44:56	11	8:44:56
12	8:47:15	12	8:47:15
13	8:50:07	13	8:50:07
14	8:55:34	14	8:55:34
15	8:59:36	15	8:59:36
16	9:05:09	16	9:05:09
17	9:09:30	17	9:09:30
18	9:16:12	18	9:16:12
19	9:26:06	19	9:26:06
20	9:40:07	20	9:40:07
21	9:43:45	21	9:43:45
22	9:47:15	22	9:47:15
23	9:49:38	23	9:49:38
24	9:53:19	24	9:53:19
25	9:56:16	25	9:56:16
26	10:01:02	26	10:01:02
27	10:03:14	27	10:03:14
28	10:07:57	28	10:07:57
29	10:17:13	29	10:17:13
30	10:20:56	30	10:20:56
31	10:34:46	31	10:34:46
32	10:40:16	32	10:40:16
33	10:51:06	33	10:51:06
Σ		Σ	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)	
TASA DE LLEGADA (λ)		TASA DE SERVICIO (μ)	
13,27		23,53	
0,221 Usuarios/Minuto		0,392 Usuario/Minuto	
13 Usuarios/Hora		23 Usuario/Hora	
Modulo 3	Factor de utilizacion (p)	0,5642	
		56,42%	

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

➤ Toma de datos para el Módulo 4

LLEGADAS [h]:mm:ss Comenzar Stop Reset 0:00:00		SERVICIO [h]:mm:ss Comenzar Stop Reset 0:00:00	
Nota: Empieza a correr a partir de la sincronia con la hora actual			
Modulo 4			
DIA 1	HORARIO DE 6 A 8 AM		CITAS: PREFERENCIALES
LLEGADAS [h]:mm:ss		SERVICIO [h]:mm:ss	
Modulo 4		Modulo 4	
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	
1	6:46:30	0:00:00	
2	6:49:03	0:02:33	
3	6:52:17	0:03:14	
4	6:56:40	0:04:23	
5	6:58:15	0:01:35	
6	7:02:59	0:04:44	
7	7:04:17	0:01:18	
8	7:07:13	0:02:56	
9	7:13:30	0:06:17	
10	7:26:20	0:12:50	
11	7:29:20	0:03:00	
12	7:31:32	0:02:12	
13	7:38:10	0:06:38	
Σ		0:51:40	
		51,40	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:03:58	
		3,58	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,279	
16,76		0,279 Usuarios/Minuto	
		16 Usuarios/Hora	
Modulo 4			
Factor de utilizacion (p)		0,8743	
		87,43%	

SERVICIO [h]:mm:ss		SERVICIO [h]:mm:ss	
Modulo 4		Modulo 4	
Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	6:47:20	6:50:00	0:02:40
2	6:50:03	6:52:20	0:02:17
3	6:53:07	6:55:30	0:02:23
4	6:57:30	6:59:00	0:01:30
5	6:59:05	7:02:03	0:02:58
6	7:03:58	7:05:00	0:01:02
7	7:05:07	7:07:57	0:02:50
8	7:08:19	7:12:02	0:03:43
9	7:14:38	7:26:07	0:11:29
10	7:27:00	7:30:26	0:03:26
11	7:30:30	7:32:40	0:02:10
12	7:32:42	7:36:40	0:03:58
13	7:39:00	7:40:25	0:01:25
Σ		0:41:51	
		23,57	
Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:13	
		3,13	
TASA DE SERVICIO (μ)		0,319	
19,17		0,319 Usuario/Minuto	
		19 Usuario/Hora	

Modulo 4						
DIA 2	HORARIO DE 6 A 8 AM			CITAS: PREFERENCIALES		
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 4			Modulo 4			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	6:32:55	0:00:00	1	6:38:00	6:41:56	0:03:56
2	6:41:11	0:08:16	2	6:42:01	6:43:20	0:01:19
3	6:43:31	0:02:20	3	6:44:01	6:47:20	0:03:19
4	6:47:41	0:04:10	4	6:48:01	6:52:30	0:04:29
5	6:53:45	0:06:04	5	6:54:10	6:58:20	0:04:10
6	6:57:42	0:03:57	6	6:58:32	7:01:50	0:03:18
7	7:00:55	0:03:13	7	7:01:58	7:05:34	0:03:36
8	7:05:10	0:04:15	8	7:06:30	7:09:50	0:03:20
9	7:10:14	0:05:04	9	7:11:04	7:14:30	0:03:26
10	7:13:50	0:03:36	10	7:14:40	7:18:20	0:03:40
11	7:17:32	0:03:42	11	7:18:22	7:21:10	0:02:48
12	7:21:12	0:03:40	12	7:22:02	7:23:16	0:01:14
13	7:22:51	0:01:39	13	7:23:50	7:27:02	0:03:12
14	7:30:19	0:07:28	14	7:31:09	7:34:49	0:03:40
15	7:37:13	0:06:54	15	7:38:03	7:41:04	0:03:01
16	7:42:13	0:05:00	16	7:43:03	7:46:29	0:03:26
Σ		1:09:18	Σ		0:51:54	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:20	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:15	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,238	TASA DE SERVICIO (μ)		0,317	
14,29		0,238 Usuarios/Minuto	19,05		0,317 Usuario/Minuto	
		14 Usuarios/Hora			19 Usuario/Hora	
Modulo 4	Factor de utilizacion (p)	0,7500				
		75,00%				

Modulo 4							
DIA 1	HORARIO DE 8 A 12 AM			CITAS: TODO PUBLICO			
LLEGADAS [h]:mm:ss				SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 4				Modulo 4			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas		Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	8:01:00	0:00:00		1	8:01:00	8:04:00	0:03:00
2	8:04:00	0:03:00		2	8:04:00	8:06:03	0:02:03
3	8:07:02	0:03:02		3	8:07:02	8:09:08	0:02:06
4	8:09:27	0:02:25		4	8:09:27	8:14:01	0:04:34
5	8:15:21	0:05:54		5	8:15:21	8:17:33	0:02:12
6	8:18:00	0:02:39		6	8:18:00	8:21:22	0:03:22
7	8:21:23	0:03:23		7	8:21:23	8:26:40	0:05:17
8	8:26:41	0:05:18	8	8:26:41	8:31:31	0:04:50	
9	8:31:32	0:04:51	9	8:31:32	8:35:22	0:03:50	
10	8:35:23	0:03:51	10	8:35:23	8:37:49	0:02:26	
11	8:37:50	0:02:27	11	8:37:50	8:40:24	0:02:34	
12	8:40:26	0:02:36	12	8:40:26	8:42:18	0:01:52	
13	8:43:00	0:02:34	13	8:43:00	8:44:49	0:01:49	
14	8:44:50	0:01:50	14	8:44:50	8:46:58	0:02:08	
15	8:46:47	0:01:57	15	8:46:47	8:53:55	0:07:08	
16	8:56:08	0:09:21	16	8:56:08	8:58:57	0:02:49	
17	9:00:04	0:03:56	17	9:00:04	9:02:35	0:02:31	
18	9:02:47	0:02:43	18	9:02:47	9:08:19	0:05:32	
19	9:08:45	0:05:58	19	9:08:45	9:12:40	0:03:55	
20	9:12:43	0:03:58	20	9:12:43	9:17:37	0:04:54	
21	9:17:39	0:04:56	21	9:17:39	9:20:03	0:02:24	
22	9:20:21	0:02:42	22	9:20:21	9:24:21	0:04:00	
23	9:24:22	0:04:01	23	9:24:22	9:31:00	0:06:38	
24	9:32:17	0:07:55	24	9:32:17	9:34:00	0:01:43	
25	9:34:41	0:02:24	25	9:34:41	9:39:10	0:04:29	
26	9:39:11	0:04:30	26	9:39:11	9:40:31	0:01:20	
27	9:40:50	0:01:39	27	9:40:50	9:41:54	0:01:04	
28	9:41:57	0:01:07	28	9:41:57	9:46:58	0:05:01	
29	9:46:59	0:05:02	29	9:46:59	9:50:00	0:03:01	
30	9:50:28	0:03:29	30	9:50:28	9:53:29	0:03:01	
31	9:54:22	0:03:54	31	9:54:22	9:57:25	0:03:03	
32	9:57:26	0:03:04	32	9:57:26	10:01:52	0:04:26	
33	10:04:20	0:06:54	33	10:04:20	10:05:50	0:01:30	
34	10:05:33	0:01:13	34	10:05:33	10:07:19	0:01:46	
35	10:07:38	0:02:05	35	10:07:38	10:09:33	0:01:55	
36	10:09:45	0:02:07	36	10:09:45	10:12:28	0:02:43	
37	10:13:16	0:03:31	37	10:13:16	10:16:28	0:03:12	
38	10:21:44	0:08:28	38	10:21:44	10:23:39	0:01:55	
39	10:24:29	0:02:45	39	10:24:29	10:28:00	0:03:31	
40	10:28:10	0:03:41	40	10:28:10	10:31:49	0:03:39	
41	10:31:50	0:03:40	41	10:31:50	10:36:55	0:05:05	
42	10:37:16	0:05:26	42	10:37:16	10:40:12	0:02:56	
43	10:41:13	0:03:57	43	10:41:13	10:44:42	0:03:29	
44	10:49:40	0:08:27	44	10:49:40	10:52:50	0:03:10	
45	10:55:17	0:05:37	45	10:55:17	10:59:31	0:04:14	
46	11:00:01	0:04:44	46	11:00:01	11:03:36	0:03:35	
47	11:03:37	0:03:36	47	11:03:37	11:07:18	0:03:41	
48	11:08:48	0:05:11	48	11:08:48	11:10:53	0:02:05	
49	11:14:03	0:05:15	49	11:14:03	11:20:03	0:06:00	
50	11:22:13	0:08:10	50	11:22:13	11:27:33	0:05:20	
51	11:27:34	0:05:21	51	11:27:34	11:28:41	0:01:07	
52	11:33:26	0:05:52	52	11:33:26	11:36:15	0:02:49	
53	11:37:43	0:04:17	53	11:37:43	11:41:42	0:03:59	
54	11:41:43	0:04:00	54	11:41:43	11:43:09	0:01:26	
55	11:43:10	0:01:27	55	11:43:10	11:47:02	0:03:52	
56	11:47:24	0:04:14	56	11:47:24	11:49:10	0:01:46	
57	11:57:26	0:10:02	57	11:57:26	11:59:30	0:02:04	
Σ		3:56:26	Σ		3:05:51		
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:04:09	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:16		
TASA DE LLEGADA (λ)		0,244	TASA DE SERVICIO (μ)		0,316		
14,67		0,244 Usuarios/Minuto	18,99		0,316 Usuario/Minuto		
		14 Usuarios/Hora			18 Usuario/Hora		
Modulo 4	Factor de utilizacion (p)	0,7726					
		77,26%					

La teoría de colas como herramienta estratégica en la optimización del sistema de atención en la E.S.E. Hospital Jorge Cristo Sahium

Modulo 4						
DIA 2		HORARIO DE 8 A 12 AM			CITAS: TODO PUBLICO	
LLEGADAS [h]:mm:ss			SERVICIO [h]:mm:ss			
Modulo 4			Modulo 4			
Usuario	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Usuario	Hora de Inicio	Hora de Salida	Tiempo de Servicio
1	8:03:35	0:00:00	1	8:03:35	8:06:12	0:02:37
2	8:06:47	0:03:12	2	8:06:47	8:09:55	0:03:08
3	8:14:11	0:07:24	3	8:14:11	8:19:18	0:05:07
4	8:20:19	0:06:08	4	8:20:19	8:22:08	0:01:49
5	8:22:20	0:02:01	5	8:22:20	8:24:39	0:02:19
6	8:26:48	0:04:28	6	8:26:48	8:31:24	0:04:36
7	8:31:28	0:04:40	7	8:31:28	8:34:53	0:03:25
8	8:35:10	0:03:42	8	8:35:10	8:39:10	0:04:00
9	8:39:49	0:04:39	9	8:39:49	8:42:46	0:02:57
10	8:43:13	0:03:24	10	8:43:13	8:45:22	0:02:09
11	8:46:47	0:03:34	11	8:46:47	8:48:10	0:01:23
12	8:54:40	0:07:53	12	8:54:40	8:57:44	0:03:04
13	8:58:58	0:04:18	13	8:58:58	9:03:11	0:04:13
14	9:03:25	0:04:27	14	9:03:25	9:06:44	0:03:19
15	9:06:44	0:03:19	15	9:06:44	9:09:19	0:02:35
16	9:09:32	0:02:48	16	9:09:32	9:11:59	0:02:27
17	9:12:11	0:02:39	17	9:12:11	9:15:00	0:02:49
18	9:15:48	0:03:37	18	9:15:48	9:22:39	0:06:51
19	9:22:56	0:07:08	19	9:22:56	9:25:00	0:02:04
20	9:25:37	0:02:41	20	9:25:37	9:29:00	0:03:23
21	9:31:13	0:05:36	21	9:31:13	9:34:13	0:03:00
22	9:35:05	0:03:52	22	9:35:05	9:38:09	0:03:04
23	9:38:05	0:03:00	23	9:38:05	9:40:03	0:01:58
24	9:43:05	0:05:00	24	9:43:05	9:47:35	0:04:30
25	9:49:18	0:06:13	25	9:49:18	9:56:49	0:07:31
26	9:57:28	0:08:10	26	9:57:28	10:03:23	0:05:55
27	10:04:10	0:06:42	27	10:04:10	10:07:50	0:03:40
28	10:07:53	0:03:43	28	10:07:53	10:09:52	0:01:59
29	10:09:56	0:02:03	29	10:09:56	10:11:15	0:01:19
30	10:12:40	0:02:44	30	10:12:40	10:15:17	0:02:37
31	10:27:09	0:14:29	31	10:27:09	10:30:56	0:03:47
32	10:31:20	0:04:11	32	10:31:20	10:33:04	0:01:44
33	10:33:27	0:02:07	33	10:33:27	10:37:09	0:03:42
34	10:45:47	0:12:20	34	10:45:47	10:48:44	0:02:57
35	10:49:33	0:03:46	35	10:49:33	10:51:50	0:02:17
36	10:56:25	0:06:52	36	10:56:25	10:59:05	0:02:40
37	11:01:26	0:05:01	37	11:01:26	11:07:56	0:06:30
38	11:18:22	0:16:56	38	11:18:22	11:23:22	0:05:00
39	11:26:00	0:07:38	39	11:26:00	11:29:30	0:03:30
40	11:35:54	0:09:54	40	11:35:54	11:37:30	0:01:36
41	11:39:50	0:03:56	41	11:39:50	11:41:27	0:01:37
42	11:42:09	0:02:19	42	11:42:09	11:45:40	0:03:31
Σ		3:38:34	Σ		2:18:39	
Promedio del tiempo entre llegada (min/Usua)		0:05:12	Promedio del tiempo de Servicio (min/Usua)		0:03:18	
TASA DE LLEGADA (λ)		0,195	TASA DE SERVICIO (μ)		0,314	
11,72		0,195 Usuarios/Minuto	18,87		0,314 Usuario/Minuto	
		11 Usuarios/Hora			18 Usuario/Hora	
Modulo 4	Factor de utilizacion (p)	0,6211				
		62,11%				