UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

SIMULACIÓN DEL FLUJO DE ATENCIÓN DE CLIENTES EN PERIODO DE ALTA DEMANDA BASADO EN LA TEORÍA DE COLAS EN KANKAS RESTAURANTE

TESIS

Presentada por:

Bach. Edwin Frank Turpo Huisa

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS

"Simulación del flujo de atención de clientes en periodo de alta demanda basado en la teoría de colas en Kankas restaurante"

Tesis sustentada y aprobada el 30 de diciembre de 2016, estando el jurado calificador integrado por:

Presidente : .....
Mag. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

Secretario : .....
Dr. Edwin Antonio Hinojosa Ramos

Vocal : .....
Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta

Asesor : .....
Mag. Luis Johnson Paúl Mori Sosa

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **Luis Johnson Paúl Mori Sosa,** en mi condición de asesor acreditado por **la Resolución de Facultad Nº 9007-2024-FAIN/UNJBG** de la tesis de investigación titulado:

"SIMULACIÓN DEL FLUJO DE ATENCIÓN DE CLIENTES EN PERIODO DE ALTA DEMANDA BASADO EN LA TEORÍA DE COLAS EN KANKAS RESTAURANTE".

Presentado por el **Bachiller Edwin Frank Turpo Huisa** para optar el título profesional de **Ingeniero en Informática y Sistemas.**

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN** cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es **8%.** Por lo que, CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la **TESIS** está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del grado/ título/ especialidad.

Tacna, 05 de setiembre del 2024

FIRMA ASESOR

Mag. Luis Johnson Paúl Mori Sosa
DNI: 41465919

FIRMA TESISTA

Bach. Edwin Frank Turpo Huisa
DNI: 44445556

Dedicatoria

A mis padres quienes estuvieron a lo largo de toda mi etapa como estudiante sin juzgarme y brindando todas las facilidades para culminar mi formación profesional.

A todas mis amistades que estuvieron da alguna manera dando ese impulso para no caer en la mediocridad e incentivando la culminación con éxito esta investigación.

A mi amada esposa Diana quien fue pilar importante dando el apoyo moral necesario para alcanzar un objetivo, siempre con su apoyo incondicional y cariño.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, en primer lugar, por haberme concedido la salud y la fuerza que me permitieron culminar con éxito esta importante etapa de mi existencia. Su constante guía espiritual ha sido mi sostén a lo largo de este recorrido, infundiéndome valor en los momentos de flaqueza y alejando de mi camino cualquier atisbo de desaliento.

A mi familia quien brindó el soporte incondicional, comprensión en momentos difíciles y por el enorme esfuerzo que hicieron a lo largo de mi vida para permitirme iniciar y culminar esta etapa profesional, poder llegar al día de hoy siendo la persona que soy es en gran parte a ellos.

A mi querida esposa quien está a mi lado durante los momentos buenos y malos en este corto camino llamado vida, impulsando mi éxito personal y profesional.

Finalmente, a todas aquellas personas que en algún momento de mi vida brindaron sus conocimientos y experiencias; sus recomendaciones siempre están presentes en cada decisión de mi vida.

Índice temático

Acta de sustentación ii

Dedicatoria iv

Agradecimiento v

Resumen xiii

Abstract xiv

Introducción 1

Capítulo 1. Planteamiento del problema 2

1.1. Antecedentes del problema a investigar 2

1.2. Descripción del problema 3

1.3. Formulación del problema 4

1.3.1. Problema general 4

1.3.2. Problemas específicos 4

1.4. Objetivos de la investigación 4

1.4.1. Objetivo general 4

1.4.2. Objetivos específicos 4

1.5. Justificación e importancia 5

1.6. Alcances y limitaciones 5

1.6.1. Alcances 5

1.6.2. Limitaciones 6

1.8. Hipótesis 6

1.8.1. Hipótesis general 6

1.9. Identificación de variables 7

1.9.1. Variables exógenas o de entrada al sistema 7

1.9.2. Variables endógenas 7

1.10. Operacionalización de variables 8

Capitulo II. Marco teórico 9

2.1. Bases teóricas 9

2.1.1. Sistema 9

2.1.2. Modelo 10

2.1.3. Simulación 11

2.1.4. Simulación de sistemas 11

2.1.5. Generación de números aleatorios 13

2.1.6. Pruebas de aleatoriedad 16
2.1.6.1. Prueba de los promedios 16
2.1.6.2. Prueba de frecuencias 17
2.1.6.3. Prueba de la distancia 17
2.1.6.4. Prueba de series 17
2.1.6.5. Prueba de poker 17
2.1.7. Generación de variables absolutamente continuas 17
2.1.8. Test estadístico para los números pseudoaleatorios 19
2.1.8.1. Prueba de chi-cuadrado 20
2.1.8.2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov 21
2.1.9. Comparación de las pruebas Kolmogorov-Smirnov y chi-cuadrado 24
2.1.10. Teoría de colas 24
2.1.11. Software para simulación de líneas de espera 28
2.1.11.1.Software Arena y Promodel 28
2.1.12. Definición de número de réplicas 30
Capitulo III. Marco metodológico 32
3.1. Tipo y diseño de la investigación 32
3.2. Población y muestra 32
3.2.1. Población 32
3.2.2. Muestra 32
3.3. Instrumentos y métodos para la recolección de datos 33
3.4. Procesamiento y análisis de datos 34
3.4.1. Procesamiento de datos 34
3.4.2. Selección de pruebas estadísticas 39
Capítulo IV. Desarrollo 40
4.1. Identificación de componentes del flujo de atención 40
4.1.1. Entidades 40
4.1.2. Recursos 40
4.1.3. Colas 40
4.1.4. Estaciones 41
4.2. Diagrama de flujo de atención de clientes 42
4.3. Descripción del modelo de simulación 44
4.4. Prueba de ajuste de bondad de Kolgomorov-Smirnov 48
4.4.1. Recolección de información de tiempo entre llegadas de clientes A 48

4.4.2. Recolección de información sobre tiempo entre llegadas de clientes tipo B 52
4.4.3. Recolección de información sobre tiempo de espera 01 a clientes A en mesa 54
4.4.4. Recolección de información sobre tiempo espera 02 de clientes A 58
4.4.5. Recolección de información sobre duración de servicio a clientes A en mesa 61
4.4.6. Recopilación de información sobre tiempo de espera en el área de caja 64
4.4.7. Recolección de información sobre tiempo de servicio en el área de caja 67
4.4.8. Recopilación de información sobre tiempo de servicio en el área de despacho. 70
4.5. Validación del modelo 73
Capítulo V. Resultados 80
5.1. Resultados 80
5.1.1. Resultados asociados a los componentes del modelo de simulación. 81
5.1.2. Resultados de la dimensión tiempos promedios de atención 82
5.1.3. Resultado de la dimensión tiempos promedio de espera 84
Capítulo VI. Discusiones 87
Conclusiones 88
Recomendaciones 90
Referencias bibliográficas 91
Anexos 93
Anexo 01: Matriz de consistencia 94
Anexo 02: Ficha recolección de datos 95
Anexo 03: Base de datos de datos recolectados 97
Anexo 04: Tablas de distribución 104
Anexo 05: Datos réplicas preliminares 106

Índice de tablas

Tabla 1. Ejemplo de duración de chi-cuadrado 20

Tabla 2. Chi-cuadrado mostrado en intervalos 21

Tabla 3. Tabla de frecuencia de días de entrega 22

Tabla 4. Desarrollo de frecuencias representado en tabla 23

Tabla 5. Tipos de cliente 40

Tabla 6. Tipos de recursos 40

Tabla 7. Distribución de mesas por zona primer nivel 41

Tabla 8. Distribución de mesas por zona en segundo nivel 41

Tabla 9. Distribución de Mesas por zona en tercer nivel 42

Tabla 10. Datos de tiempos entre llegadas de clientes A 48

Tabla 11. Clasificación de datos tiempos entre llegadas clientes A 50

Tabla 12. Distribución de frecuencias de tiempos entre llegadas de clientes A 51

Tabla 13. Datos de tiempos entre llegadas de clientes B 52

Tabla 14. Clasificación de datos de tiempos entre llegadas de clientes B 53

Tabla 15. Distribución de frecuencias de tiempos entre llegadas de clientes B 53

Tabla 16. Datos de tiempos de espera por toma de pedido en cliente A 54

Tabla 17. Clasificación de datos de tiempos de espera de toma de pedido cliente A 56

Tabla 18. Distribución de frecuencias de los tiempos de espera 01 de atención en mesa 57

Tabla 19. Datos de tiempos de espera por recepción de pedido en cliente A 58

Tabla 20. Datos de tiempos de espera recepción pedido cliente A 60

Tabla 21. Distribución de frecuencias de los tiempos de espera 02 en mesa 60

Tabla 22. Datos de tiempos de duración de servicio en cliente A 61

Tabla 23. Datos de tiempo de servicio por consumo de cliente A 63

Tabla 24. Distribución de frecuencias de los tiempos de servicio clientes A en mesa 63

Tabla 25. Datos de tiempos de espera de clientes B en caja 65

Tabla 26. Datos de tiempos de espera de clientes B en caja 66

Tabla 27. Distribución de frecuencias de tiempos de espera de clientes B en caja 66

Tabla 28. Datos de tiempos de servicio en el área de caja 68

Tabla 29. Datos de tiempos de servicio en el área de caja 69

Tabla 30. Distribución de frecuencias de los tiempos de servicio en el área de caja 69

Tabla 31. Datos de tiempos de servicio en el área de despacho 71

Tabla 32. Datos de tiempos de servicio en el área de despacho 72

Tabla 33. Distribución de frecuencias de los tiempos de servicio de clientes B en despacho 72
Tabla 34. Tiempos promedio de espera 01 en mesa para réplicas preliminares 74
Tabla 35. Tiempos promedio de espera 02 en mesa para réplicas preliminares 75
Tabla 36. Tiempos promedio de atención en mesa para réplicas preliminares 76
Tabla 37. Tiempos promedio de espera en caja para réplicas preliminares 77
Tabla 38. Tiempos promedio de servicio en caja para réplicas preliminares 78
Tabla 39. Tiempos promedio de servicio en despacho para réplicas preliminares 79
Tabla 40. Matriz de consistencia 94
Tabla 41. Ficha de recolección de datos para clientes A 95
Tabla 42. Ficha de recolección de datos para clientes B 96
Tabla 43. Datos en horas para tiempos de clientes A 97
Tabla 44. Datos réplicas preliminares tiempo de espera 01 106
Tabla 45. Datos réplicas preliminares tiempo de espera 02 106
Tabla 46. Datos réplicas preliminares tiempo de atención 107

Índice de figuras

Figura 1. Modelo general de un sistema 9
Figura 2. Forma gráfica de la transformada inversa 14
Figura 3. División de la Probabilidad por método de Composición 15
Figura 4. Distribución Acumulada de las áreas 16
Figura 5. Rechazo chi-cuadrado en forma gráfica 21
Figura 6. Ejemplo Kolmogorov mediante un histograma 23
Figura 7. Un sistema de cola básico 25
Figura 8. Sistemas de cola multicanal 27
Figura 9. Sistema multietapa con retroalimentación. 28
Figura 10. Histograma del tiempo de llegada de clientes A 34
Figura 11. Histograma del tiempo de llegada de clientes B 35
Figura 12. Histograma del tiempo de espera 01 del cliente A en mesa 36
Figura 13. Histograma del tiempo de espera 02 del cliente A en mesa 36
Figura 14. Histograma del tiempo de servicio del cliente A en mesa 37
Figura 15. Histograma del tiempo de espera del cliente B en caja 38
Figura 16. Histograma del tiempo de servicio del cliente B en caja 38
Figura 17. Histograma del tiempo de servicio del cliente B en despacho 39
Figura 18. Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 01 43
Figura 19. Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 02 43
Figura 20. Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 02 44
Figura 21. Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 04 44
Figura 22. Modelo de simulación flujo de atención 45
Figura 23. Modelo simulación arribo cliente A 46
Figura 24. Modelo simulación estación primer piso 46
Figura 25. Modelo simulación estación segundo piso 47
Figura 26. Modelo simulación estación tercer piso 48
Figura 27. Modelo simulación de estación caja y despacho 48
Figura 28. Histograma de los tiempos entre llegadas del cliente A 51
Figura 29. Histograma de los tiempos entre llegadas de clientes B 54
Figura 30. Histograma de los tiempos de espera 01 en mesa 57
Figura 31. Histograma de los tiempos de espera 02 en mesa 60
Figura 32. Histograma de los tiempos de servicio a clientes A en mesa 64

Figura 33. Histograma de los tiempos de espera a clientes B en caja 67
Figura 34. Histograma de los tiempos de servicio a clientes B en el área de caja 70
Figura 35. Histograma de los tiempos de servicio a clientes B en el área de despacho 72
Figura 36. Parámetros de configuración en Arena 14.00 80
Figura 37. Reporte número de salidas promedio en el modelo de simulación 81
Figura 38. Reporte tiempo promedio de entidades en el modelo de simulación 82
Figura 39. Reporte tiempos de atención de cliente A en el modelo de simulación 83
Figura 40. Reporte tiempos de servicio de caja y despacho 84
Figura 41. Reporte colas de recursos en el modelo de simulación 84
Figura 42. Reporte tiempos de espera 01 de cliente A en el modelo de simulación 85
Figura 43. Reporte tiempos de espera 02 de cliente A en el modelo de simulación 86
Figura 44. Distribución T Student 104
Figura 45. Distribución Kolgomorov-Smirnov sobre ajuste de bondad 105

Resumen

La investigación actual tiene por objetivo comprender el flujo de atención de clientes en Kankas restaurant mediante un modelo de simulación, Kankas restaurant es un establecimiento de venta de platos a la carta, dispone de 95 mesas, 21 mozos, 02 cajeros y 01 despachador de pedidos distribuidos en los 03 niveles para atención al público, durante el fin de semana, específicamente entre los días viernes a domingo la afluencia de clientes se ve incrementado respecto a los demás días de la semana, ésta variación genera en el servicio brindado tiempos de espera relativamente altos, para optimizar la calidad de servicio se plantea realizar un modelo de simulación del flujo de atención a clientes que nos permitirá tener un mejor conocimiento sobre el servicio brindado.

El diseño de la investigación es descriptivo y no experimental, con este diseño mediante la recolección de información actual elaboré un modelo de simulación que permita plasmar Kankas restaurant en la actualidad según la situación del momento. El instrumento utilizado para recolección fue la observación. La investigación determina para clientes A un intervalo de confianza entre los 24,02 y 30,54 minutos para el tiempo promedio de atención quienes hacen uso de mesas en las instalaciones de Kankas, determina para clientes B un intervalo de confianza entre 0,82 y 0,84 minutos en el tiempo promedio de atención en el área de caja, determina a clientes B en el área de despacho un intervalo de confianza entre 1,46 y 1,62 minutos para el tiempo promedio de atención.

Además, la investigación muestra para clientes A un intervalo de confianza entre 3,03 y 4,50 minutos para el tiempo promedio de espera 01 en el área de atención al público, también para de clientes A un intervalo de confianza entre los 10,31 y 12,91 minutos para el tiempo promedio de espera 02 en el Área de atención al público y finalmente un intervalo de confianza entre los 0,05 y 0,07 minutos para el tiempo promedio de espera a clientes B en el área de caja. Con estos resultados obtenidos es posible comprender con mayor exactitud el comportamiento y tiempos del flujo de atención de clientes en Kankas restaurant.

Palabras clave: Simulación de sistemas, flujo de atención, teoría de colas.

Abstract

The current research aims to understand the customer flow at Kankas restaurant through a simulation model. Kankas restaurant is a dining establishment that offers a la carte dishes and has 95 tables, 21 waiters, 02 cashiers, and 01 order dispatcher distributed across 03 levels for customer service. During the weekend, specifically from Friday to Sunday, the influx of customers increases compared to other days of the week. This variation results in relatively high waiting times for the service provided. To optimize the quality of service, a simulation model of the customer flow is proposed, which will allow us to gain a better understanding of the service provided.

The research design is descriptive and non-experimental. Using this design, I collected current information and developed a simulation model to depict Kankas restaurant in its current state based on the current situation. The equipment employed for data collection was observation

The investigation establishes a confidence interval of 24,02 to 30,54 minutes for the average attention time of customers A who use tables at Kankas facilities. It determines a confidence interval of 0,82 to 0,84 minutes for the average attention time of customers B at the cashier area. Additionally, it determines a confidence interval of 1,46 to 1,62 minutes for the average attention time of customers B at the dispatch area.

Furthermore, the research shows for customers A a confidence interval between 3.03 and 4.50 minutes for the average waiting time 01 in the customer service area, also for customers A a confidence interval between 10.31 and 12.91 minutes for the average waiting time 02 in the Customer Service Area and finally a confidence interval between 0.05 and 0.07 minutes for the average waiting time for customers B in the cashier area. With these results obtained, it is possible to understand more accurately the behavior and times of the customer service flow in Kankas restaurant

Keywords: Systems simulation, attention flow, queuing theory.

Introducción

La simulación describe el funcionamiento de un sistema real o teórico de acuerdo a condiciones específicas, existen diversas aplicaciones para la simulación de sistemas siendo uno de los más comunes la investigación de líneas de espera.

La presente investigación cuenta con una variable de tipo situacional denominada flujo de atención de clientes. Haciendo uso de la observación como técnica de investigación, utilizando como herramienta las fichas de observación se tiene por finalidad comprender y recolectar información que permitirá elaborar un flujo de atención de clientes haciendo uso de un modelo de simulación.

Presento un modelo de simulación del flujo de atención de clientes en periodo de alta demanda basado en la teoría de colas en Kankas restaurant.

En el capítulo I se describe la estructura de la formulación del problema, donde es detallado los antecedentes del problema, se especifica la problemática de la investigación, se formula el problema, se justifica el presente estudio, los alcances y las restricciones.

En el capítulo II se detalla el sustento del marco teórico necesario para la ejecución de la presente investigación, aquí se describe el proceso de recopilación de información bibliográfica relacionados al trabajo de investigación.

En el capítulo III se detalla la estructura del marco metodológico de la investigación, definiendo el diseño y tipo de la investigación, determinación del tamaño de muestra, los instrumentos para la toma de datos como también el tratamiento y el posterior análisis de los mismos.

En el capítulo IV se detalla el desarrollo de la investigación mediante un diagrama de flujo, un modelo de simulación, pruebas de ajuste de bondad y determinación de longitud y número de réplicas.

Finalmente, en el capítulo V se detallan los resultados y discusiones obtenidos mediante el software Arena 14.00, la bibliografía y anexos con información adicional del estudio.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes del problema a investigar

Clemente, Luis (2008) en el trabajo de investigación "Mejora en el nivel de atención a los clientes de una entidad bancaria usando simulación", menciona "[…] analizan las colas cuyo origen son en ambientes de una institución financiera, la configuración del sistema que lo gestiona es la causa, con el objetivo de implementar mejoras para reducir en los clientes el tiempo de espera. Esto incrementará en el cliente su nivel de satisfacción, un factor crucial para cualquier empresa, especialmente aquellas dedicadas al servicio. El estudio se enfocó exclusivamente en las colas producidas en las ventanillas." (p. 1)

Clemente (2008) para ello se recolectó toda la información necesaria de una base de datos del Sistema Administrador de Colas y se diseñó un modelo que replicara el momento actual haciendo uso de simulaciones. El software utilizado para este propósito fue ARENA 9.0 (p.1)

Asimismo, Clemente (2008) concluye:

> Finalmente, se elegirá la combinación de propuestas que ofrezca un menor costo de espera y represente significativamente los indicadores de la oficina, logrando esto mediante la modificación de los esquemas de atención actuales, sin incurrir en gastos adicionales para contratar nuevos colaborares. (p. 2)

Portilla, Liliana (2010) en "Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación", afirma:

Este trabajo ofrece una comparación entre los modelos de la Teoría de Colas y la Simulación, destacando cómo estas dos áreas se complementan entre sí. El objetivo principal es demostrar que el modelo matemático puede validar el modelo de simulación, mientras que la simulación permite un análisis más profundo del sistema de colas en estudio. Como caso de estudio, se presenta un sistema de atención en una entidad

bancaria, que incluye una línea de espera “fila preferencial” y un servidor “el cajero” encargado de atender a los clientes respectivos. (p.56)

Portilla (2010) con respecto a su propuesta concluye:

> Se reafirma la importancia de implementar modelos de simulación, ya que permiten un análisis más detallado del comportamiento del sistema estudiado. Asimismo, se destaca la necesidad de respaldar la simulación con modelos teóricos, ya que esta es una excelente manera de validar la representación del modelo simulado en relación con el modelo real. (p.61)

1.2. Descripción del problema

Kankas restaurant es un establecimiento de comida especializado en la venta de pollos a la brasa, como también carnes a la parrilla, además ofrece platos criollos y distintos cocteles a la carta. El establecimiento se distingue por ofrecer tres tipos de servicio, en primer lugar el cliente puede solicitar un pedido ofrecido en la carta y consumirlo en el mismo establecimiento haciendo uso de las mesas ubicadas en los distintos niveles de Kankas, en segundo lugar el cliente puede apersonarse a caja directamente para solicitar productos de la carta para ser cancelados en caja y recogidos en el área de despacho, el consumo de lo comprado no se realiza en el establecimiento, finalmente se ofrece el servicio de delivery donde el cliente puede solicitar vía telefónica algunos de los platos a la carta para que puedan ser despachados y entregados directamente a su domicilio. Adicionalmente el cliente puede realizar la reservación de un espacio en el establecimiento para un evento o reunión particular.

El establecimiento durante fines de semana y feriados calendario presenta un incremento en la afluencia de público exigiendo a su vez una mejorar sus tiempos de atención en el servicio brindado, en esas ocasiones se generan largas colas en caja para realizar el pago de los platos a la carta, retraso para la toma del pedido y en la entrega del producto adquirido. La empresa no cuenta con herramientas para análisis de datos que permitan conocer el comportamiento actual de sus clientes.

Por estas razones la finalidad del presente trabajo de investigación es establecer el flujo de atención a clientes haciendo uso de un modelo de simulación, con la finalidad de brindar información considerando datos verídicos de la empresa, con esta información gerencia y marketing podrían tomar medidas correctivas con el propósito de incrementar

la experiencia de servicio brindado al público nacional y extranjero. Esta investigación puede ser replicada a establecimientos de similar rubro económico y con ello realizar mejoras alineadas a sus realidades.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo es el flujo de atención de clientes en periodo de alta demanda basado en la teoría de colas en Kankas restaurante?

1.3.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es la información vinculada al flujo de atención de clientes en periodo de alta demanda en Kankas restaurante?

b) ¿Cuál es el tiempo promedio de atención del cliente en periodo de alta demanda basado en la teoría de colas en Kankas restaurante?

c) ¿Cuál es el tiempo promedio de espera de clientes en periodo de alta demanda basado en la teoría de colas en Kankas restaurante?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Descubrir el flujo de atención a clientes usando la teoría de colas en periodo de alta demanda en Kankas.

1.4.2. Objetivos específicos

Elaborar un flujo de atención a clientes considerando información vinculada a periodo de alta demanda en Kankas restaurante.

Determinar el tiempo promedio de atención de clientes en periodo de alta demanda basado en la teoría de colas en Kankas restaurante.

Determinar el tiempo promedio de espera de clientes en periodo de alta demanda basado en la teoría de colas en Kankas restaurante.

1.5. Justificación e importancia

En los establecimientos de venta de productos o servicios, la atención al público cumple un rol fundamental en el éxito del negocio, un problema típico, son las colas de espera que se forman por la aglomeración de clientes que esperan ser atendidos en el menor tiempo posible, Kankas restaurant no es ajeno a este problema.

El uso de la simulación de estos escenarios ha sido usado para analizar la atención al público en entidades bancarias cuando un cliente realiza transacciones en ventanilla, hospitales a través de la solicitud de tickets de atención médica, supermercados mediante los pagos de productos adquiridos en caja, etc., cuando la demanda se incrementa genera incomodidad en el cliente.

El uso de la simulación en su búsqueda de reducir los tiempos de servicio ofrecido por el personal hacia el cliente, que significa un ahorro de tiempo que implícitamente se ve reflejado en dinero gastado por la empresa, dinero que puede ser destinado a diversas mejoras por parte de gerencia, la fidelización y correcta atención del cliente es vital para definir el crecimiento de una empresa.

Se pretende estudiar la conducta de los clientes en Kankas restaurant con la finalidad de mejorar su experiencia mientras dure su estancia en el establecimiento, haciendo uso de la simulación del flujo de atención en periodo de alta demanda, esto permitirá brindar a gerencia una visión actualizada sobre la realidad de Kankas, bajo una nueva perspectiva se podrán tomar decisiones que mejoren aún más la opinión y satisfacción del cliente sobre los productos y servicios recibidos.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

La actual investigación de simulación se centrará en el flujo de atención de clientes basada en la teoría de colas. Se analizará el comportamiento del flujo de atención a clientes cuyo servicio se realiza en el establecimiento en las distintas zonas de atención, así también, como el canal de venta para llevar de clientes realizados en el área de caja y despacho, para ambos casos, se estudiará el comportamiento en periodo de alta demanda, estos periodos se dan de forma reiterativa cada semana, y coinciden en los fines de semana durante el día viernes, día sábado y día domingo.

Para lo mencionado anteriormente se realizará una simulación haciendo uso del software Arena en su versión 14.00 la finalidad de conocer el comportamiento del flujo de atención de clientes.

1.6.2. Limitaciones

La disponibilidad de tiempo del personal de dirección en la empresa, como también del personal operativo dificultará la obtención de información, la asistencia masiva de clientes hará que la recopilación de datos sea un trabajo exhaustivo. La recolección de información será realizada desde el horario de apertura que inicia a las 12:00 p.m. y termina a las 10:00 p.m., se pueden generar retrasos durante la recolección de información si se descuida algún aspecto vital como abandonos inesperados por parte de clientes o eventos inusuales que deben ser considerados para evitar distorsión.

El acceso limitado a textos impresos con información relacionada al tema de investigación puede generar retrasos.

1.7. Viabilidad del estudio

La actual investigación es viable y factible su ejecución por las razones detalladas a continuación:

En relación con la viabilidad técnica se cuenta disponibilidad de información al alcance del investigador al ser mi persona un colaborador en empresa, específicamente en el área de tecnologías y disponer de todas las herramientas tecnológicas como cámaras de videovigilancia y trato directo con el personal relacionado a atención al público en general.

Respecto a la vialidad económica, se cuenta con recursos propios para realizar la recolección de información y su posterior procesamiento para alcanzar objetivos definidos por el investigador.

Finalmente, en relación a la viabilidad temporal, debido a la naturaleza de la investigación serán recolectados datos en un periodo de tiempo específico, no será necesario realizar recolección de datos en reiteradas oportunidades.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Monje (2011), con referencia a la investigación descriptiva menciona:

La investigación descriptiva se enfoca únicamente en describir situaciones o eventos. No se interesa en verificar explicaciones, probar hipótesis específicas ni en realizar predicciones. (p.101)

Hernández et al. (2006) mencionan: “En la mayoría de los estudios cualitativos no es necesario una prueba de hipótesis, sino que estas se generan durante el proceso y se refinan a medida que se recopilan más datos, o bien son el fin del estudio” (p. 8). Además, señalan que las hipótesis se ajustan según los razonamientos del investigador y, en general, no se someten a pruebas estadísticas (Hernández et al., 2006, p. 533).

Teniendo en consideración la cita anterior se infiere que la actual investigación describirá el comportamiento del flujo de atención de clientes, al tener una sola variable, no existe interacción alguna por parte de una segunda variable, ni efecto que pueda alterar la misma, razón por la cual la actual investigación no será necesario formular hipótesis.

1.9. Identificación de variables

1.9.1. Variables exógenas o de entrada al sistema

Intervalo de tiempo entre clientes A que llegan al sistema: Es el tiempo generado por los clientes que asisten al establecimiento y que harán consumo en mesa de los productos y servicios por el restaurante.

Intervalo de tiempo entre clientes B que llegan al sistema: Es el tiempo generado por los clientes que asisten al establecimiento y realizan sus pedidos para llevar los productos por el restaurante.

1.9.2. Variables endógenas

Tiempo de espera 01 para clientes A en el área de mesas: Es el tiempo de espera generado de los clientes desde su ubicación en una mesa libre y la toma del respectivo pedido de parte del mozo asignado.

Tiempo de espera 02 para clientes A en el área de mesas: Es el tiempo de espera generado de los clientes desde la toma de pedido de parte del mozo hasta la recepción del plato solicitado en mesa, se considera como recepción a la entrega del plato principal solicitado por el cliente.

Tiempo de servicio para clientes A en el área de mesas: Es el tiempo que le toma a un cliente consumir el plato solicitado desde la entrega del mismo en mesa hasta el pago de la comanda.

Tiempo de espera para clientes B en el área de caja: Es el tiempo de espera de los clientes que solicitan pedidos para llevar y que originan una cola en el área de caja.

Tiempo de servicio para clientes B en el área de caja: Es el tiempo de atención en caja de los clientes durante la toma de sus pedidos.

Tiempo de servicio para clientes B en el área de despacho: Es el tiempo generado en el área de despacho desde la entrega de la comanda generado por el pedido realizado hasta la entrega del mismo al cliente.

1.10. Operacionalización de variables

Se considera una sola variable situacional denominada "Flujo de atención de clientes"

1.10.1. Variable situacional: Flujo de atención de clientes

- Cantidad de entidades vinculadas al flujo de atención

  Atención en mesa

- Promedio de tiempo que los clientes pasan esperando en la mesa 01
- Promedio de tiempo que los clientes pasan esperando en la mesa 02
- Intervalo de tiempo promedio de servicio a clientes en mesa

  Atención para llevar

- Tiempo promedio de espera en la zona de caja
- Tiempo promedio de servicio en la zona de caja
- Tiempo promedio de espera en la zona de despacho
- Tiempo promedio de servicio en la zona de despacho

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

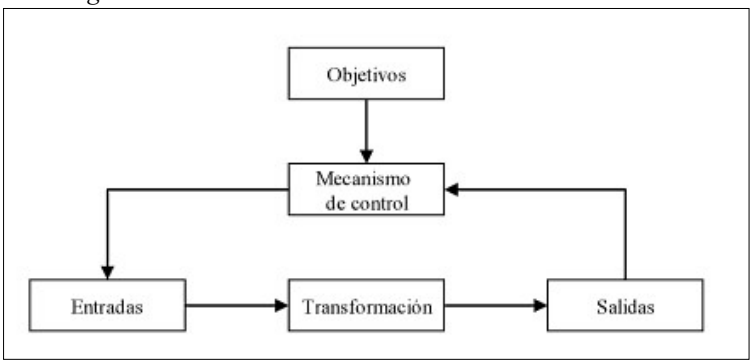
2.1. Bases teóricas

2.1.1. Sistema

"Es una colección de elementos utilizados para llevar a cabo un proceso, que necesita, adicionalmente, controles y recursos. Por lo tanto, un sistema abarca no solo el proceso en sí, sino también los recursos y demás controles necesarios para ejecutarlo." (Torres, 2013, p.22).

Un sistema es una colección de componentes que se interrelacionan para alcanzar un objetivo común. Aunque hay gran diversidad de sistemas, mayormente pueden ser representado a través de un modelo compuesto por cinco bloques fundamentales: sección de transformación, objetivos, elementos de entrada, elementos de salida y mecanismos de control. En la Figura 1 se ilustra los recursos que participan del sistema a mediante elementos de entrada, donde son reformados en la sección de transformación. Este tratamiento está supervisado por el mecanismo de control con la finalidad de alcanzar la meta trazada. Completada esta transformación, el resultado obtenido sale del sistema a través de elementos de salida. (Fernández, 2006, p.11)

Figura 1
Modelo general de un sistema



Nota. Adaptado de *Desarrollo de sistemas de información una metodología basada en el modelado* (p.11), por Fernández, V., 2006, UPC

En la sociedad actual, encontramos numerosas referencias de sistemas, como una máquina que expende refrescos, una industria de productos fabricados, un vehículo, la

columna vertebral, un clasificador de documentos, entre otros. Tomando en cuenta el ejemplo de la máquina de refrescos, el elemento de entrada sería la ranura para insertar monedas. (Fernández, 2006, p.11)

2.1.2. Modelo

Torres (2010), en su libro: "Simulación de Sistemas" describe como un modelado de sistemas que actúa como una representación resumida de sus relaciones y el sistema, también las relaciones causa-efecto, las relaciones espaciales y las relaciones de flujo. Su finalidad es entender, proveer, supervisar y optimizar el rendimiento del sistema. El modelado de sistemas es tanto un arte como una práctica que ha sido utilizada por el ser humano a lo largo de los siglos, como es demostrado a lo largo de la historia con numerosos ejemplos (p.22)

- **Clasificación de modelo**

Fábregas (2003) clasifica los modelos de la siguiente manera: Hay diversos tipos de modelos (simbólicos, mentales y físicos) para describir los sistemas en investigación. Para este caso, emplearemos modelos simbólicos matemáticos como herramienta para describir las dinámicas de interés de sistemas en general en un ambiente de simulación por computadora.

- *Modelos estáticos* son utilizados para plasmar el sistema en un momento específico, sin tener en cuenta el avance del tiempo en el momento de su formulación.
- *Modelos dinámicos* permiten determinar cómo se comportan con el tiempo las variables de interés del sistema en análisis.
- *Modelos deterministas* es posible definir completamente su nuevo estado a partir del estado previo y sus entradas. En otras palabras, proporcionan un conjunto dado de entradas para un único conjunto de valores de salida. (p.7)
- *Modelos estocásticos o probabilísticos* utilizan una o más variables aleatorias para formalizar las dinámicas de interés. Como resultado, el modelo no produce un único conjunto de salidas en cada prueba, sin embargo, los resultados son empleados para determinar del sistema su comportamiento real.

- *Modelos continuos* se distinguen por mostrar cómo cambian las variables en estudio de manera constante. Generalmente, suele usarse ecuaciones diferenciales ordinarias para describir la evolución de una característica en función del tiempo, o ecuaciones en derivadas parciales si se considera también la evolución en relación con otras variables.
- *Modelos discretos* se distinguen por describir el cambio de las variables de estudio en intervalos de manera discreta. (p.7)

2.1.3. Simulación

Según Thomas H. Naylor (1975) definen simulación como:

La simulación es una técnica numérica que se utiliza para ejecutar pruebas en una computadora. Estas investigaciones incluyen relaciones lógicas y matemáticas indispensables para comprender la estructura y la conducta de sistemas complejos del mundo real a lo largo del tiempo. (p.37)

Según H. Maisel y G. Gnugnoli (1972) la describen como:

La simulación es una técnica numérica que permite llevar a cabo experimentos en una computadora digital. Estos ensayos utilizan modelos matemáticos y lógicos indispensables para comprender la conducta de sistemas en áreas como negocios, economía, sociedad, biología, física o química durante largos períodos de tiempo. (p.24)

2.1.4. Simulación de sistemas

Torres (2013) precisa la simulación de sistemas como el proceso de crear un modelo lógico-matemático considerando un sistema real y recrear sus condiciones, comportamiento dinámico y operativo para su estudio y posterior evaluación, con el fin de incrementar el conocimiento que facilite la toma de decisiones.

La simulación evalúa con especial precisión el rendimiento de un sistema, sin importar cuán complejo sea. No genera soluciones óptimas directamente, sino actúa como una herramienta de valoración que guía hacia la mejor solución. (p.32)

2.1.4.1. Fases para ejecutar un estudio de simulación

Torres (2013) indica que la simulación contempla más que solo la elaboracion y ejecución del modelo. A continuación, se describen las etapas:

Definir el problema, los requisitos y los objetivos. Es crucial comprender el problema en su contexto, identificar los objetivos que justifican y dirigen el proyecto de simulación. (p.35)

Diseño del modelo conceptual. Es necesario definir la lógica de las operaciones del modelo, considerando los elementos estructurales del sistema y el comportamiento de las entidades que forman parte del sistema. (p.35)

Recolección y análisis estadístico de datos. Se comienza a recoger los datos que serán analizados en esta etapa. (p.36)

Construcción del modelo de simulación. En esta etapa, un modelo de simulación es plasmado mediante un modelo conceptual preparado en la computadora, haciendo uso de las reglas del sistema elegido, como el software ProModel o Arena. (p.37)

Comprobación. En esta etapa se busca identificar y depurar fallos involuntarios en el modelo. (p.38)

Validación. Se especifica si el modelo conceptual rediseñado es fiel reflejo al sistema real de forma verídica. (p.38)

Prueba de simulación, ejecución de dicha prueba y análisis estadístico. Aquí se estructura lo que se desea averiguar. A través de los experimentos de simulación, se obtendrán respuestas de manera eficiente. (p. 39)

Disposición de documentos para la posterior exposición de resultados. Se efectúan recomendaciones para optimizar el sistema real basadas en los resultados del modelo de simulación. (p.41)

2.1.4.2. Beneficio y perjuicio de la simulación

Beneficio:

- La simulación permite comprender y experimentar con las interacciones complejas de un sistema en específico.
- Con la simulación, podemos examinar el impacto de cambios en el entorno o en la organización sobre el comportamiento del sistema.
- La observación descrita del sistema simulado otorga una comprensión más profunda del mismo.

- La experiencia obtenida por diseñar un modelo de simulación para computadora suele ser más beneficiosa que el modelo en sí.
- La simulación nos permite encontrarnos con nuevas situaciones donde no se dispone o se tiene muy poca información.

Perjuicio:

- Los modelos de simulación por computadora tienen un costo elevado y demandan tiempo para su desarrollo y posterior validación.
- Se necesitan ejecuciones de forma reiterativa para hallar "soluciones óptimas".
- Aceptar los modelos de simulación puede ser complicado en algunos casos.
- Los modelos de simulación no están diseñados para la optimización de forma directa (sino para el análisis).
- Suele haber limitaciones con la accesibilidad a todos del software necesario. (Vales, 2010, p.4)

2.1.5. Generación de números aleatorios

En cualquier modelo de simulación estocástico, intervienen una o más variables aleatorias. Ocasionalmente estas variables suelen seguir distribuciones de probabilidad que no son uniformes, ya sean teóricas o empíricas. Por ende, para simular estas variables, es recomendable disponer de un generador de números uniformes y una función que convierta estos números en valores de la distribución de probabilidad deseada haciendo uso de un método específico. Se tienen múltiples procedimientos para alcanzar este objetivo, entre los cuales los más difundidos y comunes se detallan a continuación(Coss, 2003, p.49)

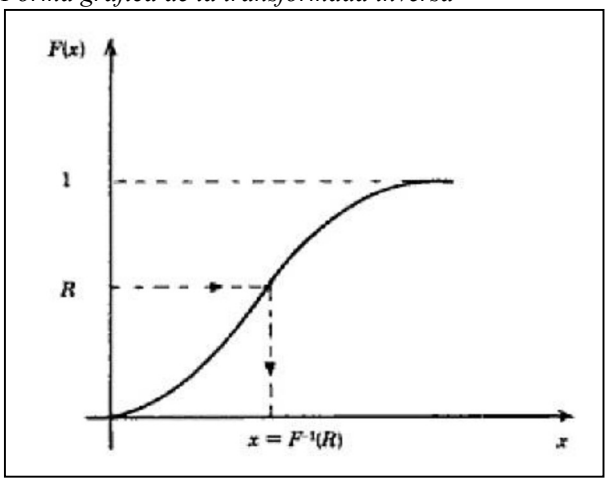
2.1.5.1. Método de la transformada inversa

El método de la transformada inversa emplea una función de distribución acumulada F(x) de la distribución que se desea recrear. Dado que F(x) está definida en el intervalo (0,1), es posible generar un número aleatorio uniforme R y determinar el valor de la variable aleatoria cuya distribución acumulada es idéntica a R. En otras palabras, el valor simulado de la variable aleatoria, que sigue una distribución de probabilidad f(x), se obtiene resolviendo la siguiente ecuación. (Coss, 2003, p.49)

$$F(x) = R \text{ ó } x = F^{-1}(R) \qquad (1)$$

El principal obstáculo de este método radica en que, ocasionalmente, es muy complicado hallar la función inversa. No obstante, una vez que se ha establecido esta función inversa, es posible obtener valores de la variable aleatoria que siguen el comportamiento de la distribución de probabilidad deseada mediante la generación de números aleatorios uniformes. (Coss, 2003, p.50)

Figura 2
Forma gráfica de la transformada inversa



Nota. Adaptado de *Simulación un enfoque práctico* (p.49), por Coss R., 2003, Limusa

2.1.5.2. Método del rechazo

Un procedimiento alternativo para la generación de números aleatorios de distribuciones de probabilidad no uniformes es el método de rechazo. Este método implica, primero, obtener un valor para la variable aleatoria y luego contrastar que este valor simulado tiene origen en la distribución de probabilidad en cuestión. Se utiliza en funciones continuas, especialmente cuando es complicado encontrar f(x) o su inversa. Se asume que f(x) está acotada y tiene un intervalo limitado. (Coss R., 2003, p.54)

La aplicación de este método implica las etapas a continuación:

a. Obtener dos números uniformes R_1 y R_2

b. Especificar el valor de la variable aleatoria x según larelación lineal de R_1 mostrada a continuación:

$$X= a + (b-a)\, R_1 \qquad (2)$$

c. Analizar la función probabilística para $x= a + (b-a)\, R_1$

d. Especificar si la desigualdad a continuación se cumple:

$$R_2 \leq f(a + (b\text{-}a)\, R_1)/M \qquad (3)$$

Se usa a $x = a + (b\text{-}a)\, R_1$ como valor simulado de la variable aleatoria si la respuesta es positiva. En caso contrario, es necesario repetir el paso 1 de forma reiterativa según sea requerida. (Coss, 2003, p.54)

La teoría que respalda este método se basa en que la probabilidad de que R_2 sea ≤ F(x)/M. Por lo tanto, si se elige un número aleatorio usando a $x = a + (b\text{-}a)\, R_1$ y rechazo si $R_2 > F(x)/M$, por lo tanto, la distribución probabilística de las x aceptadas será perfectamente f(x). Por otro lado, es conveniente señalar que, si todas las x fueran aceptadas, entonces el valor de x se encontraría uniformemente distribuida para a y b. (Coss, 2003, p.55)

2.1.5.3. Método de composición

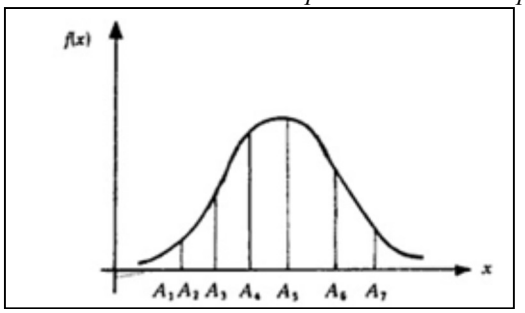
El método de composición es otra manera de obtener valores de variables aleatorias no uniformes. La distribución de probabilidad f(x) haciendo uso de este método se representa como una combinación de varias distribuciones de probabilidad f(x) elegidas cuidadosamente. (Coss, 2003, p. 56)

La secuencia de pasos para seleccionar f(x) se fundamenta en el objetivo de disminuir el tiempo de computación necesario para crear los valores de la variable aleatoria estudiada. (Coss, 2003, p. 56)

Coss (2003) señala que la secuencia de pasos necesarios para aplicar en la simulación de variables no uniformes este método se detalla a continuación:

a. Dividir la distribución de probabilidad considerada en un inicio en otras áreas más pequeñas, en la Figura 3 se ilustra. (p. 56)

Figura 3
División de la Probabilidad por método de Composición



Nota. Adaptado de *Simulación un Enfoque práctico* (p.56), Coss, R., 2003, Limusa.

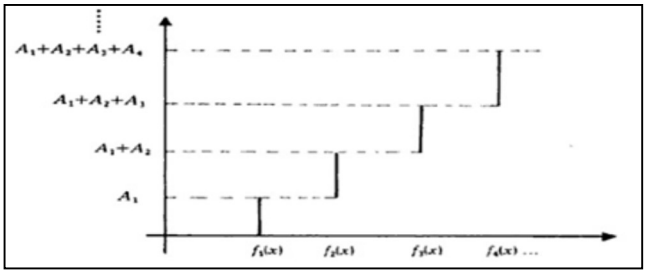
b. Para cada sub-área se debe especificar la distribución de probabilidad. (p. 57)

c. la distribución de probabilidad original de ser representada como la formula a continuación (p. 57)

$$f(x)=A_1f_1(x) + A_2f_2(x) +\dots A_nF_n(x) \text{ y } \Sigma A_i = 1 \qquad (4)$$

d. En las demás áreas se debe conseguir la distribución acumulada. (p. 57)

Figura 4.
Distribución Acumulada de las áreas



Nota. Adaptado de *Simulación un Enfoque práctico.* (p.57), por Coss, R.,2003, Limusa

e. Producir números uniformes para R_1, R_2 (p. 57)

f. Seleccionar la distribución de probabilidad f(x) que será usado para recrear el valor de x. La elección de esta distribución es realizada aplicando el método de la transformada inversa, el eje vertical, conocido como eje Y, se representa mediante la distribución acumulada de las áreas, y el eje X por las distribuciones f(x). Para esta elección se hace uso de el numero uniforme R1. (p. 57)

g. Hacer uso de un número aleatorio uniforme R2 es necesario para llevar a cabo simulaciones mediante el método de la transformada inversa, números de forma aleatoria que se comporten como la distribución de probabilidad f(x) elegida en la etapa previa. (p. 57)

2.1.6. Pruebas de aleatoriedad

2.1.6.1. Prueba de los promedios

Una de las funciones de densidad de probabilidad más sencillas es la distinguida al ser constante dentro del intervalo (0,1) y es cero fuera de este. La distribución conocida como uniforme o rectangular está descrita por esta función de densidad. Matemáticamente, la función de densidad uniforme es definida como sigue:

$$f(x) = \begin{cases} 1 \; si \; 0 \leq x \leq 1 \\ 0 \; si \; 0 > x > 1 \end{cases} \qquad (5)$$

En esta expresión, x es una variable aleatoria definida en el intervalo (0;1).

2.1.6.2. Prueba de frecuencias

La prueba de frecuencias es una de las pruebas fundamentales para evaluar la aleatoriedad de números pseudoaleatorios. Esta prueba divide el intervalo (0,1) en n sub intervalos y coteja la frecuencia observada con la frecuencia esperada en cada sub intervalo. En caso estas frecuencias son muy similares, se puede concluir que la muestra es originada de una distribución uniforme.

2.1.6.3. Prueba de la distancia

Es posible ser ejecutada teniendo en cuenta dos alternativas: primero teniendo en cuenta como dígitos a los números pseudoaleatorios generados o segundo como números reales.

2.1.6.4. Prueba de series

Es utilizada para verificar el nivel de aleatoriedad entre números sucesivos la prueba de series. Normalmente, esta evaluación consiste en emparejar números, que se consideran como coordenadas en un cuadrado unitario dividido en n^2 celdas. Este pensamiento es posible ser extendido a ternas de números pseudoaleatorios, representando puntos en un cubo unitario.

2.1.6.5. Prueba de poker

Esta prueba analiza individualmente los dígitos del número pseudoaleatorio generado. Considerando cinco dígitos en simultaneo y organizándolos en las categorías de par, dos pares, tercia, póker, quintilla, full y todos distintos esta prueba se lleva a cabo. Esto implica que los números pseudoaleatorios obtenidos tienen cinco dígitos cada uno, o en todo caso, si el número tiene más de cinco dígitos, únicamente se tienen en cuenta los primeros cinco.

2.1.7. Generación de variables absolutamente continuas

2.1.7.1. Distribución exponencial

(Vitoriano, 2012, p. 31) Considerando que la variable posee una distribución exponencial para $f(x) = 1 - e^{-\infty x}$ con $x \geq 0$ teniendo $1/\alpha$ la media de la distribución. Además teniendo un número aleatorio u con $f(x) = u$, posteriormente

$$x = -\ln(1-u)^{d}/\propto = -\ln(u)/\propto .$$

La distribución uniforme en todo intervalo (a, b) es otra aplicación directa de este método. En este caso, la función de distribución es $F(x) = x - a/b - a$ si x ∈(a, b) (1 para mayores valores y 0 para menores valores) y considerando un número aleatorio u como $F(x) = u$, se obtiene que

$$x = a + (b + a)u . \qquad (6)$$

2.1.7.2. Distribución de Weibull

Otra distribución a la que es posible aplicar este método de forma directa es la distribución de Weibull(α , β) es. La función de densidad de una distribución Weibull(α , β) de me$1/\propto \beta\,\Gamma(1/\alpha)$ $f(x) = \propto \beta^{\propto} x^{\propto-1} e^{-(\beta x)^{\propto}}$, x ≥ 0 , de ésta manera la función de distribución es obtenida directamen$F(x) = 1 - e^{-(\beta x)^{\propto}}, x \geq 0$. Por lo tanto, dado un valor aleatorio uniforme en (0,1), u, el valor obtenido se representa de la siguiente forma.

$$x = \frac{1}{\beta}[-\ln(1-u)]^{1/\propto d} = \frac{1}{\beta}[-\ln(u)]^{1/\propto} \qquad (7)$$

Por más que este procedimiento sea común, presenta una dificultad importante para su aplicación, la función de distribución debe ser conocida explícitamente previamente. Mediante una su función de densidad es la manera habitual de calificar una distribución absolutamente continua, por lo que se han desarrollado otros procedimientos teniendo como base esta función. (Vitoriano, 2012, p. 32)

2.1.7.3. Distribución normal

Para producir valores de una variable aleatoria con distribución N (μ, σ) solo es necesario dominar la generación de valores de la distribución N (0; 1), es bien sabido que multiplicando ésta por σ y sumando μ es posible obtener la distribución deseada. Por ende, todos los esfuerzos se centran en saber obtener los valores de la distribución N (0; 1). La función de distribución al no tener una expresión exacta, el método de la transformada inversa no es viable específicamente para este caso. (Vitoriano, 2012, p. 48)

2.1.7.4. Distribución log-normal

La derivación de la distribución normal da origen a la distribución log-normal, de modo que $Y = N(\mu, \sigma) \leftrightarrow X = e^{Y^d} = LN(\mu, \sigma)$. El método para calcular valores de una variable con distribución log-normal implica la generación de la normal asociada y luego calcular la exponencial correspondiente. Un dato complementario sobre esta distribución que puede ser útil es la varianza de la distribución y el valor esperado. Éstos son: (Vitoriano, 2012, p. 50)

$$E[X] = e^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}} \tag{8}$$

$$V[X] = e^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}}\left(e^{\sigma^2} - 1\right) = \left(e^{\sigma^2} - 1\right)E[X]^2 \tag{9}$$

2.1.7.5. Distribución beta

Mediante la transformación correspondiente, se demuestra que el siguiente algoritmo puede generar valores que siguen una distribución beta:

Iterar hasta que x y + ≤1

Generar u ∈ U (0,1). Hacer $x \leftarrow u^{1/\propto}$

Generar v ∈ U (0,1). Hacer $y \leftarrow u^{1/\beta}$

Hacer $x \leftarrow \frac{x}{x+y}$

Salida: X se distribuye según $beta(\propto, \beta)$ (Vitoriano, 2012, p. 51)

2.1.8. Test estadístico para los números pseudoaleatorios

Dado que cualquier variable aleatoria no uniforme (exponencial, normal, poisson, etc.) es generado a teniendo en cuenta números uniformes (0,1), el enfoque principal de los tests estadísticos debe estar relacionado con el generador de números pseudoaleatorios. Se cualquier carencia estadística en la distribución de una variable aleatoria no uniforme se debe principalmente al uso de un generador de números pseudoaleatorios deficiente. Se explican por otro lado, algunas de las numerosas pruebas estadísticas para evaluar la aleatoriedad de estos números pseudoaleatorios que se han desarrollado. (Coss, 2003, p.57)

2.1.8.1. Prueba de chi-cuadrado

El resultado de los datos se basa en el valor hallado de un valor crítico y la data empírica como resultado de la tabla de distribución chi-cuadrado. Si el valor hallado de x^2 es menos al valor crítico tomado de la tabla, entonces no se puede rechazar la distribución teórica (estándar) como una buena representación de la distribución empírica. Se basa en dos hechos el valor x^2 derivado de la data empírica:

En cada uno de los intervalos de clase es la frecuencia observada.

En una distribución teórica, la frecuencia esperada corresponde al mismo intervalo.

F_{oi} = en el i - ésimo intervalo de clase la frecuencia observada

F_{ei}= en el i - ésimo intervalo de clase la frecuencia esperada

K = todo el número de intervalos de clase.

Ejemplo:

Al utilizar diversas leyes de falla, hemos descubierto que la distribución exponencial tiene un rol crucial, por lo que es importante determinar si una muestra específica de tiempos de falla es originada de una distribución exponencial básica. Supongamos que se han evaluado 335 focos, y el resumen de la simulación en horas se muestra a continuación:

Tabla 1
Ejemplo de duración de chi-cuadrado
Nota.

DURACIÓN (HORAS)	0<=T<=100	100<=T<=200	200<=T<=300	300<=T<=400	t>500
Número	82	71	68	62	52

Adaptador de *Simulación un enfoque práctico.* (p.59), por Coss, R., 2003, Limusa

Se encontró que el promedio muestral de los tiempos de falla registrados era t=229,40 horas. Esta data apoya la hipótesis de que el tiempo se distribuye exponencialmente para las fallas.

Función exponencial:

$$f(t) = \propto e^{-\propto t}; \text{ en este caso } \propto = 1/t = 0{,}00436 \quad (10)$$

$$f(t) = 0{,}0043e^{-0{,}00436t} \quad (11)$$

Tabla 2

Chi-cuadrado mostrado en intervalos

Intervalos	Foi	fei=np	(Fei-Foi)/Fei
0-100	82	185,93	58,094
100-200	71	82,736	1,665
200-300	68	36,816	26,413
300-400	62	164,78	127,021
400-500	52	130,65	115,000
Total	335		

Nota. Adaptado de *Simulación un enfoque práctico.* (p.63), por Coss, R., 2003, Limusa

$$F(t) = 1^{-e \propto t} \tag{12}$$

$$X^2_{(teórico)} = X^2_{(k-m-1)} = X^2_{(5-1-1)} = X^2_{(3)} = 7{,}815 \tag{13}$$

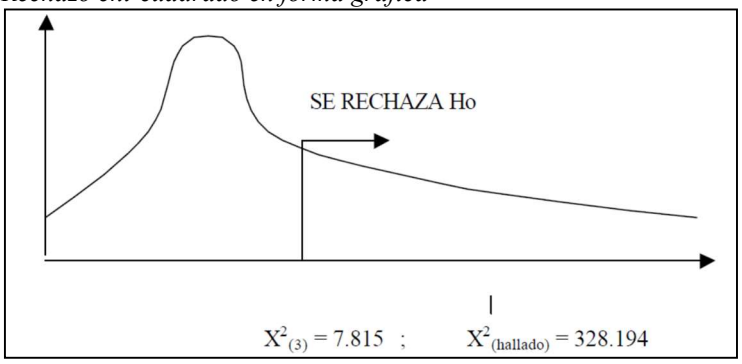
Para verificar, realizaremos una prueba de hipótesis:

Ho: a función exponencial son ajustados los datos.

H1: a función exponencial no son ajustados los datos.

Figura 5

Rechazo chi-cuadrado en forma gráfica



Nota. Adaptador de *Simulación un enfoque práctico.* (p.71), por Coss, R., 2003, Limusa

Dado que $X^2_{(teórico)} < X^2_{(hallado)}$ por ende es rechazado Ho, por ende, no hay pruebas adecuadas que permitan creer que los datos cumplen con una función exponencial. (Coss, 2003, p.58)

2.1.8.2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

En 1939 surgió otra prueba de ajuste de bondad. Para determinar la relación entre alguna distribución teórica particular y la distribución de datos empíricos de la muestra, se utiliza la prueba.

La prueba se ejecuta de la siguiente manera:

a. Se produce tanto de la distribución teórica como de los datos empíricos una distribución acumulativa

b. El intervalo de clase seleccionado debe poseer la mayor desviación absoluta entre las desviaciones observadas y teóricas, y se comparan

c. Los valores críticos de la tabla de Kolmogorov-Smirnov son comparados con la desviación.

Se acepta Ho si la desviación crítica tabulada es menos que la desviación observada; esto significa que ninguna diferencia significativa con los datos observados y la distribución teórica con ciertos parámetros son mostrados.

Ejemplificando:

Un proveedor nos proporciona su producto en no más de 17 días, pero su sondeo nos muestra la siguiente información:

Tabla 3

Tabla de frecuencia de días de entrega

Días de entrega de un pedido	Fo frecuencia
0-1	0
2-3	1
4-5	8
6-7	12
8-9	20
10-11	10
12-13	3
14-17	1

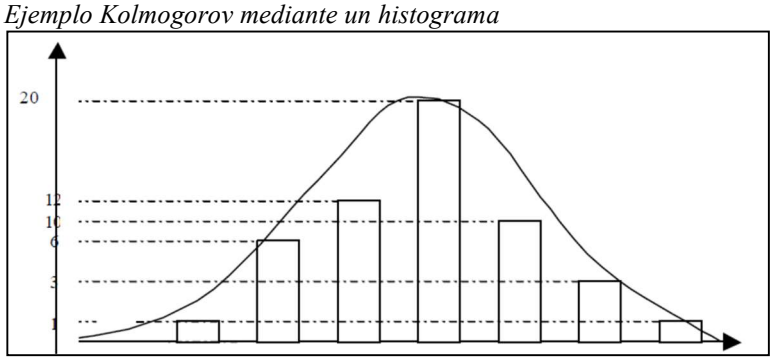
Nota. Adaptado de *Simulación un enfoque práctico.* (p.85), por Coss, R., 2003, Limusa

Los datos nos indican que la media u = 18 y la desviación estándar σ=2

Examinando la información como un histograma:

Figura 6

Ejemplo Kolmogorov mediante un histograma



Nota. Adaptado de *Simulación un enfoque práctico.* (p.90), por Coss, R., 2003, Limusa

Podemos observar con frecuencia que los datos actúan como una función normal.

Tabla 4

Desarrollo de frecuencias representado en tabla

INTERVALO	FD	FOA	POA	PEA	|POA-PEA|
0-1	0	0	0,00000	0,00000	0,00000
2-3	1	1	0,18000	0,00621	0,96800
4-5	8	9	0,26400	0,06810	0,07970
6-7	12	21	0,38200	0,30900	0,04750
8-9	20	41	0,74500	0,69790	0,00599
10-11	10	51	0,92700	0,93320	0,00025
12-13	3	54	0,92800	1,00000	0,00001
14-17	1	55	1,00000	1.00000	
			Máxima diferencia = 0.0968		

Nota. Adaptado de *Simulación un enfoque práctico.* (p.96), por Coss, R., 2003, Limusa

Se examinará mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos corresponden con una función normal.

H1: los datos no corresponden a una función normal.

$$Z_i = (Xi - u)/\partial \quad (14)$$

$$Z_i = (Ls - u)/\partial \quad (15)$$

Ls: Límite más alto de la diferencia máxima encontrada.

u = media ∂ = desviación estándar

$Zi = (5 - 8)/2 = -1{,}5$ (ver cual valor de probabilidad cumple en la tabla que z < -1,5)

Por defecto el nivel de significancia = 5 %

Grados de libertad = 55

En la tabla K- S encontramos el valor de d (teórico)

$$d_{(5\%,55)} = \frac{1{,}36}{(55)_{0.5}} = 0{,}1833 \qquad (16)$$

Con $d_{(teórico)} > d_{(hallado)}$ por lo tanto concluimos que:

No es rechazado Ho:

Una normal N (8; 4) coincide con la variable aleatoria "x: tiempo de entrega" (Coss, 2003, p.83)

2.1.9. Comparación de las pruebas Kolmogorov-Smirnov y chi-cuadrado

La prueba chi-cuadrado es válida para distribuciones continuas y discretas; también la prueba Kolgomorov-Smirnov (K-S) es válida únicamente en distribuciones continuas.

La prueba Kolgomorov-Smirnov es válida para cualquier tamaño de muestra, pero la prueba chi-cuadrado no es válida para muestras pequeñas.

Para la prueba chi-cuadrado, en general, es necesario al menos 100 observaciones como tamaño de muestra. (Coss, 2003, p.49)

2.1.10. Teoría de colas

Según Enciso (2011) La teoría de colas es un conjunto de modelos matemáticos que explican sistemas de colas o de línea de espera específicos. La teoría de colas también es el análisis matemático del comportamiento de las líneas de espera. En el momento que los "clientes" ingresan a un "lugar" y solicitan su atención a un "servidor", esto ocurre. (p. 14)

El Servidor, ubicado en una línea de espera, posee una cierta capacidad de atención al cliente. El tipo de servicio, el tiempo y la cantidad de servidores lo distinguen. (p. 14)

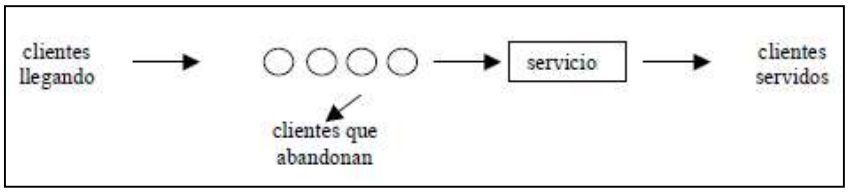
La persona que debe esperar en la línea de espera y recibir atención mediante una disciplina de colas es el cliente. Se distinguen por los lapsos de tiempo que dividen sus llegadas. (p. 14)

Una línea de espera que causa insatisfacción, ineficiencia, retrasos y otros problemas es una cola, lo que resulta en un gasto de tiempo y dinero. Evaluar el equilibrio entre el aumento del servicio y la longitud de las filas de espera es crucial. Es esencial comprender la conexión entre la cantidad de servidores en un sistema (o su eficacia) y el tiempo invertido en la cola (o el número de clientes en la misma). (p. 14)

Según García (2010) un sistema de colas es: los clientes llegan para solicitar un servicio y esperan que no sea inmediato; una vez que lo han recibido, se alejan del sistema. Si los clientes desisten de esperar, se puede aceptar que abandonan el sistema en algunos casos. (p. 5)

El término "cliente" no significa que sea un ser humano; puede referirse a una lista de tareas en una impresora en red que está esperando para imprimir o a piezas que están esperando su turno para ser procesada. (p. 5)

Figura 7
Un sistema de cola básico



Nota. Adaptado de *Teoría de colas* (p.5), por García, J., 2010, Grupo Rogle

2.1.10.1. Características de los sistemas de colas

Según García (2010) para explicar adecuadamente un sistema de colas, son seis las cualidades fundamentales que se deben utilizar:

a. Patrón de arribo de los clientes.

b. Patrón de servicio de los servidores.

c. Disciplina de cola.

d. Capacidad del sistema.

e. Número de canales de servicio.

f. Número de fases de servicio.

La población potencial de clientes es una característica séptima que algunos autores incluyen. (p. 7)

a. Patrón de llegada de los clientes

La llegada es estocástica en momentos de cola típicas, es decir, obedece a una variable aleatoria. En este caso, es necesario identificar la distribución probabilística entre dos llegadas de clientes. Además, debemos considerar si los clientes ingresan de manera simultánea o independiente. Es necesario establecer la distribución probabilística de estos en el segundo caso, es decir, si llegan lote. (p. 8)

Los clientes también podrían ser "impacientes". Es decir, que ingresen a la cola y si es muy extensa se retiren, también decidan abandonar después de esperar mucho tiempo en la cola. Para terminar, es probable que el patrón de llegada cambie con el paso del tiempo. Es estacionario si permanece sin variaciones; si, por ejemplo, cambia con el transcurrir de las horas es no-estacionario. (p. 8)

b. Patrón de servicio de los servidores

El tiempo de servicio de los servidores puede variar, lo cual requiere una función de probabilidad para definirlo. Por otro lado, pueden atender de manera individual o en lotes. (p.8)

El tiempo de servicio adicionalmente varía según la cantidad de clientes en la cola; si esto sucede, es conocido como patrones de servicio dependientes. El patrón de servicio puede ser no estacionario y cambiar con el tiempo, como el patrón de llegadas. (p.8)

c. Disciplina de cola

La forma en que los clientes de la cola se ordenan al ser servidos se conoce como disciplina de cola. Los siguientes son los modelos de colas más significativos:

FIFO (First-In-First-Out): el primer usuario que llega recibe el servicio, por lo que la cola está ordenada en función del orden de llegada de los usuarios. (p.8)

LIFO (Last-In-First-Out): el servicio se entrega al último que ha llegado; por lo tanto, la cola está ordenada en orden inverso al de llegada de los usuarios.

SIRO (Service-In-Random-Order): El usuario en espera se selecciona aleatoriamente para acceder al servicio. (p.9)

d. Capacidad del sistema

El número de clientes que pueden esperar en la cola está limitado en algunos sistemas. Se les conoce como situaciones de cola finitas. Esta restricción probablemente es vista como una reducción en la representación de la impaciencia de los consumidores. (p.9)

e. Número de canales de servicio

Es recomendable usar sistemas multiservidor con una sola línea de espera en lugar de una cola por servidor. Es así que al hablar de canales de servicio paralelos, se piensa en una cola que alimenta a múltiples servidores, por otro lado las colas independientes son como múltiples sistemas pero con un solo servidor. (p.9)

La Figura 7 muestra un sistema mono-canal, mientras que la Figura 8 muestra dos opciones de sistema multicanal. Primeramente se cuenta con una cola para cada canal, mientras que para el segundo se cuenta con una cola por cada canal.

Figura 8

Sistemas de cola multicanal

Nota. Adaptado de *Teoría de colas* (p.7), por García, J., 2010, Grupo Rogle

Se supone que los mecanismos de servicio funcionan de manera autónoma en ambos casos. (p.10)

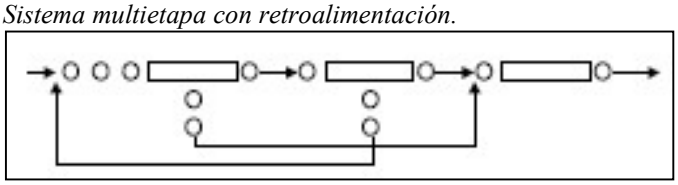
f. Número de etapas de servicio

Es posible tener un sistema de colas multietapa o unietapa. El cliente puede experimentar más de una etapa en los sistemas multietapa. Consideremos, que una peluquería es un sistema unietapa, salvo que haya servicios distintos (maquillaje, manicura) y además cada uno de ellos se desarrolle por un servidor distinto.

En sistemas de producción como controles de calidad y reprocesos, es posible permitir la vuelta atrás en algunos sistemas multietapa.

La Figura 9 ilustra un sistema multietapa (García, 2010, p.10)

Figura 9.
Sistema multietapa con retroalimentación.



Nota. Adaptado de *Teoría de colas* (p.8), por García, J., 2010, Grupo Rogle

2.1.11. Software para simulación de líneas de espera

2.1.11.1. Software Arena y Promodel

Según Arancibia, C. (2012) él afirma que: "Software Arena es un potente programa de simulación que nos permite examinar en profundidad factores como la productividad, la tasa de ocupacional, los tiempos muertos, etc." (p.13).

Para crear modelos de simulación en una variedad de campos, ofrece un entorno de trabajo integrado; unifica, en un entorno claramente entendible, todas las funciones mínimas requeridas para la creación de una simulación exitosa (animaciones, análisis de entrada, análisis salida de datos y validaciones del modelo). (p.13).

El uso de este sistema para desarrollar modelos de simulación ofrece varias ventajas, entre las cuales se detallan a continuación:

- Es una herramienta potente de simulación.
- Ofrece un entorno comprensible, diseñado específicamente para personas sin conocimientos de programación.
- Sus utilitarios son fáciles de usar.
- Su capacidad gráfica es excelente.
- Proporciona gran flexibilidad, permitiendo modelar como una gran fábrica de manufactura y como también la sala de espera de un centro hospitalario.
- Con productos de ofimática es compatible.

No obstante, software Arena cuenta con algunos puntos débiles, como:

- La compilación de un modelo elaborado en software Arena en cualquier otro programa de simulación resulta complicada. La razón fundamental de esto son las complicaciones al sincronizar los relojes con los programas.
- Hay muchas restricciones para la edición de los estudiantes.

- Este sistema ofrece poca documentación y ayuda; además, no es lo suficientemente claro y unos de sus ejemplos contienen errores. (Fábregas & Wadnipar, 2003, p.3)

Comprender los aspectos técnicos del simulador que se deben emplear en un proyecto de simulación es fundamental, como la capacidad de respuesta, el tiempo de desarrollo y la calidad de los resultados, y otros. Es esencial comprender qué rasgos son cruciales en cuanto a los costos y demás factores que afectan el éxito de un proyecto de simulación. Evaluando dos de las herramientas comerciales más populares en este campo, Promodel y Arena, se evaluará y analizarán sus características. (Doncel y Torres, 2005, p.1)

- El lenguaje de programación de los simuladores varía: Arena indica la línea de programación donde se muestra el error, mientras que Promodel solo indica de manera global donde se encuentra una falla, es así que se requiere una completa revisión del modelo en su conjunto para ubicar la línea en la que se encuentra el error. (p.6)
- La visualización del modelo en Arena facilita su ensamble porque permite ver la definición del proceso de manera secuencial en forma de flujograma; Promodel no tiene esta bondad, por lo que el proceso debe definirse directamente sobre el layout. (p.6)
- El simulador de Promodel ofrece la posibilidad de modificar los parámetros sin ser necesario volver a crear todo el modelo o de resguardar varias copias, algo que es necesario con su similar Arena si se necesita trabajar con más de un escenario. (p.6)
- En comparación con Promodel, todas las tareas que se deseen asignar deben programarse; sin embargo, Arena tiene módulos predeterminados que reducen el tiempo de montaje del modelo. (p.6)
- Mientras que en Promodel se tienen que crear las variables a analizar para conseguir los resultados esperados, por defecto software Arena asigna variables, como los tiempos de ciclo y el wip. (Torres, M., 2005, p.6)

2.1.12. Definición de número de réplicas

"Ejecutar más de una réplica de forma independiente es un método fundamental para incrementar la fiabilidad de los resultados. Cuando se trata de simulación estocástica, es necesario siempre tener múltiples e independientes réplicas del modelo." (Torres, 2013, p.245)

"La dimensión del experimento de simulación se determinará con los parámetros obtenidos al compilar el modelo con un número preliminar de réplicas (n): El número utilizado de réplicas determina la distribución a ser usada." (Torres, 2013, p.245)

n<30 $$\boldsymbol{N = \left[\frac{t_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)} * S_{(n)}}{e}\right]^2} \quad (17)$$

n>30 $$\boldsymbol{N = \left[\frac{Z_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)} * S_{(n)}}{e}\right]^2} \quad (18)$$

N: El número necesario de réplicas para que el modelo alcance el deseado nivel de confianza.

n: Muestra inicial (cantidad de réplicas iniciales)

S(n): Los datos de la muestra inicial (n) proporcionaron el valor estimado de la desviación estándar σ.

e: Error que estamos dispuestos a tolerar entre la media estimada $\bar{X}(n)$ y la media verdadera μ (Media teórica).

$t_{(n-1,1-\frac{\infty}{2})}$: El valor de tabla de la distribución t de Student, que tiene n-1 grados de libertad, y el parámetro ∞ definen la probabilidad de que el error entre la media verdadera μ y la media estimada $\bar{X}(n)$ exceda en una cantidad determinada "e".

$Z_{\left(1-\frac{\infty}{2}\right)}$ Es un valor en la tabla de distribución, donde ∞ es la probabilidad de que el error entre la media verdadera μ y la media estimada $\bar{X}(n)$ sobrepasará en una cantidad determinada "e".

Para la media verdadera los intervalos de confianza

Para la media verdadera un intervalo de confianza es un intervalo de valor que se calcula partiendo de los datos de la muestra y se estima que incluya la media verdadera con un valor de probabilidad específico, conocido como nivel de confiabilidad o confianza. (Torres, 2013, p.246)

$$n<30 \quad \bar{X} \pm t_{(n-a,1-\infty/2)}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{n}} \tag{19}$$

$$n>30 \quad \bar{X} \pm Z_{(n-a,1-\infty/2)}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{n}} \tag{20}$$

"Según este intervalo, podemos estar tan seguros de que el parámetro de la media es verdadero o está dentro de nuestro intervalo calculado." (Torres, 2013, p.246)

Factor de precisión

"El HalfWidth es la mitad del ancho del intervalo de confianza y representa un factor de precisión" (Torres, 2013, p.246)

$$\text{HalfWidth} = \frac{L_s - L_i}{2}$$

HalfWifth: Mitad del ancho del intervalo de confianza para u

Ls: Extremo superior en un intervalo de confianza

Li: Extremo inferior en un intervalo de confianza (Torres, 2010, p.215)

2.2. Definición de términos

Atributo: Torres (2010) afirma que: "Son variables exclusivamente relacionadas con las entidades; acumulan información o valores sobre cada entidad" (p.49).

Recursos: Torres (2010) afirma que: "Son los medios para poder llevar a cabo las tareas o actividades. Para realizar las tareas, brindan el apoyo de maquinaria, equipamiento, personal y facilidades" (p.21).

Entidad: Torres (2010) afirma que: "Son los elementos que pasan por el sistema con el fin de ser procesados o recibir un servicio. El orden, el costo, la preferencia, el status y otros factores pueden definir las entidades" (p.20).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El siguiente estudio es de tipo descriptiva y de diseño no experimental.

Para describir lo que se estudia, los estudios descriptivos miden, evalúan o recopilan datos sobre una variedad de conceptos, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno en estudio. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, p.102)

3.2. Población y muestra

Se pudo determinar una población de 1500 pedidos durante el viernes, sábado y domingo que representan la población en periodo de alta demanda aproximadamente, estos pedidos son recolectados en el horario de atención al público del establecimiento que inicia a las 12:00 p.m. y finaliza a las 10:00 p.m.

3.2.1. Población

Se considera como población a los pedidos de los días con mayor índice de pedidos en la semana y están por una mayor afluencia de clientes en el establecimiento. La población estará determinada por los pedidos realizados durante un fin de semana considerando los días viernes, sábado y domingo, realizado desde 28 al 31 de octubre del año 2016.

3.2.2. Muestra

Para la obtención de la dimensión de la muestra se trabajará con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N*Z_{\alpha}^2*p*q}{d^2*(N-1)+Z_{\alpha}^2*p*q} \qquad (15)$$

Con el objetivo de conseguir una representativa muestra, se usará un nivel de confianza del 95 %, asumiendo un error muestral del 5 %, lo que representa un tamaño de muestra de 306 clientes.

Dónde:

N = Total de la población (1500 pedidos por fin de semana)

Z= Nivel de confianza (1,96 para un nivel de confianza del 95 %)

p = proporción esperada (como no se tiene información se usará el valor 0,5)

q = 1 – p (1 – ,5 = ,5)

d = error muestral (5 % = ,05)

3.3. Instrumentos y métodos para la recolección de datos

La técnica de observación fue utilizada para recopilar los datos y contrastación de información con la base de datos de Kankas restaurant. El establecimiento cuenta con cámaras de seguridad, en los 03 niveles que permite tener un control total del movimiento de clientes mientras permanecen en el establecimiento, se registraron los datos de 03 días en un fin de semana (viernes, sábado y domingo) durante el horario de atención al cliente de 12:00 p.m. a 10:30 p.m.

Los datos que se registraron son:

- El número de clientes que consumen en el establecimiento, en adelante denominado cliente A
- El número de clientes que buscan comprar productos para llevar, en adelante denominado cliente B.
- El número de colaboradores (21)
- El tiempo de arribo del cliente A
- El tiempo de arribo del cliente B
- El tiempo del arribo del cliente A en determinada zona de atención.
- El tiempo usado por el cliente A al realizar el pedido del producto que va a consumir al mozo.
- El tiempo cuando el pedido solicitado por el cliente A es entregado en su totalidad en mesa.
- El tiempo final de servicio por mozo.
- El tiempo inicial de servicio en el área de caja.

- El tiempo final de servicio en el área de caja.
- El tiempo que tarda el área de despacho en hacer entrega del pedido solicitado por el cliente B.

La herramienta utilizada es la ficha de observación del proceso de atención al público en Kankas, se encuentra en el Anexo 04.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Dado el volumen de datos que se deben analizar para efectuar la simulación, es esencial evaluar cómo se comportan estos datos. Esto permitirá verificar si se ajustan a una distribución estadística, lo cual es crucial para generar las entidades en el modelo de simulación.

Se analizaron datos obtenidos del día 22 de octubre del 2016 en horario de atención al público de 12:00 pm. a 10:30 pm.

Los datos obtenidos son mostrados en el Anexo 02.

3.4.1. Procesamiento de datos

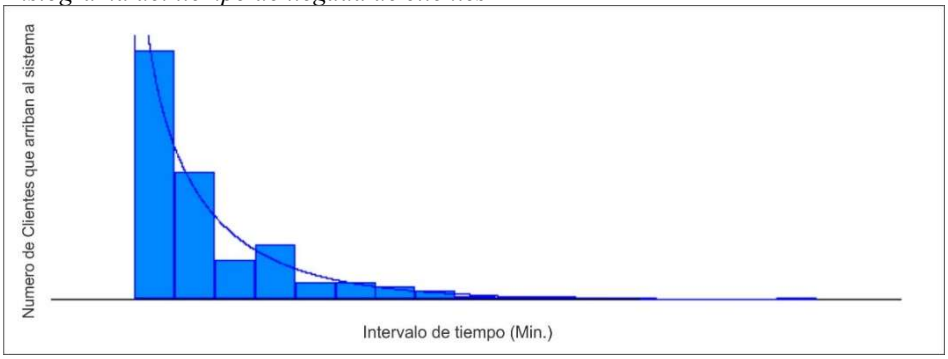
Haciendo uso del software Arena, contiene un módulo "Input Analyzer" que permite obtener la conducta de una serie de datos y conocer la distribución estadística que mejor se ajuste a estos. Mediante esta herramienta procederemos a detectar las distribuciones que permitirán la generación de las entidades en el modelo de simulación.

3.4.1.1. Análisis de los periodos de llegada para los clientes A

Denominamos periodos de llegada a la frecuencia de los clientes tipo A que ingresan al establecimiento Kankas.

Figura 10

Histograma del tiempo de llegada de clientes A



Haciendo uso del análisis de datos con la herramienta Arena 14,00 obtenemos los siguientes datos:

Distribución: Weibull

Expresión: -0.001 + WEIB(1.67, 0.838)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

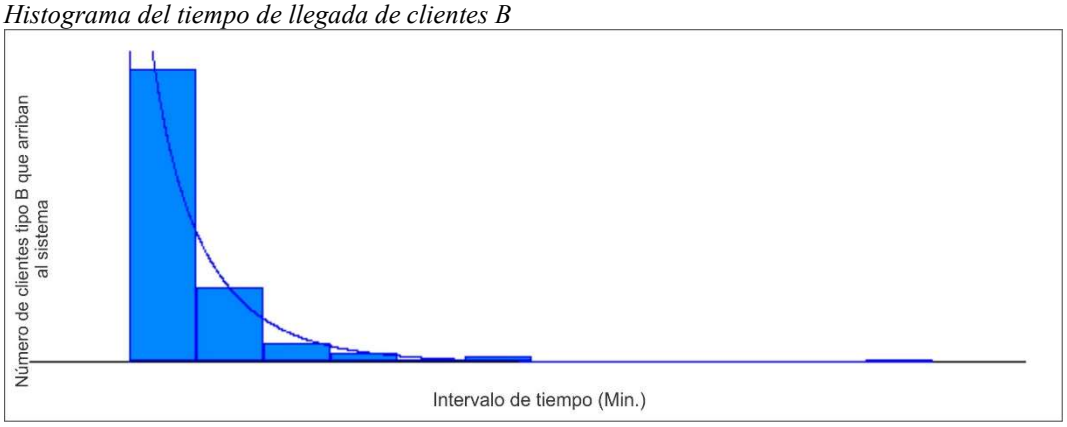
Prueba estadística = 0,0309

3.4.1.2. Análisis de los periodos de llegada para los clientes B

Denominamos periodos de llegada a la frecuencia de los clientes tipo B que ingresan al establecimiento Kankas para dirigirse directamente a caja y realizar su pedido para llevar.

Figura 11

Histograma del tiempo de llegada de clientes B



Haciendo uso del análisis de datos con la herramienta Arena 14.00 obtenemos los siguientes datos:

Distribución: Weibull

Expresión: -0,001 + WEIB(3,57; 0,874)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

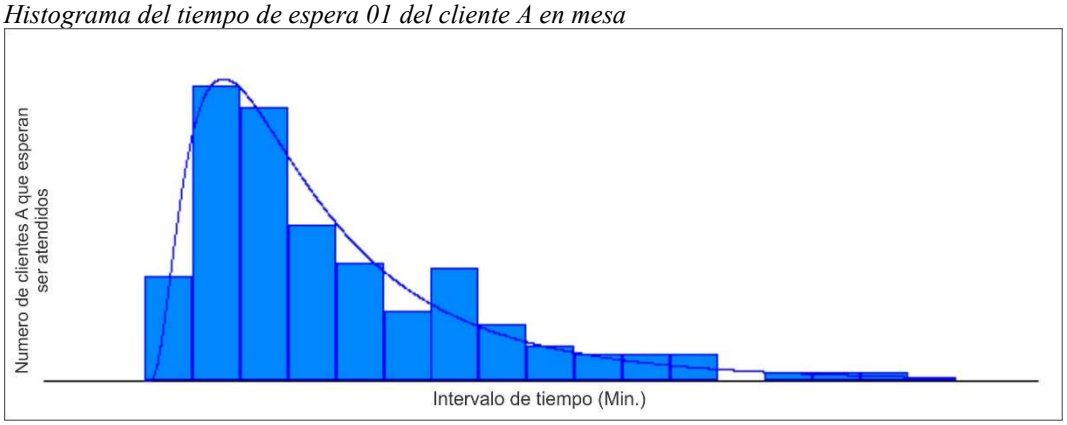
Prueba estadística = 0,081

3.4.1.3. Análisis del periodo de espera 01 del cliente A

Denominamos periodo de espera 01 al espacio de tiempo que el cliente A debe esperar en mesa hasta el momento que un mozo procede a tomar nota del pedido del cliente.

Figura 12

Histograma del tiempo de espera 01 del cliente A en mesa



Haciendo uso del análisis de datos con la herramienta Arena 14.00 obtenemos los siguientes datos:

Distribución: Lognormal

Expresión: Lognormal(3,89; 3,62)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

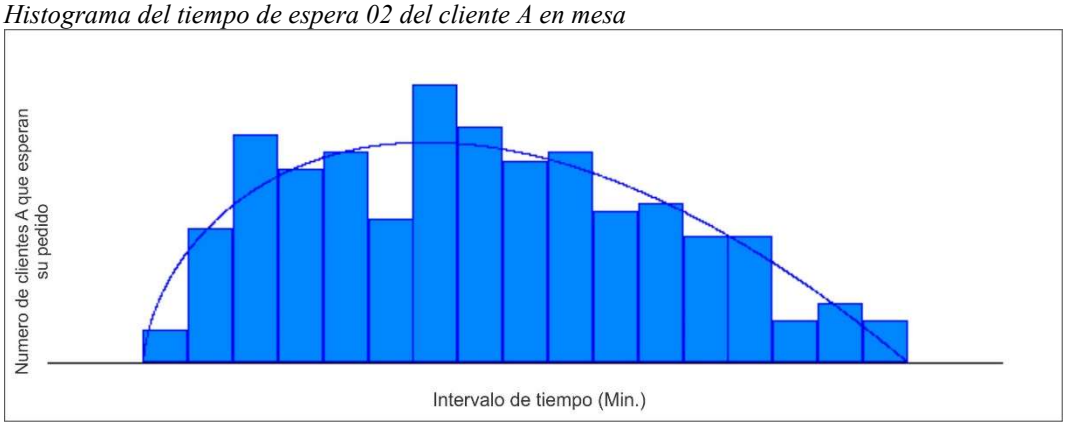
Prueba estadística = 0,052

3.4.1.4. Análisis del periodo de espera 02 del cliente A

Denominamos periodo de espera 02 al espacio de tiempo que el cliente A debe esperar en mesa desde el momento que un mozo tomo nota del pedido del cliente hasta el instante que el pedido fue entregado en su totalidad al cliente.

Figura 13

Histograma del tiempo de espera 02 del cliente A en mesa



Haciendo uso del análisis de datos con la herramienta Arena 14.00 obtenemos los siguientes datos:

Distribución: Beta

Expresión: 1 + 25 * BETA(1,58; 1,98)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

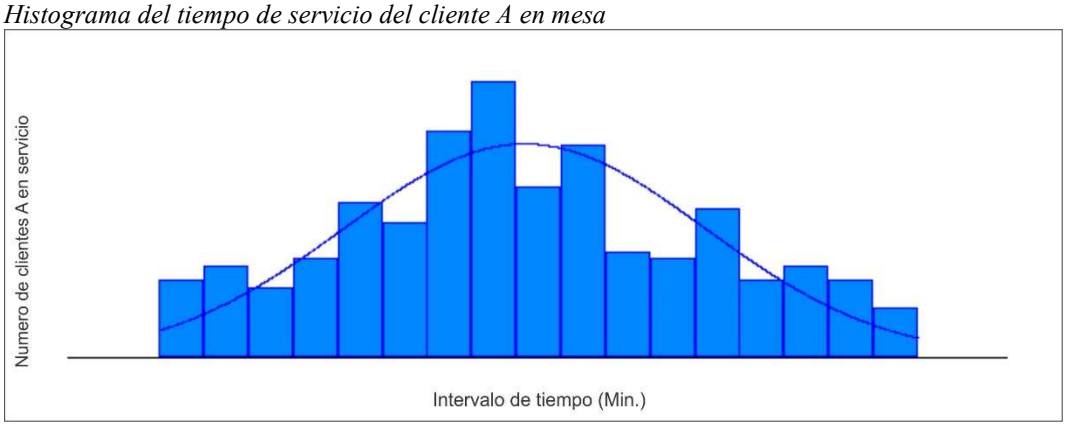
Prueba estadística = 0,0347

3.4.1.5. Análisis del periodo de atención del cliente A

Denominamos periodo de espera 03 al espacio de tiempo que el cliente A puede degustar completamente del pedido solicitado a su mozo.

Figura 14

Histograma del tiempo de servicio del cliente A en mesa



Haciendo uso del análisis de datos con la herramienta Arena 14.00 obtenemos los siguientes datos:

Distribución: Normal

Expresión: NORM(28,9; 14,3)

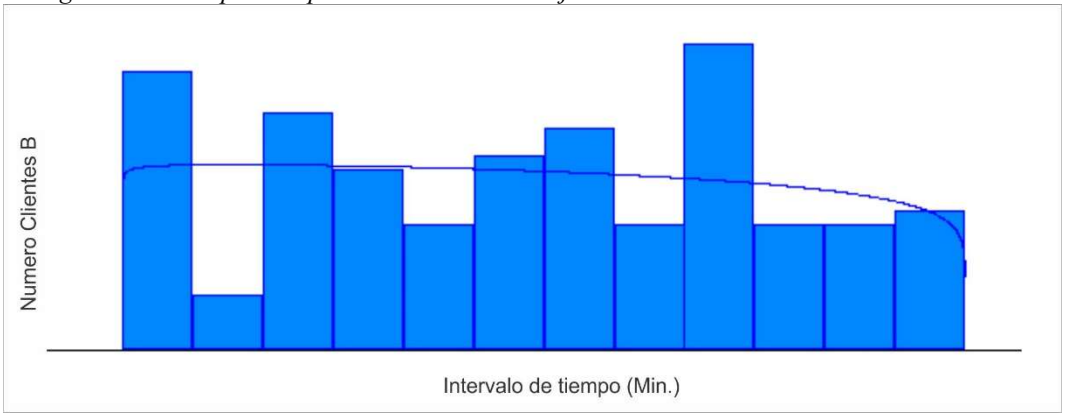
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Prueba estadística = 0,0479

3.4.1.6. Análisis del periodo de espera en el área de caja cliente B

Denominamos periodo de espera en caja al espacio de tiempo donde el cliente B forma una línea de espera para ser atendido en el área de caja.

Figura 15
Histograma del tiempo de espera del cliente B en caja



Distribución: Beta

Expresión: BETA(1,02; 1,10764)

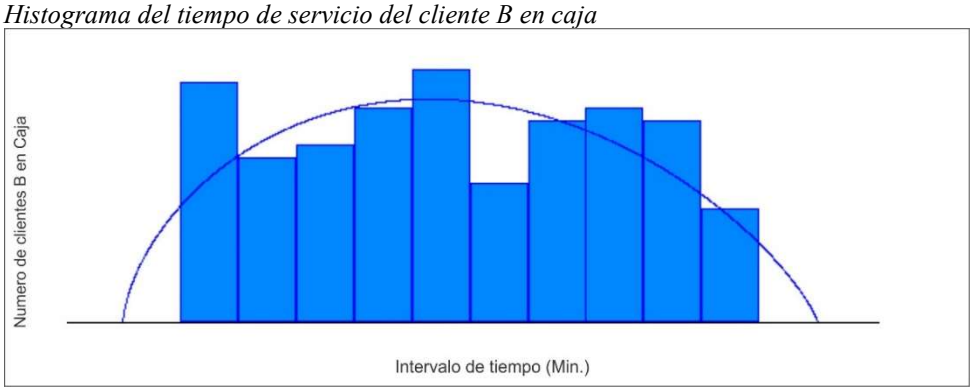
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Prueba estadística = 0,005

3.4.1.7. Análisis del periodo de servicio en área de caja cliente B

Denominamos periodo de servicio en caja al espacio de tiempo donde el personal de caja de Kankas toma nota del pedido solicitado por el cliente.

Figura 16
Histograma del tiempo de servicio del cliente B en caja



Haciendo uso del análisis de datos con la herramienta Arena 14.00 obtenemos los siguientes datos:

Distribución: Beta

Expresión: 0,34 + 0.91 * BETA(1;62; 1,79)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

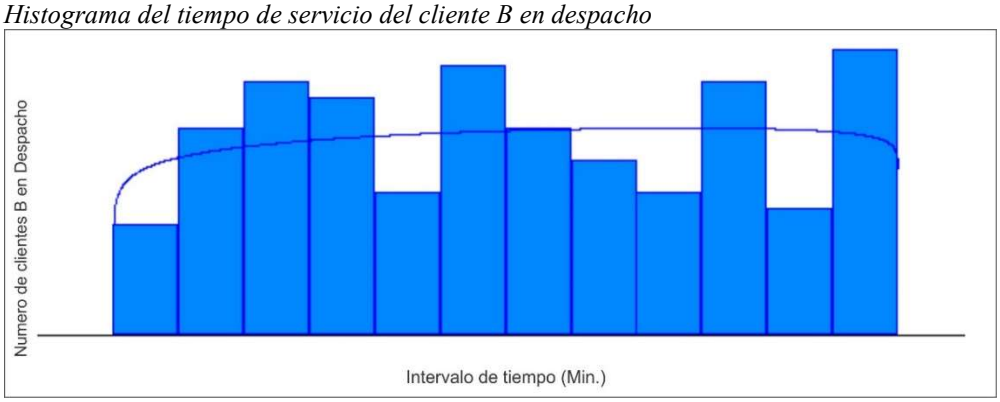
Prueba estadística = 0,066

3.4.1.8. Análisis del periodo de servicio en la zona de despacho del cliente B

Denominamos periodo de servicio en la zona de despacho al espacio de tiempo donde el personal de despacho de pedidos para llevar le hace entrega de lo solicitado por el cliente.

Figura 17

Histograma del tiempo de servicio del cliente B en despacho



Haciendo uso del análisis de datos con la herramienta Arena 14.00 obtenemos los siguientes datos:

Distribución: Beta

Expresión: 1 + 4 * BETA (1,09; 1,03)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Prueba estadística = 0,0488

3.4.2. Selección de pruebas estadísticas

Se emplea la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov para evaluar el ajuste de bondad de los tiempos de llegada, tiempos de espera y tiempo de servicio.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1. Identificación de componentes del flujo de atención

4.1.1. Entidades

Se identificaron 02 tipos de clientes que ingresan al sistema frecuentemente y se serán objeto de estudio.

Tabla 5
Tipos de cliente

Tipo cliente	Tipo servicio
cliente A	Consumo en mesa
cliente B	Consumo para llevar

4.1.2. Recursos

Se identificaron los 98 recursos que intervienen en el sistema detallados en el siguiente cuadro.

Tabla 6
Tipos de recursos

Nro.	Área	Cantidad
1	caja	2 personas
2	despacho	1 persona
3	mesas	95 mesas

4.1.3. Colas

Muestran el tiempo que los clientes deben esperar antes de que un recurso del sistema les brinde atención. Se identifican tres tipos de colas: dos en el área de mesas para la toma de pedidos y una en el área de la caja.

Cola por toma de pedido en el área de mesas: tiempo que los clientes deben esperar antes de que su solicitud de pedido sea atendida por un mozo asignado a la zona ocupada.

Cola por recepción de pedido en el área de mesas: tiempo que los clientes deben esperar luego de haber sido atendido su pedido hasta que el producto sea entregado en mesa.

Cola en el área de caja: tiempo que los clientes deben esperar para realizar un pedido bajo la modalidad "para llevar" o realizar el pago por el consumo realizado en el establecimiento.

4.1.4. Estaciones

Las estaciones están determinadas por un espacio físico que agrupa cierta cantidad de recursos donde las entidades luego de ingresar al sistema se dirigen hacia ellas. El modelo cuenta con tres estaciones: estación de atención al público, estación de caja y estación de despachos.

Estación de atención al público: Considera todas las zonas disponibles para atención al público durante los periodos de alta demanda en Kankas, en el primer piso se cuenta con 05 zonas y 19 mesas disponibles, cada zona es asignada a un mozo. La Tabla 7 muestra la distribución en el primer nivel de Kankas

Tabla 7
Distribución de mesas por zona primer nivel

Primer piso				
zona 01	**zona 02**	**zona 03**	**zona 04**	**zona 05**
mesa 01	mesa 05	mesa 09	mesa 13	mesa 17
mesa 02	mesa 06	mesa 10	mesa 14	mesa 18
mesa 03	mesa 07	mesa 11	mesa 15	mesa 19
mesa 04	mesa 08	mesa 12	mesa 16	

En el segundo nivel se cuenta con 38 mesas distribuidas en 09 zonas, cada zona es asignada a un mozo, la distribución de mesas es mostrado en la Tabla 8.

Tabla 8
Distribución de mesas por zona en segundo nivel

Segundo nivel								
zona 06	**zona 07**	**zona 08**	**zona 09**	**zona 10**	**zona 11**	**zona 12**	**zona 13**	**zona 14**
mesa 20	mesa 25	mesa 29	mesa 33	mesa 37	mesa 41	mesa 46	mesa 50	mesa 54
mesa 21	mesa 26	mesa 30	mesa 34	mesa 38	mesa 42	mesa 47	mesa 51	mesa 55
mesa 22	mesa 27	mesa 31	mesa 35	mesa 39	mesa 43	mesa 48	mesa 52	mesa 56
mesa 23	mesa 28	mesa 32	mesa 36	mesa 40	mesa 44	mesa 49	mesa 53	mesa 57
mesa 24					mesa 45			

En el tercer nivel se cuenta con 36 mesas distribuidas en 07 zonas, cada zona es asignada a un mozo, la distribución de mesas se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9
Distribución de Mesas por zona en tercer nivel

Tercer nivel						
zona 15	**zona 16**	**zona 17**	**zona 18**	**zona 19**	**zona 20**	**zona 21**
mesa 59	mesa 66	mesa 72	mesa 78	mesa 82	mesa 86	mesa 91
mesa 60	mesa 67	mesa 73	mesa 79	mesa 83	mesa 87	mesa 92
mesa 61	mesa 68	mesa 74	mesa 80	mesa 84	mesa 88	mesa 93
mesa 62	mesa 69	mesa 75	mesa 81	mesa 85	mesa 89	mesa 94
mesa 63	mesa 70	mesa 76			mesa 90	mesa 95
mesa 64	mesa 71	mesa 77				
mesa 65						

Estación de caja: Contempla el área de caja, donde se concentran los recursos de caja.

Estación de despacho: Contempla la zona donde se concentran los recursos de despachos y se realizan los despachos de los pedidos realizados en el área de caja bajo la modalidad “para llevar” por los clientes B.

4.2. Diagrama de flujo de atención de clientes

Figura 18

Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 01

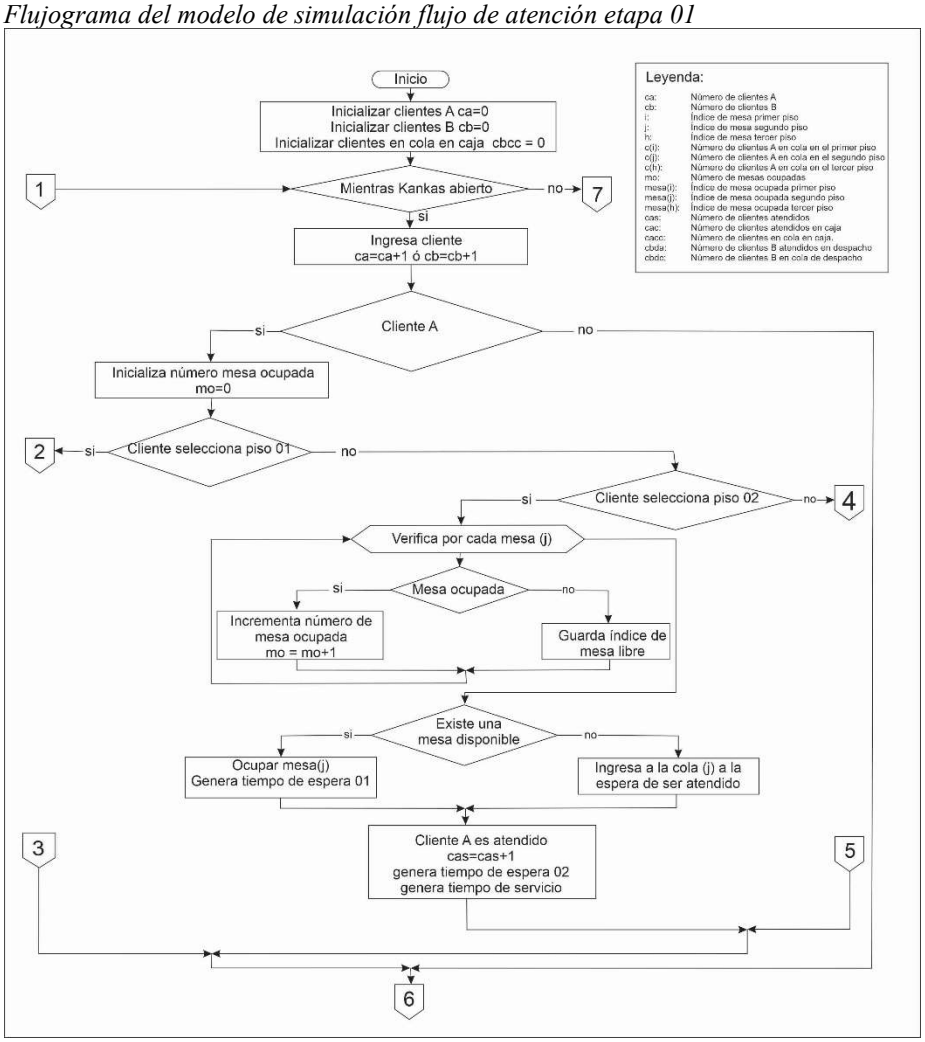


Figura 19

Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 02

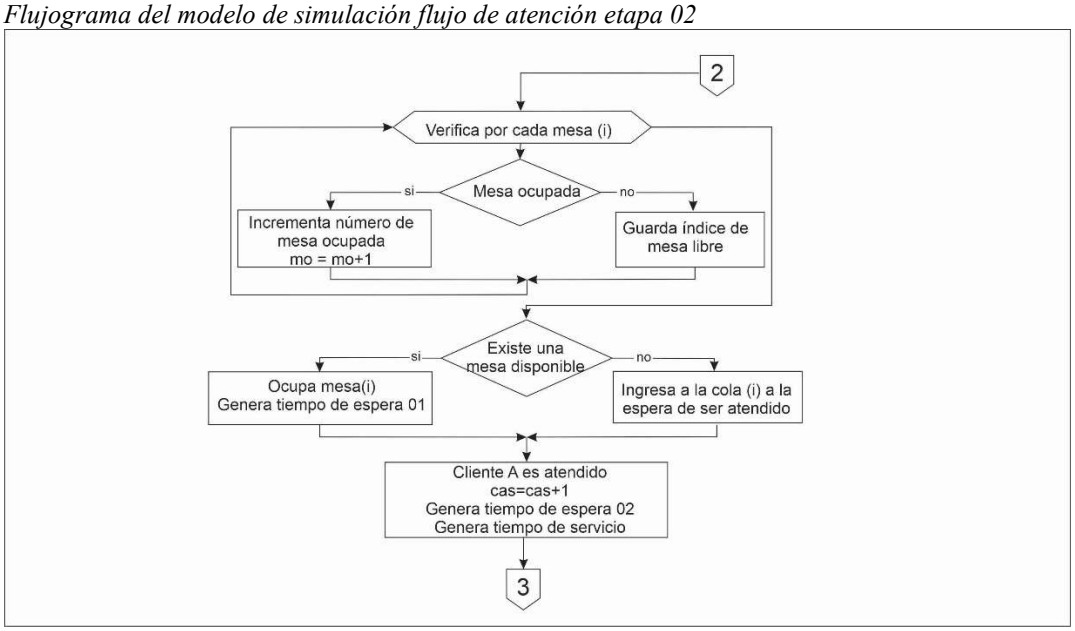


Figura 20

Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 02

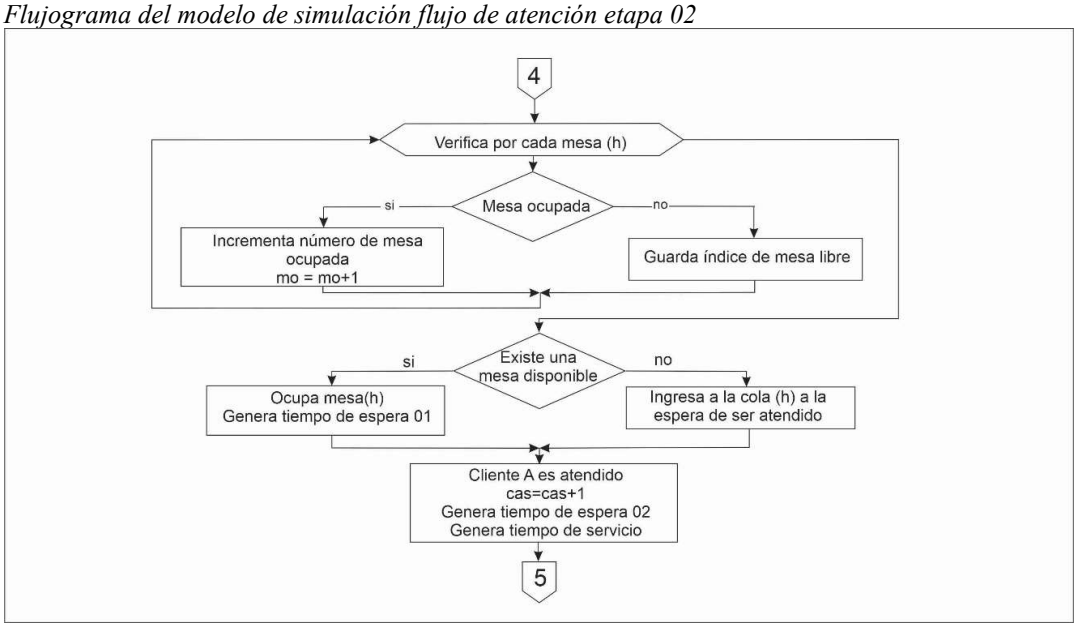
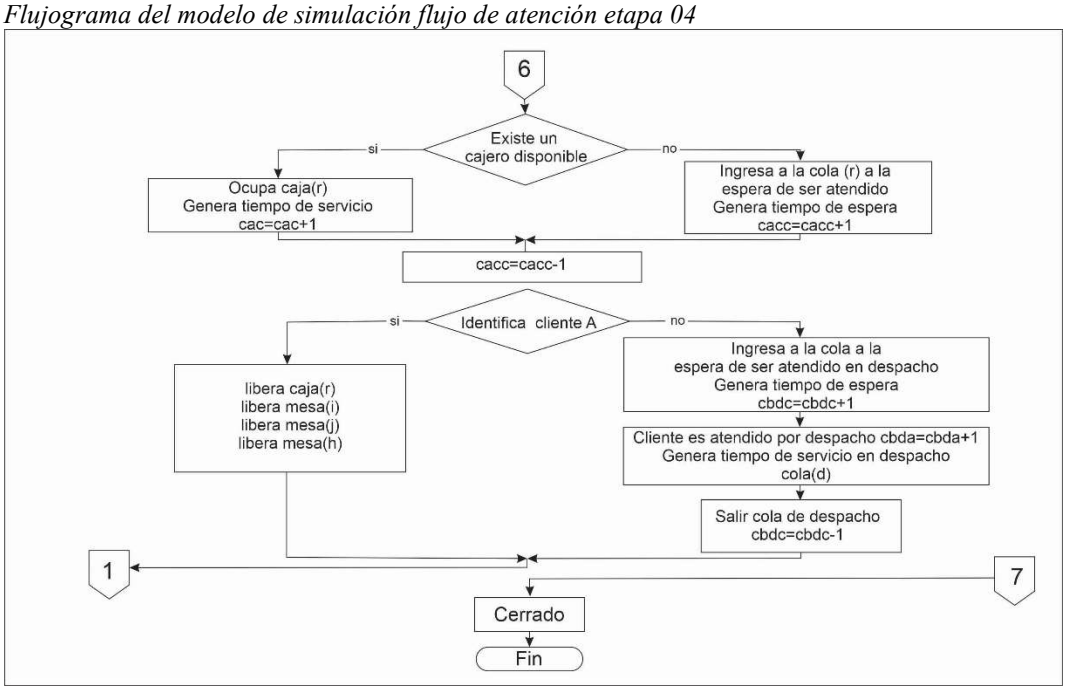


Figura 21

Flujograma del modelo de simulación flujo de atención etapa 04



4.3. Descripción del modelo de simulación

Figura 22

Modelo de simulación flujo de atención

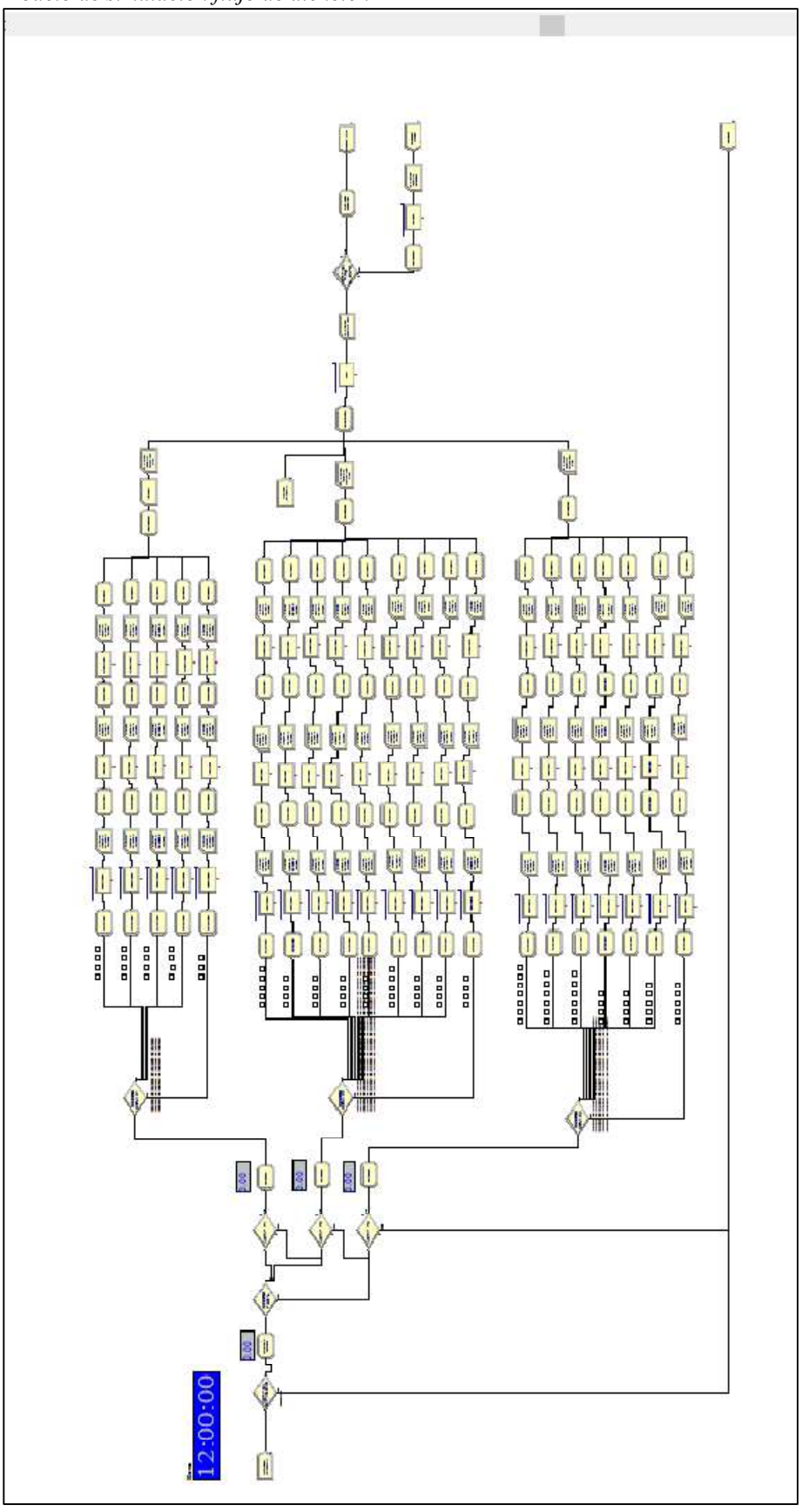


Figura 23

Modelo simulación arribo cliente A

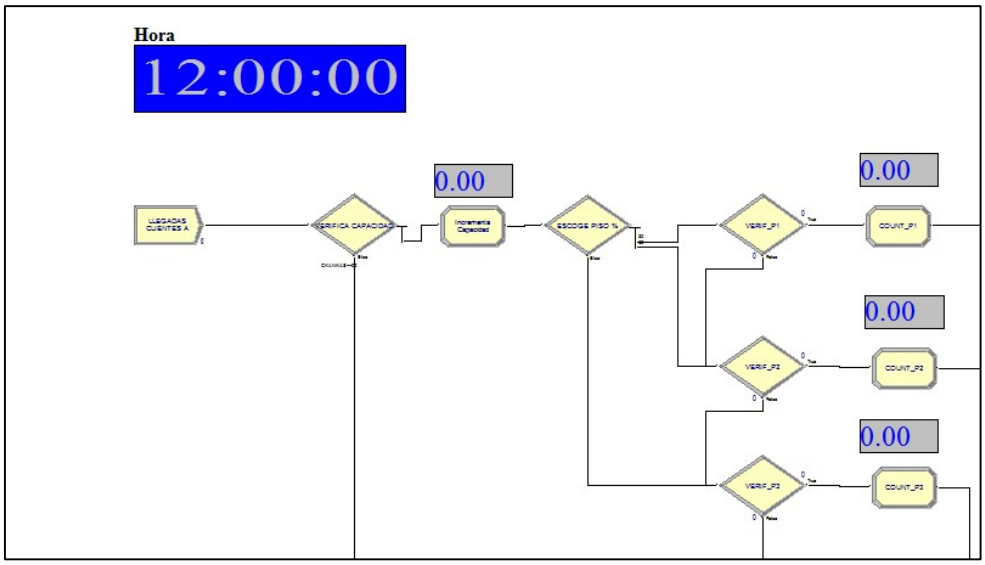


Figura 24

Modelo simulación estación primer piso

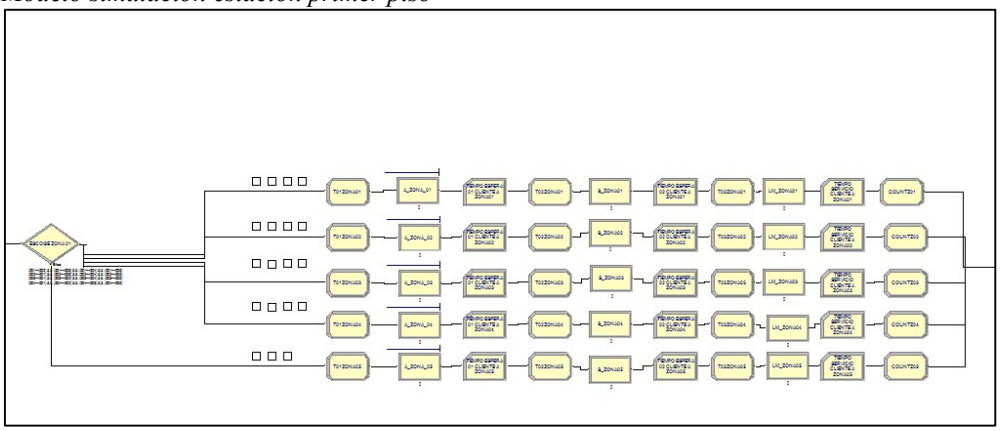


Figura 25

Modelo simulación estación segundo piso

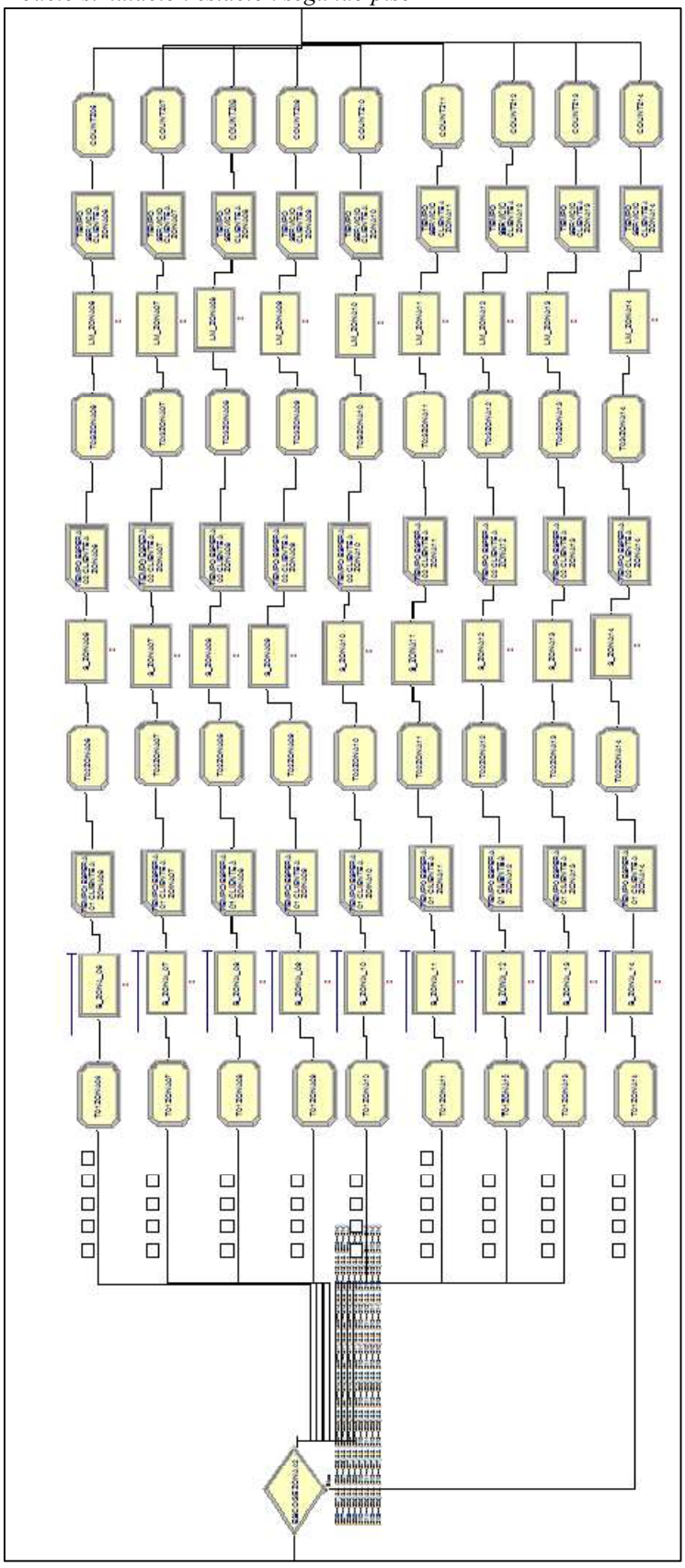


Figura 26

Modelo simulación estación tercer piso

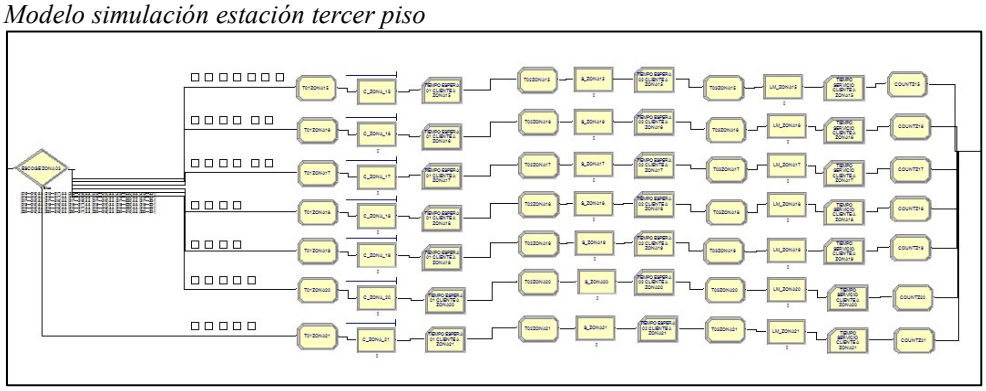
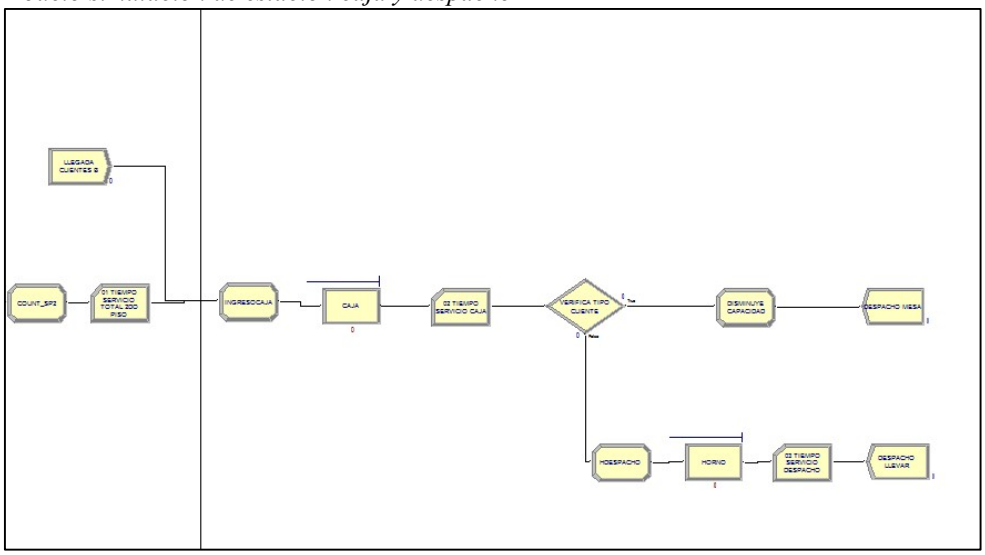


Figura 27

Modelo simulación de estación caja y despacho



4.4. Prueba de ajuste de bondad de Kolgomorov-Smirnov

4.4.1. Recolección de información de tiempo entre llegadas de clientes A

a) Levantamiento de datos

Tabla 10

Datos de tiempos entre llegadas de clientes A

N°	Tiempo	N°	Tiempo	N°	Tiempo	N°	Tiempo	N°	Tiempo
1	0,0000	63	0,1333	125	0,3833	187	4,9000	249	1,2167
2	6,8500	64	0,1167	126	0,5833	188	0,0500	250	6,4667
3	0,5833	65	0,2833	127	3,9333	189	4,7167	251	3,2333
4	0,5667	66	0,8833	128	1,6833	190	1,0333	252	0,9833
5	1,6833	67	1,1833	129	1,9500	191	3,1167	253	1,0167
6	2,1167	68	3,0000	130	0,7833	192	1,4000	254	0,6333

7	0,6000	69	0,4833	131	3,8667	193	0,9167	255	3,5333
8	2,9333	70	0,1667	132	0,2500	194	1,7667	256	0,1333
9	0,1167	71	4,6833	133	0,8500	195	3,6833	257	6,1500
10	0,3333	72	0,2500	134	2,2500	196	2,0500	258	0,5500
11	5,6000	73	1,6833	135	0,1333	197	1,2500	259	0,2833
12	3,7000	74	0,9000	136	1,6167	198	0,4000	260	3,3667
13	2,8833	75	3,3333	137	0,0500	199	2,2167	261	1,0333
14	0,0167	76	0,9000	138	2,7000	200	9,4833	262	0,0167
15	0,4167	77	1,4500	139	2,4333	201	0,3167	263	0,7833
16	0,1167	78	1,1000	140	1,1500	202	4,3000	264	0,7000
17	0,1167	79	0,0833	141	5,6167	203	0,0500	265	0,0167
18	0,0000	80	0,0333	142	2,7667	204	0,3333	266	0,3500
19	2,9667	81	0,6000	143	0,4667	205	8,4667	267	4,3833
20	0,7333	82	0,3833	144	0,7333	206	3,5167	268	1,2000
21	0,7667	83	2,0500	145	7,4667	207	1,4000	269	0,5000
22	4,9833	84	1,3333	146	0,8167	208	0,8667	270	0,6000
23	1,8667	85	0,1333	147	0,0667	209	0,0333	271	1,5333
24	0,9667	86	1,2000	148	3,4667	210	0,1667	272	0,5500
25	0,9167	87	2,9500	149	4,6833	211	2,1667	273	1,7167
26	1,7000	88	1,7000	150	4,1500	212	1,6667	274	2,5167
27	0,2500	89	3,6500	151	11,9333	213	0,5000	275	6,1667
28	1,0500	90	0,5667	152	0,1000	214	0,1333	276	1,4333
29	0,2000	91	2,1500	153	1,7667	215	0,4000	277	3,5333
30	1,7667	92	3,3833	154	0,3000	216	0,3000	278	1,8667
31	2,4167	93	0,1500	155	1,1333	217	1,3833	279	0,3167
32	0,7000	94	0,1667	156	0,1500	218	0,9167	280	1,3333
33	1,2833	95	0,1500	157	0,5500	219	1,7000	281	4,8500
34	1,6167	96	1,4167	158	0,1500	220	0,0167	282	0,9667
35	1,4000	97	2,1833	159	0,0333	221	1,1833	283	2,0333
36	0,1000	98	0,0000	160	1,4000	222	2,7167	284	0,3167
37	4,5833	99	0,3167	161	1,6333	223	0,0667	285	0,4833
38	2,1333	100	0,5167	162	1,7167	224	0,4167	286	3,2167
39	1,8833	101	0,8667	163	0,8000	225	1,6667	287	1,5833
40	0,2000	102	0,2667	164	0,5667	226	0,2167	288	1,2333
41	4,3333	103	0,3000	165	7,5667	227	0,5000	289	0,4833

42	0,3500	104	0,9833	166	5,7333	228	5,6333	290	1,7000
43	1,6000	105	0,3333	167	5,9000	229	0,7167	291	0,7333
44	0,6333	106	1,2500	168	15,8500	230	1,0667	292	0,2500
45	2,9333	107	0,2333	169	0,0833	231	5,2667	293	1,2667
46	0,8000	108	0,5167	170	1,2833	232	5,4833	294	8,5667
47	0,2167	109	1,4333	171	10,3500	233	0,3000	295	0,2000
48	0,4167	110	0,4000	172	3,2667	234	1,8500	296	0,1333
49	0,4167	111	0,6333	173	7,2500	235	0,0333	297	0,3333
50	0,5833	112	0,9000	174	1,4167	236	6,6833	298	2,7333
51	2,8833	113	0,0500	175	11,0167	237	0,9667	299	1,6667
52	0,3000	114	0,8500	176	3,0167	238	0,6333	300	3,0000
53	0,0833	115	3,6167	177	6,9000	239	1,4000	301	1,5667
54	1,6333	116	3,3833	178	3,0833	240	1,9333	302	4,6167
55	0,8833	117	0,0500	179	0,1667	241	0,0833	303	1,1167
56	0,2833	118	1,9667	180	5,8667	242	0,1833	304	0,9667
57	0,3833	119	1,5000	181	3,7000	243	0,5000	305	6,5167
58	1,1333	120	0,2500	182	1,6500	244	1,6333	306	5,0833
59	1,1500	121	3,4500	183	2,8333	245	0,0500	307	
60	1,7167	122	3,6833	184	0,5667	246	3,4167	308	
61	2,1667	123	0,1500	185	0,4000	247	0,1500	309	
62	0,4833	124	0,3500	186	0,1167	248	1,6500	310	

b) Clasificación de datos

La Tabla 11 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo total entre llegadas de los clientes A, basándose en una muestra de 306 clientes.

Tabla 11
Clasificación de datos tiempos entre llegadas clientes A

Información estadística de tiempos	
N	306 clientes
Media	1,84
Mediana	1,11
Moda	0,12
Desv. Típica	2,20
Max	15,85 min.
Min	0 min.
Rango	15,85 min.
Long-inter	2 min.

La Tabla 12 detalla los intervalos de tiempo y la frecuencia correspondiente de los tiempos entre llegadas para los clientes A.

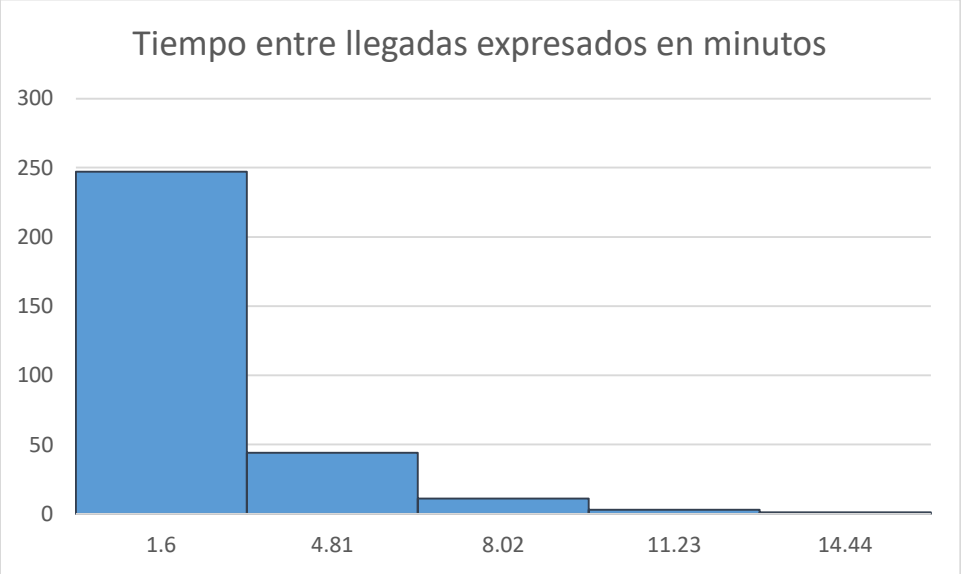
Tabla 12
Distribución de frecuencias de tiempos entre llegadas de clientes A

N°	lim inferior	lim superior	marca clase	fi	Fi	hi	F %
1	0	3,2	1,6	247	247	0,8072	80,72
2	3,21	6,41	4,81	44	291	0,1438	14,38
3	6,42	9,62	8,02	11	302	0,0359	3,59
4	9,63	12,83	11,23	3	305	0,0098	0,98
5	12,84	16,04	14,44	1	306	0,0033	0,33
				306			100,00

c) Gráfica de histograma

La Figura 28 presenta el histograma de los tiempos entre llegadas del cliente A al sistema, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución exponencial.

Figura 28
Histograma de los tiempos entre llegadas del cliente A



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función exponencial.

H1: los datos no se adecuan a una función exponencial.

Se trabaja con nivel de significancia del α= ,05

Grados de libertad = 306

Determinamos el valor de D(hallado) según tabla: 0,0251

Determinamos el valor de D(teórico) en la tabla K- S:

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{306} = \mathbf{0,077}$$

Como $D_{(teórico)} > D_{(hallado)}$ entonces podemos inferir que los datos de tiempo de llegada siguen una distribución exponencial.

4.4.2. Recolección de información sobre tiempo entre llegadas de clientes tipo B

a) Levantamiento de datos

Tabla 13
Datos de tiempos entre llegadas de clientes B

N°	Tiempo	N°	Tiempo	N°	Tiempo	N°	Tiempo	N°	Tiempo
1	0,0000	32	1,4167	63	2,1500	94	5,7167	125	5,1000
2	2,9833	33	1,8167	64	0,7667	95	0,2167	126	1,3500
3	0,8167	34	1,6500	65	6,7500	96	5,5333	127	0,5333
4	0,9167	35	2,1167	66	0,1333	97	2,4333	128	0,2167
5	2,3000	36	2,1167	67	0,6667	98	0,0833	129	0,6500
6	1,7333	37	0,0333	68	1,3667	99	0,5500	130	0,9500
7	0,5333	38	3,7333	69	3,6333	100	0,8500	131	2,6167
8	6,2000	39	0,6833	70	5,0167	101	8,9667	132	2,2500
9	4,9333	40	0,6667	71	6,5500	102	0,6500	133	0,4333
10	3,3000	41	1,0167	72	15,1000	103	7,8500	134	2,9667
11	1,4333	42	2,2167	73	23,6667	104	0,4667	135	6,0500
12	1,3500	43	0,1333	74	4,4500	105	0,8833	136	0,7667
13	1,3000	44	0,7667	75	15,2000	106	3,1167	137	2,6833
14	2,8000	45	1,9333	76	52,4667	107	4,4667	138	1,6000
15	2,1500	46	0,1333	77	10,0833	108	0,9000	139	1,8167
16	2,3667	47	1,6667	78	2,5500	109	3,0500	140	4,1167
17	1,0500	48	2,2167	79	3,5333	110	9,1167	141	0,6833
18	12,4167	49	3,4500	80	10,1333	111	5,1500	142	0,3667
19	4,4833	50	2,9167	81	0,6833	112	1,3333	143	6,1500
20	2,6500	51	4,3333	82	1,5667	113	8,2167	144	9,6333
21	0,6500	52	1,1667	83	1,1667	114	5,1667	145	16,3500
22	1,0167	53	3,4500	84	0,7500	115	1,3833	146	2,6833
23	1,6833	54	1,0167	85	19,5000	116	1,6833	147	1,8167
24	3,5500	55	0,0333	86	0,8167	117	3,4000	148	2,0667
25	0,6667	56	4,4667	87	1,9167	118	8,4000	149	25,3333
26	6,8667	57	6,5333	88	0,5667	119	3,3000	150	4,4667
27	3,0667	58	0,4333	89	2,7667	120	1,5333	151	5,5167
28	4,6500	59	6,0500	90	3,3500	121	1,7000	152	0,6000

29	1,9167	60	1,1500	91	5,2167	122	0,1167	153
30	3,1833	61	3,9333	92	7,6333	123	1,9833	154
31	0,9667	62	4,3667	93	10,8500	124	5,9333	155

b) Clasificación de datos

La Tabla 14 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo entre llegadas de clientes B basándose en una muestra de 152 clientes.

Tabla 14
Clasificación de datos de tiempos entre llegadas de clientes B

Tiempo entre llegadas cliente B	
N	152 clientes
Media	3,86
Mediana	2,18
Moda	1,82
Desv, Típica	5,66
Max	52.47 min.
Min	0.00 min.
Rango	52.47 min.
Long-inter	6.68 min.

En la Tabla 15 se muestran los intervalos de tiempo y la frecuencia de cada uno de ellos de los tiempos entre llegadas para clientes B.

Tabla 15
Distribución de frecuencias de tiempos entre llegadas de clientes B

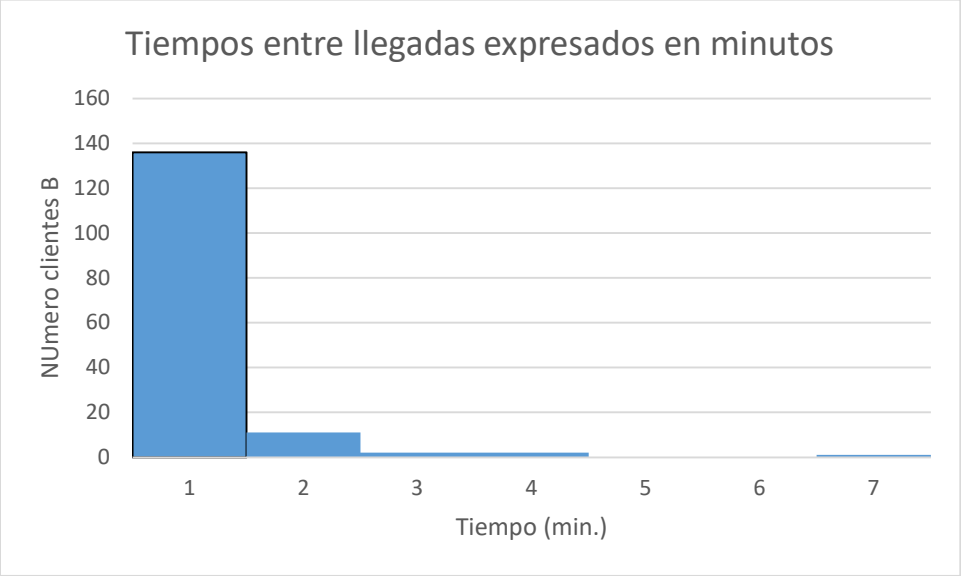
N°	lim inferior	lim superior	marca clase	Fi	Fi	hi	F %
1	0	7,86	3,93	136	136	0,89	89,47
2	7,87	15,73	11,8	11	147	0,07	7,24
3	15,74	23,6	19,67	2	149	0,01	1,32
4	23,61	31,47	27,54	2	151	0,01	1,32
5	31,48	39,34	35,41	0	151	0,00	0,00
6	39,35	47,21	43,28	0	151	0,00	0,00
7	47,22	55,08	51,15	1	152	0,01	0,66
			total	152		1	100

c) Gráfica de histograma

La Figura 29 presenta el histograma de los tiempos entre llegadas del cliente B al sistema, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución exponencial.

Figura 29

Histograma de los tiempos entre llegadas de clientes B



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función exponencial.

H1: los datos no se adecuan a una función exponencial.

Se trabaja con nivel de significancia del α= ,05

Grados de libertad = 152

Determinamos el valor de D(hallado) según tabla: 0,0827

Determinamos el valor de D(teórico) en la tabla K-S:

4.4.3. Recolección de información sobre tiempo de espera 01 a clientes A en mesa

a) Levantamiento de datos

Tabla 16

Datos de tiempos de espera por toma de pedido en cliente A

N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera
1	1,2000	63	2,0000	125	9,2333	187	5,8000	249	4,6167
2	0,6333	64	1,7167	126	9,4667	188	2,4667	250	5,5333
3	0,7000	65	2,3500	127	3,4667	189	1,2333	251	1,4833
4	1,1500	66	1,2500	128	6,8667	190	12,7000	252	1,1333
5	0,8167	67	3,7167	129	1,2500	191	1,4167	253	5,3500

6	1,5167	68	2,5000	130	4,1833	192	8,6167	254	6,4667
7	1,2000	69	2,0000	131	6,2167	193	1,3167	255	2,3500
8	1,4833	70	4,1667	132	6,5333	194	2,0000	256	2,4333
9	0,8333	71	1,2833	133	3,0667	195	1,1667	257	7,8333
10	0,5667	72	1,7833	134	2,5000	196	11,1167	258	7,2167
11	1,1167	73	2,8500	135	6,0167	197	1,5833	259	5,2667
12	8,2000	74	6,2500	136	1,8333	198	0,9833	260	3,9667
13	1,2500	75	4,6833	137	3,0333	199	5,7167	261	3,3000
14	1,3000	76	9,4667	138	7,5500	200	12,9833	262	3,3833
15	0,8333	77	2,0333	139	1,0500	201	1,4667	263	10,7000
16	0,9833	78	1,8333	140	2,2833	202	6,2000	264	8,0833
17	0,4500	79	3,9333	141	1,5500	203	11,1000	265	3,2167
18	0,9000	80	10,1333	142	6,0333	204	5,2000	266	6,7333
19	2,2000	81	4,7833	143	5,4167	205	5,6000	267	6,7000
20	3,5500	82	1,8000	144	6,6667	206	4,6333	268	5,5667
21	2,5667	83	3,0000	145	1,9333	207	8,8667	269	2,3500
22	2,4000	84	1,6000	146	1,9000	208	6,1833	270	10,3500
23	1,1000	85	6,4667	147	2,0500	209	5,3500	271	4,4000
24	0,6500	86	4,2167	148	0,6000	210	3,5333	272	4,2667
25	0,5667	87	3,0000	149	1,3000	211	5,7833	273	1,7000
26	6,3333	88	4,6833	150	3,0500	212	8,5833	274	3,7667
27	3,7000	89	9,0667	151	3,3000	213	8,1167	275	6,4500
28	7,1167	90	2,7833	152	2,7167	214	3,0833	276	14,6667
29	5,3667	91	4,6667	153	14,8667	215	1,6500	277	3,6833
30	4,9500	92	4,6833	154	2,4000	216	7,2667	278	7,9500
31	1,7167	93	1,6500	155	4,8333	217	0,3667	279	4,3333
32	1,5333	94	2,1667	156	1,0833	218	8,7333	280	2,5500
33	2,4000	95	1,9167	157	1,6500	219	7,1833	281	5,9000
34	0,8500	96	15,2333	158	2,2333	220	7,1833	282	6,3167
35	1,1833	97	1,5667	159	2,6667	221	5,9833	283	3,6833
36	3,0333	98	4,0333	160	0,8333	222	3,5333	284	4,1667
37	0,8000	99	7,9167	161	4,8500	223	5,4333	285	6,2667
38	0,6833	100	10,6833	162	1,9500	224	3,7500	286	1,7667
39	0,7000	101	2,1500	163	3,8000	225	2,7833	287	2,2333
40	2,7667	102	13,2500	164	3,9333	226	1,8000	288	1,9000
41	1,6500	103	2,1667	165	2,8167	227	10,7000	289	4,2500
42	0,9833	104	0,5167	166	6,1333	228	3,0000	290	3,4000
43	1,7167	105	1,6500	167	2,0667	229	10,4833	291	3,5667
44	3,2833	106	1,2167	168	1,2500	230	5,5000	292	3,6333
45	6,0000	107	2,3000	169	1,1000	231	1,2667	293	2,9667
46	2,7667	108	3,2833	170	2,4167	232	2,1333	294	1,6333
47	1,1667	109	2,2333	171	3,2167	233	1,5000	295	0,8333
48	2,3333	110	3,0167	172	1,9333	234	4,1500	296	1,3667
49	1,3500	111	2,7167	173	2,4833	235	2,1167	297	1,9167
50	0,3333	112	6,1667	174	1,1333	236	1,7500	298	5,9500
51	4,0333	113	2,7833	175	3,4000	237	7,0667	299	2,5833

52	1,2667	114	2,3333	176	1,8500	238	4,2167	300	1,8333
53	0,5833	115	2,9667	177	1,9000	239	7,7000	301	1,2000
54	4,2167	116	2,9000	178	3,0833	240	6,5833	302	0,5667
55	1,4333	117	2,7833	179	1,7833	241	5,7667	303	1,9000
56	4,7000	118	2,7500	180	4,2167	242	3,8000	304	1,2333
57	2,6333	119	6,9333	181	1,6667	243	6,7333	305	0,5167
58	2,4333	120	1,6667	182	2,7000	244	6,8500	306	13,6667
59	1,4833	121	3,5333	183	2,4167	245	6,4000		
60	10,1333	122	1,0833	184	0,2333	246	5,0333		
61	2,1000	123	2,3833	185	5,7000	247	9,9000		
62	2,3167	124	2,2000	186	2,1667	248	3,7167		

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{152} = \mathbf{0,1103}$$

Como $D_{(\text{teórico})} > D_{(\text{hallado})}$ entonces se concluye que: los datos de tiempo de llegada si provienen de una distribución exponencial.

b) Clasificación de datos

La Tabla 17 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo de espera que se dan durante la toma de pedido en mesa para clientes A basándose en una muestra de 306 clientes.

Tabla 17
Clasificación de datos de tiempos de espera de toma de pedido cliente A

Tiempo de espera 01 en mesa	
N	306 clientes
Media	3,81
Mediana	2,78
Moda	1,65
Desviación típica	2,94
Max	15,23 min
Min	0,23 min.
Rango	15 min.
Long-inter	4,89 min.

En la Tabla 18 se muestran los intervalos de tiempo y la frecuencia de cada uno de ellos de los tiempos de espera de clientes A por toma de pedido.

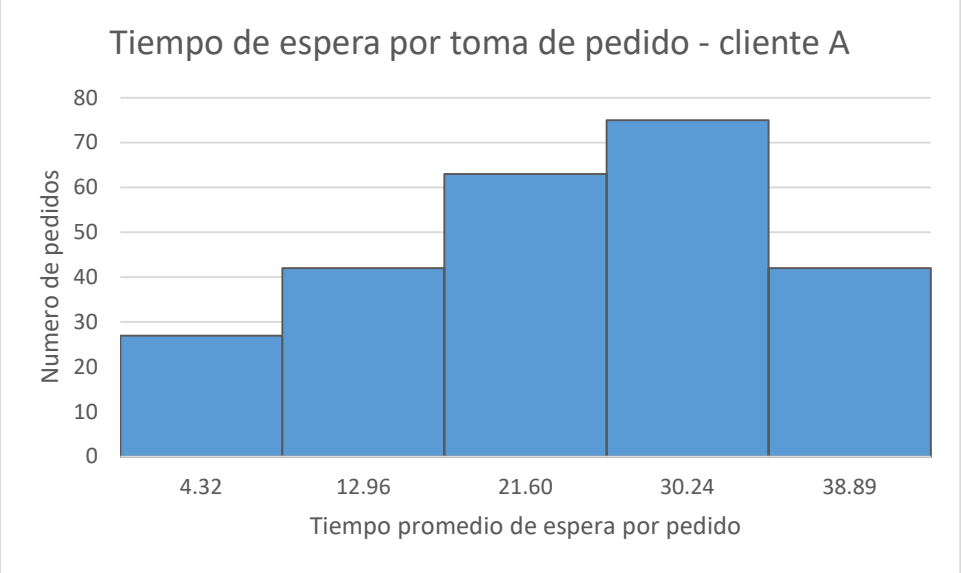
Tabla 18
Distribución de frecuencias de los tiempos de espera 01 de atención en mesa

N°	Lim. inferior	Lim. superior	marca clase	fi	Fi	hi	F %
1	0,23	3,07	1,65	167	167	0,55	54,58
2	3,08	6,16	4,62	79	246	0,26	25,82
3	6,17	9,24	7,70	41	287	0,13	13,40
4	9,25	12,32	10,79	12	299	0,04	3,92
5	12,33	15,41	13,87	7	306	0,02	2,29

c) Gráfica de histograma

En la Figura 30 se presenta el histograma de los tiempos de espera de clientes A, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución exponencial.

Figura 30
Histograma de los tiempos de espera 01 en mesa



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función exponencial.

H1: los datos no se adecuan a una función exponencial.

Se trabaja con nivel de significancia del α = ,05

Grados de libertad = 306

Determinamos el valor de D(hallado) según tabla: 0,156

Determinamos el valor de D(teórico) en la tabla K- S:

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{306} = \mathbf{0,077}$$

Como $D_{(\text{teórico})} > D_{(\text{hallado})}$ podemos inferir que los datos de tiempo de llegada no siguen una distribución exponencial.

4.4.4. Recolección de información sobre tiempo espera 02 de clientes A en mesa por recepción de pedido

a) Levantamiento de datos

Tabla 19
Datos de tiempos de espera por recepción de pedido en cliente A

N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera
1	24,2833	63	5,1833	125	8,1667	187	8,2000	249	9,4167
2	3,6500	64	10,1667	126	13,0167	188	3,0000	250	5,0000
3	21,0167	65	5,4333	127	8,2500	189	11,3333	251	5,6333
4	20,3500	66	17,2167	128	6,0500	190	11,4333	252	15,1833
5	12,8167	67	13,1667	129	7,6500	191	18,2167	253	5,0000
6	19,2833	68	6,3167	130	7,8500	192	3,4333	254	5,4167
7	14,6833	69	14,0167	131	5,5667	193	21,4500	255	5,0000
8	3,6833	70	13,8000	132	5,1500	194	15,8500	256	4,7833
9	15,0667	71	17,7500	133	8,6833	195	5,6500	257	24,3333
10	15,4667	72	20,7500	134	10,3667	196	20,0167	258	6,0667
11	18,5833	73	15,3000	135	11,8333	197	25,7500	259	21,5333
12	10,5167	74	20,4667	136	9,2500	198	11,2000	260	4,3667
13	15,0167	75	11,6000	137	13,3167	199	19,5333	261	7,1000
14	20,2167	76	6,1167	138	11,2000	200	13,7833	262	17,3333
15	11,0500	77	13,3000	139	13,3833	201	13,4167	263	3,4500
16	3,0333	78	15,0667	140	7,6833	202	17,1667	264	16,7167
17	20,1333	79	17,4833	141	6,1000	203	12,7667	265	8,8667
18	14,7500	80	11,8333	142	8,8333	204	7,6167	266	25,9833
19	20,8667	81	12,5833	143	10,1500	205	10,5500	267	4,0667
20	5,6000	82	12,1167	144	2,7333	206	13,3667	268	22,0333
21	5,2167	83	16,7667	145	9,7833	207	6,1500	269	18,2000
22	15,5667	84	10,0667	146	8,2167	208	6,5333	270	4,5833
23	12,5167	85	17,6833	147	12,0167	209	2,8000	271	4,4167
24	11,8333	86	10,2167	148	13,3833	210	16,6500	272	6,7333
25	23,0833	87	15,4333	149	14,9000	211	7,0000	273	19,4333
26	12,5333	88	14,3167	150	17,7000	212	8,0167	274	25,2667
27	5,3833	89	14,4500	151	9,2333	213	14,7500	275	18,2000
28	20,6500	90	4,0333	152	6,4833	214	19,2500	276	5,1333

29	10,5333	91	12,5167	153	1,9500	215	6,4000	277	8,3833
30	11,2000	92	18,9500	154	7,0833	216	17,0167	278	7,3167
31	19,5167	93	11,5833	155	7,7500	217	2,6333	279	24,3000
32	10,3000	94	14,4833	156	6,0333	218	8,1500	280	11,4500
33	4,0000	95	15,1000	157	6,7333	219	18,0000	281	19,7833
34	21,7333	96	10,0667	158	7,0333	220	5,2500	282	25,2000
35	12,9500	97	12,2000	159	5,2833	221	19,0167	283	10,6000
36	19,3500	98	13,4000	160	9,4333	222	14,6333	284	4,0000
37	2,0167	99	17,6333	161	9,4667	223	18,0000	285	23,7667
38	21,9000	100	12,2667	162	6,1833	224	14,7000	286	22,2833
39	12,2667	101	19,1833	163	7,7000	225	5,5667	287	5,0000
40	12,9000	102	18,2167	164	10,5000	226	12,0667	288	17,1500
41	19,0167	103	13,8000	165	17,0500	227	15,0167	289	23,8500
42	19,3167	104	2,0833	166	2,8333	228	22,0667	290	16,9000
43	15,2000	105	11,8167	167	2,9667	229	21,1333	291	16,3167
44	15,8333	106	6,3167	168	4,5333	230	18,0333	292	16,6000
45	19,2833	107	13,8667	169	11,0667	231	12,8833	293	12,6333
46	12,2000	108	20,3833	170	3,0000	232	18,1667	294	16,0667
47	14,5833	109	13,1833	171	10,9833	233	13,3333	295	4,6000
48	4,2333	110	10,3333	172	7,0000	234	23,3167	296	25,8833
49	10,3667	111	16,7500	173	8,0667	235	4,0000	297	5,0667
50	11,4333	112	11,1000	174	2,2833	236	3,0667	298	9,5500
51	16,3000	113	18,4000	175	4,4667	237	8,9667	299	19,7000
52	20,4667	114	16,8667	176	13,9500	238	13,2167	300	7,9333
53	2,6000	115	18,2500	177	10,1333	239	10,0833	301	10,9833
54	16,9000	116	12,8667	178	10,1667	240	7,9167	302	9,4500
55	11,8667	117	4,0667	179	7,1333	241	14,7333	303	11,3000
56	20,9500	118	14,6667	180	7,1500	242	10,7000	304	17,8000
57	11,0333	119	10,3000	181	6,6833	243	6,3500	305	8,9833
58	12,2000	120	5,0167	182	9,9333	244	9,2833	306	10,0167
59	12,5500	121	3,2333	183	10,8333	245	8,4000		
60	20,6000	122	9,4500	184	3,6167	246	10,4833		
61	10,3500	123	8,1667	185	7,8333	247	17,1500		
62	11,3500	124	15,1667	186	14,4167	248	12,1167		

b) Clasificación de datos

La Tabla 20 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo de espera 02 de clientes A basándose en una muestra de 306 clientes.

Tabla 20
Datos de tiempos de espera recepción pedido cliente A

Información estadística tiempo 02 en mesa	
N	306 clientes
Media	12,08
Mediana	11,71
Moda	5,00
Desviación Típica	5,81
Max	25,98 min.
Min	1,95 min.
Rango	24,03 min.
Long-inter	5,56 min.

En la Tabla 21 se muestran los intervalos de tiempo y la frecuencia de cada uno de ellos del tiempo de espera 02 de clientes A por recepción de pedido.

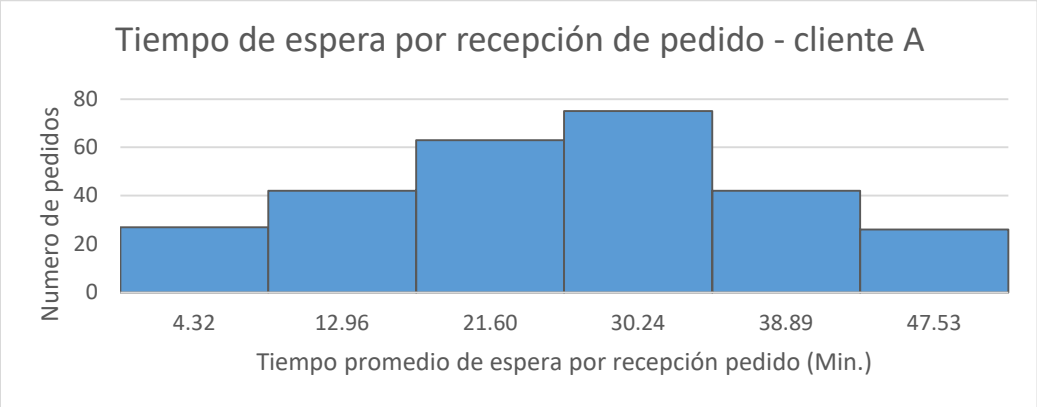
Tabla 21
Distribución de frecuencias de los tiempos de espera 02 en mesa

N°	Lim. inferior	Lim. superior	marca clase	Fi	Fi	hi	F %
1	1,95	4,33	3,14	27	27	0,09	8,82
2	4,34	8,66	6,50	70	97	0,23	22,88
3	8,67	13,00	10,83	82	179	0,27	26,80
4	13,01	17,33	15,17	62	241	0,20	20,26
5	17,34	21,67	19,50	48	289	0,16	15,69
6	21,68	26,00	23,84	17	306	0,06	5,56

c) Gráfica de histograma

La Figura 31 presenta el histograma de los tiempos de espera 02 de clientes A al sistema, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución exponencial.

Figura 31
Histograma de los tiempos de espera 02 en mesa



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función normal.

H1: los datos no se adecuan a una función normal.

Se trabaja con nivel de significancia del α = ,05

Grados de libertad = 306

Determinamos el valor de D(hallado) según tabla: 0,0572

Determinamos el valor de D(teórico) en la tabla K- S:

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{306} = \mathbf{0,077}$$

Como $D_{(\text{teórico})} > D_{(\text{hallado})}$ entonces podemos inferir que los datos de tiempo de servicio general de clientes en empleados si siguen una distribución normal.

4.4.5. Recolección de información sobre duración de servicio a clientes A en mesa

a) Levantamiento de datos

Tabla 22
Datos de tiempos de duración de servicio en cliente A

N°	Tiempo servicio	N°	Tiempo servicio	N°	Tiempo servicio	N°	Tiempo servicio	N°	Tiempo servicio
1	28,3000	63	23,3000	125	41,1667	187	19,8833	249	44,0333
2	22,7167	64	51,5833	126	23,3500	188	14,8000	250	34,5000
3	56,9667	65	16,6833	127	43,9833	189	39,5333	251	24,7667
4	40,5167	66	20,6833	128	15,9000	190	12,2000	252	29,9667
5	34,3333	67	48,5667	129	24,5667	191	18,6500	253	35,4667
6	53,0667	68	21,2167	130	16,5000	192	27,7667	254	21,7833
7	30,8500	69	33,6000	131	23,2500	193	51,5667	255	14,9833
8	23,0167	70	54,4000	132	16,6333	194	26,2500	256	27,6167
9	39,5333	71	35,6500	133	24,2167	195	31,6333	257	55,5333
10	34,5333	72	34,4000	134	20,7500	196	22,4333	258	27,2833
11	5,9833	73	34,7833	135	29,5667	197	24,9500	259	52,0333
12	47,3333	74	44,8500	136	16,9833	198	34,0000	260	28,4833
13	20,3333	75	38,2667	137	23,5167	199	37,6833	261	18,6167
14	29,4667	76	24,8167	138	22,6667	200	42,9000	262	53,3500
15	28,5667	77	1,2333	139	35,1667	201	32,0333	263	24,3000
16	9,2333	78	26,0333	140	10,4667	202	27,0833	264	52,6167
17	43,0333	79	39,4167	141	22,3833	203	36,0167	265	26,3333

18	25,5833	80	20,4333	142	14,0000	204	24,8833	266	43,1333
19	23,8000	81	11,5000	143	29,8333	205	42,6333	267	26,4500
20	27,4833	82	0,7000	144	16,4500	206	4,2167	268	12,3000
21	24,6167	83	35,4500	145	39,5167	207	27,3000	269	52,5833
22	49,0333	84	47,7333	146	2,2667	208	24,6167	270	24,8500
23	25,2667	85	28,1167	147	4,0000	209	14,5333	271	27,0667
24	39,4167	86	32,7333	148	29,3167	210	32,0667	272	31,1167
25	15,5833	87	57,5833	149	33,6500	211	11,9833	273	46,3833
26	33,9667	88	51,9000	150	52,8667	212	2,8167	274	23,5167
27	20,2833	89	29,5000	151	26,7667	213	9,4167	275	43,8667
28	24,9500	90	16,8333	152	39,1667	214	5,4000	276	25,7167
29	36,0167	91	15,3667	153	4,7167	215	2,3167	277	23,0167
30	45,7167	92	2,3500	154	44,9667	216	44,5667	278	22,6833
31	42,4167	93	52,6500	155	27,9167	217	4,5833	279	27,5667
32	40,5833	94	42,8500	156	18,7500	218	33,0000	280	20,2500
33	9,8500	95	9,1167	157	39,0667	219	54,5000	281	29,9000
34	36,4667	96	27,3333	158	32,6667	220	27,4167	282	32,6333
35	16,3333	97	18,2000	159	6,0167	221	28,2167	283	23,4333
36	28,4500	98	37,5167	160	1,5500	222	30,5833	284	31,2500
37	25,1500	99	58,3000	161	23,6667	223	59,2667	285	56,8000
38	24,2667	100	49,3500	162	57,7333	224	28,7333	286	37,3667
39	45,1833	101	53,1500	163	21,8500	225	39,9833	287	17,2500
40	43,0833	102	24,1333	164	32,9833	226	36,5333	288	36,4833
41	59,0333	103	25,3833	165	27,3667	227	36,3500	289	31,4167
42	52,2833	104	13,1500	166	17,7500	228	22,0333	290	35,0333
43	27,2000	105	0,1667	167	14,6167	229	30,4833	291	40,9833
44	33,9667	106	31,1000	168	13,6667	230	23,6167	292	22,8000
45	34,3833	107	30,5833	169	14,6167	231	33,7167	293	25,0333
46	43,0000	108	30,8167	170	8,8333	232	3,8667	294	21,7000
47	20,8667	109	52,4333	171	7,3167	233	15,7833	295	24,4000
48	29,5500	110	12,9333	172	17,1500	234	54,2000	296	42,9333
49	42,5333	111	55,4667	173	9,8833	235	27,9000	297	26,5333
50	47,1000	112	26,2667	174	17,5667	236	7,1000	298	3,1167
51	18,9833	113	33,2333	175	8,3833	237	49,1667	299	38,9167
52	11,5333	114	4,0667	176	19,6667	238	38,4500	300	34,7167
53	11,4500	115	32,6833	177	34,0333	239	56,3500	301	21,9833
54	33,7000	116	52,7667	178	27,6833	240	23,6833	302	48,2667
55	37,4000	117	17,2333	179	11,9833	241	13,6667	303	33,3500
56	28,1500	118	6,0000	180	56,4167	242	34,5500	304	27,7500
57	0,3500	119	18,7167	181	14,8167	243	4,5667	305	27,1000
58	34,0667	120	16,7333	182	2,6833	244	28,5167	306	47,6333
59	12,8833	121	19,2833	183	44,0500	245	20,4333		
60	51,1000	122	51,8167	184	5,5333	246	54,6333		
61	34,3833	123	5,5833	185	44,9833	247	13,9667		
62	20,4833	124	45,0667	186	39,7167	248	48,1000		

b) Clasificación de datos

La Tabla 23 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo de servicio para clientes A basándose en una de muestra de 306 clientes,

Tabla 23
Datos de tiempo de servicio por consumo de cliente A

Información estadística tiempo 03 en mesa	
N	306 clientes
Media	28,86 clientes
Mediana	27,72 clientes
Moda	23,02 clientes
Desviación típica	14,29 clientes
Max	59,27 min.
Min	0,17 min.
Rango	59,10 min.
Long-inter	6,85 min.

En la Tabla 24 se muestran los intervalos de tiempo y la frecuencia de cada uno de ellos de los tiempos de servicio para clientes A.

Tabla 24
Distribución de frecuencias de los tiempos de servicio clientes A en mesa

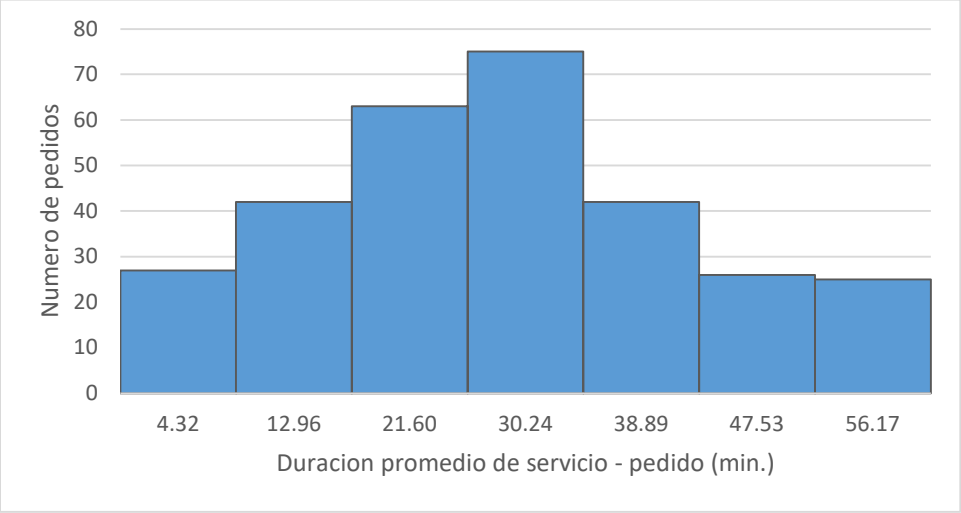
N°	Lim. inferior	Lim. superior	marca clase	fi	Fi	hi	F %
1	0,17	8,63	4,40	27	27	0,09	8,82
2	8,64	17,27	12,96	42	69	0,14	13,73
3	17,28	25,92	21,60	64	133	0,21	20,92
4	25,93	34,56	30,24	77	210	0,25	25,16
5	34,57	43,20	38,89	43	253	0,14	14,05
6	43,21	51,84	47,53	26	279	0,08	8,50
7	51,85	60,49	56,17	27	306	0,09	8,82

c) Gráfica de histograma

La Figura 32 presenta el histograma de los tiempos de servicio de clientes A en mesa, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución exponencial.

Figura 32

Histograma de los tiempos de servicio a clientes A en mesa



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función normal.

H1: los datos no se adecuan a una función normal.

Se considera un nivel de significancia del α = ,05

Grados de libertad = 306

Determinamos el valor de D(hallado) según tabla: 0,0479

Determinamos el valor de D(teórico) en la tabla K- S:

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{306} = \mathbf{0,077}$$

Como $D_{(teórico)} > D_{(hallado)}$ entonces podemos inferir que los datos de tiempo de servicio general de clientes en empleados si sisguen una distribución normal.

4.4.6. Recopilación de información sobre tiempo de espera en el área de caja

a) Levantamiento de datos

Tabla 25

Datos de tiempos de espera de clientes B en caja

N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera	N°	Tiempo espera
1	0,6167	32	0,9333	63	0,2000	94	0,7000	125	0,1500
2	0,2833	33	0,0333	64	0,9167	95	0,0833	126	0,2667
3	0,0167	34	0,5333	65	0,2500	96	0,6333	127	0,6667
4	0,1333	35	0,7500	66	0,4500	97	0,1667	128	0,4167
5	0,9500	36	0,6500	67	0,9667	98	0,3167	129	0,3000
6	0,3500	37	0,2000	68	0,0833	99	0,6667	130	0,0167
7	0,5333	38	0,0833	69	0,4000	100	0,9000	131	0,1333
8	0,4833	39	0,8667	70	0,9500	101	0,1833	132	0,0667
9	0,8833	40	0,7833	71	0,0167	102	0,3000	133	0,4333
10	0,7833	41	0,3833	72	0,5167	103	0,4500	134	0,2500
11	0,3667	42	0,0333	73	0,8000	104	0,2667	135	0,6333
12	0,3667	43	0,5667	74	0,0833	105	0,0833	136	0,7000
13	0,4500	44	0,2833	75	0,6833	106	0,2000	137	0,6667
14	0,7500	45	0,5000	76	0,2833	107	0,5000	138	0,6333
15	0,7333	46	0,2667	77	0,6667	108	0,3667	139	0,3833
16	0,9000	47	0,1167	78	0,2333	109	0,7667	140	0,8833
17	0,8333	48	0,4500	79	0,9500	110	0,9500	141	0,5333
18	0,5500	49	0,2000	80	0,6000	111	0,6833	142	0,7500
19	0,2833	50	0,7000	81	0,7833	112	0,2833	143	0,0333
20	0,0333	51	0,4000	82	0,7000	113	0,0833	144	0,4833
21	0,8500	52	0,0333	83	0,3500	114	0,6667	145	0,5167
22	0,9500	53	0,4833	84	0,5833	115	0,7500	146	0,5500
23	0,4500	54	0,6333	85	0,5833	116	0,7500	147	0,5000
24	0,2833	55	0,5000	86	0,7000	117	0,6500	148	0,7000
25	0,9833	56	0,1833	87	0,4500	118	0,1667	149	0,0333
26	0,8500	57	0,5000	88	0,7167	119	0,2167	150	0,8000
27	0,8833	58	0,8333	89	0,5000	120	0,6000	151	0,1667
28	0,4500	59	0,8333	90	0,2333	121	0,7000	152	0,0833
29	0,0167	60	0,1833	91	0,3000	122	0,7333	153	
30	0,0167	61	0,9667	92	0,0833	123	0,8667	154	
31	0,4500	62	0,2500	93	0,2333	124	0,4833	155	

b) Clasificación de datos

La Tabla 26 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo de espera de clientes B basándose en una muestra de 152 clientes.

Tabla 26
Datos de tiempos de espera de clientes B en caja

Tiempo espera cliente B	
N	152
Media	0,48 clientes
Mediana	0,48 clientes
Moda	0,45 clientes
Desv. Típica	0,28 clientes
Max	0,9833
Min	0,0167
Rango	0,9667
Long-inter	0,9514

En la Tabla 27 se muestran los intervalos de tiempo y la frecuencia de cada uno de ellos de los tiempos de espera de clientes A.

Tabla 27
Distribución de frecuencias de tiempos de espera de clientes B en caja

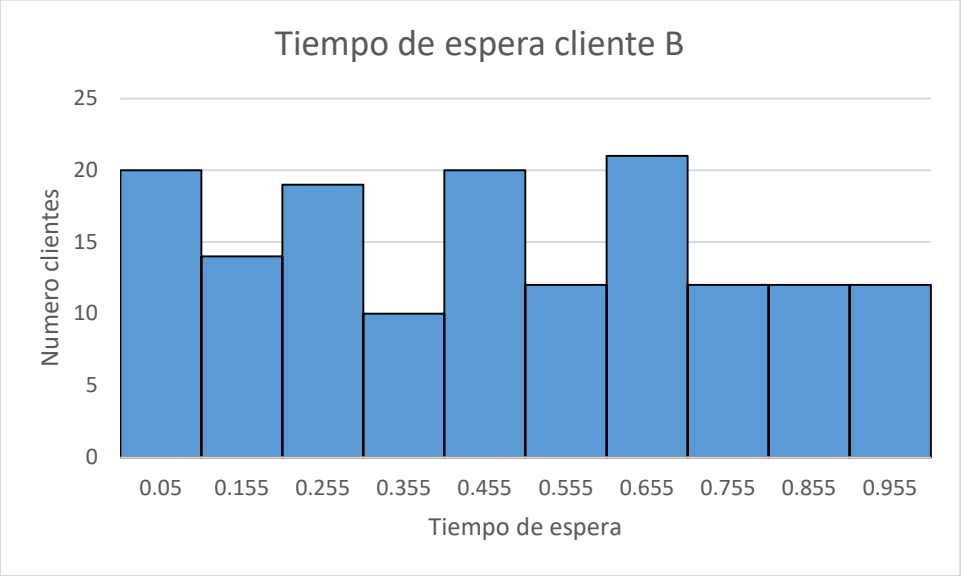
N°	lim inferior	lim superior	marca clase	fi	Fi	hi	F %
1	0,00	0,10	0,05	20	20	0,13	13,16
2	0,11	0,20	0,155	14	34	0,22	22,37
3	0,21	0,30	0,255	19	53	0,35	34,87
4	0,31	0,40	0,355	10	63	0,41	41,45
5	0,41	0,50	0,455	20	83	0,55	54,61
6	0,51	0,60	0,555	12	95	0,63	62,50
7	0,61	0,70	0,655	21	116	0,76	76,32
8	0,71	0,80	0,755	12	128	0,84	84,21
9	0,81	0,90	0,855	12	140	0,92	92,11
10	0,91	1,00	0,955	12	152	1,00	100,00

c) Gráfica de histograma

La Figura 33 presenta el histograma de los tiempos de servicio de clientes A en mesa, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución exponencial.

Figura 33

Histograma de los tiempos de espera a clientes B en caja



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función Beta.

H1: los datos no se adecuan a una Beta

Se considera un nivel de significancia del α = ,05

Grados de libertad = 152

Determinamos el valor de D(hallado) según tabla: 0,0425

Determinamos el valor de D(teórico) en la tabla K- S:

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{152} = \mathbf{0,1103}$$

Como $D_{(teórico)} > D_{(hallado)}$ entonces podemos inferir que los datos de tiempo de llegada si siguen una distribución beta.

4.4.7. Recolección de información sobre tiempo de servicio en el área de caja

a) Levantamiento de datos

Tabla 28

Datos de tiempos de servicio en el área de caja

N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B
1	0,4667	32	0,8000	63	1,0000	94	0,7667	125	1,0500
2	0,4833	33	0,7000	64	0,9833	95	0,5333	126	0,9000
3	0,4167	34	1,1500	65	0,8333	96	0,9333	127	0,4167
4	0,7833	35	0,9333	66	1,0333	97	0,5833	128	1,0500
5	0,7500	36	1,0167	67	1,0167	98	0,4167	129	0,7833
6	0,6333	37	0,9000	68	1,1000	99	0,7167	130	1,0000
7	0,7333	38	1,1333	69	0,9667	100	0,8833	131	0,9000
8	0,7333	39	0,8500	70	0,4833	101	0,6500	132	0,6500
9	1,0833	40	0,5333	71	0,9833	102	0,9000	133	0,6167
10	0,8833	41	0,9000	72	0,4833	103	0,8667	134	1,1000
11	0,9500	42	0,4333	73	0,9333	104	0,6667	135	0,4167
12	0,8000	43	0,5000	74	0,5000	105	0,5333	136	0,5833
13	0,9833	44	0,5333	75	0,6833	106	0,7167	137	0,5167
14	1,1167	45	1,0000	76	0,7333	107	0,8833	138	1,0500
15	0,8667	46	0,5667	77	0,4167	108	0,9000	139	1,0333
16	0,8333	47	0,8333	78	0,7333	109	0,8667	140	0,5667
17	0,9000	48	0,7500	79	1,1500	110	0,7833	141	0,7167
18	0,6500	49	1,0833	80	0,4833	111	0,5833	142	0,7500
19	0,9667	50	0,6167	81	0,9833	112	0,9167	143	0,4167
20	0,6500	51	0,8833	82	0,7000	113	1,1000	144	0,4667
21	0,4500	52	0,4167	83	0,4333	114	0,5833	145	1,0500
22	0,6667	53	1,0667	84	0,5167	115	0,6833	146	0,6333
23	0,9833	54	0,4333	85	0,4667	116	0,9833	147	1,1500
24	0,7000	55	0,7500	86	1,0167	117	0,5333	148	0,9667
25	1,0667	56	0,6667	87	0,5333	118	0,6667	149	1,0333
26	0,8000	57	0,5167	88	0,6167	119	0,7500	150	1,1667
27	1,0667	58	0,7000	89	0,9833	120	0,5833	151	0,7500
28	0,8833	59	0,6167	90	0,4333	121	0,8167	152	0,6500
29	0,6500	60	0,5500	91	0,6833	122	1,0667	153	
30	0,7333	61	1,0667	92	0,7500	123	0,7833	154	
31	1,0833	62	1,0667	93	0,6000	124	0,5167	155	

b) Clasificación de datos

La Tabla 29 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo de servicio a clientes B basándose en una muestra de 152 clientes.

Tabla 29
Datos de tiempos de servicio en el área de caja

Información estadística tiempo en caja	
N	152 clientes
Media	0,77 clientes
Mediana	0,75 clientes
Moda	0,42 clientes
Desviación típica	0,22 clientes
Max	1,17 min.
Min	0,42 min.
Rango	0,75 min.
Long-inter	0,09 min.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 30 se muestran los intervalos de tiempo y la frecuencia de cada uno de ellos de los tiempos de servicio a clientes B en el área de caja.

Tabla 30
Distribución de frecuencias de los tiempos de servicio en el área de caja

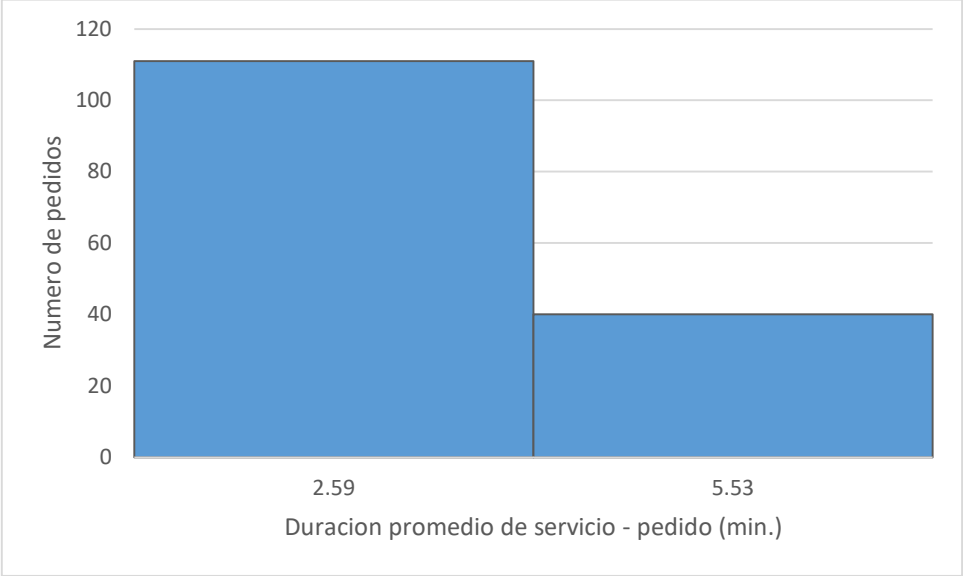
N°	Lim. inferior	Lim. superior	marca clase	fi	Fi	hi	F %
1	0,42	0,51	0,46	21	21	0,14	13,82
2	0,52	0,61	0,56	19	40	0,26	26,32
3	0,62	0,71	0,66	23	63	0,41	41,45
4	0,72	0,81	0,76	23	86	0,57	56,58
5	0,82	0,91	0,86	20	106	0,70	69,74
6	0,92	1,01	0,96	18	124	0,82	81,58
7	1,02	1,11	1,06	22	146	0,96	96,05
8	1,12	1,21	1,16	6	152	1,00	100,00

c) Gráfica de histograma

La Figura 34 presenta el histograma de los tiempos de servicio a clientes B en caja, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución exponencial.

Figura 34

Histograma de los tiempos de servicio a clientes B en el área de caja



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función normal.

H1: los datos no se adecuan a una función normal.

Se considera con nivel de significancia del α= ,05

Grados de libertad = 152

Hallando el valor de D(hallado) según tabla: 0,0883

Hallando el valor de D(teórico) en la tabla K- S:

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{152} = \mathbf{0,011}$$

Como $D_{(teórico)} > D_{(hallado)}$ entonces podemos inferir que los datos de tiempo de servicio general de clientes en empleados no siguen una distribución normal.

4.4.8. Recopilación de información sobre tiempo de servicio en el área de despacho.

a) Levantamiento de datos

Tabla 31
Datos de tiempos de servicio en el área de despacho

N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B	N°	Tiempo servicio cliente B
1	4,4500	32	3,2833	63	3,5000	94	4,4833	125	4,1167
2	2,4500	33	4,1000	64	1,8667	95	2,2167	126	2,6167
3	4,3667	34	2,2000	65	2,2500	96	4,7667	127	1,1333
4	3,2667	35	3,3333	66	1,9833	97	1,3333	128	2,2833
5	3,3333	36	4,3000	67	1,8167	98	1,1500	129	1,3667
6	4,7667	37	4,8167	68	4,1500	99	1,3833	130	2,7667
7	3,6000	38	4,2500	69	2,8333	100	3,0333	131	1,6000
8	3,0667	39	4,3667	70	4,8167	101	1,6500	132	2,4000
9	2,5333	40	4,6667	71	2,6833	102	1,7500	133	2,4167
10	1,2500	41	1,6500	72	3,1167	103	4,1833	134	3,9167
11	1,5333	42	2,9333	73	1,1167	104	1,4333	135	4,9333
12	3,6667	43	3,1333	74	1,8333	105	4,8500	136	4,9500
13	1,9333	44	1,8833	75	2,2833	106	2,0167	137	3,4500
14	4,8000	45	3,0500	76	2,8167	107	1,6833	138	4,2167
15	1,8000	46	2,6667	77	4,7167	108	3,4167	139	2,8000
16	2,9833	47	2,2000	78	3,0500	109	1,6833	140	3,0500
17	4,1833	48	4,3500	79	2,8500	110	1,7833	141	1,3667
18	4,7333	49	2,9333	80	4,2333	111	4,7333	142	3,6500
19	4,2500	50	2,0333	81	1,5500	112	2,4333	143	3,5333
20	3,2167	51	2,0167	82	1,8667	113	1,5500	144	4,9500
21	2,2500	52	2,7333	83	4,1833	114	4,5500	145	2,7333
22	3,6833	53	1,3167	84	4,7000	115	2,2667	146	3,7000
23	4,8667	54	2,0667	85	2,3167	116	3,6000	147	2,9833
24	1,5333	55	3,5833	86	1,9833	117	2,7500	148	3,8500
25	4,0500	56	4,4000	87	4,2500	118	4,9833	149	1,5167
26	2,7167	57	4,6667	88	3,6000	119	3,7667	150	1,9000
27	2,1500	58	1,3167	89	2,4833	120	4,4000	151	3,7167
28	3,1667	59	2,6167	90	2,3833	121	4,3167	152	4,9000
29	2,9333	60	1,5000	91	3,6500	122	1,7333	153	
30	3,8000	61	2,7667	92	3,8833	123	4,3000	154	
31	2,3167	62	4,1500	93	1,9667	124	3,3667	155	

b) Clasificación de datos

La Tabla 32 presenta la información estadística derivada de los datos sobre el tiempo de servicio a clientes B en el área de despacho basándose en una muestra de 152 clientes.

Tabla 32
Datos de tiempos de servicio en el área de despacho

Información estadística tiempo en despacho	
N	152 clientes
Media	3,05 clientes
Mediana	2,98 clientes
Moda	3,60 clientes
Desviación típica	1,13 clientes
Max	4,98 min.
Min	1,12 min.
Rango	3,87 min.
Long-inter	2,94 min.

En la Tabla 33 se muestran los intervalos de tiempo y la frecuencia de cada uno de ellos de los tiempos de servicio a clientes B en el área de despacho.

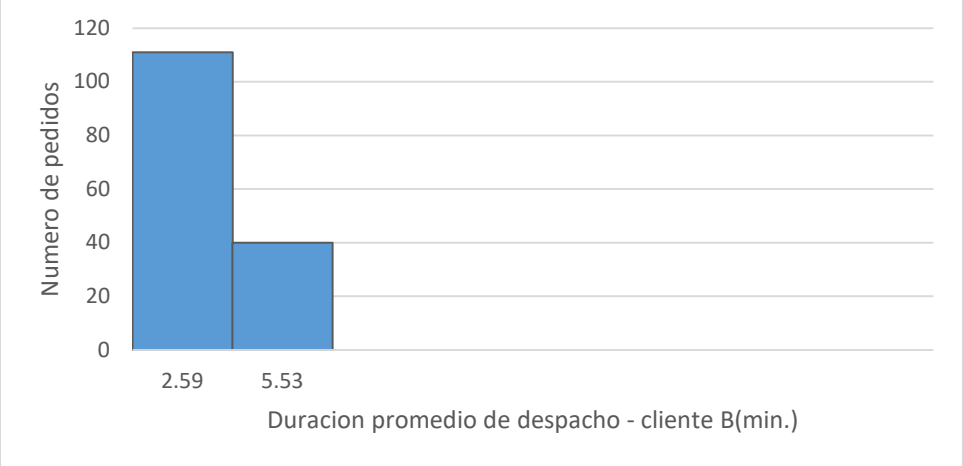
Tabla 33
Distribución de frecuencias de los tiempos de servicio de clientes B en despacho

N°	Lim. inferior	Lim. superior	Marca clase	fi	Fi	hi	F %
1	1,12	2,43	1,77	54	54	0,36	35,53
2	2,44	3,76	3,10	51	105	0,69	69,08
3	3,77	5,08	4,43	47	152	1,00	100,00

c) Gráfica de histograma

La Figura 35 presenta el histograma de los tiempos entre llegadas del cliente A al sistema, indicando que su comportamiento podría seguir una distribución.

Figura 35.
Histograma de los tiempos de servicio a clientes B en el área de despacho



d) Prueba de Kolgomorov-Smirnov

Realizaremos un análisis mediante prueba de hipótesis:

Ho: los datos se adecuan a una función exponencial.

H1: los datos no se adecuan a una función exponencial.

Se considera un nivel de significancia del α= ,05

Grados de libertad = 152

Determinamos el valor de D(hallado) según tabla: 0,173

Determinamos el valor de D(teórico) en la tabla K- S:

$$d_{(0,05;371)} = 1{,}36/\sqrt{152} = \mathbf{0,011}$$

Como $D_{(teórico)} > D_{(hallado)}$ entonces podemos inferir que los datos de tiempo de servicio general de clientes en empleados no siguen de una distribución exponencial.

4.5. Validación del modelo

4.5.1. Determinación de longitud de réplicas

Se pretende realizar la simulación de un día de jornada laboral, razón por la cual se establecerán condiciones de inicio, ejecución y término de la simulación, esta situación se ajusta a una simulación de tipo estado transitorio, las condiciones de su ejecución se detallan a continuación:

Condiciones de inicio de la simulación:

La simulación inicia a las 12:00 pm del día con la apertura del establecimiento, en la simulación en Arena previamente se fijará como hora de inicio la hora indicada.

Condiciones durante la simulación:

La simulación tendrá una duración de 10 horas, debido a que representa el tiempo de atención al público de parte de Kankas restaurant. Se configurará en los módulos create de los clientes A y B, condiciones de término para evitar la creación de más entidades pasado el tiempo establecido.

Condiciones de Término de la simulación:

La simulación finaliza a las 10:00pm, luego de transcurridas 10 horas de atención no se permitirá el ingreso de entidades adicionales, quedando solo pendientes de atención los clientes A y B que permanezcan en el sistema.

4.5.2. Determinación del número de replicas

Para la determinación del tamaño de réplica (N) se realizarán réplicas preliminares (n) que determinarán el tamaño del experimento, para el presente trabajo de investigación se realizaron 5 réplicas preliminares, sus resultados posibilitaran la estimación los intervalos de confianza para la media verdadera (u) y el factor de precisión (HalfWidth).

4.5.2.1.Tiempos de espera 01 a clientes A en mesa

Se efectuaron 5 réplicas inicialmente y se analizaron los 21 tiempos de espera 01 para 21 zonas examinadas los resultados de cada tiempo se visualizan en la Tabla 44 en el Anexo 05, posteriormente se elabora la Tabla 34.

Tabla 34
Tiempos promedio de espera 01 en mesa para réplicas preliminares

Secuencia	Tiempos promedio	$(x_i - \bar{X}_{(n)})^2$
Réplica 1	4,00	0,0076
Réplica 2	4,05	0,0188
Réplica 3	3,69	0,0506
Réplica 4	3,86	0,0025
Réplica 5	3,96	0,0025
$X_{(5)}$	3,91	$\sum$ 0,0820

$$S^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X}_{(n)})^2}{n-1}$$

$$S_{(5)} = 0{,}14\ minutos$$

Se requiere obtener el factor de precisión, para ello, 4 grados de libertad al haber realizado 5 réplicas, considerando un nivel de confianza propuesto del 95 %, obtendremos el valor en la tabla t de Student.

$$HalfWidth = t_{(n-1,1-\frac{\infty}{2})}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{n}} = 0{,}14\ minutos$$

Para el tiempo promedio de espera 01 de clientes A se tiene el intervalo de confianza para μ: 3,91 ± 0,14 que lo representamos así [3.78, 4.05]. Considerando un error estimado de 0,1 minutos obtenemos el número de réplicas (N).

$$\boldsymbol{N} = \left[\frac{\boldsymbol{t}_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)} * \boldsymbol{S}_{(n)}}{\boldsymbol{e}}\right]^{\boldsymbol{2}} = 4{,}41 \text{ réplicas}$$

4.5.2.2.Tiempos de espera 02 a clientes A en mesa

Se efectuaron 5 réplicas inicialmente y se analizaron los 21 tiempos de espera 02 para las 21 zonas examinadas, los resultados de cada tiempo se visualizan en la Tabla 45 en el anexo 05, posteriormente se elabora la Tabla 35.

Tabla 35
Tiempos promedio de espera 02 en mesa para réplicas preliminares

	Secuencia	Tiempos promedio	$\left(x_i - \bar{X}_{(n)}\right)^2$
R	1	12,37	0,0041
E	2	12,59	0,0241
P	3	12,47	0,0014
L	4	12,35	0,0072
I	5	12,39	0,0020
C			
A			
	$X_{(5)}$	12,43	∑ 0,0388

$$S^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X}_{(n)})^2}{n-1}$$

$$S_{(5)} = 0{,}10\ minutos$$

Se requiere obtener el factor de precisión, para ello, 4 grados de libertad al haber realizado 5 réplicas, considerando un nivel de confianza propuesto del 95 %, obtendremos el valor en la Tabla t de Student.

$$HalfWidth = t_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{n}} = 0.09\ minutos$$

Para el tiempo promedio de espera 02 de clientes A se tiene el intervalo de confianza para μ: 12,43 ± 0,09 que lo representamos así [12.34, 12.53]. Considerando un error estimado de 0.1 minutos obtenemos el Número de Réplicas (N).

$$\boldsymbol{N} = \left[\frac{\boldsymbol{t}_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)} * \boldsymbol{S}_{(n)}}{\boldsymbol{e}}\right]^{\boldsymbol{2}} = 4{,}41 \text{ réplicas}$$

4.5.2.3.Tiempos de atención a clientes A en mesa

Se efectuaron 5 réplicas inicialmente y se analizaron los 21 tiempos de servicio para las 21 zonas examinadas, los resultados de cada tiempo se visualizan en la Tabla 46 en el anexo 05, posteriormente se elabora la Tabla 36.

Tabla 36
Tiempos promedio de atención en mesa para réplicas preliminares

	Secuencia	Tiempos promedio	$\left(x_i - \bar{X}_{(n)}\right)^2$
R	1	27,39	2,7935
E	2	31,37	5,3249
P	3	30,01	0,9049
L	4	29,03	0,0011
I	5	27,51	2,4182
C			
A			
	$X_{(5)}$	29,06	∑11,4425

$$S^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X}_{(n)})^2}{n-1}$$

$$S_{(5)} = 1{,}69\ minutos$$

Se requiere obtener el factor de precisión, para ello, 4 grados de libertad al haber realizado 5 réplicas, considerando un nivel de confianza propuesto del 95 %, obtendremos el valor en la tabla t de Student.

$$HalfWidth = t_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)}\sqrt{\frac{S_{(n)}^2}{n}} = 1{,}61\ minutos$$

Para el tiempo promedio de servicio de clientes A se tiene el intervalo de confianza para μ: 29,06 ± 1,61 que lo representamos así [27.45, 30.68]. Considerando un error estimado de 1 minutos obtenemos el número de réplicas (N).

$$\boldsymbol{N = \left[\frac{t_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)} * S_{(n)}}{e}\right]^2} = 13 \text{ réplicas}$$

4.5.2.4.Tiempos de espera a clientes B en caja

Se efectuaron 5 réplicas inicialmente y se analizaron los tiempos de espera a clientes B en el área de caja, los resultados de cada tiempo se visualizan en la Tabla 37.

Tabla 37
Tiempos promedio de espera en caja para réplicas preliminares

Secuencia	Tiempos Promedio	$\left(x_i - \bar{X}_{(n)}\right)^2$
Réplica 1	0,08	0,0005
Réplica 2	0,06	0,0000
Réplica 3	0,04	0,0003
Réplica 4	0,07	0,0001
Réplica 5	0,04	0,0003
$X_{(5)}$	0,06	0,0013

$$S^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X}_{(n)})^2}{n-1}$$

$$S_{(5)} = 0{,}02\ minutos$$

Se requiere obtener el factor de precisión, para ello, 4 grados de libertad al haber realizado 5 réplicas, considerando un nivel de confianza propuesto del 95 %, obtendremos el valor en la tabla t de Student.

$$HalfWidth = t_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)}\sqrt{\frac{S_{(n)}^2}{n}} = 0{,}02\ minutos$$

Para el tiempo promedio de servicio de clientes B se tiene el intervalo de confianza para μ: 0,06 ± 0,02 que lo representamos así [0.04, 0.08]. Considerando un error estimado de 0,015 minutos obtenemos el número de réplicas (N).

$$\boldsymbol{N = \left[\frac{t_{\left(n-1,1-\frac{\infty}{2}\right)} * S_{(n)}}{e}\right]^2} = 6{,}46 \text{ réplicas}$$

4.5.2.5.Tiempos de servicio a clientes B en caja

Se efectuaron 5 réplicas inicialmente y se analizaron los tiempos de servicio a clientes B en el área de caja, los resultados de cada tiempo se visualizan en la Tabla 38.

Tabla 38
Tiempos promedio de servicio en caja para réplicas preliminares

Secuencia	Tiempos promedio	$(x_i - \bar{X}_{(n)})^2$
Réplica 1	0,87	0,0013
Réplica 2	0,83	0,0000
Réplica 3	0,82	0,0002
Réplica 4	0,84	0,0000
Réplica 5	0,81	0,0006
$X_{(5)}$	0,83	0,0021

$$S^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X}_{(n)})^2}{n-1}$$

$$S_{(5)} = 0{,}02\ minutos$$

Se requiere obtener el factor de precisión, para ello, considerando un nivel de confianza propuesto del 95 %, 4 grados de libertad al haber realizado 5 réplicas, obtendremos el valor en la tabla t de Student.

$$HalfWidth = t_{(n-1,1-\frac{\infty}{2})}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{n}} = 0{,}02\ minutos$$

Para el tiempo promedio de servicio de clientes B se tiene el intervalo de confianza para μ: 0,83 ± 0,02 que lo representamos así [0.81, 0.86]. Considerando un error estimado de minutos obtenemos el número de réplicas (N).

$$\boldsymbol{N = \left[\frac{t_{(n-1,1-\frac{\infty}{2})} * S_{(n)}}{e}\right]^2} = 3{,}85 \text{ réplicas}$$

4.5.2.6.Tiempos de atención a clientes B en despacho

Se efectuaron 5 réplicas inicialmente y se analizaron los tiempos de atención, los resultados obtenidos de cada tiempo se visualizan en la Tabla 39.

Tabla 39
Tiempos promedio de servicio en despacho para réplicas preliminares

Secuencia	Tiempos Promedio	$(x_i - \bar{X}_{(n)})^2$
Réplica 1	1,65	0,0012
Réplica 2	1,52	0,0092
Réplica 3	1,38	0,0557
Réplica 4	1,75	0,0180
Réplica 5	1,78	0,0269
$X_{(5)}$	1,62	0,1109

$$S^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X}_{(n)})^2}{n-1}$$

$$S_{(5)} = 0{,}17\ minutos$$

Se requiere obtener el factor de precisión, para ello, 4 grados de libertad al haber realizado 5 réplicas, considerando un nivel de confianza propuesto del 95 %, obtendremos el valor en la tabla t de Student.

$$HalfWidth = t_{(n-1,1-\frac{\infty}{2})}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{n}} = 0{,}16\ minutos$$

Para el tiempo promedio de servicio de clientes B se tiene el intervalo de confianza para μ: 1,62 ± 0,16 que lo representamos así [1.46, 1.77]. Considerando un error estimado de 1,6 minutos obtenemos el número de réplicas (N).

$$\boldsymbol{N = \left[\frac{t_{(n-1,1-\frac{\infty}{2})} * S_{(n)}}{e}\right]^2} = 12{,}6 \text{ réplicas}$$

CAPÍTULO V

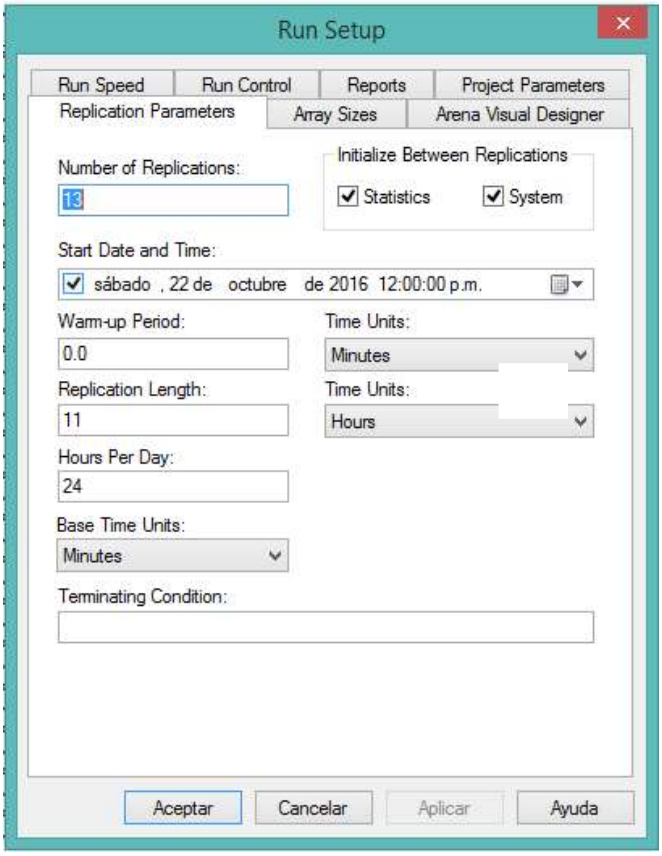
RESULTADOS

5.1. Resultados

Después de haber logrado un número adecuado de réplicas para que los resultados del modelo de simulación del flujo de atención al cliente sean relevantes para los diferentes tiempos de espera y atención de los clientes A y B, se procede a su ejecución.

Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos luego de la ejecución del modelo de simulación con una longitud por réplica de 11 horas y 13 réplicas realizadas al modelo de simulación del flujo de atención de clientes en Kankas restaurant elaborado en el software Arena 14.00. Los parámetros de configuración son mostrados en la Figura 36 y que permitieron analizar posteriormente los reportes generados.

Figura 36
Parámetros de configuración en Arena 14.00



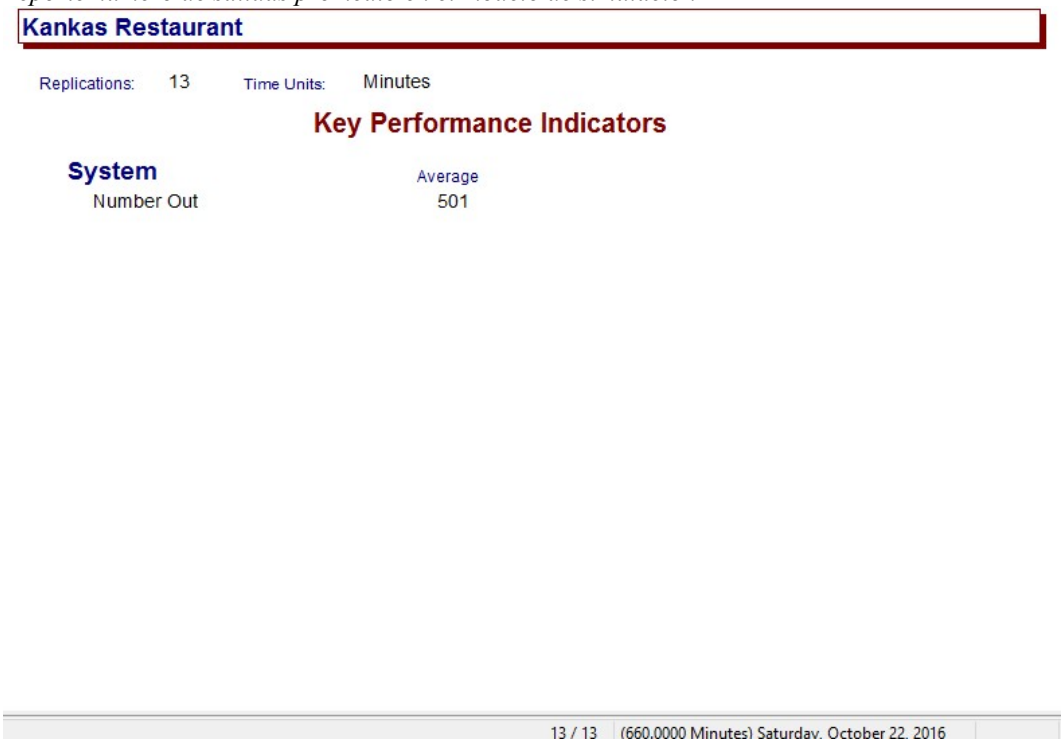
5.1.1. Resultados asociados a los componentes del modelo de simulación.

Haciendo uso del análisis de la información recolectada se identificó los componentes que permitieron elaborar un modelo de simulación del flujo de atención de clientes en periodos de alta demanda en Kankas restaurant.

En la Figura 37 observamos el número promedio de entidades entre clientes A y B que arriban al sistema, de acuerdo al reporte generado se aprecia arribo al sistema de 501 clientes promedio durante cada una de las 13 réplicas realizadas, durante 10 horas que representan el horario de atención de un día regular en Kankas restaurant.

Figura 37

Reporte número de salidas promedio en el modelo de simulación



A continuación, en la Figura 38 se muestra el tiempo promedio de permanencia del cliente A en el modelo de simulación de 45.49 minutos para los tiempos de espera 01 en mesa por toma de pedido, tiempo de espera 02 en mesa por recepción de pedido y tiempo de servicio en mesa por consumo del mismo. Se observa un tiempo mínimo de permanencia de 5 minutos y un máximo de 134 minutos, esta amplia diferencia en tiempos es originada por el tipo de consumo que realizan, debido a que algunos platos requieren mayor tiempo de preparación. Adicionalmente se aprecia el intervalo de

confianza [45.5, 46.5] minutos para el tiempo promedio de permanencia del cliente A con un factor de precisión de 0,49 minutos generado por el reporte del Arena 14.00.

Respecto al tiempo promedio de permanencia de un clientes B es de 1,95 minutos que incluyen los tiempos de espera en caja, tiempo de servicio en caja y tiempo de servicio en despacho, con un tiempo promedio mínimo de 1,36 minutos y un máximo de 5,61 minutos, durante toda la etapa de permanencia del cliente B en el establecimiento.

Figura 38

Reporte tiempo promedio de entidades en el modelo de simulación

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CLIENTE A	45.4975	0.49	44.2325	46.5318	5.6421	133.99
CLIENTE B	1.9485	0.03	1.8858	2.0409	1.3626	5.6100

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CLIENTE A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CLIENTE B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CLIENTE A	0.05728907	0.01	0.03992730	0.07504445	0.00	2.3607
CLIENTE B	0.4268	0.06	0.2836	0.5846	0.00	7.0914

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CLIENTE A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CLIENTE B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CLIENTE A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CLIENTE B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CLIENTE A	45.5548	0.48	44.2741	46.5833	5.6421	133.99
CLIENTE B	2.3752	0.08	2.1948	2.6065	1.3626	9.0659

13 / 13 (660.0000 Minutes) Saturday, October 22, 2016

5.1.2. Resultados de la dimensión tiempos promedios de atención

Los tiempos de atención son analizados de forma individual, para conocer el rendimiento de cada uno de los recursos, estos resultados se muestran en la Figura 39, se realizó un promedio de tiempos de atención entre todas las zonas de atención al público, determinando un tiempo promedio de servicio entre zonas las 21 zonas de atención de 27,28 minutos y un intervalo de confianza de [24.02, 30.54] minutos, estos tiempos representan el 58 % de la permanencia total de un cliente a en el establecimiento.

Figura 39

Reporte tiempos de atención de cliente A en el modelo de simulación

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA01	29.3596	1.65	25.2157	34.6952	0.00	72.7913
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA02	29.0762	1.55	25.4065	32.8187	0.00	72.2271
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA03	29.6099	1.23	26.9727	35.1925	0.00	67.2398
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA04	29.1564	2.02	24.5315	34.1498	0.00	71.5486
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA05	28.9178	2.16	24.1689	36.0946	0.00	61.2926
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA06	28.4284	1.78	22.5583	33.3873	0.00	69.7838
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA07	28.3285	1.56	21.6859	31.4965	0.00	73.6540
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA08	27.9913	1.73	23.4206	32.7220	0.00	64.5396
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA09	29.5436	1.46	26.4434	34.2382	0.00	68.9018
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA10	28.9620	1.96	22.8868	34.9787	0.00	68.8985
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA11	28.0607	2.29	20.8848	32.9809	0.00	69.7763
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA12	30.1570	1.55	25.7193	34.5041	0.00	70.2666
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA13	28.6785	1.34	26.0355	33.4837	0.00	66.6662
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA14	27.6251	1.80	21.0175	31.3297	0.00	76.3234
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA15	26.7232	2.96	20.4908	35.5892	0.00	61.1334
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA16	27.1432	2.64	16.9492	34.2355	0.00	59.7283
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA17	26.0271	3.86	16.3187	37.4728	0.00	59.0098
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA18	29.5767	4.77	13.9675	43.2563	2.9747	77.3144
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA19	30.0979	9.43	0.00	55.2099	0.00	74.8565
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA20	19.1460	12.00	0.00	48.6964	0.00	70.8832
TIEMPO SERVICIO CLIENTE A ZONA21	10.3012	8.78	0.00	37.8515	0.00	37.8515

13 / 13 (660.0000 Minutes) Saturday, October 22, 2016

Posteriormente analizamos en la Figura 40 el tiempo de servicio en el área de caja y despacho, siendo el primero de 0.83 minutos, el tiempo medio de atención en caja se ajustarán a un intervalo de [0.8217, 0.8417] minutos y tendrán como valor mínimo de 0,35 minutos y un máximo de 3,33 minutos, un máximo tan alto sugiere una indecisión del cliente durante la realización del pedido, que genera estos valores máximos. El tiempo medio de atención en el área de despacho es de 1,54 minutos, este tiempo se ajustará a un intervalo de [1.46, 1.62] minutos y tendrán un valor mínimo de 1 minuto y un máximo de 8,34 minutos, un tiempo alto de atención indica una demanda excesiva de este recurso por pedidos de clientes A que están ocupando las mesas en el establecimiento, se genera una aglomeración de pedidos en determinadas horas.

Figura 40

Reporte tiempos de servicio de caja y despacho

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
01 TIEMPO SERVICIO TOTAL 1ER PISO	45.1652	0.73	42.5492	47.3015	5.0157	100.30
01 TIEMPO SERVICIO TOTAL 2DO PISO	44.6307	0.80	42.1638	47.2042	4.9756	133.16
01 TIEMPO SERVICIO TOTAL 3ER PISO	43.7919	1.56	39.5850	47.5808	7.7800	102.62
02 TIEMPO SERVICIO CAJA	0.8317	0.01	0.8032	0.8716	0.3585	3.3368
03 TIEMPO SERVICIO DESPACHO	1.5427	0.08	1.3849	1.7826	1.0000	8.3425

5.1.3. Resultado de la dimensión tiempos promedio de espera

Procederemos a analizar los tiempos de espera, estos resultados se visualizan en la Figura 41, se aprecia que no existen líneas de espera en las zonas de atención al público de clientes A, esto debido a una afluencia de público insuficientemente alta para ocupar el 100 % de la capacidad del establecimiento, el tiempo promedio de espera en el área de caja es de 0,06 minutos (3 segundos) y el tiempo promedio de espera en el área de despacho de 0,36 minutos (21 segundos), estos resultados confirman el buen manejo por parte del personal en caja y su capacidad para realizar labores de forma eficiente, no generando altas líneas de espera en su área de atención.

Figura 41

Reporte colas de recursos en el modelo de simulación

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
A_ZONA_01.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A_ZONA_02.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A_ZONA_03.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A_ZONA_04.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A_ZONA_05.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_06.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_07.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_08.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_09.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_10.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_11.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_12.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_13.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B_ZONA_14.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_ZONA_15.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_ZONA_16.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_ZONA_17.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_ZONA_18.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_ZONA_19.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_ZONA_20.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_ZONA_21.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAJA.Queue	0.05866366	0.01	0.04021898	0.08140226	0.00	2.3607
HORNO.Queue	0.3650	0.06	0.2417	0.5248	0.00	7.0914

13 / 13 (660.0000 Minutes) Saturday, October 22, 2016

Un factor clave es el tiempo de espera de clientes en el establecimiento, estos resultados se muestran en la Figura 42, se realizó un promedio ponderado del tiempo de

espera de las 21 zonas de atención determinando un tiempo promedio de espera para clientes A de 3,76 minutos y se ajustarán a un intervalo de confianza de [3.03, 4.5] minutos.

Figura 42

Reporte tiempos de espera 01 de cliente A en el modelo de simulación

TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 01	4.2321	0.42	3.2459	5.3606	0.3407	27.8019
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 02	3.5539	0.39	2.6307	4.7979	0.3726	22.8692
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 03	4.0037	0.34	3.0560	4.7034	0.4882	41.7607
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 04	4.2492	0.84	2.4553	7.0680	0.2602	47.7159
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 05	3.9600	0.44	2.5769	4.8837	0.2161	14.2686
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 06	4.1353	0.34	3.2043	4.9186	0.4513	31.5793
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 07	4.1206	0.38	3.0469	5.1971	0.1980	41.6315
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 08	4.0640	0.52	3.0414	6.3438	0.3352	35.4552
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 09	4.1145	0.49	2.9726	5.5124	0.3598	22.6250
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 10	3.7208	0.32	2.9604	4.5852	0.2872	24.5590
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 11	3.6595	0.36	2.6485	4.8347	0.3152	22.8939
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 12	3.9516	0.52	2.5392	5.3937	0.2022	22.1768
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA 13	3.7281	0.68	1.9078	5.5820	0.1886	28.9422

13 / 13 (660.0000 Minutes) Saturday, October 22, 2016

En la Figura 43 se visualiza el tiempo promedio de espera 02 para clientes A en mesa generados desde el instante de la realización de un pedido por parte del cliente y la recepción del mismo, se obtienen 21 tiempos de espera que se expresarán de forma única mediante un promedio de tiempos de espera entre todas las zonas, el tiempo promedio de espera 02 general de 11,61 minutos y se ajustarán a un intervalo de confianza de [10.31, 12.91] minutos, intervalo de tiempo que representa los minutos que espera un cliente A para recibir el pedido realizado.

Figura 43

Reporte tiempos de espera 02 de cliente A en el modelo de simulación

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA20	2.2720	1.50	0.00	7.4758	0.00	7.4758
TIEMPO ESPERA 01 CLIENTE A ZONA21	1.4468	1.35	0.00	6.3436	0.00	7.4519
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA01	12.0173	0.47	10.4665	13.1853	1.5757	24.2648
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA02	12.5668	1.09	10.3136	15.0366	1.6243	24.2185
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA03	11.5212	0.71	8.9444	13.1448	1.5622	24.9014
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA04	12.2319	0.70	10.5061	14.7407	1.8085	24.6396
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA05	11.9701	0.80	9.0015	14.7709	1.6970	23.5544
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA06	12.2820	0.58	10.1666	14.2070	1.6029	24.9946
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA07	12.4414	0.54	10.9858	13.5967	1.9678	24.2111
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA08	11.6748	0.41	10.4408	13.0622	1.7116	23.6679
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA09	12.8925	0.66	10.4796	14.7570	1.7340	25.2230
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA10	12.2218	0.75	10.1621	14.3382	1.8171	24.6272
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA11	12.2672	0.73	10.8516	15.1728	1.5519	24.4789
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA12	12.4449	0.83	10.2990	14.5248	1.8011	23.4616
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA13	11.6167	0.84	9.9758	14.1556	1.4520	24.1625
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA14	11.8493	0.89	9.5129	14.8641	1.4821	23.6260
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA15	12.3590	0.90	9.6060	14.6011	1.5793	24.4896
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA16	12.1701	1.29	9.1267	15.9438	1.4082	24.1104
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA17	12.7162	1.23	8.5449	14.8319	2.1130	24.4674
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA18	13.0292	1.64	8.5486	16.9069	2.8070	23.2503
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE A ZONA19	10.2571	2.39	0.00	15.3544	0.00	21.6417
TIEMPO ESPERA 02 CLIENTE	7.4974	4.36	0.00	19.4590	0.00	19.4590

13 / 13 (660.0000 Minutes) Saturday, October 22, 2016

CAPÍTULO VI

DISCUSIONES

Según Clemente (2008) en sus conclusiones menciona que "para validar su modelo de simulación comparo los resultados más significativos del modelo con los resultados reales". Considerando los mencionado se comparó que la cantidad promedio de clientes atendidos de acuerdo al software Arena asciende a 501, este número de clientes es simular a la cantidad de clientes que asisten a Kankas un día del fin de semana considerado como muestra que fue de 550 personas, obteniendo un número cercando al real con el modelo de simulación elaborado.

Según Portilla (2010) en "Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación" en sus conclusiones menciona que "el tiempo promedio de un cliente que permanece en el sistema desde su llegada a la fila hasta ser atendido por el cajero equivale al 42,7% de la duración tota el porcentaje restante es asignado al tiempo de espera del servicio". De similar forma el tiempo promedio de atención para clientes A es de 27 minutos que representa el 90 por ciento del tiempo en el establecimiento y el tiempo promedio de atención para clientes B es 2 minutos en promedio que representa el 77,5 por ciento del tiempo que permanece en el establecimiento.

Según Portilla (2010) en "Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación" en sus conclusiones menciona que "el tiempo de inactividad del cajero no se debe a su eficiencia en la atención, sino al intervalo entre las llegadas que se produce". Esto es contrastado debido a que el tiempo promedio de espera para clientes A es de 15,37 minutos que representa el 10 por ciento del tiempo en el establecimiento y el tiempo promedio de espera para clientes B es 0,4 minutos en promedio que representa el 22,5 por ciento del tiempo que permanece en el establecimiento. Tiempo de espera que es menor al 25 % respecto al tiempo de atención brindado a los clientes A y B.

Conclusiones

Primera

Se pudo determinar el flujo de atención de clientes en Kankas restaurant haciendo uso del software Arena 14.00, una vez reunida información vinculada a periodo de alta demanda, el modelo de simulación considera 2 tipos de clientes que arriban al sistema que determinan su flujo durante su permanencia en el establecimiento, se identifican recursos requeridos por lo clientes, los recursos identificados son 95 mesas distribuidas en 21 zonas de atención al público, 02 cajeros disponibles en el área de caja y finalmente una persona en el área de despacho que permite el servicio a los clientes que realizan compra en caja y hace entrega de los pedidos para llevar.

Segunda

Se consiguió, a través de un modelo de simulación, información estadística sobre los tiempos de atención en las áreas de servicio al público, caja y despacho, el tiempo promedio de atención a clientes A en el área de atención al público estará en el intervalo [24.02, 30.54] minutos, el tiempo promedio de atención a clientes B en el Área de caja estará en el intervalo [0.82, 0.84] minutos y finalmente para el tiempo promedio de atención a clientes B en el Área de despacho estará en el intervalo [1.46, 1.62] minutos, la probabilidad para que los distintos tiempos de atención mencionados estén en éstos intervalos es del 95% de confianza, y la probabilidad de error 5 %. Se conoce que el mayor tiempo de atención es el generado en mesa y se da durante el consumo del pedido solicitado, así mismo, el área de caja tiene menor el tiempo de atención.

Tercera

Luego de la generación de 13 réplicas el tiempo promedio de espera 01 de clientes A en el área de atención al público estará en el intervalo [3.03, 4.50] minutos que representa el periodo de espera del cliente por la toma de su pedido, el tiempo promedio de espera 02 de clientes A en el área de atención al público estará en el intervalo [10.31, 12.91] minutos que representa el periodo de espera del pedido por consumir solicitado y el tiempo promedio de espera a clientes B en el área de caja estará en el intervalo [0.05, 0.07] minutos, la probabilidad para los tiempos mencionados estén dentro del intervalo

es del 95 % de confianza, y la probabilidad de error es 5 %. El tiempo de espera 01 para clientes A es alto, y deberá ser considerado por gerencia para evaluar el

rendimiento del personal, con la finalidad de detectar las causas que originan la demora en la atención al cliente.

Recomendaciones

Primera

Los datos obtenidos por la ejecución del modelo de simulación permiten conocer el rendimiento del personal y examinar posibles opciones para mejorar la calidad del servicio al público.

Segunda

Es posible elaborar escenarios nuevos, contemplando la reducción o ampliación de zonas de atención para analizar el impacto que estas modificaciones tendrán el tiempo de atención y espera de clientes.

Tercera

Para una posterior investigación se recomienda incluir los tiempos generados en las zonas de producción para mejorar la calidad de resultados y ampliar la diversidad de escenarios que pueden ser simulados.

Cuarta

En futuras investigaciones se recomienda ampliar el tamaño de muestra del tiempo entre llegadas de clientes, tiempo de espera y tiempo de atención, con el objetivo de mejorar la calidad de las distribuciones de probabilidad que se ajustan a los datos recolectados. Mayores datos permitirán obtener nuevas distribuciones que permiten incrementar el número de posibles escenarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arancibia, C. (2012). *Mejoramiento de productividad mediante distribución de instalaciones y reasignación de personal en un área de la planta en empresa textil.* Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Barceló, J. (1996). *Simulación de Sistemas Discretos*. Madrid, España: Closas Vivas.

Bolaños, O (2014). *Importancia de la simulación en la mejora de procesos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Clemente, L (2008). *Mejora en el nivel de atención a los clientes de una entidad bancaria usando simulación*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Coss, R. (2003). *Simulación un enfoque práctico*. México: Limusa.

Enciso, L. (2011). *Teoría de Colas.* Universidad Técnica particular de Loja.

Fábregas, A., & Wadnipar, R. (2003). *Simulación de sistemas productivos con RS Arena*. Barranquilla, Ecuador: Ediciones Uninorte.

Fernández, V. (2006). *Desarrollo de sistemas de información una metodología basada en el desarrollo*. Barcelona, España: UPC.

García, J. (2010). *Teoría de Colas*. Valencia: Grupo Rogle.

Gnugnoli, G & Maisel, H. (1972). *Simulation of Discrete Stochastic Systems*. Alemania: Science Research Associates, Inc

Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* Mexico: McGraw-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V.

Martínez, C. (2009). *Análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e híper erlang para la asignación eficiente de los recursos.* Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Mielnizuk, N., Mariño, S. & Alderete, R. (2016). Simuladores para apoyar el aprendizaje de la teoría de colas. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

Monje, C. A. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa.* Universidad Surcolombiana. Neiva, Colombia: Programa de Comunicación Social de Periodismo.

Naylor, T. Balintfy, J., Burdick, D., & Chu, K. (1980). *Técnica de Simulación en Computadoras.* Madrid, España: Limusa

Portilla, L., Arias, L., & Fernández, S. (2010*). Análisis de líneas de espera a través de Teoría de Colas y Simulación.* Scientia et Technica Año XVII, 46.

Shannon, R. (1988). *Simulación de sistemas: diseño, desarrollo e implementación.* México D.F, México: Trillas.

Taha, H. (2012). *Investigación de Operaciones.* México D.F, México: Pearson educación

Torres, P. (2010). *Simulación de sistemas con el software Arena.* Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.

Torres, M. & Doncel, C. (2005). *Comparación del desempeño de los simuladores Arena y Promodel en un modelo de producción*. Third LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Cartagena, Colombia.

Vales, G. (2010). *Apuntes de simulación.* México: Instituto Tecnológico de Acapulco.

Vitoriano, B (2013). *Modelos y métodos de simulación estocástica. Aplicación en la valoración financiera.* Universidad Complutense de Madrid, España.

Wong, P (2009). *Propuesta de mejora del proceso de admisión en una empresa privada que brinda servicios de salud ambulatorios.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Zaragoza, A. (2010). *Teoría de Colas.* Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

Anexos

Anexo 01: Matriz de consistencia

Tabla 40
Matriz de consistencia

Titulo: Simulación del flujo de atención de clientes en periodos de alta demanda basada en la teoría de colas en Kankas restaurant		
Problema general	**Objetivos**	**Variables**
¿Cómo es el flujo de atención de clientes en periodos de alta demanda basada en la teoría de colas en Kankas restaurant?	Simular el flujo de atención de clientes en periodos de alta demanda basada en la teoría de colas en Kankas restaurant.	Flujo de atención de clientes
Problemas específicos	**Objetivos específicos**	**Dimensiones**
¿Cuál es la información vinculada al flujo de atención de clientes en periodos de alta demanda en Kankas restaurant?	Elaborar un flujo de atención de clientes considerando información vinculada a periodos de alta demanda en Kankas restaurant.	**Componentes del sistema** Numero de entidades Numero de recursos Numero de estaciones
¿Cuál es el tiempo promedio de atención del cliente en periodos de alta demanda basada en la teoría de colas en Kankas restaurant?	Determinar el tiempo promedio de atención de clientes en periodos de alta demanda basada en la teoría de colas en Kankas restaurant.	**Tiempos promedio de atención en mesa** Tiempo de atención promedio de clientes en mesa 01 Tiempo de atención promedio de clientes en mesa 02 Tiempo de servicio a clientes en mesa
¿Cuál es el tiempo promedio de espera de clientes en periodos de alta demanda basada en la teoría de colas en Kankas restaurant?	Determinar el tiempo promedio de espera de clientes en periodos de alta demanda basada en la teoría de colas en Kankas restaurant.	**Tiempos promedio de espera para llevar** Tiempo de promedio espera de el área de caja Tiempo de promedio servicio de e área de caja Tiempo de promedio espera de el área de despacho Tiempo de promedio servicio de el área de despacho
Diseño de investigacion	**Población**	**Técnicas e instrumentos**
Diseño no experimental	El tamaño de la población esta representada por el numero de pedidos en periodos de alta demanda es de 1500	Observación Fichas de observación
Tipo de investigación	**Muestra**	**Tratamiento estadístico**
Descriptivo	Se trabajara con datos 306 datos obtenidos en el periodo de alta demanda	Kolgomorov-Smirnov

Anexo 02: Ficha recolección de datos

Tabla 41
Ficha de recolección de datos para clientes A

Ficha de observación a clientes en mesa

Ficha Nº:

Tiempo de la observación:

Fecha:

Lugar: Nivel:

Observador/a:

N° Clientes	Horra llegada	Hora atención en caja	Hora atención en despacho	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

Tabla 42

Ficha de recolección de datos para clientes B

Ficha de observación a clientes tipo B

Ficha Nº:

Tiempo de la observación:

Fecha:

Lugar: Nivel:

Observador/a:

N° Clientes	Hora llegada	Hora atención en caja	Hora atención en despacho	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

Anexo 03: Base de datos de datos recolectados

Tabla 43:
Datos en horas para tiempos de clientes A

22/10/2016					
Orden	Mesa	Llegada cliente A	Toma de pedido	Recepción de pedido	Término del servicio
1	mesa 07	12:00:00	12:01:12	12:25:29	12:53:47
2	mesa 19	12:06:51	12:07:29	12:11:08	12:33:51
3	mesa 55	12:07:26	12:08:08	12:29:09	13:26:07
4	mesa 54	12:08:00	12:09:09	12:29:30	13:10:01
5	mesa 06	12:09:41	12:10:30	12:23:19	12:57:39
6	mesa 43	12:11:48	12:13:19	12:32:36	13:25:40
7	mesa 14	12:12:24	12:13:36	12:28:17	12:59:08
8	mesa 08	12:15:20	12:16:49	12:20:30	12:43:31
9	mesa 56	12:15:27	12:16:17	12:31:21	13:10:53
10	mesa 38	12:15:47	12:16:21	12:31:49	13:06:21
11	mesa 18	12:21:23	12:22:30	12:41:05	13:47:04
12	mesa 42	12:25:05	12:33:17	12:43:48	13:31:08
13	mesa 23	12:27:58	12:29:13	12:44:14	13:04:34
14	mesa 20	12:27:59	12:29:17	12:49:30	14:18:58
15	mesa 22	12:28:24	12:29:14	12:40:17	13:08:51
16	mesa 24	12:28:31	12:29:30	12:32:32	12:41:46
17	mesa 21	12:28:38	12:29:05	12:49:13	13:32:15
18	mesa 04	12:28:38	12:29:32	12:44:17	13:09:52
19	mesa 16	12:31:36	12:33:48	12:54:40	13:18:28
20	mesa 14	12:32:20	12:35:53	12:41:29	13:08:58
21	mesa 03	12:33:06	12:35:40	12:40:53	13:05:30
22	mesa 57	12:38:05	12:40:29	12:56:03	13:45:05
23	mesa 30	12:39:57	12:41:03	12:53:34	13:18:50
24	mesa 27	12:40:55	12:41:34	12:53:24	13:32:49
25	mesa 24	12:41:50	12:42:24	13:05:29	14:21:04
26	mesa 08	12:43:32	12:49:52	13:02:24	13:36:22
27	mesa 50	12:43:47	12:47:29	12:52:52	13:13:09
28	mesa 39	12:44:50	12:51:57	13:12:36	14:37:33
29	mesa 17	12:45:02	12:50:24	13:00:56	13:36:57
30	mesa 41	12:46:48	12:51:45	13:02:57	13:48:40
31	mesa 95	12:49:13	12:50:56	13:10:27	13:52:52
32	mesa 19	12:49:55	12:51:27	13:01:45	13:42:20
33	mesa 15	12:51:12	12:53:36	12:57:36	13:07:27
34	mesa 09	12:52:49	12:53:40	13:15:24	13:51:52
35	mesa 48	12:54:13	12:55:24	13:08:21	13:24:41
36	mesa 51	12:54:19	12:57:21	13:16:42	13:45:09
37	mesa 10	12:58:54	12:59:42	13:01:43	13:26:52
38	mesa 25	13:01:02	13:01:43	13:23:37	13:47:53
39	mesa 36	13:02:55	13:03:37	13:15:53	14:01:04
40	mesa 07	13:03:07	13:05:53	13:18:47	14:01:52

41	mesa 46	13:07:27	13:09:06	13:28:07	14:27:09
42	mesa 49	13:07:48	13:08:47	13:28:06	14:20:23
43	mesa 12	13:09:24	13:11:07	13:26:19	13:53:31
44	mesa 23	13:10:02	13:13:19	13:29:09	14:03:07
45	mesa 56	13:12:58	13:18:58	13:38:15	14:12:38
46	mesa 44	13:13:46	13:16:32	13:28:44	14:11:44
47	mesa 31	13:13:59	13:15:09	13:29:44	13:50:36
48	mesa 32	13:14:24	13:16:44	13:20:58	13:50:31
49	mesa 02	13:14:49	13:16:10	13:26:32	14:09:04
50	mesa 50	13:15:24	13:15:44	13:27:10	14:14:16
51	mesa 14	13:18:17	13:22:19	13:38:37	13:57:36
52	mesa 16	13:18:35	13:19:51	13:40:19	13:51:51
53	mesa 47	13:18:40	13:19:15	13:21:51	13:33:18
54	mesa 40	13:20:18	13:24:31	13:41:25	14:15:07
55	mesa 16	13:21:11	13:22:37	13:34:29	14:11:53
56	mesa 52	13:21:28	13:26:10	13:47:07	14:15:16
57	mesa 22	13:21:51	13:24:29	13:35:31	14:35:52
58	mesa 30	13:22:59	13:25:25	13:37:37	14:11:41
59	mesa 26	13:24:08	13:25:37	13:38:10	14:51:03
60	mesa 59	13:25:51	13:35:59	13:56:35	14:47:41
61	mesa 55	13:28:01	13:30:07	13:40:28	14:14:51
62	mesa 06	13:28:30	13:30:49	13:42:10	14:02:39
63	mesa 05	13:28:38	13:30:38	13:35:49	13:59:07
64	mesa 48	13:28:45	13:30:28	13:40:38	14:32:13
65	mesa 10	13:29:02	13:31:23	13:36:49	13:53:30
66	mesa 77	13:29:55	13:31:10	13:48:23	14:09:04
67	mesa 38	13:31:06	13:34:49	13:47:59	14:36:33
68	mesa 03	13:34:06	13:36:36	13:42:55	14:04:08
69	mesa 01	13:34:35	13:36:35	13:50:36	14:24:12
70	mesa 91	13:34:45	13:38:55	13:52:43	14:47:07
71	mesa 43	13:39:26	13:40:43	13:58:28	14:34:07
72	mesa 11	13:39:41	13:41:28	14:02:13	14:36:37
73	mesa 84	13:41:22	13:44:13	13:59:31	14:34:18
74	mesa 04	13:42:16	13:48:31	14:08:59	14:53:50
75	mesa 92	13:45:36	13:50:17	14:01:53	14:40:09
76	mesa 45	13:46:30	13:55:58	14:02:05	14:26:54
77	mesa 94	13:47:57	13:49:59	14:03:17	15:04:31
78	mesa 93	13:49:03	13:50:53	14:05:57	14:31:59
79	mesa 57	13:49:08	13:53:04	14:10:33	14:49:58
80	mesa 41	13:49:10	13:59:18	14:11:08	14:31:34
81	mesa 54	13:49:46	13:54:33	14:07:08	14:18:38
82	mesa 27	13:50:09	13:51:57	14:04:04	15:04:46
83	mesa 51	13:52:12	13:55:12	14:11:58	14:47:25
84	mesa 53	13:53:32	13:55:08	14:05:12	14:52:56
85	mesa 10	13:53:40	14:00:08	14:17:49	14:45:56
86	mesa 35	13:54:52	13:59:05	14:09:18	14:42:02
87	mesa 47	13:57:49	14:00:49	14:16:15	15:13:50

88	mesa 23	13:59:31	14:04:12	14:18:31	15:10:25
89	mesa 12	14:03:10	14:12:14	14:26:41	14:56:11
90	mesa 88	14:03:44	14:06:31	14:10:33	14:27:23
91	mesa 03	14:05:53	14:10:33	14:23:04	14:38:26
92	mesa 95	14:09:16	14:13:57	14:32:54	15:35:15
93	mesa 19	14:09:25	14:11:04	14:22:39	15:15:18
94	mesa 17	14:09:35	14:11:45	14:26:14	15:09:05
95	mesa 18	14:09:44	14:11:39	14:26:45	14:35:52
96	mesa 58	14:11:09	14:26:23	14:36:27	15:03:47
97	mesa 21	14:13:20	14:14:54	14:27:06	14:45:18
98	mesa 52	14:13:20	14:17:22	14:30:46	15:08:17
99	mesa 09	14:13:39	14:21:34	14:39:12	15:37:30
100	mesa 44	14:14:10	14:24:51	14:37:07	15:26:28
101	mesa 15	14:15:02	14:17:11	14:36:22	15:29:31
102	mesa 02	14:15:18	14:28:33	14:46:46	15:10:54
103	mesa 14	14:15:36	14:17:46	14:31:34	14:56:57
104	mesa 16	14:16:35	14:17:06	14:19:11	14:32:20
105	mesa 78	14:16:55	14:18:34	14:30:23	15:30:33
106	mesa 13	14:18:10	14:19:23	14:25:42	14:56:48
107	mesa 06	14:18:24	14:20:42	14:34:34	15:05:09
108	mesa 50	14:18:55	14:22:12	14:42:35	15:13:24
109	mesa 81	14:20:21	14:22:35	14:35:46	15:28:12
110	mesa 82	14:20:45	14:23:46	14:34:06	15:47:02
111	mesa 56	14:21:23	14:24:06	14:40:51	15:36:19
112	mesa 05	14:22:17	14:28:27	14:39:33	15:05:49
113	mesa 55	14:22:20	14:25:07	14:43:31	15:16:45
114	mesa 07	14:23:11	14:25:31	14:42:23	15:46:27
115	mesa 24	14:26:48	14:29:46	14:48:01	15:20:42
116	mesa 31	14:30:11	14:33:05	14:45:57	15:38:43
117	mesa 32	14:30:14	14:33:01	14:37:05	14:54:19
118	mesa 30	14:32:12	14:34:57	14:49:37	15:55:37
119	mesa 01	14:33:42	14:40:38	14:50:56	15:09:39
120	mesa 25	14:33:57	14:35:37	14:40:38	14:57:22
121	mesa 22	14:37:24	14:40:56	14:44:10	15:03:27
122	mesa 89	14:41:05	14:42:10	14:51:37	15:43:26
123	mesa 85	14:41:14	14:43:37	14:51:47	15:57:22
124	mesa 84	14:41:35	14:43:47	14:58:57	15:44:01
125	mesa 42	14:41:58	14:51:12	14:59:22	15:40:32
126	mesa 16	14:42:33	14:52:01	15:05:02	15:28:23
127	mesa 41	14:46:29	14:49:57	14:58:12	15:42:11
128	mesa 38	14:48:10	14:55:02	15:01:05	15:16:59
129	mesa 57	14:50:07	14:51:22	14:59:01	15:23:35
130	mesa 03	14:50:54	14:55:05	15:02:56	15:19:26
131	mesa 40	14:54:46	15:00:59	15:06:33	15:29:48
132	mesa 11	14:55:01	15:01:33	15:06:42	15:23:20
133	mesa 02	14:55:52	14:58:56	15:07:37	15:31:50
134	mesa 49	14:58:07	15:00:37	15:10:59	15:31:44

135	mesa 93	14:58:15	15:04:16	15:16:06	15:45:40
136	mesa 54	14:59:52	15:01:42	15:10:57	15:27:56
137	mesa 21	14:59:55	15:02:57	15:16:16	15:39:47
138	mesa 39	15:02:37	15:10:10	15:21:22	15:44:02
139	mesa 71	15:05:03	15:06:06	15:19:29	15:54:39
140	mesa 48	15:06:12	15:08:29	15:16:10	16:26:38
141	mesa 66	15:11:49	15:13:22	15:19:28	15:41:51
142	mesa 06	15:14:35	15:20:37	15:29:27	16:43:27
143	mesa 05	15:15:03	15:20:28	15:30:37	16:00:27
144	mesa 43	15:15:47	15:22:27	15:25:11	15:41:38
145	mesa 27	15:23:15	15:25:11	15:34:58	18:14:29
146	mesa 28	15:24:04	15:25:58	15:34:11	16:36:27
147	mesa 25	15:24:08	15:26:11	15:38:12	16:42:12
148	mesa 57	15:27:36	15:28:12	15:41:35	16:10:54
149	mesa 11	15:32:17	15:33:35	15:48:29	16:22:08
150	mesa 83	15:36:26	15:39:29	15:57:11	21:50:03
151	mesa 24	15:48:22	15:51:40	16:00:54	16:27:40
152	mesa 15	15:48:28	15:51:11	15:57:40	16:36:50
153	mesa 19	15:50:14	16:05:06	16:07:03	16:11:46
154	mesa 56	15:50:32	15:52:56	16:00:01	16:44:59
155	mesa 32	15:51:40	15:56:30	16:04:15	16:32:10
156	mesa 55	15:51:49	15:52:54	15:58:56	17:17:41
157	mesa 02	15:52:22	15:54:01	16:00:45	16:39:49
158	mesa 01	15:52:31	15:54:45	16:01:47	16:34:27
159	mesa 03	15:52:33	15:55:13	16:00:30	16:06:31
160	mesa 14	15:53:57	15:54:47	16:04:13	17:05:46
161	mesa 21	15:55:35	16:00:26	16:09:54	16:33:34
162	mesa 23	15:57:18	15:59:15	16:05:26	17:03:10
163	mesa 50	15:58:06	16:01:54	16:09:36	16:31:27
164	mesa 16	15:58:40	16:02:36	16:13:06	16:46:05
165	mesa 31	16:06:14	16:09:03	16:26:06	16:53:28
166	mesa 07	16:11:58	16:18:06	16:20:56	16:38:41
167	mesa 22	16:17:52	16:19:56	16:22:54	16:37:31
168	mesa 18	16:33:43	16:34:58	16:39:30	16:53:10
169	mesa 19	16:33:48	16:34:54	16:45:58	17:00:35
170	mesa 39	16:35:05	16:37:30	16:40:30	16:49:20
171	mesa 22	16:45:26	16:48:39	16:59:38	18:06:57
172	mesa 03	16:48:42	16:50:38	16:57:38	17:14:47
173	mesa 42	16:55:57	16:58:26	17:06:30	18:16:23
174	mesa 41	16:57:22	16:58:30	17:00:47	17:18:21
175	mesa 69	17:08:23	17:11:47	17:16:15	17:24:38
176	mesa 56	17:11:24	17:13:15	17:27:12	17:46:52
177	mesa 07	17:18:18	17:20:12	17:30:20	18:04:22
178	mesa 02	17:21:23	17:24:28	17:34:38	18:02:19
179	mesa 40	17:21:33	17:23:20	17:30:28	19:42:27
180	mesa 50	17:27:25	17:31:38	17:38:47	18:35:12
181	mesa 17	17:31:07	17:32:47	17:39:28	17:54:17

182	mesa 06	17:32:46	17:35:28	17:45:24	18:48:05
183	mesa 16	17:35:36	17:38:01	17:48:51	18:32:54
184	mesa 09	17:36:10	17:36:24	17:40:01	17:45:33
185	mesa 41	17:36:34	17:42:16	17:50:06	18:35:05
186	mesa 15	17:36:41	17:38:51	17:53:16	18:32:59
187	mesa 95	17:41:35	17:47:23	17:55:35	18:15:28
188	mesa 19	17:41:38	17:44:06	17:47:06	18:01:54
189	mesa 14	17:46:21	17:47:35	17:58:55	18:38:27
190	mesa 56	17:47:23	18:00:05	18:11:31	20:23:43
191	mesa 01	17:50:30	17:51:55	18:10:08	18:28:47
192	mesa 55	17:51:54	18:00:31	18:03:57	18:31:43
193	mesa 26	17:52:49	17:54:08	18:15:35	19:07:09
194	mesa 10	17:54:35	17:56:35	18:12:26	18:38:41
195	mesa 39	17:58:16	17:59:26	18:05:05	18:36:43
196	mesa 43	18:00:19	18:11:26	18:31:27	19:53:53
197	mesa 05	18:01:34	18:03:09	18:28:54	18:53:51
198	mesa 49	18:01:58	18:02:57	18:14:09	18:48:09
199	mesa 24	18:04:11	18:09:54	18:29:26	20:07:07
200	mesa 07	18:13:40	18:26:39	18:40:26	19:23:20
201	mesa 54	18:13:59	18:15:27	18:28:52	20:00:54
202	mesa 95	18:18:17	18:24:29	18:41:39	19:08:44
203	mesa 42	18:18:20	18:29:26	18:42:12	19:18:13
204	mesa 03	18:18:40	18:23:52	18:31:29	18:56:22
205	mesa 02	18:27:08	18:32:44	18:43:17	19:25:55
206	mesa 38	18:30:39	18:35:17	18:48:39	19:52:52
207	mesa 26	18:32:03	18:40:55	18:47:04	19:14:22
208	mesa 01	18:32:55	18:39:06	18:45:38	19:10:15
209	mesa 09	18:32:57	18:38:18	18:41:06	18:55:38
210	mesa 18	18:33:07	18:36:39	18:53:18	19:25:22
211	mesa 21	18:35:17	18:41:04	18:48:04	19:00:03
212	mesa 41	18:36:57	18:45:32	18:53:33	19:56:22
213	mesa 45	18:37:27	18:45:34	19:00:19	20:09:44
214	mesa 22	18:37:35	18:40:40	18:59:55	20:05:19
215	mesa 48	18:37:59	18:39:38	18:46:02	19:48:21
216	mesa 11	18:38:17	18:45:33	19:02:34	19:47:08
217	mesa 14	18:39:40	18:40:02	18:42:40	18:47:15
218	mesa 31	18:40:35	18:49:19	18:57:28	19:30:28
219	mesa 30	18:42:17	18:49:28	19:07:28	20:01:58
220	mesa 16	18:42:18	18:49:29	18:54:44	19:22:09
221	mesa 32	18:43:29	18:49:28	19:08:29	20:36:42
222	mesa 19	18:46:12	18:49:44	19:04:22	19:34:57
223	mesa 15	18:46:16	18:51:42	19:09:42	20:08:58
224	mesa 55	18:46:41	18:50:26	19:05:08	19:33:52
225	mesa 53	18:48:21	18:51:08	18:56:42	21:36:41
226	mesa 57	18:48:34	18:50:22	19:02:26	21:38:58
227	mesa 04	18:49:04	18:59:46	19:14:47	19:51:08
228	mesa 27	18:54:42	18:57:42	19:19:46	19:41:48

229	mesa 06	18:55:25	19:05:54	19:27:02	19:57:31
230	mesa 09	18:56:29	19:01:59	19:20:01	19:43:38
231	mesa 47	19:01:45	19:03:01	19:15:54	20:49:37
232	mesa 46	19:07:14	19:09:22	19:27:32	21:31:24
233	mesa 49	19:07:32	19:09:02	19:22:22	19:38:09
234	mesa 50	19:09:23	19:13:32	19:36:51	20:31:03
235	mesa 14	19:09:25	19:11:32	19:15:32	19:43:26
236	mesa 39	19:16:06	19:17:51	19:20:55	19:28:01
237	mesa 42	19:17:04	19:24:08	19:33:06	20:22:16
238	mesa 05	19:17:42	19:21:55	19:35:08	20:13:35
239	mesa 10	19:19:06	19:26:48	19:36:53	20:33:14
240	mesa 92	19:21:02	19:27:37	19:35:32	19:59:13
241	mesa 91	19:21:07	19:26:53	19:41:37	21:55:17
242	mesa 51	19:21:18	19:25:06	19:35:48	20:10:21
243	mesa 03	19:21:48	19:28:32	19:34:53	20:39:27
244	mesa 58	19:23:26	19:30:17	19:39:34	22:08:05
245	mesa 01	19:23:29	19:29:53	19:38:17	19:58:43
246	mesa 07	19:26:54	19:31:56	19:42:25	20:37:03
247	mesa 02	19:27:03	19:36:57	19:54:06	21:08:04
248	mesa 17	19:28:42	19:32:25	19:44:32	20:32:38
249	mesa 52	19:29:55	19:34:32	19:43:57	20:27:59
250	mesa 94	19:36:23	19:41:55	19:46:55	20:21:25
251	mesa 08	19:39:37	19:41:06	19:46:44	20:11:30
252	mesa 49	19:40:36	19:41:44	19:56:55	20:26:53
253	mesa 51	19:41:37	19:46:58	19:51:58	20:27:26
254	mesa 12	19:42:15	19:48:43	19:54:08	20:15:55
255	mesa 25	19:45:47	19:48:08	19:53:08	20:08:07
256	mesa 27	19:45:55	19:48:21	19:53:08	20:20:45
257	mesa 31	19:52:04	19:59:54	20:24:14	21:19:46
258	mesa 71	19:52:37	19:59:50	20:05:54	20:33:11
259	mesa 16	19:52:54	19:58:10	20:19:42	21:11:44
260	mesa 66	19:56:16	20:00:14	20:04:36	20:33:05
261	mesa 23	19:57:18	20:00:36	20:07:42	20:26:19
262	mesa 19	19:57:19	20:00:42	20:18:02	21:11:23
263	mesa 06	19:58:06	20:08:48	20:12:15	20:36:33
264	mesa 28	19:58:48	20:06:53	20:23:36	21:16:13
265	mesa 11	19:58:49	20:02:02	20:10:54	20:37:14
266	mesa 41	19:59:10	20:05:54	20:31:53	21:15:01
267	mesa 92	20:03:33	20:10:15	20:14:19	20:40:46
268	mesa 93	20:04:45	20:10:19	20:32:21	20:44:39
269	mesa 55	20:05:15	20:07:36	20:25:48	21:18:23
270	mesa 04	20:05:51	20:16:12	20:20:47	20:45:38
271	mesa 15	20:07:23	20:11:47	20:16:12	20:43:16
272	mesa 09	20:07:56	20:12:12	20:18:56	20:50:03
273	mesa 54	20:09:39	20:11:21	20:30:47	21:17:10
274	mesa 26	20:12:10	20:15:56	20:41:12	21:04:43
275	mesa 84	20:18:20	20:24:47	20:42:59	21:26:51

276	mesa 43	20:19:46	20:34:26	20:39:34	21:05:17
277	mesa 05	20:23:18	20:26:59	20:35:22	20:58:23
278	mesa 49	20:25:10	20:33:07	20:40:26	21:03:07
279	mesa 39	20:25:29	20:29:49	20:54:07	21:21:41
280	mesa 38	20:26:49	20:29:22	20:40:49	21:01:04
281	mesa 01	20:31:40	20:37:34	20:57:21	21:27:15
282	mesa 50	20:32:38	20:38:57	21:04:09	21:36:47
283	mesa 13	20:34:40	20:38:21	20:48:57	21:12:23
284	mesa 16	20:34:59	20:39:09	20:43:09	21:14:24
285	mesa 42	20:35:28	20:41:44	21:05:30	22:02:18
286	mesa 32	20:38:41	20:40:27	21:02:44	21:40:06
287	mesa 11	20:40:16	20:42:30	20:47:30	21:04:45
288	mesa 10	20:41:30	20:43:24	21:00:33	21:37:02
289	mesa 45	20:41:59	20:46:14	21:10:05	21:41:30
290	mesa 48	20:43:41	20:47:05	21:03:59	21:39:01
291	mesa 52	20:44:25	20:47:59	21:04:18	21:45:17
292	mesa 94	20:44:40	20:48:18	21:04:54	21:27:42
293	mesa 51	20:45:56	20:48:54	21:01:32	21:26:34
294	mesa 21	20:54:30	20:56:08	21:12:12	21:33:54
295	mesa 23	20:54:42	20:55:32	21:00:08	21:24:32
296	mesa 22	20:54:50	20:56:12	21:22:05	22:05:01
297	mesa 07	20:55:10	20:57:05	21:02:09	21:28:41
298	mesa 03	20:57:54	21:03:51	21:13:24	22:16:31
299	mesa 47	20:59:34	21:02:09	21:21:51	22:00:46
300	mesa 21	21:02:34	21:04:24	21:12:20	21:47:03
301	mesa 40	21:04:08	21:05:20	21:16:19	21:38:18
302	mesa 05	21:08:45	21:09:19	21:18:46	22:07:02
303	mesa 56	21:09:52	21:11:46	21:23:04	21:56:25
304	mesa 11	21:10:50	21:12:04	21:29:52	21:57:37
305	mesa 30	21:17:21	21:17:52	21:26:51	21:53:57
306	mesa 28	21:22:26	21:36:06	21:46:07	22:33:45

Anexo 04: Tablas de distribución

Figura 44
Distribución T Student

Distribución T de Student

k \ p	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9995
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,38	1,96	3,078	6,314	12,71	31,8	63,7	637
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,06	1,39	1,886	2,920	4,30	6,96	9,92	31,6
3	0,137	0,277	0,424	0,574	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,18	4,54	5,84	12,9
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,78	3,75	4,60	8,61
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,16	1,476	2,015	2,57	3,16	4,03	6,86
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,13	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71	5,96
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,12	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50	5,40
8	0,129	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,11	1,970	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,10	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,09	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17	4,59
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,0	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11	4,44
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,08	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06	4,32
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,08	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01	4,22
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,08	1,341	1,761	2,14	2,62	2,98	4,14
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,07	1,337	1,753	2,13	2,60	2,95	4,07
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,69	0,865	1,07	1,333	1,746	2,12	2,58	2,92	4,02
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,07	1,330	1,740	2,11	2,57	2,90	3,96
18	0,127	0,257	0,392	0,534	0,688	0,862	1,07	1,328	1,734	2,10	2,55	2,88	3,92
19	0,127	0,257	0,391	0,533	0,688	0,861	1,07	1,325	1,729	2,09	2,54	2,86	3,88
20	0,127	0,257	0,391	0,533	0,687	0,860	1,06	1,323	1,725	2,09	2,53	2,84	3,85
21	0,127	0,257	0,391	0,532	0,686	0,859	1,06	1,321	1,721	2,08	2,52	2,83	3,82
22	0,127	0,256	0,390	0,532	0,686	0,858	1,06	1,319	1,717	2,07	2,51	2,82	3,79
23	0,127	0,256	0,390	0,532	0,685	0,858	1,06	1,318	1,714	2,07	2,50	2,81	3,77
24	0,127	0,256	0,390	0,531	0,685	0,857	1,06	1,316	1,711	2,06	2,49	2,80	3,74
25	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,315	1,708	2,06	2,48	2,79	3,72
26	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,314	1,706	2,06	2,48	2,78	3,71
27	0,127	0,256	0,389	0,531	0,684	0,855	1,06	1,313	1,703	2,05	2,47	2,77	3,69
28	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,855	1,06	1,311	1,701	2,05	2,47	2,76	3,67
29	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,310	1,699	2,04	2,46	2,76	3,66
30	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,303	1,697	2,04	2,46	2,75	3,65
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,04	1,282	1,645	1,96	2,33	2,58	3,29

P (T≤t) para k grados de libertad. Por ejemplo, para k = 2 grados de libertad,
P(T≤0,142) = 0,55. P(T≥0,142) = 0,45.

Figura 45

Distribución Kolgomorov-Smirnov sobre ajuste de bondad

Test de Kolmogorov-Smirnov sobre Bondad de Ajuste

	Nivel de significación α							
n	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.90000	0.95000	0.97500	0.99000	0.99500	0.99750	0.99900	0.99950
2	0.68337	0.77639	0.84189	0.90000	0.92929	0.95000	0.96838	0.97764
3	0.56481	0.63604	0.70760	0.78456	0.82900	0.86428	0.90000	0.92065
4	0.49265	0.56522	0.62394	0.68887	0.73424	0.77639	0.82217	0.85047
5	0.44698	0.50945	0.56328	0.62718	0.66853	0.70543	0.75000	0.78137
6	0.41037	0.46799	0.51926	0.5774 1	0.61661	0.65287	0.69571	0.72479
7	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	0.60975	0.65071	0.67930
8	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	0.57429	0.61368	0.64098
9	0.33910	0.38746	0.43001	0.47960	0.51332	0.54443	0.58210	0.60846
10	0.32260	0.36866	0.40925	0.45562	0.48893	0.51872	0.55500	0.58042
11	0.30829	0.35242	0.39122	0.43670	0.46770	0.49539	0.53135	0-55588
12	0.29577	0.33815	0.37543	0.41918	0.44905	0.47672	0.51047	0.53422
13	0.28470	0.32549	0.36143	0.40362	0.43247	0.45921	0.49189	0.51490
14	0.27481	0.31417	0.34890	0.38970	0.41762	0.44352	0.47520	0.49753
15	0.26589	0.30397	0.33750	0.37713	0.40420	0.42934	0.45611	0.48182
16	0.25778	0.29472	0.32733	0.36571	0.39201	0.41644	0.44637	0.46750
17	0.25039	0.28627	0.31796	0.35528	0.38086	0.40464	0.43380	0.45540
18	0.24360	0.27851	0.30936	0.34569	0.37062	0.39380	0.42224	0.44234
19	0.23735	0.27136	0..30143	0.33685	0.36117	0.38379	0.41156	0.43119
20	0.23156	0.26473	0.29408	0.32866	0.35241	0.37451	0.40165	0.42085
21	0.22517	0.25858	0.28724	0.32104	0.34426	0.36588	0.39243	0.41122
22	0.221I5	0.25283	0.28087	0.31394	0.33666	0.35782	0.38382	0.40223
23	0.21646	0.24746	0.2749tl	0.30728	0.32954	0.35027	0.37575	0.39380
24	0.21205	0.24242	0.26931	0.30104	0.32286	0.34318	0.36787	0.38588
25	0.20790	0.23768	0.26404	0.29518	0.31657	0.33651	0.36104	0.37743
26	0.20399	0.23320	0.25908	0.28962	0.30963	0.33022	0.35431	0.37139
27	0.20030	0.22898	0.25438	0.28438	0.30502	0.32425	0.34794	0.36473
28	0.19680	0.22497	0.24993	0.27942	0.29971	0.31862	0.34190	0.35842
29	0.19348	0.22117	0.24571	0.27471	0.29466	0.31327	0.33617	0.35242
30	0.19032	0.21756	0.24170	0.27023	0.28986	0.30818	0.33072	0.34672
31	0.18732	0.21412	0.23788	0.26596	0.28529	0.30333	0.32553	0.34129
32	0.18445	0.21085	0.23424	0.26189	0.28094	0.29870	0.32058	0.33611
33	0.18171	0.20771	0.23076	0.25801	0.27577	0.29428	0.31584	0.33115
34	0.17909	0.21472	0.22743	0.25429	0.27271	0.29005	0.31131	0.32641
35	0.17659	0.20185	0.22425	0.25073	0.26897	0.28600	0.30597	0.32187
36	0.17418	0.19910	0.22119	0.24732	0.26532	0.28211	0.30281	0.31751
37	0.17188	0.19646	0.21826	0.24404	0.26180	0.27838	0.29882	0.31333
38	0.16966	0.19392	0.21544	0.24089	0.25843	0.27483	0.29498	0.30931
39	0.16753	0.19148	0.21273	0.23785	0.25518	0.27135	0.29125	0.30544

Anexo 05: Datos réplicas preliminares

Tabla 44

Datos réplicas preliminares tiempo de espera 01

Zonas	Número réplicas tiempo espera 01				
	1	2	3	4	5
zona 01	5,10	4,56	4,68	3,88	4,22
zona 02	3,28	3,13	4,80	4,77	2,63
zona 03	4,11	3,61	3,31	4,70	4,15
zona 04	4,35	5,59	4,21	3,94	3,52
zona 05	3,35	2,89	4,60	4,85	2,58
zona 06	4,25	4,08	3,20	4,47	4,92
zona 07	4,05	3,83	4,31	4,89	4,43
zona 08	6,34	3,76	3,96	3,65	3,04
zona 09	3,64	5,26	4,62	3,57	3,63
zona 10	4,23	2,96	3,39	3,08	3,99
zona 11	3,84	4,22	2,80	3,59	3,75
zona 12	5,39	3,44	3,36	4,19	3,85
zona 13	2,12	3,34	2,55	3,19	5,58
zona 14	4,12	3,62	2,87	3,73	4,33
zona 15	3,68	3,34	4,44	5,70	3,58
zona 16	3,79	3,66	3,26	2,81	3,29
zona 17	4,16	5,31	5,05	3,03	1,64
zona 18	4,83	2,72	2,27	3,97	3,65
zona 19	1,38	1,92	2,40	5,92	8,53
zona 20	0,00	7,48	0,00	1,20	0,00
zona 21	0,00	6,34	0,00	2,00	0,00
Promedio	4,00	4,05	3,69	3,86	3,96

Tabla 45

Datos réplicas preliminares tiempo de espera 02

Zonas	Número réplicas tiempo espera 02				
	1	2	3	4	5
zona 01	12,44	10,91	12,24	11,78	12,39
zona 02	14,78	10,50	11,98	15,04	14,85
zona 03	10,92	10,33	12,77	10,75	12,33
zona 04	12,77	12,19	14,74	12,17	10,51
zona 05	12,62	12,31	10,85	12,18	11,51
zona 06	11,99	11,59	11,62	12,10	14,21
zona 07	12,07	13,45	12,89	11,28	13,46
zona 08	11,76	11,71	12,22	11,25	11,29
zona 09	13,48	10,48	14,76	13,34	13,43
zona 10	12,52	14,34	11,19	12,08	11,21
zona 11	15,17	13,84	11,62	11,54	13,27
zona 12	12,22	12,72	10,89	13,76	10,42
zona 13	10,72	12,45	12,85	11,12	12,41
zona 14	12,58	11,54	13,35	13,78	11,67
zona 15	11,88	14,60	12,89	10,28	9,61
zona 16	15,94	13,23	13,42	13,28	13,71
zona 17	12,26	14,24	10,08	11,89	14,59

zona 18	11,27	13,35	11,27	16,29	14,68
zona 19	7,65	12,13	15,35	11,01	9,86
zona 20	0,00	9,49	0,00	10,06	0,00
zona 21	0,00	19,06	0,00	14,39	0,00
Promedio	12,37	12,59	12,47	12,35	12,39

Tabla 46

Datos réplicas preliminares tiempo de atención

Zonas	Número réplicas tiempo servicio				
	1	2	3	4	5
zona 01	31,90	31,17	25,22	30,83	29,37
zona 02	25,41	25,75	32,61	28,86	27,93
zona 03	28,07	29,77	29,71	28,03	26,97
zona 04	29,45	32,71	31,80	32,92	29,48
zona 05	28,07	31,00	36,09	25,11	28,62
zona 06	24,98	26,61	33,39	27,66	28,89
zona 07	26,80	30,05	28,06	28,58	27,20
zona 08	25,10	23,42	26,19	28,62	32,72
zona 09	30,14	34,24	32,59	27,05	31,92
zona 10	28,41	29,45	27,30	27,76	34,98
zona 11	32,04	31,08	24,92	25,78	32,63
zona 12	28,33	33,60	28,17	31,35	30,47
zona 13	28,59	29,68	28,30	27,27	26,04
zona 14	23,92	29,85	28,47	21,02	29,88
zona 15	20,49	25,40	33,04	21,60	22,88
zona 16	25,34	28,31	30,66	30,92	29,70
zona 17	35,91	25,82	24,40	28,42	18,90
zona 18	22,39	28,34	32,34	43,26	28,38
zona 19	25,09	50,85	37,00	29,29	5,68
zona 20	0,00	48,70	0,00	45,22	0,00
zona 21	0,00	32,94	0,00	20,13	0,00
Promedio	27,39	31,37	30,01	29,03	27,51