

Estudio de teoría de colas en un punto de pago del autoservicio nuevo almacén en Paz
de Ariporo Casanare

Autor

JOSE FABIAN TONCON PARADA

Director

ZORAIMA PEÑARADA AYALA

Ingeniera Industrial

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



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, diciembre 6 del 2021

Agradecimientos

Doy gracia a Dios quien me guía y guarda a cada momento de mi vida, dándome fuerzas en aquellos momentos que me siento agrumado, el me levanta y sustenta para seguir luchando cada día. Agradezco de todo corazón a mi madre y hermanos que estuvieron ahí presentes en cada momento, apoyándome y dándome una voz de aliento para que saliera adelante en este proyecto que es importante para mí.

Tabla de Contenido

1. Introducción.....	11
2. Teoría de colas.....	12
2.1 Conceptos de teoría de colas	12
2.2 Estructura básica de una línea de espera	13
2.2.1 Población	13
2.2.2 Cliente.....	14
2.2.3 Cola.....	14
2.2.4 Disciplina de la cola	14
2.2.5 Mecanismo de servicio	15
2.3 Modelos de teoría de colas	15
2.3.1 Modelo M/M/1	15
2.3.2 Nomenclatura.....	16
2.3.3 Modelo M/M/s, $S>1$	17
2.3.4 Modelo M/M/1/K	18
2.3.5 Modelo M/M/s/k.....	19
2.4 Tipo de sistemas de colas	20
2.4.1 Sistema de una canal una fase	20
2.4.2 Sistema de una canal, multifase.....	21
2.4.3 Sistema multicanal, una fase.....	21
2.4.4 Sistema multicanal multifase.....	22
2.5 Ecuaciones de cola.....	22
2.6 Notación de Kendall	24

3 contexto de la empresa autoservicio nuevo almacén.....	24
3.1 Estructura organizacional	24
3.1.1 Misión.....	24
3.1.2 Visión.....	25
3.2 Ubicación geográfica.....	25
3.3 Descripción de la empresa.....	26
3.4 Metodología.....	26
3.4.1 Tipo de metodología.....	26
3.4.2 estudio descriptivo.....	27
3.4.3 Método.....	27
3.4.4 Instrumento de recolección de información	27
3.4.4.1Formato de recolección de datos	27
3.4.5 Fuentes de información.....	28
3.4.5.1 Fuentes primarias.....	28
3.4.5.2 Fuente secundaria	28
3.4.5.3 Delimitaciones	28
3.4.6 Limitaciones	29
3.5 Antecedentes.....	29
3.5.1 Antecedentes internacionales	29
3.5.2 Antecedentes nacionales.....	31
3.6 Población o muestra de la empresa.....	32
3.7 Facetas metodológicas.....	32
3.7.1 Fase Uno	32

3.7.2 Fase dos	32
3.7.3 Fase tres	33
3.7.4 Fase cuatro	33
3.8 Resultados.....	34
3.8.1 Fase uno: Realizar un diagnóstico de observación directa	34
3.8.2 Fase dos: métodos adecuados para el estudio.....	45
3.8.3 fase tres: implementación	45
3.8.3.1 Punto de pago 5	45
3.8.3.2 Punto de pago 4	49
3.8.3.3 Punto de pago 3	52
3.8.3.4 Punto de pago 2	55
3.8.3.5 Punto de pago 1	58
3.8.4 Fase cuatro.....	61
3.9 Análisis	62
3.9.1 Análisis del punto de pago 5.....	63
3.9.2 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 4	65
3.9.3 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 3	66
3.9.4 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 2	67
3.9.5 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 1	68
4. Conclusiones.....	69
5. Bibliografía.....	70

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Antecedentes de teoría de cola a nivel internacional</i>	29
Tabla 2. <i>Antecedentes de teoría de colas a nivel nacional</i>	31
Tabla 3. <i>Formato para el registro de datos</i>	34
Tabla 4. <i>Formato con la primera toma de datos del punto de pago 5</i>	35
Tabla 5. <i>Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 5</i>	36
Tabla 6. <i>Formato con la primera toma de datos del punto de pago 4</i>	37
Tabla 7. <i>Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 4</i>	38
Tabla 8. <i>Formato con la primera toma de datos del punto de pago 3</i>	39
Tabla 9. <i>Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 3</i>	40
Tabla 10. <i>Formato con la primera toma de datos del punto de pago 2</i>	41
Tabla 11. <i>Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 2</i>	42
Tabla 12. <i>Formato con la primera toma de datos del punto de pago 1</i>	43
Tabla 13. <i>Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 1</i>	44
Tabla 14. <i>Primera Simulación de teoría de colas del punto de pago 5</i>	46
Tabla 15. <i>Segunda Simulación de teoría de colas del punto de pago 5</i>	47
Tabla 16. <i>Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 4</i>	49
Tabla 17. <i>Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 4</i>	50
Tabla 18. <i>Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 3</i>	52
Tabla 19. <i>Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 3</i>	53
Tabla 20. <i>Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 2</i>	55
Tabla 21. <i>Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 2</i>	56
Tabla 22. <i>Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 1</i>	58
Tabla 23. <i>Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 1</i>	59

Tabla 24. <i>Resultados de las dos tomas de datos de cada uno los 5 puntos de pago</i>	61
Tabla 25. <i>Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 5</i>	63
Tabla 26. <i>Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 4</i>	65
Tabla 27. <i>Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 3</i>	66
Tabla 28. <i>Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 2</i>	67
Tabla 29. <i>Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 1</i>	68

Lista de figuras

Figura 1. Pasos del sistema de colas.....	13
Figura 2. Lo siguiente representa el diagrama de transición.	15
Figura 3. Diseño en que funciona el sistema de una canal una fase Figura	20
Figura 4. Diseño en que funciona el sistema de una canal, multifase	21
Figura 5. Diseño en que funciona el sistema multicanal una fase.....	21
Figura 6. Diseño en que funciona el sistema multicanal multifase	22
Figura 7. Ubicación geográfica del autoservicio nuevo almacén el municipio de paz de Ariporo, departamento de Casanare, Google Maps, 2021,	25
Figura 8. Funcionamiento de la cola en el punto de pago cinco, para la toma de tiempos	48
Figura 9. Funcionamiento de la cola en el punto de pago cuatro, para la toma de tiempos.....	51
Figura 10. Funcionamiento de la cola en el punto de pago tres, para la toma de tiempos	54
Figura 11. Funcionamiento de la cola en el punto de pago dos, para la toma de tiempos	57
Figura 12. Funcionamiento de la cola en el punto de pago uno, para la toma de tiempos.....	60
Figura 13. grafica de resultados de los 5 punto de pago	62
Figura 14. grafica de resultados del punto de pago 5	64
Figura 15. grafica de resultados del punto de pago 4.....	65
Figura 16. grafica de resultados del punto de pago 3	66
Figura 17. grafica de resultados del punto de pago 2.....	67
Figura 18. grafica de resultados del punto de pago 1	68

Resumen

En el desarrollo de esta monografía se estudió las particularidades, la ejecución de instrumentos y técnicas al interior de la estructura facilitando el éxito de sus objetivos, la inspección de bienes, la calidad servicios. En la siguiente investigación se realiza un estudio para la mejora de las acciones que se hallan en el autoservicio nuevo almacén en paz de Ariporo Casanare. Considerando que el efecto que se quiere obtener en este almacén, sobre los clientes es mejorar la atención de sus beneficiarios en el lugar en que las filas se presentan en el interior de este supermercado, para que tomen su servicio en el momento apropiado sin mostrar retrasos en cada una de las acciones que vienen a hacer.

Unas de las causas más visibles en los autoservicios es la pérdida de usuarios dentro de los almacenes, evidenciado por la observación que se efectuó, dónde un comprador debe esperar un lapso de tiempo extenso en ser atendido, causándole desconcierto en la atención del servicio, teniendo en cuenta lo anterior, en este estudio se utiliza la teoría de las colas, una herramienta que da muy buenos resultados, y aplica su método analítico al estudio de factores como el tiempo de llegada esperado o la capacidad del sistema para trabajar para que no haya retrasos.

Para el análisis de los hallazgos del diagnóstico, se estudia la información mediante el modelo de teoría de colas M/M/1 con la finalidad de obtener información como, usuarios en fila, tiempo de llegadas, tiempo de servicio, se desea que este método permita desarrollar de manera real y precisa el método de filas ideal en el autoservicio nuevo almacén en paz de Ariporo Casanare, sin perturbar la atención de los usuarios y extendiendo la satisfacción de estos.

Palabras claves: Mejorar la atención, método, teoría de colas, tiempo de espera, atención, usuarios.

Abstract

In the development of this monograph, the particularities, the implementation of instruments and techniques within the structure were studied, facilitating the success of its objectives, the inspection of goods, the quality of services. In the following research, a study is carried out to improve the actions found in the new self-service store in peace in Ariporo Casanare. Considering that the effect to be obtained in this store, on customers is to improve the attention of their beneficiaries in the place where the lines are presented inside this supermarket, so that they take their service at the appropriate time without showing delays in each of the actions that they come to do.

One of the most visible causes in supermarkets is the loss of users inside the warehouses, evidenced by the observation that was made, where a buyer must wait a long period of time to be attended, causing confusion in the service attention, having Taking into account the above, in this study the theory of queues is used, a tool that gives very good results, and applies its analytical method to the study of factors such as the expected arrival time or the capacity of the system to work so that there is no delays.

For the analysis of the diagnostic findings, the information is studied using the $M / M / 1$ queue theory model in order to obtain information such as, users in line, arrival time, service time, it is desired that this method allow the development of the ideal queuing method in a real and precise way in the self-service new warehouse in peace of Ariporo Casanare, without disturbing the attention of users and extending their satisfaction.

Keywords: Improve attention, method, queuing theory, waiting time, attention, users.

1. Introducción

Este estudio es entender el tráfico de los usuarios a lo largo de un periodo de tiempo y diferentes itinerarios, por medio de la observación directa y registro de datos, esta actividad fue fundamental para la determinación del uso del método de colas. Porque permitió la identificación de los tiempos de espera de los usuarios, con soportable efectividad para el autoservicio nuevo almacén el cual se dedica a la venta de abarrotes, rancho y licores. El estudio consta de cuatro fases: primera fase, consiste en el diagnóstico de observación directa, en la segunda fase, Se investiga el modelo más atractivo para el desarrollo de la investigación, en la tercera fase, se realizó implementación del modelo escogido de teoría de colas que más se acoplo para la recopilación de información y finalmente en la fase número cuatro, se efectuó el análisis de los datos recopilados para mejorar la atención al cliente. A través de estas fases podemos entender y explicar cómo se encuentra el autoservicio, para obtener resultados positivos y una solución que permite mejorar la ineficiencia encontrada.

2. Teoría de colas

2.1 Conceptos de teoría de colas

El objetivo de la teoría de las colas es modelar los sistemas de colas para que se comporten de la siguiente manera. Hay soporte que llega para los clientes que necesitan un servicio en particular. Luego, dado que la solicitud no se puede cumplir de inmediato, se forma una cola (o cola) para los clientes, a la espera de ser atendidos por los respectivos servidores. El tiempo entre la llegada de los sucesivos clientes al sistema y el tiempo del servicio es aleatorio y se expresa mediante variables aleatorias con una determinada distribución de probabilidad. En particular, en este trabajo estudiaremos colas en las que dos variables aleatorias tienen una distribución exponencial. Estos tipos de colas se denominan colas de Poisson debido a la relación entre Poisson y la distribución exponencial. Estos tipos de colas se denominan colas de Poisson debido a la relación entre Poisson y la distribución exponencial. El término cliente es universal. Según el sistema a estudiar, el cliente puede ser: una llamada en espera de que se procese el cambio, un correo electrónico en espera de ingresar al servidor, las personas del banco están esperando ser atendidas, etc. La teoría de las colas, como disciplina matemática, comienza con el trabajo de A. Erlang, quien estudió un modelo de dispositivo telefónico y obtuvo la fórmula para la distribución del número de líneas ocupadas. A partir de este trabajo, la teoría se ha aplicado al estudio de un gran número de sistemas de espera, como transporte aéreo, redes eléctricas, sistemas de Internet, teoría de inventarios (Peraza Siqueiros, 2013).

2.2 Estructura básica de una línea de espera

El fenómeno de las colas se compone esencialmente de seis factores principales que se pueden ver en la figura 2.: origen de la población, como llegan los clientes a la instalación, características de las colas formadas, como se seleccionan los clientes de la cola, descripción de

la instalación de servicio y condiciones de salida del sistema del cliente. (Fuente García & PinoDiez, 2001)

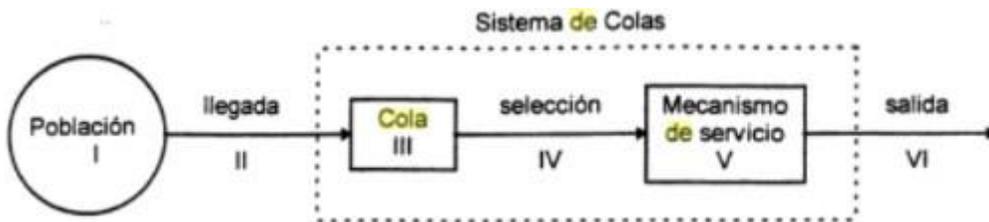


Figura 1. Pasos del sistema de colas

2.2.1 Población

El tamaño de la población se puede dar las siguientes formas: Cuando tiende a infinito es que el número de clientes en un momento determinado pertenecen a una parte minia de los arribos potenciales. Las poblaciones ilimitadas son las que tienden a estudiarse, estas pueden ser: clientes de un supermercado, personas que asisten a un estadio a observar un partido de futbol, son algunos lugares donde se puede evidenciar la población infinita.

Población finita se observa cuando el servicio prestado es restringido esto se puede evidenciar en un consultorio médico ya que restringen el número de clientes que pueden ser atendidos (Fuente García & Pino Diez, 2001).

2.2.2 Cliente

Forman cola de acuerdo a la atención prestada por el cajero, obteniendo un producto de alguna necesidad requerida por este. Se lleva un registro adecuado de acuerdo al tiempo que está implementando en el sistema, el cual facilita la atención de este.

2.2.3 Cola

Esta se determina de acuerdo al número de colas y la distancia o alcance que tenga cada una, el requerimiento puede variar entre una cola o un sistema de colas múltiples que se organizan ordenadamente frente a distintos servidores en paralelo, o muchas colas que coinciden en un servidor. Cada cola cuenta con una capacidad ya sea infinita o limitada (Fuente García & Pino Diez, 2001).

2.2.4 Disciplina de la cola

Mediante estas se puede seleccionar al cliente que espera en la cola para ser atendido de acuerdo al servicio.

Según Velázquez (2018) las disciplinas más comunes son:

FIFO (First-In-First-Out). Se le da servicio al primero que ha llegado, de forma que la cola está ordenada según el orden de llegada.

LIFO (Last-In-First-Out). Se le da servicio al último que ha llegado. El primero en entrar es el último en llegar. Usada en muchos sistemas de inventario.

SIRO (Service-In Random-Order). Servicio en orden aleatorio, independientemente del instante de llegada a la cola. (pág. 18)

2.2.5 Mecanismo de servicio

Este consiste en una o más estaciones de servicio, cada una cuenta con una o más canales en paralelo, si cuentan con varias el cliente puede recibir el servicio en serie en alguna de estas, prestándole toda la atención completa (Hillier & Lieberman, 2010).

2.3 Modelos de teoría de colas

2.3.1 Modelo M/M/1

En este modelo, solo hay un canal disponible para la prestación de servicios y los participantes siguen un proceso de Poisson y una distribución exponencial del tiempo de servicio. Como tal, las tasas de natalidad y muerte no dependen del número de usuarios en el sistema, $\lambda_n = \lambda, n = 0, 1, 2, 3, \dots$, $\mu_n = \mu, n = 1, 2, 3, \dots$, la capacidad del sistema es extenso y el sistema de lista de espera es FIFO (Unknown, 2017).

$$\lambda_n = \lambda, n = 0, 1, 2, \dots \quad \mu_n = \mu, n = 1, 2, 3, \dots$$

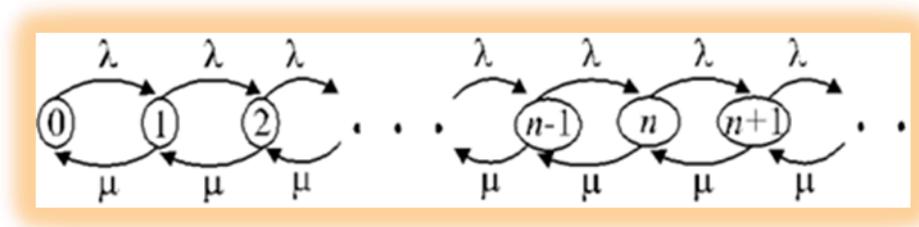


Figura 2. Lo siguiente representa el diagrama de transición.

En este modelo, solo hay un servidor. Las medidas de rendimiento en estado estacionario se calculan de la siguiente manera:

$$\rho = \lambda/\mu$$

Donde λ es la tasa promedio de arribos al sistema y μ la tasa promedio de servicio.

$L_s = \lambda / (\mu - \lambda)$; cantidad de personas en el sistema.

$W_s = 1 / (\mu - \lambda)$; cantidad de tiempo en el sistema.

$L_q = \lambda^2 / (\mu(\mu - \lambda))$; promedio de clientes en el sistema. $W_q = \lambda / (\mu(\mu - \lambda))$; cantidad de tiempo en la cola.

$P = \lambda / \mu * 100$; porcentaje del uso del sistema

$P_o = 1 - p$; probabilidad de que el sistema se encuentre desocupado.

$P_n = (1 - \lambda / \mu) (\lambda / \mu)^n$; probabilidad de que haya exactamente "n" clientes en el sistema.

Cabe resaltar que si $\lambda \geq \mu$ el sistema es explosivo, además, W_q nunca será mayor que W_s .

(Unknown, 2017)

2.3.2 Nomenclatura

- λ = Número de llegadas por unidad de tiempo.
- μ = Número de servidores por unidad de tiempo si el servidor está ocupado.
- C = Número de servidores en paralelo.
- $P = \lambda / c * \mu$: Utilización del servicio.
- $N(t)$: Número de clientes en el sistema en el instante t .
- $N_q(t)$: Número de clientes en la cola en el instante t .
- $N_s(t)$: Número de clientes en el servicio en el instante t .
- $P_n(t)$: Probabilidad de que haya n clientes en el sistema en el instante $t = \text{pr}\{N(t) = n\}$.
- N : Número de clientes en el sistema en el estado estable.
- P_n : Probabilidad de que haya n clientes en el estado estable $p_n = \text{pr}\{N = n\}$.
- L : Número medio de clientes en el sistema.
- L_q : Número medio de clientes en la cola.
- T_q : Representa el tiempo que un cliente interviene en la cola.

- S: Representa el tiempo de servicio.
- T: $T_q + S$: Representa el tiempo total que un cliente interviene en el sistema.
- W_q : Tiempo medio de espera de los clientes en cola.
- W: Tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema.
- R: Número medio de clientes que se atienden por término medio.
- P_b : Probabilidad de que cualquier servidor esté ocupado.

2.3.3 Modelo M/M/s, $S > 1$

Según Velazquez (2018) cuando $S > 1$ los factores C_n se convierte en

$$C_n = \frac{(\lambda\mu)^n}{n!} \quad \text{para } n = 1, 2, \dots, s$$

$$C_n = \frac{(\lambda\mu)^s}{s!} \frac{(\lambda)^{n-s}}{s\mu} = \frac{(\lambda/\mu)^n}{s! s^{n-s}} \quad \text{para } n = s, s + 1, \dots$$

En consecuencia, si $\lambda < s\mu$ (de manera que $\rho = \lambda / (s\mu) < 1$) entonces

$$P_0 = 1 / \left[1 + \sum_{n=1}^{S-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^S}{s!} \sum_{n=s}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s} \right] = 1 / \left[\sum_{n=1}^{S-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^S}{s!} \frac{1}{1-\lambda/(s\mu)} \right] \text{ donde}$$

el termino para $n = 0$ en la última suma lleva el valor correcto de 1 debido a la

convención de que $n! = 1$ cuando $n = 0$. Esto factores C_n dan también más aun,

$$\sum_{n=s}^{\infty} (n - s) P_n = \sum_{j=0}^{\infty} P_{s+j}$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} \frac{(\lambda/\mu)^S}{s!} \rho^j P_0 = P_0 \frac{(\lambda/\mu)^S}{s!} \rho \sum_{j=0}^{\infty} \frac{d}{d\rho} (\rho^j)$$

$$= P_0 \frac{(\lambda/\mu)^S}{s!} \rho \frac{d}{d\rho} \left(\sum_{j=0}^{\infty} (\rho^j) \right)$$

$$= P_0 \frac{(\lambda/\mu)^S}{s!} \rho \frac{d}{d\rho} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) = \frac{P_0 (\lambda/\mu)^S \rho}{s! (1-\rho)^2}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

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

$$L = \lambda \left(W_q + \frac{1}{\mu} \right) = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

El método de un solo servidor para encontrar la distribución de probabilidad de los tiempos de espera se puede extender al caso de varios servidores. Cuando $s-1-\lambda/\mu=0$,

$\frac{(1-e^{-\mu t(s-1-\lambda/\mu)})}{s-1-\lambda/\mu}$ debe sustituirse por μt y se obtiene (para $t \geq 0$)

$$P\{W > t\} = e^{-\mu t} \left[\frac{1+P_0(\lambda/\mu)^s}{s!(1-\rho)} \left(\frac{1-e^{-\mu t(s-1-\lambda/\mu)}}{s-1-\lambda/\mu} \right) \right] \text{ y } P\{W > t\} = (1 - P\{W_q = 0\})e^{-s\mu(1-\rho)t}$$

Donde $P\{W_q = 0\} = \sum_{N=0}^{S-1} P_n$

Si $\lambda \geq s\mu$, de forma que, si la tasa de llegadas excede a la tasa media máxima de servicio, la cola crece sin límite y las soluciones de estado estable anteriores no se pueden aplicar. (págs. 34,35)

2.3.4 Modelo M/M/1/K

según Nogales (2007) Si el sistema está lleno (la capacidad k) no se permite la entrada de nuevos clientes al sistema. Por tanto, la tasa de llegada efectiva no es constante y varía con el tiempo (en función de si el sistema está lleno o no)

$$\lambda_{ef} = \lambda(1 - p_k)$$

En este caso, $p_n = \rho^n p_0$, para $n = 0, 1, \dots, k$

Y no existe estado k+1

Por tanto, $p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$

De la anterior expresión se deduce que

$$p_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{k+1}} \quad \text{si } \lambda \neq \mu$$

$$p_0 = \frac{1}{1 + k} \quad \text{si } \lambda = \mu$$

Y siempre existe una distribución estacionaria (aunque $\lambda > \mu$)

Además, se obtiene las siguientes relaciones

$$L = \frac{\rho(1 - (K + 1)\rho^K + K\rho^{K+1})}{(1 - \rho)(1 - \rho^{K+1})} \quad \text{si } \lambda \neq \mu$$

$$L = \frac{k}{2} \quad \text{si } \lambda = \mu$$

$$\mathbf{Y} \quad L_q = L - (1 - P_0)$$

$$W = \frac{L}{\lambda_{ef}}$$

$$W_q = W - \frac{1}{\mu}. \quad (\text{págs. 31,32,33})$$

2.3.5 Modelo M/M/s/k

de acuerdo a Ramos (2015) k es un número máximo de clientes en el sistema, no se permite la entrada cuando el sistema está lleno.

Tasa media de llegada

$$C_n = \begin{cases} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n & n = 0, 1, 2, \dots, s \\ \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s} & n = s, s + 1, \dots, k \end{cases} \quad \begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} n > k \\ n > k \end{matrix}$$

$$p_n = \begin{cases} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n p_0 & n = 0, 1, 2, \dots, s \\ \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s} p_0 & n = s, s + 1, \dots, k \end{cases} \quad \begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} n > k \\ n > k \end{matrix}$$

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

Número medio de clientes en cola $L_q = \frac{(\lambda/\mu)^s \rho}{s!(1-\rho)^2} P_0 [1 - \rho^{k-s} - (K-s)\rho^{k-s}(1-\rho)]$

Número medio de clientes en el sistema $L = \sum_{n=0}^{s-1} nP_n + L_q + s(1 - \sum_{n=0}^{s-1} P_n)$

Tasa media de llegada (entrada efectiva) $\lambda_{EF} = \lambda(1 - P_k)$

Tiempo medio de los clientes en cola $W_q = \frac{L_q}{\lambda_{EF}}$

tiempo medio de los clientes en el sistema $W = \frac{L}{\lambda_{EF}}$. (págs. 25,26)

2.4 Tipo de sistemas de colas

Hay diferentes sistemas de servicio que se clasifican según el número de canales o atención prestada de acuerdo al número de fases, estos son los tipos de sistemas de cola.

2.4.1 Sistema de una canal una fase

En este tipo de sistema el cliente solo es atendido en un solo punto de pago, esto se puede observar en un supermercado. El cliente llega a la cola, espera hacer atendido y se marcha.

Siempre tiene que cumplir estos parámetros. (Martin Peña & Diaz Garrió, 2016).



Figura 3. Diseño en que funciona el sistema de una canal una fase

2.4.2 Sistema de una canal, multifase

El servicio que es requerido por el cliente cuenta con distintas fases para cumplir la debida atención, de acuerdo a esto el cliente tiene que esperar varias veces como fases, esto se puede observar en un sitio de comidas rápidas el cliente llega hace su pedido y paga en ese puesto y luego recoge el pedido en otro (Martin Peña & Diaz Garrió, 2016).

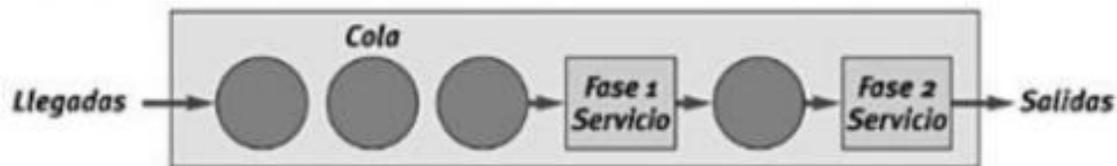


Figura 4. Diseño en que funciona el sistema de una canal, multifase

2.4.3 Sistema multicanal, una fase

Este es similar al primer caso (una canal una fase) pero este ya cuenta con artos puntos de atención, dando a escoger al cliente el punto que se encuentra libre. Esto se puede observar en un supermercado donde cuentan con varios puntos de pago, siguiendo los debidos pasos para que se cumpla (Martin Peña & Diaz Garrió, 2016).

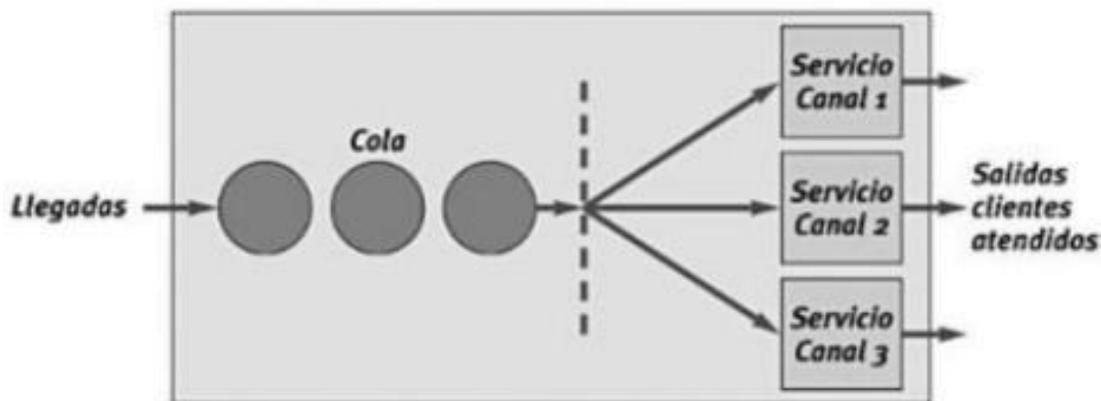


Figura 5. Diseño en que funciona el sistema multicanal una fase

2.4.4 Sistema multicanal multifase

Este es similar al sistema de una canal multifase, pero este cuenta con varios puntos en cada fase que pertenecen al servicio, esto se puede observar en un sitio de comidas rápidas donde cuentan con varios empleados que reciben pedidos y cobran, otros distintos entregan los pedidos (Martín Peña & Díaz Garrió, 2016).

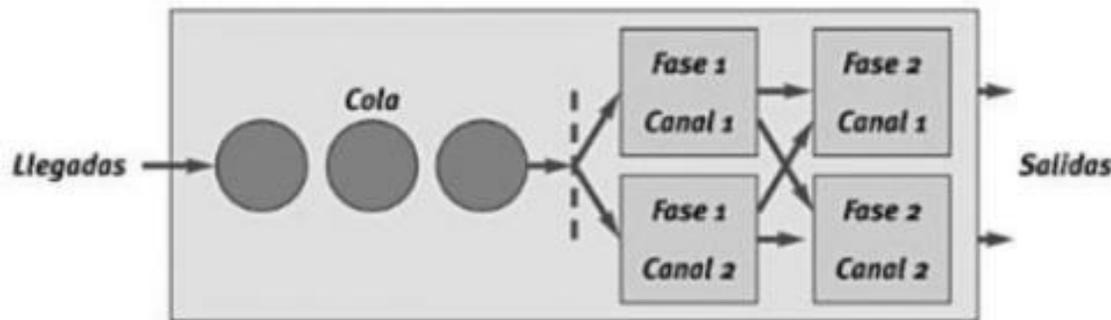


Figura 6. Diseño en que funciona el sistema multicanal multifase

(Fuente Fernández, 2021, pág. 11)

2.5 Ecuaciones de cola

λ = número medio de llegadas por periodo

μ = número medio de personas o artículos que se atienden por periodo

1. El número promedio de clientes o unidades en el sistema, L , es decir, el número en la fila, más el número que se está atendiendo.

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

2. el tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema, W , es decir, el tiempo que pasa en la fila más el tiempo en el que se le atiende

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

3. El número promedio de clientes en la cola, L_q .

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

4. El tiempo promedio que pasa un cliente esperando en la cola W_q .

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

5. El tiempo promedio de servicio (inverso de la tasa de servicio μ).

$$W_s = W - W_q = \frac{1}{\mu}$$

6. El factor de utilización del sistema ρ (letra griega rho), es decir, la probabilidad que se esté utilizando la instalación de servicio.

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

7. Porcentaje de tiempo ocioso, p_0 , es decir, la probabilidad de que nadie esté en el sistema.

$$p_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

8. La probabilidad de que el número de clientes en el sistema sea mayor que k , $P_{n>k}$

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

9. Probabilidad de que un cliente permanezca t unidades de tiempo en el sistema.

$$P_t = e^{-t/w}$$

10. Probabilidad de que un cliente permanezca t unidades de tiempo en la línea de espera.

$$P_{qt} = \rho e^{-t/w} \quad (\text{CUCEA, 2018, pág. 2})$$

2.6 Notación de Kendall

Según CUCEA (2018) Esta notación tiene la siguiente forma Distribución de llegadas/Distribución de tiempos de servicio/Número de canales de servicio abiertos

Donde:

M = Distribución de Poisson del número de ocurrencias

D = Tasa constante (determinística)

G = Distribución general con media y varianza conocidas

Ek = Distribución Erlang con parámetro k

GI = Distribución general independiente

H = Distribución hiperexponencial

c = Número de servidores

d = Orden de atención a los clientes

Así, un modelo de un sólo canal con llegadas de Poisson y tiempos de servicio exponenciales se representaría de la siguiente manera. M/M/1 Para agregar un segundo canal se expresa de la siguiente manera. M/M/2. (pág. 1)

3 contexto de la empresa autoservicio nuevo almacén

3.1 Estructura organizacional

3.1.1 Misión

somos un autoservicio que abastece la canasta familiar, lo más importante es satisfacer al cliente, ofreciéndoles productos de alta calidad confiables en su consumo a si cuidando el bienestar de las familias de Paz de Ariporo.

3.1.2 Visión

autoservicio nuevo almacén está comprometido con su personal cada vez más pensando en el bienestar del cliente, ofreciendo siempre precios cómodos y asequibles que se puedan encontrar en la canasta familiar.

3.2 Ubicación geográfica

la empresa se encuentra ubicada en el municipio de paz de Ariporo, departamento de Casanare. A continuación, se puede identificar la ubicación en la (figura 7) del autoservicionuevo almacén.

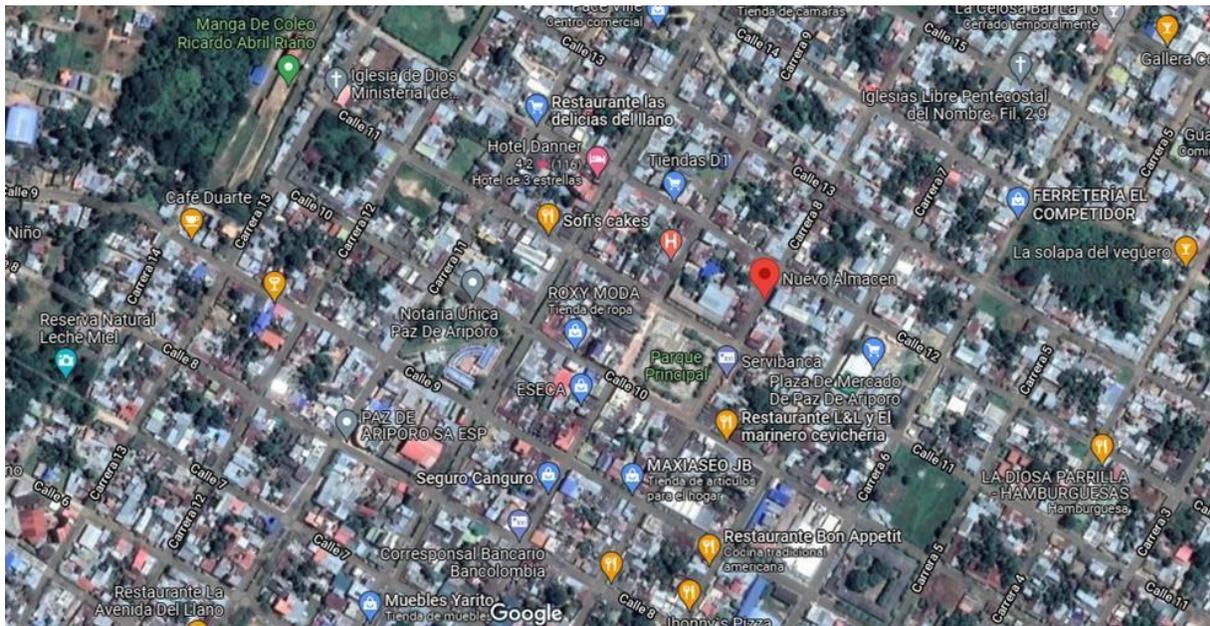


Figura 7. Ubicación geográfica del autoservicio nuevo almacén el municipio de paz de Ariporo, departamento de Casanare, Google Maps, 2021,

3.3 Descripción de la empresa

La empresa autoservicio nuevo almacén de paz de Ariporo fue fundado en 1993, ubicada en el municipio de paz de Ariporo, carrera 8 número 11-50 barrio el centro. Esta empresa ha ido creciendo contra el tiempo gracias a su buena administración por su propietario Alexander Rodríguez Estupiñán. En la actualidad cuenta con un personal de 16 empleados directos, 5 de estos son cajeros, 2 empacadores, 1 secretaria, 1 supervisor de bodega, 1 bodeguero, 1 repartidor y 5 surtidores de mercancía. La jornada laborar por empleado es de 8 horas. La distribución de mercancía y servicio en el supermercado es la adecuada para que el cliente se encuentre cómodo a la hora de mercar.

3.4 Metodología

La metodología es la ciencia que nos enseña cómo gestionar un proceso en particular de manera eficiente y efectiva para lograr los resultados deseados y tiene como objetivo brindarnos una estrategia la cual tenemos que seguir en el camino que tomemos (Cortes Cortes & Iglesias León, 2004).

3.4.1 Tipo de metodología

El presente trabajo, de estudio de teoría de colas se implementó una simulación con el modelo M/M/1, en el autoservicio nuevo almacén ubicado en el municipio de Paz de Ariporo Casanare, corresponde a una investigación encaminada a identificar posibles problemas de los tiempos de espera en la cola por parte de los clientes.

Este estudio es descriptivo porque los hechos se presentan de acuerdo a lo observado en la cola que forman los usuarios que visitan diariamente el autoservicio nuevo almacén en el municipio de Paz de Ariporo Casanare.

3.4.2 estudio descriptivo

Los estudios descriptivos buscan esclarecer los rasgos, características y perfiles importantes de los individuos, grupos, sociedades o cualquier otro fenómeno que se analice. Describen situaciones, eventos o hechos, recopilan datos sobre una amplia gama de problemas y toman medidas sobre ellos, y buscan identificar las características importantes y propiedades para cualquier fenómeno que se analiza (Gómez Jiménez, 2008).

3.4.3 Método

Se obtendrá una muestra representativa debido a las circunstancias y trascendencia de la pandemia del Covid-19, dicha muestra se obtendrá de clientes habituales y temporales en el autoservicio nuevo almacén del municipio de paz de Ariporo Casanare, para su estudio se realizará un diagnóstico y observación directa y registros de datos donde se lograría conocer el tiempo de cada cliente en ser atendido.

3.4.4 Instrumento de recolección de información

3.4.4.1 Formato de recolección de datos

Para realizar la recolección de información en el autoservicio nuevo almacén de paz de Ariporo Casanare, se realizó un diagnóstico de observación directa a cada uno de los puntos de pago que están en funcionamiento, en un lapso de tiempo definido, con la finalidad de conocer la información deseada tras el periodo de espera en que se demoran los clientes y el nivel de satisfacción que tienen por la atención ofrecida, de acuerdo con el formato (tabla 3). (Joel midence , 2018)

3.4.5 Fuentes de información

3.4.5.1 Fuentes primarias

Información generada por medio de la observación de clientes en puntos de pago del autoservicio nuevo almacén del municipio de Paz de Ariporo Casanare, partiendo del trabajo de campo con la toma de tiempo y la información observada en los clientes.

3.4.5.2 Fuente secundaria

- Sitio web
- Artículos de investigación
- Libros electrónicos
- Revistas
- Fotografías
- Audios
- Videos

3.4.5.3 Delimitaciones

- Espacio

De acuerdo con el lugar geográfico, el desarrollo de estudio se realiza en el autoservicio nuevo almacén en paz de Ariporo Casanare.

- Tiempo

Se efectúa recolección de datos, análisis de la información, trabajo de campo, en un período de dos meses, iniciando en el mes de octubre y finalizado el trabajo de investigación a inicios de diciembre del presente año en curso.

- Alcance

El estudio tiene como propósito investigar la información existente de la ruta de espera que tiene el autoservicio nuevo almacén en paz de Ariporo Casanare y hacer un análisis con datos reales basado en el modelo de cola M / M / 1.

3.4.6 Limitaciones

Para el desarrollo del presente estudio se cuenta con el apoyo del autoservicio nuevo almacén del municipio de Paz de Ariporo Casanare junto al personal.

3.5 Antecedentes

3.5.1 Antecedentes internacionales

Tabla 1.

Antecedentes de teoría de cola a nivel internacional

Autores / año	Universidad	Titulo	Conclusión
Luque Pedro Horacio (Horacio, 2016)	Universidad empresarial siglo XXI	Propuesta de mejora en los tiempos de espera en las filas de los supermercados	Utilizando teoría de colas en el supermercado se pudo evidenciar las falencias y problemas que tenían los clientes para ser atendidos. De acuerdo a la encuesta realizada para determinar el comportamiento del cliente fue negativa en todos los ámbitos, se determinó que el cliente atendido por un cajero es de 11 min.

<p>Laura Berenice (Alania Osorio, 2018)</p>	<p>Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión</p>	<p>Aplicación de la teoría de colas en la atención de clientes en los cajeros de supermercados vivanda tienda de Benavidez</p>	<p>En los puntos de pago que prestan el servicio en el establecimiento, se implementó la teoría de colas de acuerdo al sistema requerido, de este se pudo observar las falencias que se presentaban en la atención prestada a los clientes. Realizar un estudio de colas en la atención al cliente en las distintas sucursales que prestan el servicio, para lograr un mejor rendimiento y resultado en la atención prestado a la comunidad.</p>
<p>Juan Lorenzo Milla Falla (Milla Falla, 2017)</p>	<p>Universidad Cesar Vallejo</p>	<p>Aplicación de la teoría de colas para reducir el tiempo de espera de los clientes en el área de casas de Hipermercado Tottus.</p>	<p>La implementación de teoría de colas con PROMODEL se logra evidenciar los puntos de falencia que estaba presentando el hipermercado Tottus en la atención al cliente. Se determinaron horas estratégicas en la jornada laboral para identificar un resultado más confiable en el análisis que se realizó, para determinar posibles soluciones a problemas encontrados.</p>

3.5.2 Antecedentes nacionales

Tabla 2.

Antecedentes de teoría de colas a nivel nacional

Autores / año	Universidad	Titulo	Conclusión
Aura luz Arévalo Pabón (Arévalo Pabón, 2018)	Universidad Militar Nueva Granada	Aplicación de la teoría de colas en tiempos de espera para la atención de usuarios en el laboratorio clínico de la empresa IPS Unipsalud 2000 Guaduas Ltda.	La encuesta permitió analizar el estado en que se encontraba el laboratorio clínico frente al servicio prestado a los clientes, este resultado no supero el 42% de satisfacción al usuario en las diferentes preguntas formuladas, de acuerdo a esto se analiza los puntos de falacia que se están dando en la entidad para tomar decisiones en las posibles mejoras que necesite.
Camilo Ernesto Martínez Eraso (Martínez Eraso, 2009)	Pontificia Universidad Javeriana	Análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e hiper Erlang para la asignación eficiente de los recursos	De acuerdo a los 3 tipos de nodo implementados, podemos observar los resultados de cada uno para determinar el rendimiento y eficacia, la distribución de Hiper Erlang sobresalió mediante el modelamiento de las colas

3.6 Población o muestra de la empresa

La población se define como el conjunto más grande de personas de interés en un momento específico. En este sentido, la población tomada son los habitantes del municipio de paz de Ariporo Casanare con un tamaño de 33.446 habitantes. (WikipediA, 2021)

3.7 Faces metodológicas

3.7.1 Fase Uno

Realizar un diagnóstico de observación directa en el autoservicio nuevo almacén de paz de Ariporo. Enfocado en la recolección de datos de los clientes que llegan a pagar en los puestos de pagos. Esta primera fase permite la identificación del retraso de los clientes en ser atendidos por la persona que está en caja, se definió la situación del autoservicio, especificando las procedencias principales del problema en estudio de esta investigación.

Actividad 1.

Diseño de formatos de aplicación de registro de información de lo observado sobre la espera de ser atendidos por los servidores correspondientes en el autoservicio nuevo almacén de paz Ariporo

3.7.2 Fase dos

En esta fase se estudia las herramientas más adecuadas para la implementación en el Autoservicio Nuevo Almacén. A partir del modelo de teoría de colas, con la finalidad de optimizar el mal servicio prestado al cliente.

Actividad

Seleccionar el método de teoría de colas más conveniente de acuerdo al resultado del diagnóstico de observación directa

3.7.3 Fase tres

En esta fase se realizó la implementación del modelo escogido de teoría de colas que se acoplo para el estudio en el autoservicio nuevo almacén en paz de Ariporo. Con el propósito de mejorar la calidad del servicio en cada uno de los puntos de pago.

Actividad

Ejecución del modelo seleccionado en el autoservicio nuevo almacén en cada uno de los puntos de pago de acuerdo a este.

3.7.4 Fase cuatro

En esta fase se logró determinar el rendimiento de cada punto de pago, de acuerdo al estudio de los datos recopilados de la anterior fase. Para así tomar una decisión que conlleve a mejorar la atención del comprador y la productividad del autoservicio nuevo almacén.

Tabla 4.

Formato con la primera toma de datos del punto de pago 5

punto de pago numero 5						
Numero de clientes por hora	30	Los clientes llegan en promedio cada	2,0	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	25	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente	2,4	Minutos		
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio			
1	5,9	5,9	5,9			
2	5,2	11,2	11,2			
3	3,8	15,0	15,0			
4	3,6	18,6	18,6			
5	4,2	22,7	22,7			
6	3,6	26,3	28,9			
7	3,5	29,8	29,8			
8	3,5	33,3	33,3			
9	3,5	36,8	36,8			
10	3,5	40,3	40,3			
11	3,9	44,3	44,3			
12	4,3	48,6	48,6			
13	5,8	54,3	54,3			
14	3,7	58,0	58,0			
15	5,1	63,1	63,1			
16	4,6	67,7	67,7			
17	3,5	71,1	71,1			
18	3,6	74,7	74,7			
19	3,8	78,5	79,0			
20	3,8	82,3	87,7			
21	5,8	88,0	89,9			
22	4,0	92,0	92,0			
23	5,0	97,0	97,0			
24	4,1	101,1	101,7			
25	3,4	104,5	104,5			
26	5,0	109,5	109,5			
27	3,8	113,3	113,3			
28	4,3	117,6	117,6			
29	4,1	121,7	124,9			
30	4,7	126,4	127,2			
31	5,7	132,2	135,7			
32	4,2	136,4	136,4			
33	3,9	140,3	140,3			
34	3,5	143,8	143,8			
35	4,9	148,7	148,7			
36	4,0	152,6	159,4			
37	4,2	156,8	163,4			
38	4,2	161,0	167,8			
39	4,3	165,3	168,7			
40	3,9	169,2	169,5			
41	3,5	172,8	172,8			
42	3,7	176,4	176,4			
43	3,5	180,0	180,0			
44	3,8	183,8	183,8			
45	3,9	187,7	187,7			
46	3,6	191,3	191,3			
47	3,5	194,8	194,8			
48	3,6	198,4	199,3			
49	4,7	203,0	203,0			
50	3,9	207,0	207,0			
1275	207,0	5355,2	5398,4			

Tabla 5.

Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 5

punto de pago numero 5					
Numero de clientes por hora	30	Los clientes llegan en promedio cada	2,0	Minutos	60
Capacidad del servicio	25	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente	2,4	Minutos	
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio		
1	5,2	5,2	5,2		
2	5,2	10,4	10,4		
3	4,9	15,4	17,8		
4	7,4	22,8	24,1		
5	4,3	27,1	27,1		
6	7,3	34,4	34,4		
7	4,5	38,9	38,9		
8	5,0	43,9	43,9		
9	4,3	48,2	48,2		
10	5,8	54,0	54,0		
11	3,7	57,8	57,8		
12	4,7	62,4	62,4		
13	3,8	66,2	66,2		
14	4,9	71,1	71,1		
15	3,5	74,5	74,5		
16	3,6	78,1	78,1		
17	3,6	81,7	81,7		
18	3,7	85,4	85,4		
19	4,7	90,1	90,1		
20	3,7	93,8	93,8		
21	3,5	97,3	97,3		
22	3,9	101,1	101,1		
23	3,8	104,9	104,9		
24	3,6	108,6	108,6		
25	3,7	112,3	112,3		
26	4,8	117,1	117,1		
27	3,8	120,9	120,9		
28	4,2	125,1	125,1		
29	5,9	131,0	131,0		
30	4,1	135,2	139,8		
31	4,5	139,6	141,0		
32	3,9	143,5	143,5		
33	4,5	148,1	148,1		
34	4,4	152,5	152,5		
35	3,5	155,9	155,9		
36	4,1	160,0	160,0		
37	3,6	163,6	166,4		
38	6,9	170,5	170,5		
39	3,7	174,2	176,2		
40	3,7	177,9	177,9		
41	3,5	181,4	181,4		
42	5,1	186,5	186,5		
43	3,8	190,3	190,3		
44	4,4	194,7	194,7		
45	7,2	201,9	201,9		
46	3,8	205,7	205,7		
47	5,2	210,9	210,9		
48	3,8	214,7	214,7		
49	5,0	219,7	220,1		
50	3,9	223,6	223,6		
1275	223,6	5830,4	5845,4		

Tabla 6.

Formato con la primera toma de datos del punto de pago 4

punto de pago numero 4						
Numero de clientes por hora	28	Los clientes llegan en promedio cada	2,1	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente	2,7	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	4,2	4,2	4,2
2	6,8	11,0	11,0
3	5,0	16,1	16,1
4	4,0	20,1	20,1
5	3,4	23,5	23,5
6	3,9	27,4	27,6
7	4,0	31,4	31,4
8	7,6	39,0	39,0
9	4,1	43,1	43,1
10	3,5	46,7	46,7
11	3,7	50,4	50,4
12	4,8	55,2	57,8
13	3,9	59,1	60,0
14	4,2	63,3	66,9
15	3,8	67,1	69,2
16	3,6	70,7	72,6
17	4,3	75,0	75,0
18	4,1	79,0	79,0
19	4,2	83,2	85,2
20	3,6	86,8	94,4
21	3,6	90,3	98,7
22	3,6	93,9	101,3
23	3,4	97,4	103,5
24	4,7	102,1	109,9
25	3,5	105,6	111,9
26	5,8	111,4	112,4
27	3,5	114,9	114,9
28	4,8	119,8	126,8
29	3,8	123,5	127,2
30	5,3	128,9	133,6
31	4,1	133,0	138,6
32	4,1	137,1	139,7
33	3,5	140,6	141,0
34	3,5	144,0	145,6
35	5,0	149,1	149,1
36	5,3	154,3	154,3
37	4,5	158,9	158,9
38	3,6	162,5	162,5
39	4,4	166,9	166,9
40	4,0	170,9	170,9
820	170,9	3557,3	3640,8

Tabla 7.

Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 4

punto de pago numero 4						
Numero de clientes por hora	28	Los clientes llegan en promedio cada	2,1	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente	2,7	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	3,7	3,7	3,7
2	5,6	9,3	9,8
3	3,3	12,7	16,5
4	3,7	16,4	17,8
5	4,3	20,7	20,7
6	3,5	24,2	24,2
7	3,9	28,1	28,1
8	5,2	33,3	33,3
9	3,4	36,6	36,6
10	3,5	40,1	40,1
11	3,3	43,5	43,5
12	3,8	47,2	47,2
13	5,3	52,5	52,5
14	3,7	56,3	56,3
15	6,6	62,9	62,9
16	3,7	66,5	66,6
17	3,7	70,3	70,3
18	4,0	74,3	74,3
19	4,9	79,2	79,2
20	3,6	82,8	84,0
21	4,3	87,1	87,1
22	3,8	90,9	91,8
23	5,0	95,9	97,8
24	3,4	99,3	99,3
25	4,5	103,8	103,8
26	8,4	112,2	112,2
27	4,7	116,9	123,6
28	3,5	120,4	125,9
29	3,9	124,3	126,8
30	3,7	128,0	130,9
31	5,2	133,2	134,4
32	5,0	138,2	138,2
33	3,6	141,7	141,7
34	4,1	145,8	145,8
35	3,9	149,7	149,7
36	3,8	153,5	153,5
37	4,1	157,6	157,6
38	3,8	161,4	161,4
39	3,3	164,8	164,8
40	4,9	169,7	170,0
820	169,7	3455,0	3484,1

Tabla 8.

Formato con la primera toma de datos del punto de pago 3

punto de pago numero 3						
Numero de clientes por hora	33	Los clientes llegan en promedio cada	1,8	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente	2,7	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	4,5	4,5	4,5
2	6,1	10,5	10,5
3	4,3	14,9	14,9
4	3,8	18,7	18,7
5	4,6	23,3	23,3
6	4,4	27,7	33,1
7	5,3	33,0	35,7
8	3,9	36,9	41,3
9	6,7	43,6	43,6
10	3,7	47,2	47,2
11	3,6	50,8	54,3
12	3,6	54,4	58,8
13	3,8	58,2	58,9
14	3,6	61,8	61,8
15	4,1	65,8	66,0
16	3,5	69,4	69,4
17	3,5	72,9	72,9
18	5,0	77,9	77,9
19	3,7	81,6	82,1
20	3,8	85,4	85,4
21	4,0	89,4	89,4
22	5,1	94,5	97,3
23	7,8	102,2	102,2
24	5,2	107,4	107,4
25	7,5	114,9	114,9
26	3,8	118,7	118,7
27	3,6	122,4	122,4
28	3,9	126,2	126,2
29	3,8	130,0	130,8
30	3,7	133,7	134,7
31	6,1	139,8	139,8
32	3,8	143,6	149,0
33	3,7	147,3	151,1
34	5,1	152,4	154,4
35	3,7	156,0	164,2
36	4,6	160,6	164,4
37	4,9	165,6	167,4
38	4,6	170,1	170,1
39	3,7	173,8	174,3
40	5,4	179,2	179,2
41	4,5	183,7	189,8
42	4,4	188,1	190,9
43	4,0	192,1	194,3
44	5,1	197,2	201,9
45	4,2	201,4	205,0

Tabla 9.

Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 3

Numero de clientes por hora	33	Los clientes llegan en promedio cada	1,8	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente	2,7	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	5,7	5,7	5,7
2	5,1	10,8	10,8
3	4,9	15,7	16,4
4	3,6	19,3	19,3
5	4,1	23,4	23,4
6	6,2	29,6	29,6
7	5,3	35,0	36,7
8	4,1	39,1	39,1
9	6,8	45,9	45,9
10	6,4	52,3	52,3
11	3,7	56,0	56,0
12	3,9	59,9	59,9
13	4,2	64,1	64,1
14	4,4	68,5	68,5
15	3,5	72,0	72,0
16	3,5	75,5	75,5
17	3,9	79,4	82,0
18	3,7	83,1	83,1
19	3,5	86,6	86,6
20	4,7	91,3	91,3
21	5,9	97,2	97,2
22	3,6	100,8	100,8
23	4,1	104,9	104,9
24	3,5	108,4	120,7
25	4,0	112,4	122,4
26	4,2	116,6	127,4
27	4,9	121,5	128,0
28	4,3	125,8	133,0
29	3,9	129,8	134,6
30	3,9	133,6	135,0
31	6,2	139,8	139,9
32	3,7	143,5	145,2
33	4,4	147,9	149,7
34	4,6	152,5	153,1
35	3,6	156,1	156,1
36	6,6	162,7	162,7
37	5,8	168,5	168,5
38	4,2	172,7	172,7
39	3,6	176,3	176,3
40	3,8	180,1	182,2
41	7,0	187,1	187,1
42	5,4	192,5	192,5
43	7,6	200,1	203,2
44	3,8	203,9	204,6
45	4,4	208,2	208,2

Tabla 10.

Formato con la primera toma de datos del punto de pago 2

punto de pago numero 2						
Numero de clientes por hora	25	Los clientes llegan en promedio cada	2,4	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	20	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente	3,0	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	4,4	4,4	4,4
2	5,0	9,5	9,5
3	3,3	12,8	13,5
4	4,6	17,4	25,0
5	5,9	23,3	30,4
6	3,3	26,6	31,5
7	4,0	30,7	31,9
8	3,8	34,5	40,3
9	4,0	38,5	40,4
10	3,6	42,1	50,0
11	3,4	45,5	50,0
12	3,4	48,9	51,5
13	3,3	52,2	55,0
14	3,8	55,9	55,9
15	4,0	60,0	60,0
16	3,7	63,7	63,7
17	3,3	67,0	68,5
18	3,7	70,7	70,7
19	3,7	74,4	78,3
20	3,5	77,9	82,9
21	4,2	82,2	84,8
22	5,5	87,7	87,7
23	5,7	93,5	93,5
24	3,8	97,3	97,8
25	7,2	104,5	104,5
26	3,3	107,8	107,8
27	3,5	111,3	111,3
28	5,2	116,4	116,4
29	6,0	122,4	122,4
30	4,0	126,4	126,4
31	4,2	130,6	139,5
32	3,8	134,4	139,9
33	3,7	138,1	140,3
34	6,8	144,9	145,0
35	3,8	148,7	148,7
36	4,0	152,7	152,7
37	4,0	156,7	156,7
38	4,7	161,4	161,4

Tabla 11.

Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 2

punto de pago numero 2						
Numero de clientes por hora	25	Los clientes llegan en promedio cada	2,4	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	20	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente	3,0	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	3,8	3,8	3,8
2	3,9	7,7	7,7
3	6,4	14,1	14,1
4	4,2	18,3	22,4
5	4,3	22,6	22,8
6	3,6	26,2	28,6
7	3,2	29,4	30,8
8	4,0	33,4	33,5
9	3,3	36,7	36,8
10	3,3	40,0	40,0
11	3,5	43,5	43,5
12	4,2	47,7	49,5
13	4,5	52,2	52,2
14	3,4	55,5	57,3
15	5,1	60,6	60,6
16	6,4	67,0	67,0
17	4,7	71,7	71,7
18	5,0	76,7	76,7
19	3,6	80,3	80,3
20	4,0	84,3	84,5
21	3,5	87,8	88,3
22	4,0	91,8	91,8
23	3,4	95,2	96,4
24	3,5	98,7	101,9
25	3,8	102,5	113,5
26	4,1	106,6	116,0
27	3,7	110,3	118,0
28	3,9	114,2	120,9
29	4,4	118,6	121,2
30	3,5	122,1	122,1
31	3,4	125,5	137,0
32	3,5	129,0	138,9
33	5,3	134,3	145,2
34	4,4	138,7	155,4
35	3,7	142,4	155,4
36	3,5	145,9	162,2
37	4,3	150,2	165,9
38	3,8	153,9	166,1

Tabla 12.

Formato con la primera toma de datos del punto de pago 1

punto de pago numero 1						
Numero de clientes por hora	20	Los clientes llegan en promedio cada	3,0	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	18	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente	3,3	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	3,2	3,2	3,2
2	4,9	8,0	8,3
3	3,1	11,2	13,0
4	3,4	14,6	14,6
5	3,2	17,8	22,0
6	3,4	21,2	23,9
7	4,2	25,3	25,3
8	7,8	33,1	33,1
9	3,1	36,3	37,7
10	4,0	40,3	40,3
11	5,6	45,9	47,4
12	3,3	49,3	58,9
13	3,0	52,3	60,3
14	5,7	57,9	76,9
15	3,6	61,5	80,9
16	4,5	66,0	86,1
17	4,6	70,6	95,3
18	4,0	74,6	98,3
19	4,5	79,2	98,5
20	3,3	82,4	101,9
21	4,2	86,7	102,4
22	3,1	89,8	102,5
23	3,7	93,5	107,5
24	3,2	96,6	107,8
25	3,2	99,8	108,1
26	5,3	105,1	108,2
27	3,4	108,5	112,5
28	3,0	111,5	115,1
29	3,1	114,6	119,0
30	3,4	118,0	121,0
31	3,2	121,3	127,2
32	3,7	124,9	131,5
33	4,7	129,6	136,4
34	3,4	133,0	137,8
35	3,0	136,0	139,7

Tabla 13.

Formato con la segunda toma de datos del punto de pago 1

punto de pago numero 1						
Numero de clientes por hora	20	Los clientes llegan en promedio cada	3,0	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	18	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente	3,3	Minutos		

clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio
1	3,7	3,7	3,7
2	3,9	7,6	7,6
3	3,4	11,0	11,0
4	3,9	15,0	15,0
5	3,1	18,0	22,3
6	3,7	21,8	26,6
7	3,2	25,0	27,8
8	3,1	28,0	30,0
9	3,3	31,3	44,3
10	3,6	34,9	44,8
11	4,1	39,0	50,2
12	3,5	42,6	50,7
13	3,3	45,9	55,2
14	4,1	50,0	58,5
15	3,7	53,7	62,5
16	3,5	57,2	65,9
17	4,1	61,3	71,4
18	4,0	65,2	76,0
19	4,2	69,4	78,5
20	3,2	72,6	78,7
21	4,8	77,4	80,6
22	3,5	80,9	81,7
23	3,4	84,3	89,4
24	3,4	87,7	89,8
25	5,8	93,5	93,5
26	4,3	97,7	97,7
27	6,7	104,4	104,4
28	3,8	108,2	117,8
29	3,2	111,4	119,4
30	3,9	115,3	122,2
31	5,3	120,5	122,2
32	3,1	123,7	129,4
33	3,4	127,0	131,5
34	3,3	130,3	139,4
35	3,9	134,2	141,1

3.8.2 Fase dos: métodos adecuados para el estudio

de acuerdo al módulo visto en diplomado pude determinar la herramienta a implementar de teoría de colas, la más adecuada para el estudio es el método M/M/1 de acuerdo a la observado en el autoservicio nuevo almacén, en cada punto de pago se formaba una cola de clientes, estos no tenían la opción de pasarse a otra ya que cada caja está separada por góndolas.

3.8.3 fase tres: implementación

Para esta etapa se implementó una simulación de teoría de colas con el método M/M/1 en cada uno los 5 puntos de pago, se analizó la información recolectada de la fase uno, de acuerdo al formato, para realizar el estudio en los puntos de pago, donde se estimó que los clientes llegaran a una tasa promedio por hora (λ) y una capacidad promedio del servicio (μ) de acuerdo a una población n.

En la primera columna se registra el número de clientes (n), en la segunda el tiempo entre llegada de estos, la tercera el tiempo de inicio acumulado en la cola, en la cuarta el tiempo de inicio de servicio en el punto de pago, en la quinta el tiempo de espera del cliente a ser atendido, en la sexta el tiempo de servicio en la caja registradora, séptima el tiempo en el sistema que dura el cliente, octava el tiempo de terminación del servicio prestado al cliente y novena el tiempo de ocio del cajero como se muestra a continuación.

3.8.3.1 Punto de pago 5

Se tomaron los tiempos de acuerdo a los arribos en la cola, implementamos una simulación, donde se estimó que los clientes llegaran a una tasa promedio de 30 por hora ($\lambda = 30$) y una capacidad promedio del servidor es de ($\mu = 25$), se observó una población de 50 de acuerdo a esto se obtuvo el tiempo que los clientes esperan y el tiempo del servicio, tiempo en el sistema, tiempo de terminación del servicio y el ocio del cajero.

Tabla 14.

Primera Simulación de teoría de colas del punto de pago 5

punto de pago numero 5								
Numero de clientes por hora	30	Los clientes llegan en promedio cada	2,0	Minutos	60	Minutos		
Capacidad del servicio	25	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente	2,4	Minutos				
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio de servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	5,9	5,9	5,9	0,0	3,6	3,6	9,6	5,9
2	5,2	11,2	11,2	0,0	0,7	0,7	11,9	1,6
3	3,8	15,0	15,0	0,0	0,4	0,4	15,4	3,1
4	3,6	18,6	18,6	0,0	0,7	0,7	19,3	3,2
5	4,2	22,7	22,7	0,0	6,1	6,1	28,9	3,5
6	3,6	26,3	28,9	2,6	0,8	3,4	29,7	0,0
7	3,5	29,8	29,8	0,0	0,4	0,4	30,2	0,1
8	3,5	33,3	33,3	0,0	1,4	1,4	34,7	3,1
9	3,5	36,8	36,8	0,0	0,5	0,5	37,3	2,1
10	3,5	40,3	40,3	0,0	1,4	1,4	41,7	3,0
11	3,9	44,3	44,3	0,0	0,5	0,5	44,7	2,6
12	4,3	48,6	48,6	0,0	1,8	1,8	50,3	3,8
13	5,8	54,3	54,3	0,0	1,5	1,5	55,8	4,0
14	3,7	58,0	58,0	0,0	2,0	2,0	60,0	2,2
15	5,1	63,1	63,1	0,0	0,3	0,3	63,4	3,1
16	4,6	67,7	67,7	0,0	2,1	2,1	69,8	4,3
17	3,5	71,1	71,1	0,0	3,4	3,4	74,6	1,4
18	3,6	74,7	74,7	0,0	4,3	4,3	79,0	0,1
19	3,8	78,5	79,0	0,5	8,7	9,2	87,7	0,0
20	3,8	82,3	87,7	5,4	2,2	7,6	89,9	0,0
21	5,8	88,0	89,9	1,9	1,7	3,6	91,6	0,0
22	4,0	92,0	92,0	0,0	2,2	2,2	94,2	0,4
23	5,0	97,0	97,0	0,0	4,7	4,7	101,7	2,8
24	4,1	101,1	101,7	0,6	0,0	0,6	101,7	0,0
25	3,4	104,5	104,5	0,0	1,6	1,6	106,1	2,8
26	5,0	109,5	109,5	0,0	0,3	0,3	109,8	3,4
27	3,8	113,3	113,3	0,0	0,1	0,1	113,4	3,5
28	4,3	117,6	117,6	0,0	7,3	7,3	124,9	4,2
29	4,1	121,7	124,9	3,2	2,3	5,5	127,2	0,0
30	4,7	126,4	127,2	0,8	8,5	9,3	135,7	0,0
31	5,7	132,2	135,7	3,5	0,4	3,9	136,1	0,0
32	4,2	136,4	136,4	0,0	0,3	0,3	136,6	0,2
33	3,9	140,3	140,3	0,0	1,8	1,8	142,0	3,7
34	3,5	143,8	143,8	0,0	4,1	4,1	147,9	1,7
35	4,9	148,7	148,7	0,0	10,7	10,7	159,4	0,8
36	4,0	152,6	159,4	6,8	4,0	10,7	163,4	0,0
37	4,2	156,8	163,4	6,6	4,4	11,0	167,8	0,0
38	4,2	161,0	167,8	6,8	0,9	7,7	168,7	0,0
39	4,3	165,3	168,7	3,4	0,8	4,2	169,5	0,0
40	3,9	169,2	169,5	0,2	0,2	0,4	169,7	0,0
41	3,5	172,8	172,8	0,0	3,5	3,5	176,3	3,1
42	3,7	176,4	176,4	0,0	0,3	0,3	176,8	0,1
43	3,5	180,0	180,0	0,0	2,1	2,1	182,1	3,2
44	3,8	183,8	183,8	0,0	2,3	2,3	186,0	1,7
45	3,9	187,7	187,7	0,0	0,5	0,5	188,2	1,7
46	3,6	191,3	191,3	0,0	1,7	1,7	192,9	3,1
47	3,5	194,8	194,8	0,0	4,5	4,5	199,3	1,9
48	3,6	198,4	199,3	0,9	0,6	1,5	199,8	0,0
49	4,7	203,0	203,0	0,0	0,9	0,9	203,9	3,2
50	3,9	207,0	207,0	0,0	2,0	2,0	209,0	3,1
1275	207,0	5355,2	5398,4	43,2	117,5	160,7	5515,9	91,5

0,9	2,3	3,2	1,8
-----	-----	-----	-----

Tabla 15.

Segunda Simulación de teoría de colas del punto de pago 5

punto de pago numero 5								
Numero de clientes por hora	30	Los clientes llegan en promedio cada			2,0	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	25	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente			2,4	Minutos		
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	5,2	5,2	5,2	0,0	2,9	2,9	8,1	5,2
2	5,2	10,4	10,4	0,0	7,4	7,4	17,8	2,3
3	4,9	15,4	17,8	2,4	6,3	8,8	24,1	0,0
4	7,4	22,8	24,1	1,3	0,8	2,1	24,9	0,0
5	4,3	27,1	27,1	0,0	4,8	4,8	31,9	2,2
6	7,3	34,4	34,4	0,0	0,6	0,6	34,9	2,5
7	4,5	38,9	38,9	0,0	0,1	0,1	39,1	4,0
8	5,0	43,9	43,9	0,0	0,4	0,4	44,3	4,9
9	4,3	48,2	48,2	0,0	0,9	0,9	49,1	3,9
10	5,8	54,0	54,0	0,0	3,7	3,7	57,8	4,9
11	3,7	57,8	57,8	0,0	0,6	0,6	58,3	0,0
12	4,7	62,4	62,4	0,0	0,8	0,8	63,2	4,1
13	3,8	66,2	66,2	0,0	2,9	2,9	69,1	3,0
14	4,9	71,1	71,1	0,0	0,9	0,9	71,9	2,0
15	3,5	74,5	74,5	0,0	1,3	1,3	75,9	2,6
16	3,6	78,1	78,1	0,0	0,3	0,3	78,4	2,2
17	3,6	81,7	81,7	0,0	2,7	2,7	84,4	3,3
18	3,7	85,4	85,4	0,0	2,5	2,5	87,9	1,0
19	4,7	90,1	90,1	0,0	2,5	2,5	92,6	2,2
20	3,7	93,8	93,8	0,0	0,1	0,1	93,9	1,2
21	3,5	97,3	97,3	0,0	1,1	1,1	98,4	3,4
22	3,9	101,1	101,1	0,0	0,6	0,6	101,7	2,7
23	3,8	104,9	104,9	0,0	2,7	2,7	107,6	3,3
24	3,6	108,6	108,6	0,0	0,9	0,9	109,5	1,0
25	3,7	112,3	112,3	0,0	0,3	0,3	112,6	2,9
26	4,8	117,1	117,1	0,0	1,4	1,4	118,5	4,5
27	3,8	120,9	120,9	0,0	1,3	1,3	122,2	2,4
28	4,2	125,1	125,1	0,0	2,8	2,8	127,9	2,9
29	5,9	131,0	131,0	0,0	8,8	8,8	139,8	3,1
30	4,1	135,2	139,8	4,7	1,2	5,9	141,0	0,0
31	4,5	139,6	141,0	1,4	0,7	2,1	141,8	0,0
32	3,9	143,5	143,5	0,0	4,5	4,5	148,0	1,8
33	4,5	148,1	148,1	0,0	3,8	3,8	151,9	0,0
34	4,4	152,5	152,5	0,0	0,8	0,8	153,3	0,6
35	3,5	155,9	155,9	0,0	1,8	1,8	157,7	2,7
36	4,1	160,0	160,0	0,0	6,4	6,4	166,4	2,3
37	3,6	163,6	166,4	2,8	1,3	4,1	167,7	0,0
38	6,9	170,5	170,5	0,0	5,7	5,7	176,2	2,8
39	3,7	174,2	176,2	1,9	0,7	2,6	176,8	0,0
40	3,7	177,9	177,9	0,0	1,3	1,3	179,2	1,1
41	3,5	181,4	181,4	0,0	2,9	2,9	184,3	2,2
42	5,1	186,5	186,5	0,0	2,7	2,7	189,2	2,3
43	3,8	190,3	190,3	0,0	1,8	1,8	192,1	1,1
44	4,4	194,7	194,7	0,0	0,6	0,6	195,3	2,6
45	7,2	201,9	201,9	0,0	2,9	2,9	204,8	6,6
46	3,8	205,7	205,7	0,0	2,4	2,4	208,1	0,9
47	5,2	210,9	210,9	0,0	1,3	1,3	212,2	2,7
48	3,8	214,7	214,7	0,0	5,4	5,4	220,1	2,5
49	5,0	219,7	220,1	0,4	0,1	0,5	220,2	0,0
50	3,9	223,6	223,6	0,0	0,3	0,3	223,9	3,4
1275	223,6	5830,4	5845,4	15,0	110,6	125,6	5956,1	113,3

0,3	2,2	2,5	2,3
-----	-----	-----	-----



Figura 8. Funcionamiento de la cola en el punto de pago cinco, para la toma de tiempos

3.8.3.2 Punto de pago 4

Se tomaron los tiempos de acuerdo a los arribos en la cola, implementamos una simulación, donde se estimó que los clientes llegaran a una tasa promedio de 28 por hora ($\lambda = 28$) y una capacidad promedio del servidor es de ($\mu = 22$), se observó una población de 40 de acuerdo a esto se obtuvo el tiempo que los clientes esperan y el tiempo del servicio, tiempo en el sistema, tiempo de terminación del servicio y el ocio del cajero.

Tabla 16.

Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 4

punto de pago numero 4								
Numero de clientes por hora	28	Los clientes llegan en promedio cada		2,1	Minutos	60	Minutos	
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente		2,7	Minutos			
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	4,2	4,2	4,2	0,0	5,5	5,5	9,7	4,2
2	6,8	11,0	11,0	0,0	0,1	0,1	11,1	1,3
3	5,0	16,1	16,1	0,0	2,2	2,2	18,3	5,0
4	4,0	20,1	20,1	0,0	0,4	0,4	20,5	1,8
5	3,4	23,5	23,5	0,0	4,1	4,1	27,6	3,0
6	3,9	27,4	27,6	0,3	3,4	3,6	31,0	0,0
7	4,0	31,4	31,4	0,0	1,1	1,1	32,5	0,4
8	7,6	39,0	39,0	0,0	0,3	0,3	39,4	6,5
9	4,1	43,1	43,1	0,0	1,1	1,1	44,2	3,7
10	3,5	46,7	46,7	0,0	1,7	1,7	48,3	2,4
11	3,7	50,4	50,4	0,0	7,4	7,4	57,8	2,1
12	4,8	55,2	57,8	2,6	2,2	4,8	60,0	0,0
13	3,9	59,1	60,0	0,9	6,9	7,8	66,9	0,0
14	4,2	63,3	66,9	3,6	2,3	5,9	69,2	0,0
15	3,8	67,1	69,2	2,0	3,5	5,5	72,6	0,0
16	3,6	70,7	72,6	1,9	0,3	2,2	72,9	0,0
17	4,3	75,0	75,0	0,0	0,1	0,1	75,1	2,0
18	4,1	79,0	79,0	0,0	6,1	6,1	85,2	4,0
19	4,2	83,2	85,2	2,0	9,2	11,2	94,4	0,0
20	3,6	86,8	94,4	7,6	4,3	11,9	98,7	0,0
21	3,6	90,3	98,7	8,3	2,6	11,0	101,3	0,0
22	3,6	93,9	101,3	7,4	2,2	9,6	103,5	0,0
23	3,4	97,4	103,5	6,2	6,3	12,5	109,9	0,0
24	4,7	102,1	109,9	7,8	2,1	9,9	111,9	0,0
25	3,5	105,6	111,9	6,3	0,4	6,8	112,4	0,0
26	5,8	111,4	112,4	1,0	0,5	1,5	112,9	0,0
27	3,5	114,9	114,9	0,0	11,9	11,9	126,8	2,0
28	4,8	119,8	126,8	7,1	0,4	7,5	127,2	0,0
29	3,8	123,5	127,2	3,7	6,3	10,0	133,6	0,0
30	5,3	128,9	133,6	4,7	5,0	9,8	138,6	0,0
31	4,1	133,0	138,6	5,7	1,1	6,7	139,7	0,0
32	4,1	137,1	139,7	2,6	1,3	4,0	141,0	0,0
33	3,5	140,6	141,0	0,5	4,5	5,0	145,6	0,0
34	3,5	144,0	145,6	1,5	1,1	2,6	146,7	0,0
35	5,0	149,1	149,1	0,0	2,4	2,4	151,4	2,4
36	5,3	154,3	154,3	0,0	0,8	0,8	155,1	2,9
37	4,5	158,9	158,9	0,0	1,0	1,0	159,9	3,8
38	3,6	162,5	162,5	0,0	0,5	0,5	163,0	2,6
39	4,4	166,9	166,9	0,0	0,4	0,4	167,2	3,9
40	4,0	170,9	170,9	0,0	1,6	1,6	172,4	3,6
820	170,9	3557,3	3640,8	83,5	114,7	198,2	3755,5	57,7
				2,1	2,9	5,0	1,4	

Tabla 17.

Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 4

punto de pago numero 4								
Numero de clientes por hora	28	Los clientes llegan en promedio cada			2,1	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio por cliente			2,7	Minutos		
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	3,7	3,7	3,7	0,0	6,1	6,1	9,8	3,7
2	5,6	9,3	9,8	0,5	6,7	7,2	16,5	0,0
3	3,3	12,7	16,5	3,9	1,3	5,2	17,8	0,0
4	3,7	16,4	17,8	1,4	0,5	1,9	18,3	0,0
5	4,3	20,7	20,7	0,0	0,5	0,5	21,2	2,4
6	3,5	24,2	24,2	0,0	3,7	3,7	27,9	2,9
7	3,9	28,1	28,1	0,0	0,5	0,5	28,6	0,2
8	5,2	33,3	33,3	0,0	1,6	1,6	34,9	4,7
9	3,4	36,6	36,6	0,0	0,5	0,5	37,2	1,8
10	3,5	40,1	40,1	0,0	0,9	0,9	41,0	2,9
11	3,3	43,5	43,5	0,0	3,6	3,6	47,0	2,5
12	3,8	47,2	47,2	0,0	2,8	2,8	50,0	0,2
13	5,3	52,5	52,5	0,0	3,4	3,4	55,9	2,5
14	3,7	56,3	56,3	0,0	0,6	0,6	56,9	0,3
15	6,6	62,9	62,9	0,0	3,8	3,8	66,6	6,0
16	3,7	66,5	66,6	0,1	1,6	1,7	68,2	0,0
17	3,7	70,3	70,3	0,0	0,0	0,0	70,3	2,0
18	4,0	74,3	74,3	0,0	2,7	2,7	77,0	4,0
19	4,9	79,2	79,2	0,0	4,8	4,8	84,0	2,2
20	3,6	82,8	84,0	1,3	1,2	2,4	85,2	0,0
21	4,3	87,1	87,1	0,0	4,8	4,8	91,8	1,9
22	3,8	90,9	91,8	1,0	6,0	6,9	97,8	0,0
23	5,0	95,9	97,8	1,9	0,4	2,3	98,2	0,0
24	3,4	99,3	99,3	0,0	2,1	2,1	101,4	1,0
25	4,5	103,8	103,8	0,0	1,8	1,8	105,6	2,4
26	8,4	112,2	112,2	0,0	11,4	11,4	123,6	6,6
27	4,7	116,9	123,6	6,7	2,3	9,1	125,9	0,0
28	3,5	120,4	125,9	5,5	0,8	6,4	126,8	0,0
29	3,9	124,3	126,8	2,4	4,2	6,6	130,9	0,0
30	3,7	128,0	130,9	2,9	3,5	6,4	134,4	0,0
31	5,2	133,2	134,4	1,2	0,6	1,8	135,0	0,0
32	5,0	138,2	138,2	0,0	0,8	0,8	139,0	3,2
33	3,6	141,7	141,7	0,0	1,6	1,6	143,4	2,8
34	4,1	145,8	145,8	0,0	3,0	3,0	148,8	2,4
35	3,9	149,7	149,7	0,0	1,6	1,6	151,3	0,9
36	3,8	153,5	153,5	0,0	3,2	3,2	156,7	2,2
37	4,1	157,6	157,6	0,0	1,8	1,8	159,4	0,9
38	3,8	161,4	161,4	0,0	2,9	2,9	164,4	2,1
39	3,3	164,8	164,8	0,0	5,2	5,2	170,0	0,4
40	4,9	169,7	170,0	0,3	0,3	0,6	170,3	0,0
820	169,7	3455,0	3484,1	29,1	104,9	134,0	3589,0	65,3
				0,7	2,6	3,4	1,6	



Figura 9. Funcionamiento de la cola en el punto de pago cuatro, para la toma de tiempos

3.8.3.3 Punto de pago 3

Se tomaron los tiempos de acuerdo a los arribos en la cola, implementamos una simulación, donde se estimó que los clientes llegaran a una tasa promedio de 33 por hora ($\lambda = 33$) y una capacidad promedio del servidor es de ($\mu = 22$), se observó una población de 45 de acuerdo a esto se obtuvo el tiempo que los clientes esperan y el tiempo del servicio, tiempo en el sistema, tiempo de terminación del servicio y el ocio del cajero.

Tabla 18.

Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 3

punto de pago numero 3								
Numero de clientes por hora	33	Los clientes llegan en promedio cada	1,8	Minutos	60	Minutos		
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente	2,7	Minutos				
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	4,5	4,5	4,5	0,0	2,3	2,3	6,7	4,5
2	6,1	10,5	10,5	0,0	0,1	0,1	10,6	3,8
3	4,3	14,9	14,9	0,0	1,3	1,3	16,2	4,3
4	3,8	18,7	18,7	0,0	1,3	1,3	20,0	2,5
5	4,6	23,3	23,3	0,0	9,8	9,8	33,1	3,2
6	4,4	27,7	33,1	5,4	2,6	8,0	35,7	0,0
7	5,3	33,0	35,7	2,7	5,6	8,2	41,3	0,0
8	3,9	36,9	41,3	4,4	2,2	6,6	43,5	0,0
9	6,7	43,6	43,6	0,0	2,4	2,4	45,9	0,1
10	3,7	47,2	47,2	0,0	7,0	7,0	54,3	1,3
11	3,6	50,8	54,3	3,4	4,5	8,0	58,8	0,0
12	3,6	54,4	58,8	4,3	0,2	4,5	58,9	0,0
13	3,8	58,2	58,9	0,7	2,5	3,3	61,5	0,0
14	3,6	61,8	61,8	0,0	4,2	4,2	66,0	0,3
15	4,1	65,8	66,0	0,2	0,5	0,7	66,5	0,0
16	3,5	69,4	69,4	0,0	0,8	0,8	70,1	2,8
17	3,5	72,9	72,9	0,0	5,0	5,0	77,9	2,7
18	5,0	77,9	77,9	0,0	4,2	4,2	82,1	0,1
19	3,7	81,6	82,1	0,5	2,2	2,7	84,3	0,0
20	3,8	85,4	85,4	0,0	0,3	0,3	85,7	1,1
21	4,0	89,4	89,4	0,0	7,9	7,9	97,3	3,7
22	5,1	94,5	97,3	2,8	4,2	7,0	101,5	0,0
23	7,8	102,2	102,2	0,0	4,3	4,3	106,5	0,7
24	5,2	107,4	107,4	0,0	2,9	2,9	110,3	0,9
25	7,5	114,9	114,9	0,0	2,0	2,0	116,9	4,6
26	3,8	118,7	118,7	0,0	0,8	0,8	119,5	1,8
27	3,6	122,4	122,4	0,0	1,3	1,3	123,6	2,8
28	3,9	126,2	126,2	0,0	4,6	4,6	130,8	2,6
29	3,8	130,0	130,8	0,7	4,0	4,7	134,7	0,0
30	3,7	133,7	134,7	1,0	1,8	2,8	136,5	0,0
31	6,1	139,8	139,8	0,0	9,2	9,2	149,0	3,3
32	3,8	143,6	149,0	5,5	2,1	7,5	151,1	0,0
33	3,7	147,3	151,1	3,8	3,3	7,1	154,4	0,0
34	5,1	152,4	154,4	2,0	9,8	11,8	164,2	0,0
35	3,7	156,0	164,2	8,1	0,3	8,4	164,4	0,0
36	4,6	160,6	164,4	3,8	3,0	6,8	167,4	0,0
37	4,9	165,6	167,4	1,9	1,6	3,5	169,0	0,0
38	4,6	170,1	170,1	0,0	4,2	4,2	174,3	1,1
39	3,7	173,8	174,3	0,5	2,2	2,7	176,5	0,0
40	5,4	179,2	179,2	0,0	10,7	10,7	189,8	2,7
41	4,5	183,7	189,8	6,2	1,1	7,2	190,9	0,0
42	4,4	188,1	190,9	2,8	3,4	6,2	194,3	0,0
43	4,0	192,1	194,3	2,2	7,6	9,9	201,9	0,0
44	5,1	197,2	201,9	4,8	3,1	7,9	205,0	0,0
45	4,2	201,4	205,0	3,6	5,2	8,8	210,2	0,0
				51,8	138,9	190,7		50,9
				1,2	3,1	4,2		1,1

Tabla 19.

Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 3

punto de pago numero 3								
Numero de clientes por hora	33	Los clientes llegan en promedio cada			1,8	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	22	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente			2,7	Minutos		
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	5,7	5,7	5,7	0,0	4,7	4,7	10,4	5,7
2	5,1	10,8	10,8	0,0	5,6	5,6	16,4	0,4
3	4,9	15,7	16,4	0,7	0,6	1,3	17,0	0,0
4	3,6	19,3	19,3	0,0	0,0	0,0	19,3	2,3
5	4,1	23,4	23,4	0,0	2,1	2,1	25,5	4,1
6	6,2	29,6	29,6	0,0	7,0	7,0	36,7	4,1
7	5,3	35,0	36,7	1,7	2,0	3,7	38,7	0,0
8	4,1	39,1	39,1	0,0	1,2	1,2	40,3	0,4
9	6,8	45,9	45,9	0,0	0,5	0,5	46,4	5,6
10	6,4	52,3	52,3	0,0	1,8	1,8	54,1	5,9
11	3,7	56,0	56,0	0,0	0,7	0,7	56,7	1,9
12	3,9	59,9	59,9	0,0	2,2	2,2	62,1	3,2
13	4,2	64,1	64,1	0,0	2,8	2,8	66,9	2,0
14	4,4	68,5	68,5	0,0	1,9	1,9	70,4	1,6
15	3,5	72,0	72,0	0,0	0,6	0,6	72,6	1,6
16	3,5	75,5	75,5	0,0	6,5	6,5	82,0	2,9
17	3,9	79,4	82,0	2,6	0,6	3,2	82,6	0,0
18	3,7	83,1	83,1	0,0	1,4	1,4	84,6	0,5
19	3,5	86,6	86,6	0,0	1,4	1,4	88,1	2,1
20	4,7	91,3	91,3	0,0	2,5	2,5	93,8	3,2
21	5,9	97,2	97,2	0,0	0,7	0,7	97,9	3,4
22	3,6	100,8	100,8	0,0	3,3	3,3	104,2	2,9
23	4,1	104,9	104,9	0,0	15,8	15,8	120,7	0,8
24	3,5	108,4	120,7	12,3	1,7	14,0	122,4	0,0
25	4,0	112,4	122,4	10,0	5,0	14,9	127,4	0,0
26	4,2	116,6	127,4	10,7	0,6	11,4	128,0	0,0
27	4,9	121,5	128,0	6,5	5,0	11,5	133,0	0,0
28	4,3	125,8	133,0	7,2	1,6	8,7	134,6	0,0
29	3,9	129,8	134,6	4,8	0,5	5,3	135,0	0,0
30	3,9	133,6	135,0	1,4	4,8	6,2	139,9	0,0
31	6,2	139,8	139,9	0,1	5,3	5,4	145,2	0,0
32	3,7	143,5	145,2	1,6	4,5	6,1	149,7	0,0
33	4,4	147,9	149,7	1,7	3,5	5,2	153,1	0,0
34	4,6	152,5	153,1	0,6	0,5	1,1	153,6	0,0
35	3,6	156,1	156,1	0,0	0,0	0,0	156,2	2,5
36	6,6	162,7	162,7	0,0	1,2	1,2	163,9	6,5
37	5,8	168,5	168,5	0,0	1,6	1,6	170,1	4,6
38	4,2	172,7	172,7	0,0	1,3	1,3	174,0	2,6
39	3,6	176,3	176,3	0,0	6,0	6,0	182,2	2,3
40	3,8	180,1	182,2	2,1	0,7	2,8	182,9	0,0
41	7,0	187,1	187,1	0,0	1,6	1,6	188,7	4,2
42	5,4	192,5	192,5	0,0	10,7	10,7	203,2	3,8
43	7,6	200,1	203,2	3,1	1,4	4,5	204,6	0,0
44	3,8	203,9	204,6	0,8	1,3	2,1	206,0	0,0
45	4,4	208,2	208,2	0,0	3,8	3,8	212,1	2,3
				64,0	109,8	173,8		73,1
				1,4	2,4	3,9		1,6



Figura 10. Funcionamiento de la cola en el punto de pago tres, para la toma de tiempos

3.8.3.4 Punto de pago 2

Se tomaron los tiempos de acuerdo a los arribos en la cola, implementamos una simulación, donde se estimó que los clientes llegaran a una tasa promedio de 25 por hora ($\lambda = 25$) y una capacidad promedio del servidor es de ($\mu = 20$), se observó una población de 38 de acuerdo a estose obtuvo el tiempo que los clientes esperan y el tiempo del servicio, tiempo en el sistema, tiempo de terminación del servicio y el ocio del cajero.

Tabla 20.

Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 2

punto de pago numero 2								
Numero de clientes por hora	25	Los clientes llegan en promedio cada		2,4	Minutos	60	Minutos	
Capacidad del servicio	20	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente		3,0	Minutos			
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	4,4	4,4	4,4	0,0	0,1	0,1	4,5	4,4
2	5,0	9,5	9,5	0,0	4,1	4,1	13,5	4,9
3	3,3	12,8	13,5	0,7	11,5	12,2	25,0	0,0
4	4,6	17,4	25,0	7,6	5,4	13,0	30,4	0,0
5	5,9	23,3	30,4	7,1	1,1	8,2	31,5	0,0
6	3,3	26,6	31,5	4,8	0,4	5,3	31,9	0,0
7	4,0	30,7	31,9	1,2	8,4	9,6	40,3	0,0
8	3,8	34,5	40,3	5,8	0,1	5,9	40,4	0,0
9	4,0	38,5	40,4	1,9	9,6	11,5	50,0	0,0
10	3,6	42,1	50,0	7,9	0,0	8,0	50,0	0,0
11	3,4	45,5	50,0	4,6	1,4	6,0	51,5	0,0
12	3,4	48,9	51,5	2,6	3,5	6,1	55,0	0,0
13	3,3	52,2	55,0	2,8	0,6	3,4	55,5	0,0
14	3,8	55,9	55,9	0,0	0,9	0,9	56,9	0,4
15	4,0	60,0	60,0	0,0	0,2	0,2	60,2	3,1
16	3,7	63,7	63,7	0,0	4,8	4,8	68,5	3,5
17	3,3	67,0	68,5	1,4	2,2	3,7	70,7	0,0
18	3,7	70,7	70,7	0,0	7,6	7,6	78,3	0,0
19	3,7	74,4	78,3	3,9	4,6	8,5	82,9	0,0
20	3,5	77,9	82,9	5,0	1,9	6,9	84,8	0,0
21	4,2	82,2	84,8	2,6	0,9	3,5	85,7	0,0
22	5,5	87,7	87,7	0,0	2,0	2,0	89,7	2,0
23	5,7	93,5	93,5	0,0	4,3	4,3	97,8	3,7
24	3,8	97,3	97,8	0,5	5,7	6,2	103,5	0,0
25	7,2	104,5	104,5	0,0	0,1	0,1	104,6	1,0
26	3,3	107,8	107,8	0,0	0,4	0,4	108,2	3,2
27	3,5	111,3	111,3	0,0	1,6	1,6	112,9	3,0
28	5,2	116,4	116,4	0,0	1,5	1,5	117,9	3,5
29	6,0	122,4	122,4	0,0	0,7	0,7	123,1	4,5
30	4,0	126,4	126,4	0,0	13,1	13,1	139,5	3,3
31	4,2	130,6	139,5	8,9	0,4	9,3	139,9	0,0
32	3,8	134,4	139,9	5,5	0,4	5,9	140,3	0,0
33	3,7	138,1	140,3	2,2	4,7	6,9	145,0	0,0
34	6,8	144,9	145,0	0,1	0,7	0,8	145,7	0,0
35	3,8	148,7	148,7	0,0	2,2	2,2	150,9	3,0
36	4,0	152,7	152,7	0,0	2,5	2,5	155,2	1,8
37	4,0	156,7	156,7	0,0	2,4	2,4	159,1	1,5
38	4,7	161,4	161,4	0,0	0,2	0,2	161,6	2,3
				77,3	112,2	189,5	49,4	
				2,0	3,0	5,0	1,3	

Tabla 21.

Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 2

punto de pago numero 2								
Numero de clientes por hora	25	Los clientes llegan en promedio cada		2,4	Minutos	60	Minutos	
Capacidad del servicio	20	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente		3,0	Minutos			
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	3,8	3,8	3,8	0,0	1,5	1,5	5,3	3,8
2	3,9	7,7	7,7	0,0	1,3	1,3	9,0	2,4
3	6,4	14,1	14,1	0,0	8,3	8,3	22,4	5,1
4	4,2	18,3	22,4	4,1	0,4	4,5	22,8	0,0
5	4,3	22,6	22,8	0,3	5,8	6,0	28,6	0,0
6	3,6	26,2	28,6	2,5	2,2	4,7	30,8	0,0
7	3,2	29,4	30,8	1,4	2,7	4,1	33,5	0,0
8	4,0	33,4	33,5	0,1	3,2	3,4	36,8	0,0
9	3,3	36,7	36,8	0,1	2,3	2,3	39,0	0,0
10	3,3	40,0	40,0	0,0	3,5	3,5	43,4	0,9
11	3,5	43,5	43,5	0,0	6,0	6,0	49,5	0,1
12	4,2	47,7	49,5	1,9	0,7	2,6	50,2	0,0
13	4,5	52,2	52,2	0,0	5,2	5,2	57,3	1,9
14	3,4	55,5	57,3	1,8	0,9	2,7	58,3	0,0
15	5,1	60,6	60,6	0,0	1,5	1,5	62,1	2,3
16	6,4	67,0	67,0	0,0	0,4	0,4	67,4	4,9
17	4,7	71,7	71,7	0,0	2,6	2,6	74,3	4,3
18	5,0	76,7	76,7	0,0	0,4	0,4	77,1	2,4
19	3,6	80,3	80,3	0,0	4,2	4,2	84,5	3,2
20	4,0	84,3	84,5	0,2	3,9	4,0	88,3	0,0
21	3,5	87,8	88,3	0,5	0,5	1,0	88,8	0,0
22	4,0	91,8	91,8	0,0	4,6	4,6	96,4	3,1
23	3,4	95,2	96,4	1,2	5,5	6,7	101,9	0,0
24	3,5	98,7	101,9	3,2	11,6	14,8	113,5	0,0
25	3,8	102,5	113,5	11,0	2,5	13,5	116,0	0,0
26	4,1	106,6	116,0	9,4	2,0	11,4	118,0	0,0
27	3,7	110,3	118,0	7,7	2,9	10,6	120,9	0,0
28	3,9	114,2	120,9	6,7	0,3	6,9	121,2	0,0
29	4,4	118,6	121,2	2,5	0,2	2,7	121,3	0,0
30	3,5	122,1	122,1	0,0	14,9	14,9	137,0	0,8
31	3,4	125,5	137,0	11,6	1,8	13,4	138,9	0,0
32	3,5	129,0	138,9	9,8	6,4	16,2	145,2	0,0
33	5,3	134,3	145,2	10,9	10,1	21,0	155,4	0,0
34	4,4	138,7	155,4	16,7	0,0	16,7	155,4	0,0
35	3,7	142,4	155,4	13,0	6,8	19,8	162,2	0,0
36	3,5	145,9	162,2	16,3	3,8	20,0	165,9	0,0
37	4,3	150,2	165,9	15,7	0,2	15,9	166,1	0,0
38	3,8	153,9	166,1	12,2	1,7	13,9	167,9	0,0
				160,7	132,7	293,4		35,2
				4,2	3,5	7,7		0,9



Figura 11. Funcionamiento de la cola en el punto de pago dos, para la toma de tiempos

3.8.3.5 Punto de pago 1

Se tomaron los tiempos de acuerdo a los arribos en la cola, implementamos una simulación, donde se estimó que los clientes llegaran a una tasa promedio de 20 por hora ($\lambda = 20$) y una capacidad promedio del servidor es de ($\mu = 18$), se observó una población de 35 de acuerdo a esto se obtuvo el tiempo que los clientes esperan y el tiempo del servicio, tiempo en el sistema, tiempo de terminación del servicio y el ocio del cajero.

Tabla 22.

Primera simulación de teoría de colas del punto de pago 1

punto de pago numero 1								
Numero de clientes por hora	20	Los clientes llegan en promedio cada			3,0	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	18	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente			3,3	Minutos		
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	3,2	3,2	3,2	0,0	5,1	5,1	8,3	3,2
2	4,9	8,0	8,3	0,3	4,7	5,0	13,0	0,0
3	3,1	11,2	13,0	1,8	1,1	3,0	14,2	0,0
4	3,4	14,6	14,6	0,0	7,4	7,4	22,0	0,4
5	3,2	17,8	22,0	4,2	2,0	6,2	23,9	0,0
6	3,4	21,2	23,9	2,8	1,0	3,7	24,9	0,0
7	4,2	25,3	25,3	0,0	3,1	3,1	28,4	0,4
8	7,8	33,1	33,1	0,0	4,6	4,6	37,7	4,7
9	3,1	36,3	37,7	1,5	0,4	1,9	38,1	0,0
10	4,0	40,3	40,3	0,0	7,1	7,1	47,4	2,2
11	5,6	45,9	47,4	1,4	11,5	12,9	58,9	0,0
12	3,3	49,3	58,9	9,6	1,4	11,0	60,3	0,0
13	3,0	52,3	60,3	8,0	16,6	24,6	76,9	0,0
14	5,7	57,9	76,9	19,0	4,0	23,0	80,9	0,0
15	3,6	61,5	80,9	19,4	5,2	24,6	86,1	0,0
16	4,5	66,0	86,1	20,1	9,3	29,3	95,3	0,0
17	4,6	70,6	95,3	24,7	2,9	27,7	98,3	0,0
18	4,0	74,6	98,3	23,6	0,3	23,9	98,5	0,0
19	4,5	79,2	98,5	19,4	3,4	22,8	101,9	0,0
20	3,3	82,4	101,9	19,5	0,4	19,9	102,4	0,0
21	4,2	86,7	102,4	15,7	0,2	15,9	102,5	0,0
22	3,1	89,8	102,5	12,8	5,0	17,8	107,5	0,0
23	3,7	93,5	107,5	14,1	0,3	14,3	107,8	0,0
24	3,2	96,6	107,8	11,2	0,3	11,4	108,1	0,0
25	3,2	99,8	108,1	8,2	0,1	8,4	108,2	0,0
26	5,3	105,1	108,2	3,1	4,3	7,4	112,5	0,0
27	3,4	108,5	112,5	4,0	2,6	6,6	115,1	0,0
28	3,0	111,5	115,1	3,6	4,0	7,5	119,0	0,0
29	3,1	114,6	119,0	4,4	1,9	6,4	121,0	0,0
30	3,4	118,0	121,0	3,0	6,2	9,1	127,2	0,0
31	3,2	121,3	127,2	5,9	4,4	10,3	131,5	0,0
32	3,7	124,9	131,5	6,6	4,8	11,4	136,4	0,0
33	4,7	129,6	136,4	6,8	1,4	8,2	137,8	0,0
34	3,4	133,0	137,8	4,8	1,9	6,7	139,7	0,0
35	3,0	136,0	139,7	3,7	0,8	4,5	140,5	0,0
				282,9	129,6	412,6		10,9
				8,1	3,7	11,8		0,3

Tabla 23.

Segunda simulación de teoría de colas del punto de pago 1

punto de pago numero 1								
Numero de clientes por hora	20	Los clientes llegan en promedio cada			3,0	Minutos	60	Minutos
Capacidad del servicio	18	Lo que tarda en prestar el servicio, por cliente			3,3	Minutos		
clientes	tiempo entre llegadas	tiempo de inicio	tiempo de inicio servicio	tiempo de espera	tiempo de servicio	tiempo en el sistema	tiempo terminacion servicio	tiempo de ocio
1	3,7	3,7	3,7	0,0	0,5	0,5	4,2	3,7
2	3,9	7,6	7,6	0,0	3,0	3,0	10,6	3,4
3	3,4	11,0	11,0	0,0	2,5	2,5	13,5	0,4
4	3,9	15,0	15,0	0,0	7,3	7,3	22,3	1,4
5	3,1	18,0	22,3	4,2	4,3	8,5	26,6	0,0
6	3,7	21,8	26,6	4,8	1,2	6,0	27,8	0,0
7	3,2	25,0	27,8	2,8	2,2	5,0	30,0	0,0
8	3,1	28,0	30,0	1,9	14,4	16,3	44,3	0,0
9	3,3	31,3	44,3	13,0	0,5	13,5	44,8	0,0
10	3,6	34,9	44,8	9,9	5,4	15,2	50,2	0,0
11	4,1	39,0	50,2	11,1	0,5	11,7	50,7	0,0
12	3,5	42,6	50,7	8,1	4,5	12,6	55,2	0,0
13	3,3	45,9	55,2	9,3	3,3	12,6	58,5	0,0
14	4,1	50,0	58,5	8,4	4,1	12,5	62,5	0,0
15	3,7	53,7	62,5	8,8	3,4	12,2	65,9	0,0
16	3,5	57,2	65,9	8,7	5,4	14,2	71,4	0,0
17	4,1	61,3	71,4	10,1	4,6	14,7	76,0	0,0
18	4,0	65,2	76,0	10,7	2,6	13,3	78,5	0,0
19	4,2	69,4	78,5	9,1	0,2	9,3	78,7	0,0
20	3,2	72,6	78,7	6,1	1,9	8,0	80,6	0,0
21	4,8	77,4	80,6	3,2	1,1	4,3	81,7	0,0
22	3,5	80,9	81,7	0,8	7,7	8,5	89,4	0,0
23	3,4	84,3	89,4	5,1	0,4	5,5	89,8	0,0
24	3,4	87,7	89,8	2,1	1,6	3,7	91,4	0,0
25	5,8	93,5	93,5	0,0	0,0	0,0	93,5	2,1
26	4,3	97,7	97,7	0,0	4,0	4,0	101,7	4,3
27	6,7	104,4	104,4	0,0	13,4	13,4	117,8	2,6
28	3,8	108,2	117,8	9,6	1,6	11,1	119,4	0,0
29	3,2	111,4	119,4	8,0	2,8	10,8	122,2	0,0
30	3,9	115,3	122,2	6,9	0,1	6,9	122,2	0,0
31	5,3	120,5	122,2	1,7	7,2	8,9	129,4	0,0
32	3,1	123,7	129,4	5,7	2,0	7,8	131,5	0,0
33	3,4	127,0	131,5	4,4	8,0	12,4	139,4	0,0
34	3,3	130,3	139,4	9,1	1,6	10,7	141,1	0,0
35	3,9	134,2	141,1	6,9	7,3	14,2	148,3	0,0
				190,5	130,4	321,0		17,9
				5,4	3,7	9,2		0,5



Figura 12. Funcionamiento de la cola en el punto de pago uno, para la toma de tiempos

3.8.4 Fase cuatro

Tabla 24.

Resultados de las dos tomas de datos de cada uno los 5 puntos de pago

Punto de pago	Tiempo de espera	Tiempo del servicio	Tiempo en el sistema	Tiempo de ocio
Caja 5 resultado uno	43,2	117,5	160,7	91,5
Caja 5 resultado dos	15	110,6	125,6	113,3
Caja 4 resultado uno	83,5	114,7	198,2	57,7
Caja 4 resultado dos	29,1	104,9	134	65,3
Caja 3 resultado uno	51,8	138,9	190,7	50,9
Caja 3 resultado dos	64	109,8	173,8	73,1
Caja 2 resultado uno	77,3	112,2	189,5	49,4
Caja 2 resultado dos	160,7	132,7	293,4	35,2
Caja 1 resultado uno	282,9	129,6	412,6	10,9
Caja 1 resultado dos	190,5	130,4	321	17,9

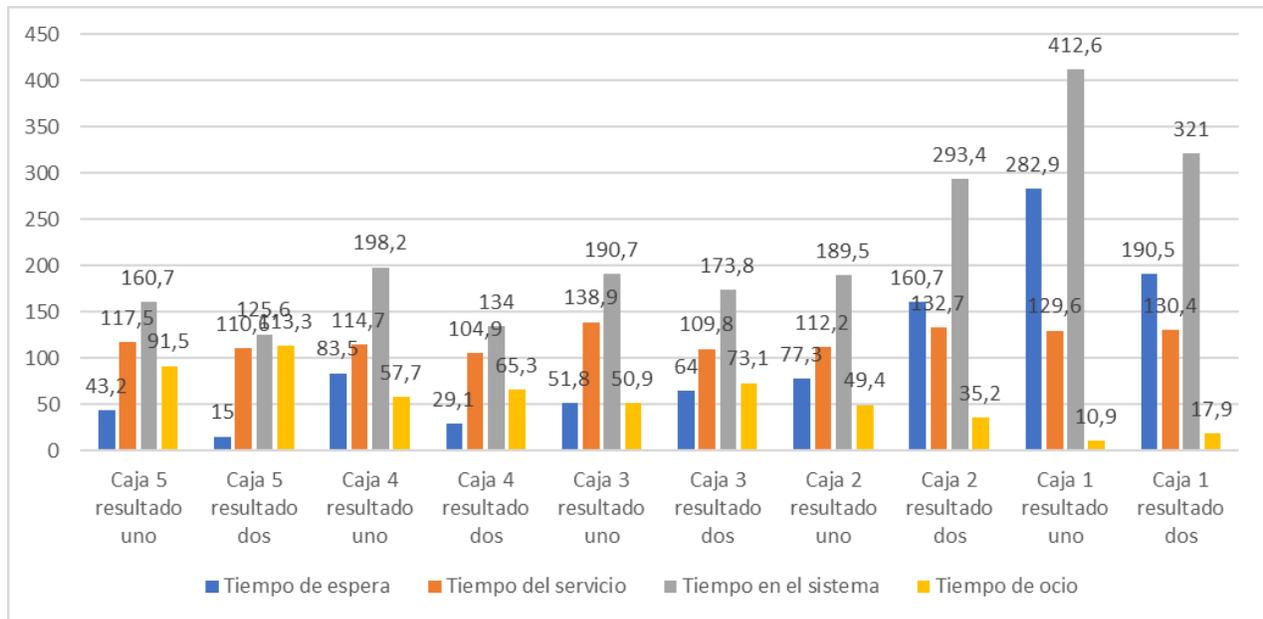


Figura 13. grafica de resultados de los 5 punto de pago

Para esta etapa se recogieron los resultados de cada punto de pago, para realizar un análisis de cada uno de estos y poder determinar el rendimiento del servicio que prestando el autoservicio nuevo almacén en paz de Ariporo Casanare, en el punto de pago dos y uno fue donde se observo un nivel alto de tiempo en el sistema, igualmente en estos dos puntos de pago fueron los que obtuvieron los mínimos tiempos de ocio. El tiempo de servicio se ve con una tendencia igual para los 5 puntos de pago. En el punto de pago cinco y cuatro el tiempo de espera fueron mínimos. De acuerdo a esto se presentan las relaciones que se pudieron obtener para mejorar el servicio en la atención del cliente en el autoservicio nuevo almacén.

3.9 Análisis

Para efectuar el estudio en el autoservicio nuevo almacén se implementó el método M/M/1 ya que cada punto de pago llegaba una cola, esta no tenía la opción de pasar a la otra por eso se tomó este método, se tomaron registros en los puntos de pago, dos tomas por punto, se observó la longitud de la cola, el tiempo que los clientes esperan y el tiempo del servicio, tiempo en el sistema, tiempo de terminación del servicio y el ocio del cajero. Estos parámetros se implementaron de acuerdo a la

simulación aplicada de la teoría de colas.

3.9.1 Análisis del punto de pago 5

Tabla 25.

Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 5

Punto de pago	Tiempo de espera	Tiempo del servicio	Tiempo en el sistema	Tiempo de ocio
Caja 5 resultado uno	43,2	117,5	160,7	91,5
Caja 5 resultado dos	15	110,6	125,6	113,3

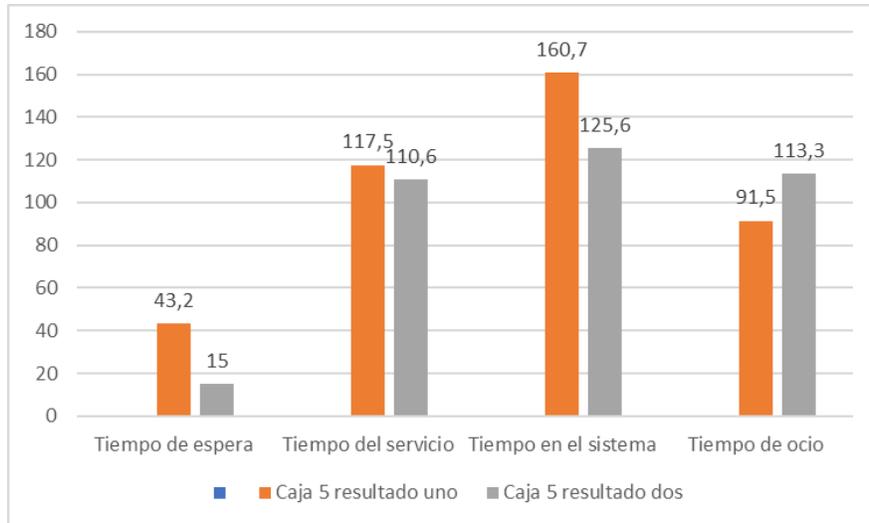


Figura 14. grafica de resultados del punto de pago 5

Se observa el tiempo de espera en las dos tomas, la primera toma es igual a 43,2 min y la segunda es de 15 min, el cliente tuvo que esperar menos en la segunda toma debido al rendimiento del cajero. El tiempo de servicio fue más rápido en la segunda toma con 110,6 min en cambio la primer tomas duro 6,9 min más, esto se debe a las interrupciones del cajero (ir al baño, tomar agua y hablar con el empacado). El tiempo en el sistema fue más eficiente en la segunda toma, mientras que en la primera toma fue menos eficiente debito a las esperas y algunas interrupciones. El tiempo de ocio del cajero se encuentra en un intervalo (91,5 – 113,3) en las dos tomas la diferencia es 21,8 min.

3.9.2 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 4

Tabla 26.

Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 4

Punto de pago	Tiempo de espera	Tiempo del servicio	Tiempo en el sistema	Tiempo de ocio
Caja 4 resultado uno	83,5	114,7	198,2	57,7
Caja 4 resultado dos	29,1	104,9	134	65,3

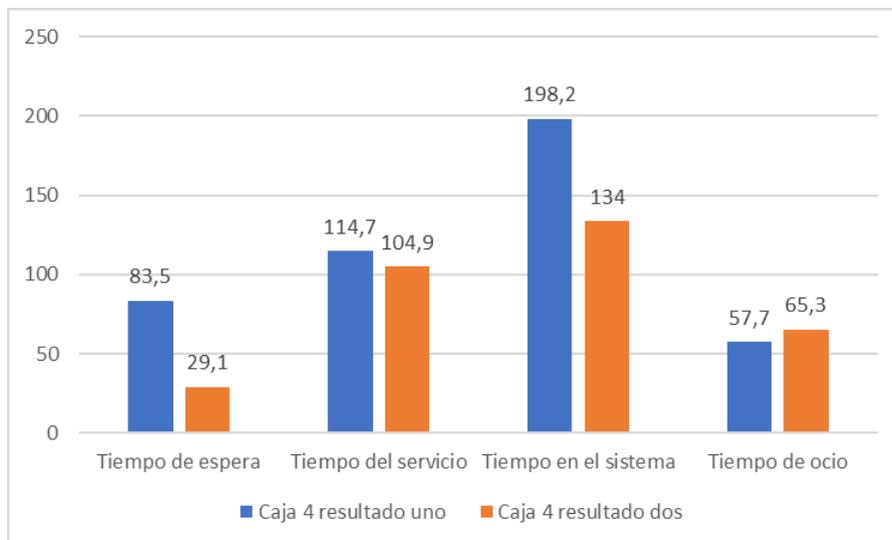


Figura 15. grafica de resultados del punto de pago 4

Se observa el tiempo de espera en las dos tomas, la primera toma es igual a 83,5 min y la segunda es de 29.1 min, el cliente tuvo que esperar menos en la segunda toma debido al rendimiento del cajero. El tiempo de servicio fue más rápido en la segunda con 104.p min en cambio la primer tomas duro 9.8 min más, esto se debe a las interrupciones del cajero (ir al baño, tomar agua y hablar con el empacado). El tiempo en el sistema fue más eficiente en la segunda toma, mientras que en la primera toma fue menos eficiente debito a las esperas y algunas interrupciones. El tiempo de ocio del cajero se encuentra en un intervalo (57.7 – 65.3) en las dos tomas la diferencia es 7,6 min.

3.9.3 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 3

Tabla 27.

Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 3

Punto de pago	Tiempo de espera	Tiempo del servicio	Tiempo en el sistema	Tiempo de ocio
Caja 3 resultado uno	51,8	138,9	190,7	50,9
Caja 3 resultado dos	64	109,8	173,8	73,1

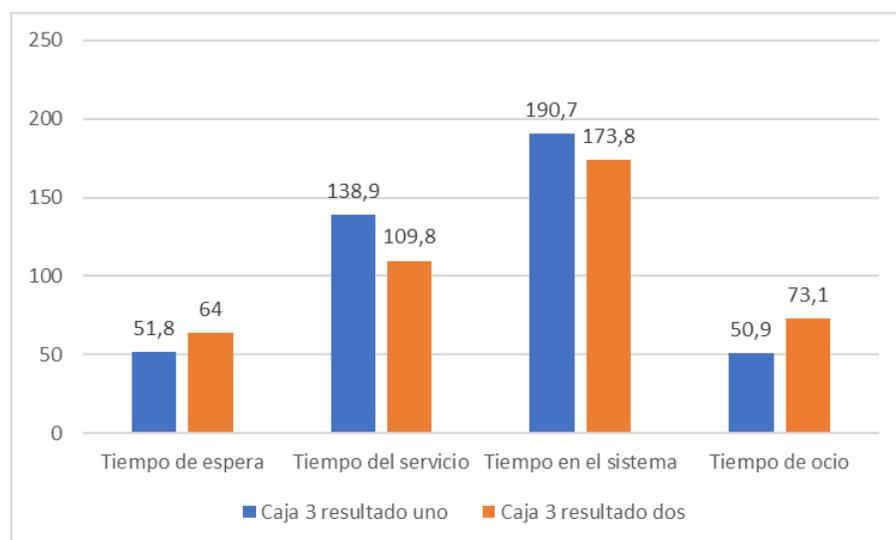


Figura 16. grafica de resultados del punto de pago 3

Se observó el tiempo de espera en las dos tomas, la primera toma es igual a 51,8 min y la segunda es de 64 min. El cliente tuvo que esperar menos en la primera toma debido al rendimiento del cajero, en cambio el tiempo de servicio es menor en la segunda toma con una diferencia de 29.1 min esto se debe a las interrupciones del cajero (ir al baño, tomar agua, hablar con el empacado y empacar cuando no hay empacador). la duración en el sistema en la segunda toma fue menor. El tiempo de ocio de este cajero fue mayor en la segunda toma.

3.9.4 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 2

Tabla 28.

Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 2

Punto de pago	Tiempo de espera	Tiempo del servicio	Tiempo en el sistema	Tiempo de ocio
Caja 2 resultado uno	77,3	112,2	189,5	49,4
Caja 2 resultado dos	160,7	132,7	293,4	35,2

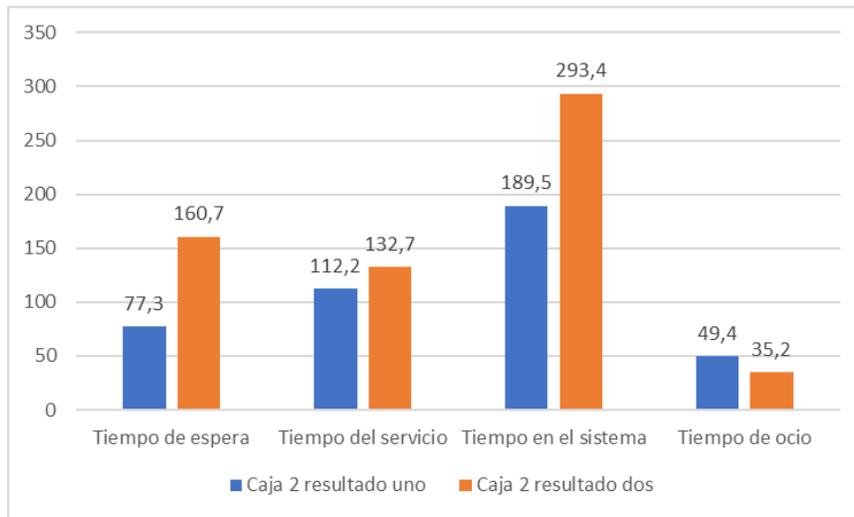


Figura 17. grafica de resultados del punto de pago 2

Se observa el tiempo de espera en las dos tomas, la primera toma es igual a 77,3 min y la segunda es de 160,7 min, el cliente tuvo que esperar menos en la primera toma debido al rendimiento del cajero. El tiempo de servicio fue más rápido en la primera toma con 112,2 min en cambio la segunda tomas duro 20,5 min más, esto se debe a las interrupciones del cajero (ir al baño, tomar agua y hablar con el empacado). El tiempo en el sistema fue más eficiente en la primera toma, mientras que en la segunda toma fue menos eficiente debido a las esperas y algunas interrupciones. El tiempo de ocio del cajero se encuentra en un intervalo (91,5 – 113,3) en las dos tomas la diferencia es 21,8 min.

3.9.5 Análisis de las dos tomas de datos en el punto de pago 1

Tabla 29.

Resultados de las dos tomas de datos del punto de pago 1

Punto de pago	Tiempo de espera	Tiempo del servicio	Tiempo en el sistema	Tiempo de ocio
Caja 1 resultado uno	282,9	129,6	412,6	10,9
Caja 1 resultado dos	190,5	130,4	321	17,9

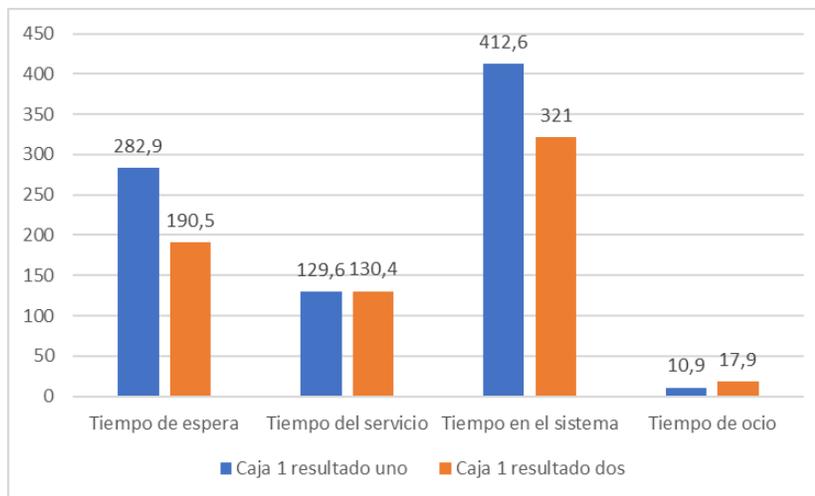


Figura 18. grafica de resultados del punto de pago 1

Se observa el tiempo de espera en las dos tomas, la primera toma es igual a 282,9 min y la segunda es de 190,5 min, el cliente tuvo que esperar menos en la segunda toma debido al rendimiento del cajero. El tiempo de servicio fue más rápido en la primera toma con 129,6 min en cambio la segunda tomas duro 130,4 min, esto se debe a las interrupciones del cajero (ir al baño, tomar agua y hablar con el empacado). El tiempo en el sistema fue más eficiente en la segunda toma, mientras que en la primera toma fue menos eficiente debito a las esperas y algunas interrupciones. El tiempo de ocio del cajero se encuentra en un intervalo (10,9 – 17,9) en las dos tomas la diferencia es 7 min.

4. Conclusiones

Se puede evidenciar la atención que tienen los distintos puntos de pago, la caja cinco, cuatro y tres, fueron las que tuvieron un mejor rendimiento ya que el cliente duro menos tiempo en el sistema, menos demora, el cajero gracias a su rendimiento fueron los que tuvieron más tiempo de ocio.

Los cajeros dos y uno no les rinde atender, ocasionando demoras e insatisfacción al cliente, por eso mismo son los que menos clientes reciben en los puntos de pago, por este motivo son los menos que tienen ocio en el estudio realizado.

El tiempo de ocio de cada cajero se puede observar de acuerdo al rendimiento y el servicio que brinde al cliente, cuando tiempo de ocio del cajero es mayor se puede dar por dos causas, la primera es cuando le rinde atender de una manera eficiente y rápida le queda tiempo, la segunda es cuando llega poquita gente y el cajero se la pasa es desocupado.

El rendimiento y atención en cada punto de pago es distinto, esto se debe a la experiencia y atención que tenga el cajero para prestar un excelente servicio al cliente, por otra parte, el cajero para trabajar eficientemente en cada punto de pago tiene que contar con excelentes herramientas, las cuales brindan la comodidad de este y así prestar un servicio acogedor.

La implementación de nuevas políticas, ayudaran a mejorar el rendimiento del servicio prestado al cliente, reduciendo demoras en el sistema y aumentando la calidad de atención para la satisfacción de este.

5. Bibliografía

- Alania Osorio, L. V. (2018). *aplicacion de la teoria de colas en la atencion de clientes en los cajeros de supermercados vivanda tienda de Benavides-lima*. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/309/1/TESIS%20ALANIA%20OSORIO%20LAURA.pdf>
- Arévalo Pabón, A. L. (2018). *Aplicacion de la teoria de colas en tiempos de espera para la atencion de usuarios en el laboratorio clinico de la empresa IPS Unipsalud 2000Guaduas Ltda*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20927/ArevaloPabonAuraLuz2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Cortes Cortes , M., & Iglesias Leon , M. (2004). *Generalidades sobre metodologia de la iInvestigacion* . Mexico : Universidad Autonoma del Carmen .
- CUCEA. (12 de 01 de 2018). *Modelos de teorías de colas y líneas de espera pdf*. Obtenido de http://repositorio.cucea.udg.mx/jspui/bitstream/123456789/467/3/Teorias_colas.pdf
- Fuente Fernandez, S. (25 de 09 de 2021). *teoria de colas: modelo M/M1*. Obtenido de <https://www.estadistica.net/IO/7-2-TEORIA-COLAS.pdf>
- Fuente Garcia, D., & Pino Diez, R. (2001). *TEORIA DE LINEAS DE ESPERA MODELOS DE COLAS*. UNIVERSIDAD DE OVIEDO Servicio de Publicaciones.
- Gomez Jimenez , F. A. (2008). *Aplicacion de teoria de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atencion al cliente* . Universidad EAFIT .
- Hillier, F., & Lieberman , G. (2010). *INTRODUCCION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES*. Mexico: McGrawHill.
- Horacio, L. P. (2016). *propuesta de mejora en los tiempos de espera en la filas de los supermercados* . Obtenido de

- <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/17599/LUQUE%2c%20PEDRO%20HORACIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ibarguen, Q., & manuel, v. (1997). *la teoria de colas*. *Universidad de Cartagena*, 20. doi:R. Panorama Económico No.5 (1997)
- Joel midence . (13 de Diciembre de 2018). *simulacion de colas de espera con 1 servidor* . Obtenido de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=fMQhfxtoeSs>
- Martin Peña , M. L., & Diaz Garrio, e. (2016). *Fundamentos de direccion de operaciones en empresas de servicios* . ESIC.
- Martínez Eraso, C. E. (2009). *Analisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales ye hiper erlangpara la asignacion eficientes de los recursos* . Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7286/tesis285.pdf?sequence=3>
- Milla Falla , J. L. (2017). *aplicacion de la teoria de colas para reducir el tiempo de espera de los clientes en el area de cajas de HipermercadoS Tottus* . Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17098>
- Nogales , J. (5 de 12 de 2007). *teoria de colas* . Obtenido de http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/comp_col_leg/ing_info/io/doc_generica/archivos/tc.pdf
- Peraza Siqueiros, G. F. (febrero de 2013). *Introduccion a la teoria de colas y su simulacion* . Obtenido de https://lic.mat.uson.mx/tesis/044_Gerardo_FabianPS.pdf
- Ramos , A. (1 de 11 de 2015). *Teoria de colas - Universidad Pontificia Comillas*. Obtenido de <https://pascua.iit.comillas.edu/aramos/simio/transpa/t qt ar.pdf>
- Unknown. (22 de Noviembre de 2017). *Unknown*. Obtenido de <http://operaciongadget.blogspot.com/2017/11/541-modelos-de-poisson-un-servidor.html>
- Velazquez , G. E. (2018). *Modelos de teoria de colas - idus*. Obtenido de

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/77595/Esteban%20Vel%C3%A1zquez%20Gabriel%20TFG.pdf?sequence=1>

Wikipedia. (13 de octubre de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Paz_de_Ariporo