



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS**

**Aplicación de teoría de colas utilizando software Arena  
para la mejora de productividad en la atención de clientes  
en un hipermercado, Chiclayo 2024**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autores**

Bach. Odar Alcantara Jonathan Alexis  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1067-707X>

Bach. Silva Mori Frank  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7789-0361>

**Asesor**

Dr. Aníbal Alviz Meza  
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1282-4130>

**Línea de investigación**

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la  
industria en un contexto de sostenibilidad**

**Sublínea de investigación**

**Innovación y tecnificación en ciencia de los materiales, diseño e  
infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2024**

**APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS UTILIZANDO SOFTWARE ARENA PARA  
LA MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN LA ATENCIÓN DE CLIENTES EN UN  
HIPERMERCADO, CHICLAYO 2024**

**Aprobación del jurado**

---

DRA. RAFFO RAMIREZ FLOR DE MARIA

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

DR. VASQUEZ CORONADO MANUEL HUMBERTO

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MG. ALVITES ADAN TOÑO ELDRIN

**Vocal del Jurado de Tesis**

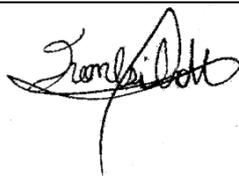
## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos Jonathan Alexis Odar Alcantara y Frank Silva Mori; del Programa de Estudios de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

### **APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS UTILIZANDO SOFTWARE ARENA PARA LA MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN LA ATENCIÓN DE CLIENTES EN UN HIPERMERCADO, CHICLAYO 2024**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Odar Alcántara Jonathan Alexis	DNI: 74916019	
Silva Mori Frank	DNI: 42575979	

Pimentel, 24 de julio de 2023.

# APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS UTILIZANDO SOFTWARE ARENA PARA LA MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN LA ATENCIÓN DE CLIENTES EN UN HIPERMERCADO, CHICLAYO 2024

## Resumen

En la presente investigación: Aplicación de teoría de colas utilizando software Arena para la mejora de productividad en la atención de clientes en un hipermercado, Chiclayo 2024; se planteó como objetivo evaluar la mejora de productividad en el área de cajas registradoras del hipermercado aplicando la teoría de colas. Esta investigación es de tipo aplicada, ya que se hizo uso de conocimientos e ideas teóricas-prácticas consultadas y extraídas de libros, revistas, artículos, etc., como herramienta aplicable a ambas variables, se aplicó un registro de tiempos para ambas variables. Se obtuvo como resultado que para el escenario 1, si solo hay 1 cajero por caja el tiempo de ciclo es de 11.455 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.941 minutos, en la caja 2 1.227 minutos, caja 3 1.233 y caja 4 es 0.490. Para el escenario 2, si solo hay 2 cajeros en la caja 1 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 10.183 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 0 minutos, en la caja 2 0.737 minutos, caja 3 0.258 y caja 4 es 0.258 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes. Para el escenario 6, si solo hay 2 cajeros en la caja 2 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 10.388 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.122 minutos, en la caja 2 es de 0 minutos, caja 3 es de 0.490 minutos y caja 4 es 0.150 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes. Para el escenario 10, si solo hay 2 cajeros en la caja 3 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 11.183 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.982 minutos, en la caja 2 es de 1.266 minutos, caja 3 es de 0 minutos y caja 4 es de 0.319 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes. Para el escenario 14, si solo hay 2 cajeros en la caja 4 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 11.129 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.831 minutos, en la caja 2 es de 1.005 minutos, caja 3 es de 0.806 minutos y caja 4 es de 0 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes.

**Palabras Clave:** Teoría de cola, tiempo de espera, productividad

## Abstract

In this research: Application of queuing theory using Arena software to improve productivity in customer service in a hypermarket, Chiclayo 2024; the objective was to evaluate the improvement of productivity in the cash register area of the hypermarket by applying queuing theory. This research is of an applied type, since it made use of knowledge and theoretical-practical ideas consulted and extracted from books, magazines, articles, etc., as a tool applicable to both variables, a time register was applied for both variables. The result was that for scenario 1, if there is only 1 cashier per cashier, the cycle time is 11.455 minutes, the waiting time in line for cashier 1 is 1.941 minutes, in cashier 2 1.227 minutes, cashier 3 1.233 and cashier 4 is 0.490. For scenario 2, if there are only 2 cashiers in till 1 and in the others, there is only one, the cycle time is 10.183 minutes, the queue waiting time for till 1 is 0 minutes, in till 2 0.737 minutes, till 3 0.258 and till 4 is 0.258 minutes, and we obtain the same results for the remaining 2 scenarios. For Scenario 6, if there are only 2 cashiers in cashier 2 and in the others, there is only one, the cycle time is 10,388 minutes, the waiting time in queue for cashier 1 is 1,122 minutes, in cashier 2 it is of 0 minutes, box 3 is 0.490 minutes and box 4 is 0.150 minutes, and we obtain the same results for the remaining 2 scenarios. For Scenario 10, if there are only 2 cashiers in cashier 3 and in the others, there is only one, the cycle time is 11,183 minutes, the waiting time in queue for cashier 1 is 1,982 minutes, in cashier 2 it is of 1.266 minutes, box 3 is 0 minutes and box 4 is 0.319 minutes, and we obtain the same results for the remaining 2 scenarios. For Scenario 14, if there are only 2 cashiers in cashier 4 and in the others, there is only one, the cycle time is 11,129 minutes, the waiting time in queue for cashier 1 is 1,831 minutes, in cashier 2 it is of 1.005 minutes, box 3 is 0.806 minutes and box 4 is 0 minutes, and we obtain the same results for the remaining 2 scenarios.

**Keywords:** Queuing theory, waiting time, productivity

## I. INTRODUCCIÓN

### **Realidad problemática**

Las colas de espera se inician en el momento que los usuarios o clientes llegan a lugares concretos esperando ser atendidos, sin embargo, cuando este llegue y no encuentre al responsable del servicio o esté ocupado atendiendo a otro usuario, el cliente que acaba llegando empezará a esperarlo iniciando la cola o fila de espera que podría llegar a extenderse. En la gran parte de negocios o empresas que prestan servicios al público general como son los hipermercados y bancos se presenta un factor no deseado que son las colas de espera. Ya que cuando estas llegan a ser extensas causan una incomodidad al cliente ya que le refleja cansancio y tiempo perdido en la espera de ser atendido, pudiendo hacer que el cliente abandone la cola y se retire del establecimiento causando esto una pérdida económica para la entidad que brinda el servicio. A inicios del año 2020 en el Perú después del anuncio de cuarentena por la pandemia del Covid-19 los supermercados de Lima presentaron extensas filas de personas que buscaban abastecer sus hogares con productos de primera necesidad y de limpieza. Aunque actualmente ya se han eliminado las restricciones, el problema de las filas de espera sigue presente en los establecimientos de servicios. Y esto lo podemos ver reflejado en los distintos establecimientos que prestan servicios al público general.

Por el ámbito internacional, los supermercados brasileños cuando se trata de la calidad del servicio prestado a los consumidores, es muy importante que aseguren una mayor productividad, menores costos y mayores ganancias, para algunos clientes la rapidez y la calidad del servicio en los supermercados a menudo compensan los precios más bajos [1]. Es necesario realizar nuevas inversiones para el mejoramiento del capital humano de la organización del sector de supermercados, ayudando a mejorar el desempeño de los estrategias de recursos humanos de la organización, también creen que la investigación muestra que, en el futuro los empleados de supermercados actuarán como productos de consultoría y servicios, desempeñan un papel de estar más cercano al cliente. El servicio al

cliente que está en el centro de las operaciones empresariales ha cambiado drásticamente con el desarrollo de la tecnología, obligando a las empresas a desarrollar nuevas estrategias para competir en este ámbito, como se ve en las colas abarrotadas de bancos, supermercados, oficinas gubernamentales y entre otros establecimientos de servicios [2]. Los tiempos de espera suponen pérdidas económicas para los usuarios y una pérdida de cuota de mercado para las empresas, agravada por la mala reputación que conlleva la baja calidad de atención [2]

En el trabajo “Optimización del sistema de líneas de espera de una sucursal bancaria en la ciudad de Bucaramanga, a través de la teoría de colas”, se planteó como objetivo la optimizar el sistema de líneas de espera para minimizar los costos de servicios y el tiempo de espera mediante la utilización de la teoría de colas. Para lo cual recopilamos información de la entidad y evaluamos distintas alternativas de solución, el estado actual de la sucursal era de 3 servidores en ventanilla con 3 líneas de espera, cada ventanilla tenía en la cola a clientes con un tiempo promedio de espera de 10.90 minutos. Como propuesta de mejora mediante el programa Arena simulamos la implementación de 2 servidores más, en la cual obtuvimos como resultado un tiempo promedio en espera de 0.37 min en la fila [3].

La teoría de colas es el estudio matemático de las colas en las redes de comunicación. Su principal tarea es analizar diferentes procesos, como el ingreso de datos al final de una cola o el tiempo de espera en una cola. Esta teoría es apreciada generalmente como rama de la investigación operativa. Esto debido a que sus resultados se han aplicado en un amplio abanico de entornos, como empresa, comercios, industrias y otras más. La investigación de modelos basados en la teoría de colas pretende encontrar respuestas y así mejorar los tiempos de espera de determinados servicios y evitar la congestión de los usuarios, la pérdida de tiempo y las interrupciones [4]. Los centros de servicio que cuentan con sistemas de atención sufren a diario problemas de aglomeración, ineficacia y falta de planificación en el desarrollo de modelos de atención adecuados. Estos desarrollos y rediseños incluyen estudios basados en indicadores de rendimiento. Este indicador está constantemente

influenciado por una multitud de variables internas y externas del sistema y sólo puede estudiarse y analizarse mediante pruebas estadísticas que muestren su impacto en el rendimiento, en función de su interacción con otros factores que inciden al modelo de colas [5]. El servicio de atención al cliente es importante para las organizaciones, ya que a menudo es la única oportunidad que tienen los clientes de interactuar con la organización. El exceso de servicio para mantener el sistema genera costes excesivos, mientras que la falta de servicio provoca tiempos de espera excesivos, con consecuencias desagradables [6].

En la investigación titulada “Teoría de colas en la clínica de ortopedia”, se evaluó el servicio de atención y el nivel de la satisfacción de los pacientes en las consultas ortopédicas aplicando la teoría de colas. Para lo cual realizaron un estudio descriptivo, experimental, longitudinal y prospectivo. La realización del trabajo se dio en el área de consultas de ortopedia aplicándola a una muestra de 96 pacientes, en la clínica del municipio. La aplicación de esta herramienta logró diagnosticar el tiempo de espera y determinar el índice de la satisfacción del paciente en la fila. Detectando los problemas de accesibilidad y corroborando deficiencias en los turnos asignados, además se demostró que las colas tenían un comportamiento regular. En conclusión, esta investigación evidenció que la teoría de colas es uno de los métodos más oportunos para gestionar las líneas (colas) de espera y que permita la evaluación de la satisfacción de los usuarios como mejorar el tiempo para la atención [7]

Se pueden utilizar modelos para encontrar el equilibrio adecuado entre los costes del servicio y los tiempos de espera. La teoría de colas emplea metodologías matemáticas analíticas que representan distintos tipos de colas y sistemas de colas implicados y para derivar resultados específicos [6]. Por lo tanto, es importante equilibrar la resolución de problemas con el coste y aplicar la teoría de las colas de forma eficiente.

En el artículo de investigación titulado “Implementación de un modelo de líneas de espera dentro de una Farmacia de salas de cirugía”, los autores formularon un modelo que propone la eficiencia necesaria para organizar las farmacias de manera que los productos de alta rotación estén disponibles fácil y rápidamente. Por lo tanto, decidieron utilizar el modelo

M/M/1 de líneas de espera, que nos permite evaluar las tasas de utilización de los picos y la capacidad que se puede alcanzar durante los periodos de máxima actividad. Utilizando el modelo M/M/1, calcularon que la utilización del sistema es del 80%, con una media de tres clientes en espera por visita, una media de cuatro clientes por visita y el tiempo medio de espera fue de 9,6 minutos. El modelo M/M/2 también redujo los tiempos de espera del sistema y las colas y mejoró la eficiencia del procesamiento, pero hubo un 40% de probabilidades de que el sistema se sobrecargara, con una media de un cliente presente en todo momento, sin una sola cola, y un tiempo de espera de 0,45 minutos, que fue mejor que el modelo anterior (M/M/1). Este fue un buen resultado. La empresa lo considera un buen resultado. Sin embargo, se eligió el modelo M/M/1 porque la capacidad física de la farmacia no era suficiente para atender a dos clientes simultáneamente. En conclusión, el uso del modelo de colas redujo los tiempos de espera de las enfermeras y tuvo un impacto positivo tanto en las salas como en los pacientes [8].

Por el ámbito nacional, los clientes que visitan alguna entidad financiera suelen ser conscientes de que pueden tener que esperar su turno, por lo que la gestión del tiempo de espera es un elemento estratégico importante para las empresas. En las entidades financieras, reducir el tiempos de la espera y evitar las extensas colas a la hora de atender a los clientes es una de las cuestiones más importantes para crear una experiencia de cliente fluida [9]. Uno de los elementos que más influyen en el servicio al cliente es el tiempo de espera en las entidades financieras. Los centros de servicios en red sufren a diario problemas de saturación, ineficacia y falta de planificación en el desarrollo de modelos de colas adecuados y tanto la planificación como el rediseño requieren una investigación basada en el rendimiento, que está constantemente influenciada por una serie de variables dentro y fuera del sistema [10].

En la investigación “Aplicación de la teoría de colas para optimizar los servicios de atención en una entidad bancaria”, una sucursal en Huaraz carecía de la optimización de las ventanillas de atención para los clientes, por lo que el autor se propuso a emplear la teoría

de colas para determinar un modelo que logre adaptarse a la situación actual, y lograr optimizar el servicio de atención dentro de la entidad bancaria. Como resultado del uso de teoría de colas la optimización del tiempo de espera para la atención del servicio no es significativa debido a que la variabilidad de tiempo paso de 3.93 min a 3.91min, no obstante, se logró optimizar el número de ventanillas (de 5 ventanillas a 4), generando una reducción de costos de S/ 3 600 mensuales a la entidad bancaria [11].

En particular, los recursos humanos son un elemento clave para un buen diseño, ya que son los que más repercuten en los indicadores de evaluación y, por tanto, el mejor punto de partida para poner en marcha procesos de mejora. Los diferentes aspectos de la gestión del tiempo y las restricciones que puede gestionar el propio sistema pueden proporcionar una dirección para la investigación desarrollada a partir del estudio de los problemas de la teoría de colas. De lo contrario, se pueden desarrollar metodologías que no solucionen completamente el problema pero que reduzcan su impacto que afrontan [10]. Por otro lado, tenemos otra investigación titulada; "Teoría de colas para minimizar tiempos de espera en una empresa financiera", en ella se realizaron análisis de los diferentes patrones de colas que se dan en los bancos para reducir los tiempos de espera en las zonas de recepción y mejorar los servicios bancarios. Se registraron las horas de llegada de los clientes a la cola, la duración del servicio ofrecido al cliente y el número de personas atendidas. Los resultados del diagnóstico mostraron que de las 9 a las 14 horas el rendimiento de la cola era estable, ya que no se superaba el rendimiento, pero de las 15 a las 18 horas la saturación superaba el 170% del rendimiento, con lo que los clientes tenían que esperar 8,37 minutos y el rendimiento de la cola era inestable. Empleando teoría de colas y el programa de cálculo WINQSV, resultó ser posible equilibrar el servicio y el coste. Los resultados muestran que la adición de dos servidores reduce el tiempo de espera a 1,40 min. En base a los valores obtenidos, se puede concluir que una aplicación teórica del método de colas puede reducir los tiempos de espera de los clientes en la atención de cajas de una entidad [12].

En otro rubro de servicios tenemos a la investigación de “Aplicación de la teoría de colas en la atención de clientes en los cajeros de supermercados VIVANDA tienda de Benavides – Lima”, se buscó optimizar el número de cajas que deberían atender para reducir el tiempo de espera en la atención del cliente aplicando el método de teoría de colas para que aumente la productividad en los clientes atendidos, mediante el software Arena la autora pudo detallar el comportamiento actual del sistema. El modelo que propuso la autora constaba de la incorporación de 1 cajero más, que llegó a aumentar de 520 usuarios atendidos a 571 usuarios atendidos que lo comprobó mediante el Software Arena demostrando un aumento en la productividad [13].

Por el ámbito local, en el sistema bancario, las diferentes empresas compiten constantemente para conseguir el mayor número posible de clientes. El problema, sin embargo, es que cuando se entra en un banco, supermercado o cualquier otro establecimiento de servicio, ya hay que formar una cola para ser atendido [14]. Las largas colas causan molestias y costes de tiempo tanto para los empleadores como para los que reciben el servicio. En el trabajo “Mejora del modelo de líneas de espera en la atención al cliente de la sucursal del Banco de la Nación – Pomalca”, Se centraron en un análisis en la línea de espera en atención al cliente en la entidad bancaria buscando desarrollar un modelo que le permita mejorar el tiempo de atención, por ello diagnóstico su situación actual la cual le dio un  $\lambda = 17.5$  clientes/hora y  $\mu = 15.4$  clientes/ hora, que posteriormente le ayudaría a plantear a diseñar el modelo adecuado para la entidad bancaria. Aplicaron una simulación del modelo  $M/M/2/GD/\infty/\infty$  y  $M/M/3/GD/\infty/\infty$  para comprar y decidir qué modelo sería óptimo para la entidad en la cual decidieron optar por el modelo  $M/M/2/GD/\infty/\infty$  ya que en cuestión de costos y tiempo de espera trabajar con 2 servidores sería lo óptimo [14].

Por otro lado también tenemos el trabajo titulado “Aplicación de la teoría de colas para optimizar el número de asesores comerciales en la empresa Movistar” en la cual se plantearon utilizar la teoría de colas para que así optimicen su número de asesores comerciales, por lo que realizaron un diagnóstico el cual mostró que sus problemas más

relevantes era la larga cola de espera, al momento de la elaboración de su propuesta inicio estableciendo los asesores para lo cual emplearon el software WinQSB, donde demostró que 14 asesores eran los necesarios. Al finalizar realizaron una comparación de los indicadores el cual logro demostrar que el tiempo en la atención del usuario disminuyo en promedio 10.20 min y además el número promedio de personas en fila logro reducirse un en 3.27 personas por minuto [15].

De acuerdo con los argumentos mencionados es por ello por lo que, plantemos utilizar la teoría de colas dentro del Hipermercado para mejorar la productividad con la que se trabaja en el área de las cajas registradoras, y también de este modo evitar la incomodidad del tiempo de espera prolongado en el usuario al momento de realizar la compra, pues como sabe, las colas en las cajas causan malestar e insatisfacción a los clientes y tienen un impacto negativo en la imagen de los hipermercados. Por lo tanto, un proceso de caja más eficiente puede mejorar la experiencia del cliente y aumentar la fidelidad a la marca, por lo que se plantea utilizar la teoría de colas como método para logara optimizar la productividad en el área de cajas, ya que esta es una herramienta útil para analizar el flujo de clientes en la caja y mejorar el rendimiento del área. Pues la teoría de colas resultase es un enfoque matemático utilizado para analizar el comportamiento de las líneas de espera, que ayuda a fijar la cantidad de cajeros necesarios, los tiempos medios de espera y los tiempos de servicio necesarios para atender a los clientes de forma eficiente.

## **Justificación**

Esta investigación tiene como objetivo llevar a aplicar de teoría de colas para mejorar la productividad del área de cajas de Hipermercado, poniendo en manifiesto que una logística insuficiente puede tener efectos negativos frente a la productividad de atención de clientes en el área de cajas y a raíz de esto la rentabilidad de la empresa también puede verse implicada. Este estudio contrarrestará los efectos en la logística y propondrá recomendaciones para el mejoramiento de la productividad.

El motivo de la realización de esta investigación es contribuir a la mejora operativa de la empresa a través de un diagnóstico logístico, esperando que mejore la productividad incrementalmente a gran escala y por ende aumenten las ventas, volviendo a la empresa sostenible frente a la recesión económica que se vive actualmente a nivel mundial. Para esto se hará uso de herramientas y técnicas idóneas, las cuales abalen o respalden que lo que se está desarrollando si es correcto y factible para la empresa, viéndose esto reflejado en cumplimiento de los objetivos planteados.

## **Formulación del problema**

¿De qué manera la teoría de colas puede mejorar la productividad en la atención de cajas registradoras de Hipermercados?

## **Hipótesis**

La aplicación de teoría de colas mejora la productividad en la atención de cajas registradoras de Hipermercados

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Aplicar la teoría de colas utilizando software Arena para la mejora de productividad en la atención de clientes en un hipermercado.

### **Objetivos específicos**

- Diagnosticar la productividad actual del área de cajas registradoras mediante el uso de teoría de colas para el análisis de la problemática.
- Aplicar la teoría de colas mediante la simulación en Software Arena para el aumento de productividad en el área de cajas registradoras.
- Evaluar el impacto económico mediante el cálculo del Beneficio-Costo para la implementación de la teoría de colas.

## **Teorías relacionadas al tema**

### **Líneas de espera**

También conocida como teoría de colas sus orígenes se remontan a principios del siglo XX, cuando Arran estudió científicamente el problema de la gestión del tráfico en la telefonía y determinó el número óptimo de colas. La teoría se utilizó posteriormente para resolver problemas de tráfico de automóviles, de gestión de semáforos, del número óptimo de cajas registradoras y de gestión del tiempo de espera de los procesos de colas en los ordenadores [16]. La teoría de colas se encarga de estudiar los sistemas de colas y de los modelos matemáticos que detallan las colas, que pueden utilizarse para determinar el estado óptimo del sistema, la longitud media de las colas y el tiempo medio de espera [17].

Un sistema de colas se da por iniciado con un conjunto de "clientes" que ingresa al sistema en busca de un servicio, espera si el servicio no se presta inmediatamente y sale después del servicio. En algunos casos, puede ser aceptable para los clientes que están cansados de esperar para irse [18]. El término "cliente" lo empleamos en sentido genérico y no solo indica una persona, sino una lista de mercancías que esperan ser procesadas o un pedido que espera ser impreso por una impresora de red.

La forma del servicio se vincula con la estructura del sistema, que puede ser:

- 1 cola, 1 servidor: en este sistema, los objetos y las personas que llegan crean una sola cola y un único servidor presta el servicio.

- 1 cola, múltiples servidores: en este caso, los elementos entrantes, ya sean objetos u usuarios, forman el sistema incluye múltiples servidores y una cola, pero cada elemento es atendido por un solo servidor, como un servicio bancario o un cajero automático.
- Múltiples colas, múltiples servidores: Es caracterizada por la creación de múltiples colas atendidas por múltiples servidores con la misma pero diferente velocidad, como en un supermercado o tienda de comestibles.
- Cola única, servidores secuenciales. El sistema se caracteriza por la presencia de servidores continuos, en los que los servicios son prestados por servidores dispuestos en una secuencia.

### **Fuente de entrada**

Una de las características de las fuentes de entrada es su tamaño, este representa el total de usuarios disponibles para el servicio en un momento dado, o sea, el total de usuarios potenciales. La población donde se extraen las unidades de entrada se denomina población de entrada. La dimensión puede ser infinita o finita. También es necesario identificar el modelo estadístico utilizado para generar clientes a lo largo del tiempo. Normalmente, se generan mediante el proceso de Poisson, en otras palabras, se supone que la cifra de visitantes en un momento dado tiene una distribución de Poisson [19].

### **Cola**

Una cola es un lugar de espera para los usuarios para ser atendidos. Las colas se caracterizan por el número máximo de usuarios que pueden entrar en ellas. Las colas pueden ser infinitas o finitas. Se presunta que una cola infinita es estándar en la mayor parte de los modelos, inclusive en escenarios donde existe de hecho un límite superior del número de clientes permitido, ya que la gestión de este límite podría ser algún causante que dificulte el estudio. El sistema de colas en el cual el límite superior es muy pequeño y se alcanza con cierta regularidad, hay que deducir que la cola es finita [19].

## Disciplina de cola

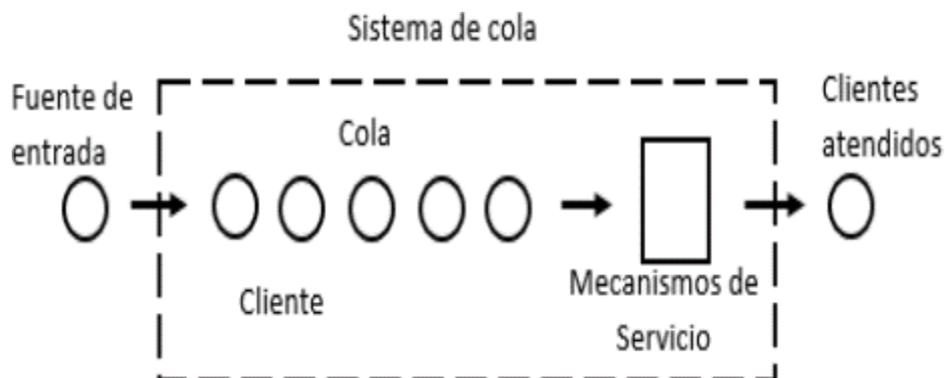
La disciplina de la cola es el orden en el que los miembros de la cola son seleccionados para el servicio. Por ejemplo, puede ser cola, aleatorio, procedimiento preferido u otro orden. El orden de las colas de espera se basa en la disciplina normal del orden de llegada, a menos que se especifique lo contrario [19].

- FIFO (primero en entrar, primero en salir): aquí se atiende al primer cliente que llega.
- LIFO (último en entrar primero en salir): donde se atiende al último cliente en llegar.
- RSS (Selección aleatoria del servicio): sirve a los clientes de forma aleatoria

## Mecanismo de servicio

Consiste en uno o más puestos de servicios con un solo canal o más canales de servicios paralelos, conocidos como servidores. Si hay posee dos o más estaciones operativas, los clientes pueden ser atendidos por cualquiera de esas estaciones (canal de servicio en serie). En una estación determinada, el cliente entra en uno de estos canales y el servidor proporciona todos los servicios. El modelo de líneas de espera debe detallar la ubicación de las estaciones y la cifra de servidores (canal concurrente) para cada estación [19]. El modelo más sencillo es un servidor por estación o un número limitado de servidores.

**Figura 1.** Representación del sistema de colas



Fuente: *Investigación de operaciones*, 2012

## Proceso básico de colas

La mayoría de los proyectos de colas siguen el siguiente proceso básico, donde los clientes que requieren servicios se generan en un determinado periodo de tiempo a partir de una fuente de entrada. A continuación, se introducen en el sistema y se ponen en cola. En algún momento, los miembros de la cola se seleccionan para prestar el servicio, según un conjunto de reglas llamado disciplina de colas. El servicio solicitado por el cliente es realizado por el mecanismo de servicio, tras lo cual el cliente abandona el sistema de colas [19].

### **Nomenclatura para teoría de colas**

$c = N^{\circ}$  de servidores en paralelo.

$\lambda = N^{\circ}$  de llegadas por unidad de tiempo.

$\mu = N^{\circ}$  de servicios por unidad de tiempo si el servidor está ocupado.

$\rho = c \lambda . \mu$  : Congestión de un sistema con parámetros  $(\lambda, c, \mu)$ .

$N(t)$ :  $N^{\circ}$  de clientes en el sistema en el instante  $t$ .

$Nq(t)$ :  $N^{\circ}$  de clientes en la cola en el instante  $t$ .

$L$ :  $N^{\circ}$  medio de clientes en el sistema.

$Pn(t)$ : Probabilidad que haya  $n$  clientes en el sistema en el instante.

$t = Pr\{N(t) = n\}$ .

$N$ :  $N^{\circ}$  de clientes en el sistema en el estado estable.

$Ns(t)$ :  $N^{\circ}$  de clientes en servicio en el instante  $t$ .

$Lq$  :  $N^{\circ}$  medio de clientes en la cola.

$Pn$  : Probabilidad de que haya  $n$  clientes en estado estable.

$Pn = Pr\{N = n\}$ .

$Tq$  : Representa el tiempo que un cliente invierte en la cola.

$S$  : Representa el tiempo de servicio.

$W = E[T]$ : Tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema.

$T = Tq + S$ : Representa el tiempo total que un cliente invierte en el sistema.

$P_b$ : probabilidad de que cualquier servidor esté ocupado.

$Wq = E[Tq]$ : Tiempo medio de espera de los clientes en la cola.

$r$ : N° medio de clientes que se atienden por término medio.

## **Productividad**

La productividad es una medida de la capacidad de uno o más procesos de producción para crear algún bien, y al aumentarla se pueden lograr mejores resultados, dados los recursos que se utilizan para producirlos. La importancia de la productividad radica en su uso como medida de cómo una empresa gestiona la realidad económica [20]. Otro autor menciona que la satisfacción interna se siente al cumplir con las tareas y responsabilidades del contenido del trabajo en sí mismo, y produce resultados satisfactorios duraderos que aumentan la productividad [21].

Productividad es un valor del rendimiento en el cual se utilizan todos los recursos disponibles con el fin de alcanzar objetivos establecidos. Para aumentar la productividad, se pueden identificar a través de relaciones de productos. De entrada, se evalúan 3 puntos.

- Aumento del producto y mantener la inversión igual.
- Reducir la inversión y mantener el mismo producto.
- Aumentar simultáneamente la producción y disminuir la entrada proporcionalmente

De esta forma aumentará la productividad hasta el punto de producto físico, de esta manera, sucederá con el insumo físico. Si bien la productividad no mide la cantidad producida o fabricada, es la eficiencia con la que se combinan y utilizan los recursos disponibles para alcanzar los resultados deseados.

La productividad puede medir el grado de cumplimiento de la relación que se establece entre producción-insumo, así mismo se refiere al resultado que no mide la unidad

de fabricación, por lo que muestra claramente que la productividad no puede confundirse con el costo de producción; por otro lado, es responsable de medir el uso de los recursos para lograr la Eficiencia producida cuando se espera el objetivo [22]. El nivel de vida de una organización está relacionado estrechamente con su productividad, que es la eficiencia con la que sus empleados trabajan a diario. La fuerza de una empresa para competir de manera efectiva se basa en medida de su nivel de productividad. Para seguir siendo competitivas, las organizaciones deben buscar constantemente aumentar su productividad. Los esfuerzos de mejora varían ampliamente [22].

La productividad es una composición entre personas y variables operativas. Para aumentar la productividad, los gerentes deben concentrarse en ambos. El consultor de gestión y experto en calidad W. Edwards Deming cree que el impulso principal para aumentar la productividad recae en los gerentes y no los trabajadores, también describe 14 puntos que se enfocan en la mejora de la productividad gerencial [23]. La productividad es una actividad que depende no solo de una buena gestión de las personas, una empresa u organización debe trabajar con todas las personas e involucrarlas en las operaciones que realizan para poder trabajar de manera efectiva y ser productiva.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, ya que se emplearon los conocimientos e ideas teóricas-prácticas consultadas y extraídas de libros, revistas, artículos, etc., y por otro lado se hizo uso de datos brindados por la empresa en estudio para poder plantear una posible solución a su problema. La investigación aplicada también es conocida como dinámica o activa, y esta tiene una relación muy cercana con la investigación pura, ya que esta necesita de sus investigaciones y aportes teóricos. Esta busca poner en un escenario simulado la teoría planteada frente a la realidad; y agrega que: “Esta manera de investigar está dirigida a su ejecución inmediata y a proponer teorías” [24].

En este estudio, se empleó un diseño cuasi experimental para investigar el impacto de la aplicación de la teoría de colas en la productividad del área de cajas registradoras, este diseño fue seleccionado debido a las limitaciones prácticas y éticas asociadas con la asignación aleatoria de participantes a condiciones experimentales, además de que nos permitirá examinar los cambios en la productividad en el grupo experimental en comparación con el grupo de control, utilizando medidas objetivas y cuantificables, como el tiempo promedio de espera de los clientes, la eficiencia en el procesamiento de transacciones y otros indicadores clave de desempeño.

### Variables, operacionalización

#### Variable independiente

- Teoría de colas.

#### Variable dependiente

- Productividad en atención a clientes.

Tabla 1. Operacionalización de la variable

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Teoría de colas	La teoría de colas es una rama de las matemáticas que estudia el comportamiento de los sistemas de colas y como estos pueden mejorarse para lograr una mayor eficiencia y reducir los tiempos de espera.	La teoría de colas será aplicada haciendo uso de las dimensiones de tiempo promedio en la cola, tiempo promedio del servicio y tiempo promedio en el que el cliente es atendido.	Tiempo promedio en la cola.	$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$	Cronometro. Ficha de registro de datos.	Minutos	Cuantitativa continua	Razón
			Tiempo promedio del servicio por cliente.	$L_s = \lambda \cdot W_s$		Minutos	Cuantitativa continua	Razón
			Tiempo promedio de utilización promedio del servicio	$\rho_s = \frac{\lambda}{\mu}$		Minutos	Cuantitativa continua	Razón
Productividad en la atención de clientes	La productividad de la atención de clientes en la caja registradora es la eficiencia con la que los	Relación entre la cantidad de clientes atendidos y los recursos utilizados	Razón entre cantidad de clientes atendidos y el tiempo que tarda la atención.	$P = \frac{N^\circ \text{ de cliente atendido}}{\text{tiempo (min.)}}$	Cronometro. Ficha de registro de datos	Clientes/minutos	Cuantitativa continua	Razón

	cajeros atienden a los clientes en la caja, expresada como el número de clientes atendidos por unidad de tiempo.	para brindar el servicio						
--	--	--------------------------	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

## **Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **Población**

Número promedio de clientes que realizaron compras en Hipermercado de Chiclayo en el año 2023, se observó unas 1000 personas al día en promedio que fueron a realizar compras al hipermercado.

### **Muestra**

La muestra se considera probabilística, se tomó como muestra la población de clientes que compran en Hipermercado de Chiclayo en el año 2023. Para ello se utilizó la fórmula, cuando el tamaño de la población es finito:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 1000}{0.05^2 * (1000 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$
$$n = 277.74 \cong 278 \text{ clientes}$$

Donde:

Z: Coeficiente de confianza para un nivel de confianza determinado: 1.96

p: Probabilidad de éxito: 0.5

q: Probabilidad de fracaso: 0.5

d: Error máximo admisible: 0.05

N: Población

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnicas**

Determinamos como técnica de investigación la observación, se suele utilizar esta técnica para ayudar a profundizar a los autores el conocimiento de exploración. Mediante ello vamos a poder registrar los datos obtenidos en cada actividad de trabajo y finalmente analizarlos. Se sabe también que la observación se suele utilizar sin manipular las variables

ya que se observa y se estudian los fenómenos tal cual se desarrollan en su alrededor sin alteraciones.

### **Instrumentos**

Como instrumentos de apoyo para la investigación se recurrió a trabajar con fichas de registro, con este instrumento nos encargamos de recoger los datos principales para la investigación, de modo que se lograrán registrar los tiempos en el área de las cajas registradoras, estos datos serán anotados en la Ficha de registros para aplicar teoría de colas (**Anexo 1**) y la Ficha de registros de tiempos (**Anexo 2**).

### **Procedimiento de análisis de datos**

Para medir el nivel de productividad se utilizó un instrumento, así mismo la información obtenida fue procesada en el SPSS 25, Excel y software de simulación Arena.

Se realizaron las siguientes etapas:

#### **Se recolectó la información actual de la empresa**

Previa coordinación con el gerente de tienda a cargo de Hipermercado de Chiclayo, se recopilaron los datos empleando el instrumento propuesto para la recolección.

#### **Se consolidaron los datos recolectados y fueron procesados en programas pre estructurados**

Luego de la recolección de datos, se cotejó en una sola información útil para su análisis en programas como Word, Excel, SPSS Versión 25 y software de simulación Arena, para presentarlos en cuadros, gráficos con sus respectivas interpretaciones.

#### **Se determinaron las recomendaciones**

De acuerdo con los resultados obtenidos del diagnóstico del escenario actual de los procesos logísticos en la empresa, se determinaron las recomendaciones para el incremento de productividad en la atención de clientes en un Hipermercado.

## **Criterios éticos**

La investigación “Aplicación de teoría de colas utilizando software Arena para la mejora de productividad en la atención de clientes en un hipermercado, Chiclayo 2024” usó la medición de tiempos en la atención al cliente en cajas registradoras, por lo que hemos tenido en cuenta los criterios de confidencialidad y anonimato de la fuente de información.

Esto se desprende de la presentación de los resultados, que no contienen ninguna información personal, como los nombres de los participantes involucrados en la investigación. Los datos obtenidos de los instrumentos de medición reflejan la información real sin ningún tipo de ajuste o modificación, cumpliendo así el criterio de inalterabilidad.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### Diagnóstico de la empresa

###### Información general

Empresa:

HIPERMERCADOS TOTTUS S.A.

RUC:

20508565934

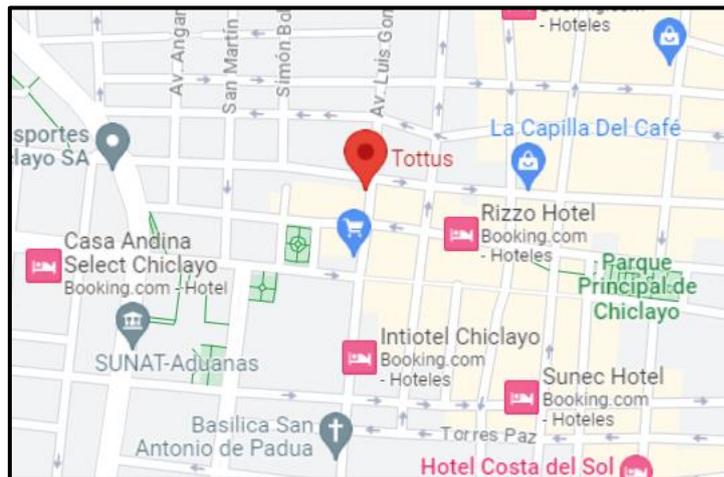
Descripción:

En 2002, el Grupo Falabella decidió entrar en el sector de los hipermercados y creó Tottus. La primera tienda se abrió en el centro comercial Mega plaza, en el distrito limeño de Independencia. Desde entonces, Tottus ha continuado su expansión, abriendo tiendas en diversos lugares como Puente Piedra, San Juan de Miraflores, San Miguel y San Isidro. Actualmente Hipermercado Tottus cuenta con más de 55 establecimientos en todo Perú, además opera la cadena "Hiperbodega Precio Uno", que cuenta con más de 10 tiendas. Su presencia nacional abarca ciudades como Cajamarca, Lima, Ancash Callao, Huánuco, Junín, Lambayeque, Ucayali, Cusco y Piura. Esta expansión estratégica permite a TOTTUS ofrecer sus productos y servicios a una base de clientes más amplia en todo el país.

Ubicación de la empresa:

La investigación se realizó en la sucursal de Luis Gonzales N°881 – Chiclayo.

**Figura 2. Ubicación geográfica del Hipermercado**



*Fuente: Extraída de Google Maps*

Misión:

Ahorrarle dinero a las familias para que vivan mejor.

Visión:

Somos líderes en cada mercado donde competimos por ofrecer el mejor lugar para comprar y trabajar.

Valores:

Innovación, Tottus busca nuevas maneras de impactar y sorprender a sus clientes.

Excelencia, trabaja con pasión para ser los mejores en la actividad que realizan.

Integridad, la empresa Tottus actúa con honestidad, respeto y compromiso.

## **Descripción del proceso productivo**

Tottus una cadena de hipermercado reconocida por la de venta minorista que ofrece una amplia variedad de productos que incluye alimentos, productos de aseo para el hogar, artículos de aseo personal, vestimentas y productos para la remodelación y el mejoramiento del hogar, entre otros. La investigación se realiza en la sucursal de Tottus ubicada en la Av.

Luis Gonzales #881 en Chiclayo, esta sucursal se caracteriza por tener dos puertas de ingreso una con salida hacia la av. Luis Gonzales y otra hacia la av. San José y en cada una de ellas se encuentran ubicadas las cajas registradoras.

Tottus se ha planteado como objetivo principal proporcionar a los clientes una experiencia agradable, competente y variada del servicio que ofrece. El proceso de atención al cliente de Tottus comienza a partir del momento en el que los usuarios ingresan al hipermercado. La empresa ubica sus productos de una manera estratégica y la disposición de sus pasadizos facilitan la búsqueda y escogimiento de los productos requeridos por los clientes, todos ellos poseen acceso a una gran variedad de productos, lo que les permite realizar sus compras de manera conveniente y completa en un solo lugar.

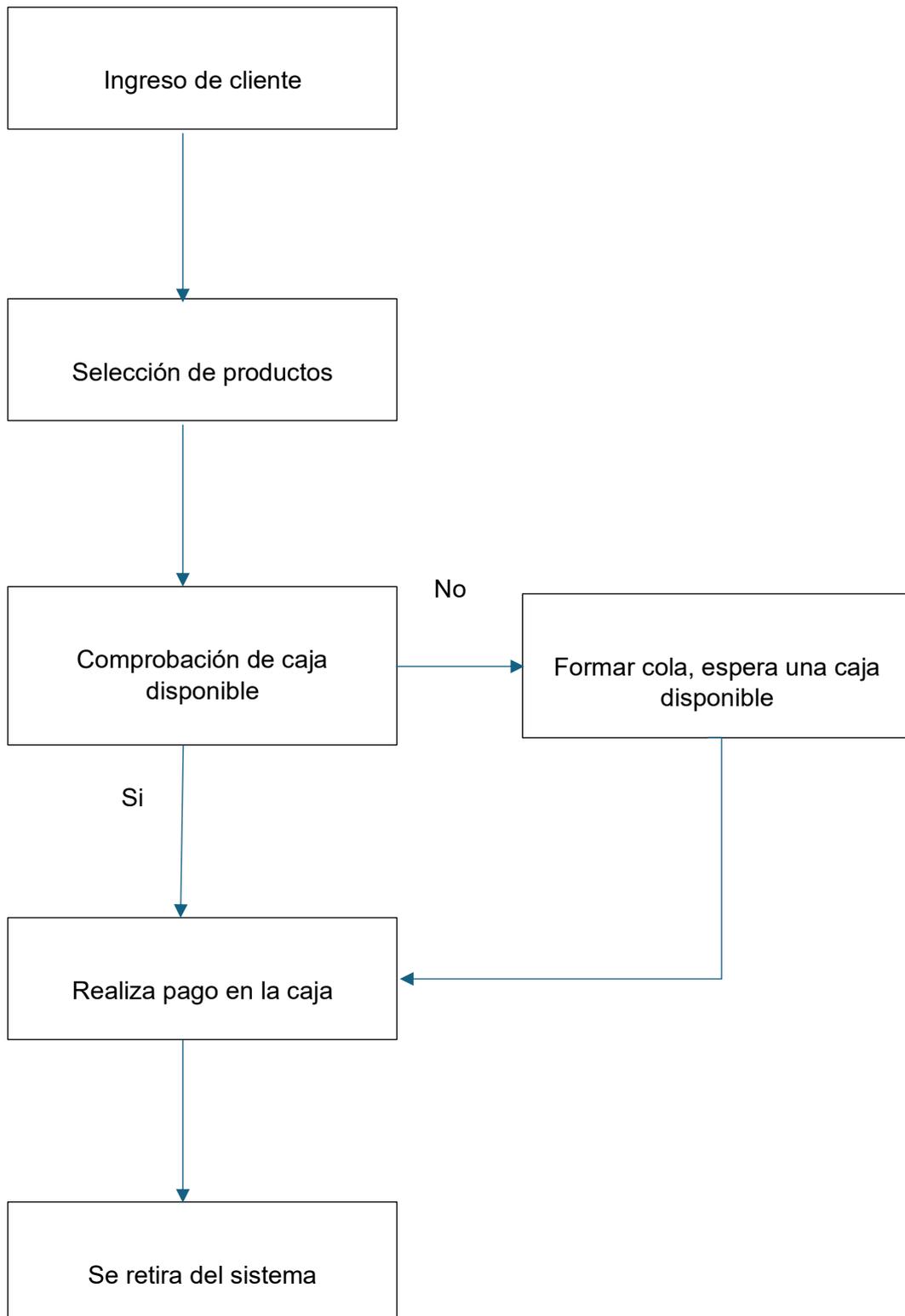
Una vez que los clientes hayan escogido los productos que necesitaban, ellos se dirigen hacia las cajas registradoras para efectuar el pago correspondiente. En esta parte del proceso, los cajeros encargados de la atención al cliente se encargan de tomar los productos, escanearlos y asegurarse de que los precios escaneados sean correctos. El área de caja registradora es una de las áreas más importantes de un supermercado, ya que es donde los clientes pagan sus compras. TOTTUS presenta una serie de retos en esta área, entre ellos:

Tiempos de espera extensos: durante los períodos pico de compras, los clientes a menudo tenían que esperar en largas filas para pagar sus compras. Esto podría conducir a la insatisfacción del cliente y la pérdida de ventas.

Recursos no aprovechados debidamente: la cantidad de cajas registradoras a menudo no era suficiente para manejar el volumen de clientes, lo que provocó que los cajeros estuvieran inactivos durante los períodos lentos. Esto causa una pérdida de recursos y podría conducir a la insatisfacción del cliente.

Empleados de cajas fatigados: los largos tiempos de espera de los clientes y el uso ineficiente de los recursos generan mucho estrés en los cajeros. Esto podría conducir a errores y disminución de la productividad.

**Figura 3. Flujograma del servicio**



*Fuente: Elaboración propia*

## Análisis de la problemática

### Resultados de la aplicación de instrumentos

**Tabla 2.** Prueba de Kolmogórov-Smirnov - Tiempo de atención

Tiempo Atención		
Nº de muestra		278
Parámetros normales <sup>a, b</sup>	Media	10,1646
	Desv. Desviación	2,59365
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,029
	Positivo	,029
	Negativo	-,024
Estadístico de prueba		,029
Sig. Asintótica (bilateral)		,200 <sup>c, d</sup>

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

*Fuente: Elaboración propia*

Para demostrar que los tiempos de atención en la caja siguen una distribución Normal, aplicación la Prueba No paramétrica de Kolmogórov-Smirnov, como resultado tenemos que el estadístico de prueba obtenido es de 0.200 es mayor que el P-valor 0.05 (alfa), entonces no se rechaza la Hipótesis de que los datos siguen una distribución normal con media 10,1646 minutos y una desviación estándar de 2.59365 minutos

**Tabla 3. Prueba de Kolmogórov-Smirnov - Tiempo de Llegada**

Tiempo Llegada		
N		278
Parámetro exponencial <sup>a, b</sup>	Media	,2049
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,039
	Positivo	,039
	Negativo	-,035
Z de Kolmogórov-Smirnov		,654
Sig. asintótica(bilateral)		,785

a. La distribución de prueba es exponencial.

b. Se calcula a partir de datos.

*Fuente: Elaboración propia*

Para demostrar que los tiempos de llegadas de clientes a la tienda siguen una distribución Exponencial, se aplica la Prueba No paramétrica de Kolmogórov-Smirnov, como resultado el estadístico de prueba obtenido es de 0.785 es mayor que el P-valor 0.05 (alfa), entonces no se rechaza la Hipótesis de que los datos siguen una distribución exponencial con media 0.2049 minutos

### **Tiempo de llegada**

Se logro demostrar mediante el software Arena que si sigue una distribución exponencial con un error cuadrado de 0.001850 minutos, realizando la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado, se obtiene 6.14 minutos, el cual va a hacer comparado con el P-valor el cual es 0.303 minutos, como resultado no se rechaza la Hipótesis de que los datos siguen una distribución exponencial, con una media de 2.05 minutos. Revisar **anexo 3**.

## **Tiempo de atención**

En el **anexo 4** se demostró mediante el software Arena que si sigue una distribución Exponencial con un error cuadrado de 0.001850 minutos, realizando la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado, se obtiene 6.14 minutos, el cual va a hacer comparado con el P-valor el cual es 0.303 minutos, como resultado no se rechaza la Hipótesis de que los datos siguen una distribución exponencial, con una media de 2.05 minutos.

## **Simulación del sistema actual de cajas registradoras**

Para la situación diagnostica se representó el sistema de atención de hipermercado Tottus con las 4 cajas registradoras que atienden habitualmente. Revisar **anexo 5**.

## **Resultados de simulación Arena**

**Tabla 4. Resultados de tiempos simulados**

ProjectName	Project RunDateTime	Replicati on	Name	Type	Source	Avera ge	BatchMeansHalf Width	Minim um	Maxim um	NumberObserva tions
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Caja 1.Queue	Waiting Time	Queue	1,94	2E+20	0	14,86	97
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Caja 2.Queue	Waiting Time	Queue	1,23	2E+20	0	12,31	82
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Caja 3.Queue	Waiting Time	Queue	1,23	2E+20	0	12,59	59
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Caja 4.Queue	Waiting Time	Queue	0,49	2E+20	0	10,84	43
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Clientes	Other Time	Entity	0	2E+20	0	0	278
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Clientes	Total Time Transfer	Entity	11,46	2E+20	2,97	30,12	278
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Clientes	Time	Entity	0	2E+20	0	0	278
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Clientes	Wait Time	Entity	1,38	2E+20	0	14,86	278
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Tiempo caja 1	Interval	User Specified	12,11	2E+20	5,37	28,96	96
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Tiempo caja 2	Interval	User Specified	11,11	2E+20	2,97	24,05	82
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Tiempo caja 3	Interval	User Specified	11,57	2E+20	3,16	30,12	58
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Tiempo caja 4	Interval	User Specified	10,47	2E+20	3,52	18,70	42
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Tiempo de ciclo total	Interval	User Specified	11,46	2E+20	2,97	30,12	278

Fuente: Simulación de software Arena

**Figura 4.** KPI de la simulación con 4 cajas, del tiempo promedio de cola de la caja, tiempo promedio total del cliente

Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	NumberObservations
1	Caja 1.Queue	Waiting Time	Queue	1.941363218	Insufficient	0	14.85977219	97
1	Caja 2.Queue	Waiting Time	Queue	1.226665415	Insufficient	0	12.31361922	82
1	Caja 3.Queue	Waiting Time	Queue	1.232744622	Insufficient	0	12.59453413	59
1	Caja 4.Queue	Waiting Time	Queue	0.489693715	Insufficient	0	10.84209052	43
1	Clientes	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0	278
1	Clientes	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0	278
1	Clientes	Total Time	Entity	11.45526088	Insufficient	2.967502554	30.12208808	278
1	Clientes	Transfer Time	Entity	0	Insufficient	0	0	278
1	Clientes	VA Time	Entity	10.07868693	Insufficient	2.967502554	17.89340743	278
1	Clientes	Wait Time	Entity	1.376573952	Insufficient	0	14.85977219	278
1	Tiempo caja 1	Interval	User Specified	12.11286511	Insufficient	5.37130802	28.95912775	96
1	Tiempo caja 2	Interval	User Specified	11.10673344	Insufficient	2.967502554	24.04519838	82
1	Tiempo caja 3	Interval	User Specified	11.57277771	Insufficient	3.163592919	30.12208808	58
1	Tiempo caja 4	Interval	User Specified	10.47033868	Insufficient	3.522241277	18.69654304	42
1	Tiempo de ciclo total	Interval	User Specified	11.45526088	Insufficient	2.967502554	30.12208808	278

Interpretación: Podemos apreciar que el tiempo promedio que se demora el cliente es 10.07 minutos, teniendo como tiempo mínimo 2.97 minutos y como máximo 17.89 minutos, los tiempos de cola de espera en las cajas 1,2,3 y 4 son de 1.94, 1.22, 1.23 y 0.49 minutos respectivamente, el tiempo de ciclo promedio total es de 11.45 minutos, teniendo como tiempo mínimo 2.97 minutos y máximo 30.12 minutos

**Figura 5.** KPI de la simulación con 4 cajas, del tiempo promedio del cliente en todo sistema de simulación.

Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum
1	Caja 1.Queue	Number Waiting	Queue	0.139555572	Insufficient	0	2
1	Caja 2.Queue	Number Waiting	Queue	0.074543301	Insufficient	0	1
1	Caja 3.Queue	Number Waiting	Queue	0.053900622	Insufficient	0	1
1	Caja 4.Queue	Number Waiting	Queue	0.015604923	Insufficient	0	1
1	Cajero_1	Instantaneous Utilization	Resource	0.724139714	Insufficient	0	1
1	Cajero_1	Number Busy	Resource	0.724139714	Insufficient	0	1
1	Cajero_1	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cajero_2	Instantaneous Utilization	Resource	0.600402424	Insufficient	0	1
1	Cajero_2	Number Busy	Resource	0.600402424	Insufficient	0	1
1	Cajero_2	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cajero_3	Instantaneous Utilization	Resource	0.447271911	Insufficient	0	1
1	Cajero_3	Number Busy	Resource	0.447271911	Insufficient	0	1
1	Cajero_3	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cajero_4	Instantaneous Utilization	Resource	0.311416885	Insufficient	0	1
1	Cajero_4	Number Busy	Resource	0.311416885	Insufficient	0	1
1	Cajero_4	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Clientes	WIP	Entity	2.366835353	0.390083509	0	9

Interpretación: Podemos apreciar que el tiempo de que el cliente se demora en el sistema es de 2.36 minutos aproximadamente

Según los resultados arrojados por el Software Arena el tiempo de cola en la Caja 1 el tiempo promedio en cola es 1.94 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 14.86 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 1 es de 12.11 minutos, en la Caja 2 el tiempo promedio en cola es 1.23 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 12.31 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 2 es de 11.11 minutos, en la Caja 3 el tiempo promedio en cola es 1.23 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 12.59 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 3 es de 10.57 , en la Caja 4 el tiempo promedio en cola es 0.49 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 10.84 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 4 es de 10.47 minutos y el tiempo de ciclo total de las 4 cajas es de 11.46 minutos.

### Estadística de hombres y mujeres.

**Tabla 5.** Datos de hombres y mujeres atendidos

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	RecordValue
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar hombres Caja 1	Count	User Specified	45
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar hombres Caja 2	Count	User Specified	37
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar hombres Caja 3	Count	User Specified	30
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar hombres Caja 4	Count	User Specified	16
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar mujeres Caja 1	Count	User Specified	51
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar mujeres Caja 2	Count	User Specified	45
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar mujeres Caja 3	Count	User Specified	28
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Contar mujeres Caja 4	Count	User Specified	26

Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Total hombres Salida	Count	User Specified	128
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Total hombres y mujeres Salida	Count	User Specified	278
Unnamed Project	2023-06-13 09:36:27	1	Total mujeres Salida	Count	User Specified	150

Fuente: Simulación de software Arena

Según los resultados arrojados por el Software Arena la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 1 fue de 96 personas, de las cuales 45 son hombres y 51 mujeres, la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 2 fue de 82 personas, de las cuales 37 son hombres y 45 mujeres, la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 3 fue de 58 personas, de las cuales 30 son hombres y 28 mujeres, la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 4 fue de 42 personas, de las cuales 16 son hombres y 26 mujeres. En total se atendieron 128 hombres y 150 mujeres, lo que nos da un total de 278 clientes

## Escenarios procesados

Figura 6. Escenarios simulados

	Scenario Properties				Controls				Responses				
	S	Name	Program File	Reps	Cajero_1	Cajero_2	Cajero_3	Cajero_4	Caja 1.Queue.WaitingTime	Caja 2.Queue.WaitingTime	Caja 3.Queue.WaitingTime	Caja 4.Queue.WaitingTime	Tiempo de ciclo total
1	Scenario 1	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.941	1.227	1.233	0.490	11.455
2	Scenario 2	30 : Modelo de	1	2.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.000	0.737	0.258	0.258	10.183
3	Scenario 3	30 : Modelo de	1	3.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.000	0.737	0.258	0.258	10.183
4	Scenario 4	30 : Modelo de	1	4.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.000	0.737	0.258	0.258	10.183
5	Scenario 5	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.941	1.227	1.233	0.490	11.455
6	Scenario 6	30 : Modelo de	1	1.0000	2.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.122	0.000	0.490	0.150	10.388
7	Scenario 7	30 : Modelo de	1	1.0000	3.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.122	0.000	0.490	0.150	10.388
8	Scenario 8	30 : Modelo de	1	1.0000	4.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.122	0.000	0.490	0.150	10.388
9	Scenario 9	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.941	1.227	1.233	0.490	11.455
10	Scenario 10	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	2.0000	1.0000	1.0000	1.982	1.266	0.000	0.319	11.183
11	Scenario 11	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	3.0000	1.0000	1.0000	1.982	1.266	0.000	0.319	11.183
12	Scenario 12	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	1.0000	1.982	1.266	0.000	0.319	11.183
13	Scenario 13	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.941	1.227	1.233	0.490	11.455
14	Scenario 14	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000	1.0000	1.831	1.005	0.806	0.000	11.129
15	Scenario 15	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	1.0000	1.831	1.005	0.806	0.000	11.129
16	Scenario 16	30 : Modelo de	1	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000	1.831	1.005	0.806	0.000	11.129

Fuente: Simulación de software Arena

Al realizar los el aumento de cantidad en cada control del escenario (caja 1, caja 2, caja 3, y caja 4), se revisa cuanto se obtuvo en la variable respuesta (tiempo de ciclo Total), al realizar todo lo antes mencionado se detecta que cuando el control tiene 2 unidades o más

en cada escenario, el tiempo de ciclo deja de variar y se mantiene fijo, es por ello que solo se describirá solo los escenarios donde exista variación del tiempo de ciclo.

Después de realizar el análisis con cada posible escenario, nos determina que al aumentar 1 caja para la atención al cliente el tiempo de ciclo y de cola disminuyen.

Para el Escenario 1, si solo hay 1 cajero por caja el tiempo de ciclo es de 11.455 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.941 minutos, en la caja 2 1.227 minutos, caja 3 1.233 y caja 4 es 0.490

Para el Escenario 2, si solo hay 2 cajeros en la caja 1 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 10.183 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 0 minutos, en la caja 2 0.737 minutos, caja 3 0.258 y caja 4 es 0.258 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes.

Para el Escenario 6, si solo hay 2 cajeros en la caja 2 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 10.388 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.122 minutos, en la caja 2 es de 0 minutos, caja 3 es de 0.490 minutos y caja 4 es 0.150 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes.

Para el Escenario 10, si solo hay 2 cajeros en la caja 3 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 11.183 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.982 minutos, en la caja 2 es de 1.266 minutos, caja 3 es de 0 minutos y caja 4 es de 0.319 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes.

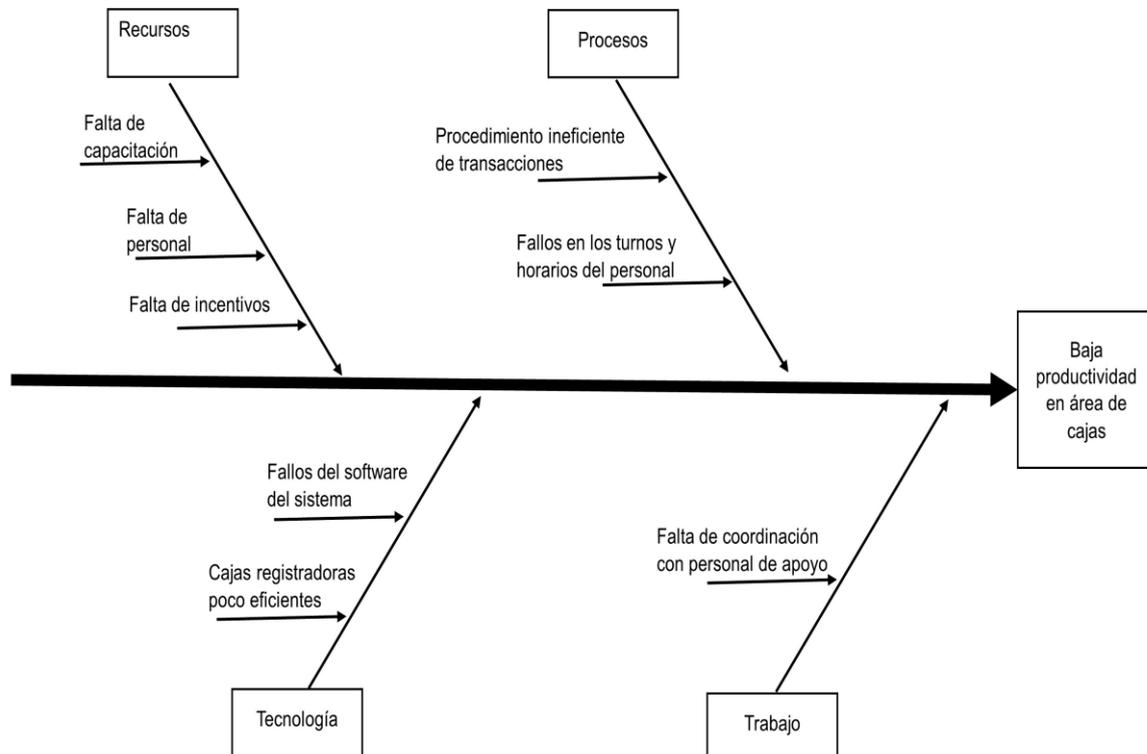
Para el Escenario 14, si solo hay 2 cajeros en la caja 4 y en las demás hay uno solo el tiempo de ciclo es de 11.129 minutos, el tiempo de espera en cola para la caja 1 es de 1.831 minutos, en la caja 2 es de 1.005 minutos, caja 3 es de 0.806 minutos y caja 4 es de 0 minutos, y obtenemos los mismos resultados para los 2 escenarios restantes.

### **Herramienta de diagnóstico**

Diagrama de causa efecto:

El diagrama Ishikawa muestra las principales causas de los tiempos de espera largos que perjudican a la empresa y causan molestias a los clientes.

**Figura 7. Diagrama causa - efecto**



*Fuente: Elaboración propia*

El diagrama Ishikawa muestra las principales causas de los tiempos de espera largos que perjudican a la empresa y causan molestias a los clientes. A partir de este análisis se plantean distintas soluciones:

### **Optimizar el flujo de trabajo**

- Modelado y simulación de escenarios:

Utilizar el software arena para crear el modelo de simulación actual del flujo de trabajo del área de cajas que permitirá localizar cuellos de botellas.

Emplear el software arena para la simulación de distintos escenarios, en los cuales tendremos en cuenta las asignaciones de más cajas o la reorganización de la distribución del área.

Con la simulación de escenarios distintos podremos seleccionar el escenario que resulte más eficiente en términos de aumento de productividad.

### **Dimensionamiento apropiado**

- Análisis de datos:

Compilar datos sobre el volumen de clientes, el tiempo promedio de atención.

Emplear la teoría de colas para determinar el número óptimo de cajas necesarias para atender a la demanda.

### **Mejora en atención al cliente**

- Capacitación al personal:

Brindar capacitación al personal en técnicas de atención al cliente eficiente y manejo de situaciones conflictivas.

- Agilización de procesos:

Implementar sistemas de pago electrónicos y móviles para reducir el tiempo de transacción.

Capacitar al personal en el uso eficiente de los sistemas de punto de venta.

### **Optimización de tecnología**

- Modernización de Equipos Informáticos:

Invertir en la actualización de equipos informáticos y software de punto de venta para garantizar un funcionamiento rápido y confiable.

Implementar sistemas de gestión de inventarios para optimizar la disponibilidad de productos en las cajas

### **Mejora del Entorno de Trabajo:**

- Diseño Ergonómico del Área de Cajas:

Adecuar el diseño del área de cajas para garantizar la comodidad y el bienestar del personal, reduciendo la fatiga física y mejorando la postura.

Optimizar la ubicación de los equipos y productos para facilitar el acceso y minimizar movimientos innecesarios.

- Creación de un Ambiente Agradable:

Controlar los niveles de ruido e iluminación en el área de cajas para crear un ambiente de trabajo agradable y productivo.

La baja productividad en el área de cajas se debe a las causas presentadas con anterioridad en el diagrama, por ello se plantean un conjunto de soluciones posibles, sin embargo, basándonos específicamente en emplear la teoría de colas utilizando software Arena, la modelación y simulación tanto del escenario actual como escenarios propuestos permite identificar los cuellos de botellas y proponer una variedad de modelos a proponer, además el software Arena permite recopilar y ajustar datos sobre el volumen de los clientes, el tiempo en que son atendidos, de esta manera al simular distintos escenarios con los datos registrados obtendremos variedad de resultados y podremos elegir el modelo eficiente en respecto del aumento de productividad.

### **Situación actual de la variable dependiente**

El diagnóstico reveló una cierta variación en los tiempos de espera y los tiempos de ciclo en las cajas del hipermercado Tottus, el análisis de los resultados proporcionados por Arena Software mostró que el tiempo de cola en la Caja 1 el tiempo promedio en cola es 1.94 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 14.86 minutos, por otro lado, el Tiempo de Ciclo de la Caja 1 es de 12.11 minutos. También se registraron tiempos de ciclo de entre 10,47 y 12,11 minutos en las distintas cajas. Estos datos reflejan el tiempo medio de espera de los clientes en las colas y el tiempo total empleado para procesar a los clientes en cada caja. Además, se evaluaron distintos escenarios, para ello se realizó una simulación en la que se modificó el número de cajeros por línea de caja. Los resultados mostraron que estos cambios repercutían en los tiempos de ciclo y los tiempos de las colas. Por ejemplo, en el

escenario 1, con un cajero por línea de caja, se obtuvo un tiempo de ciclo de 11.455 minutos y tiempos de espera en cola que varían de 0 a 1.941 minutos.

### **Cálculo de la productividad de atención al cliente con 4 cajas registradoras**

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{Número\ de\ clientes\ atendidos}}{\mathbf{Tiempo\ de\ ciclo}}$$

$$\mathbf{Productividad\ Total} = \frac{278\ Clientes}{30.12\ Minutos} = 9.22 \approx 9\ Clientes/minuto$$

Nota: Observaciones = Clientes

### **Propuesta de implementación**

#### **Fundamentación**

Se decidió implementar esta herramienta en la investigación debido a que la productividad y eficiencia juegan un rol importante en el área de cajas registradoras de Tottus, debido a que desempeña un papel crucial en la satisfacción del cliente y el rendimiento general del negocio, y una gestión adecuada de las filas y de los tiempos de espera se vuelve esencial para garantizar una experiencia de compra positiva y minimizar la pérdida de tiempo y recursos invertidos.

La teoría de colas proporciona un marco teórico sólido para analizar y mejorar los sistemas de espera, como es el caso del área de cajas registradoras del hipermercado Tottus. La aplicación de la teoría de colas se basa en la comprensión de cómo las llegadas de los clientes, el tiempo de servicio y la capacidad de atención afectan el rendimiento general del sistema. Por lo que la implementación de la teoría de colas en el área de cajas registradoras puede lograr beneficios significativos como:

Optimizar el tiempo de espera de los clientes al distribuir equitativamente la carga de trabajo entre las cajas disponibles. Esto evita la formación de filas excesivamente largas en algunas cajas y reduce la frustración y la insatisfacción de los clientes. Además, la implementación de esta herramienta permitirá un mejor control y planificación de los recursos humanos necesarios en el área de cajas, pues al comprender el comportamiento de las colas y los tiempos de servicio, se pueden asignar adecuadamente el personal y los turnos, evitando la subutilización o sobrecarga de recursos.

También logra mejorar la productividad y la eficiencia del personal en el área de cajas. La implementación de la teoría de colas ayuda a identificar cuellos de botella, tiempos de espera excesivos y otros problemas que pueden afectar el rendimiento. Esto permite tomar medidas correctivas adecuadas, como la reorganización de la disposición de las cajas, la optimización de los procesos de pago y la implementación de tecnologías avanzadas para agilizar el proceso.

### **Objetivos de la propuesta**

La aplicación de la teoría de colas tiene como objetivos lograr:

- Optimizar el tiempo de espera en la cola del área de cajas registradoras.
- Aumentar la productividad del área de cajas registradoras.

### **Desarrollo de la propuesta**

Para el desarrollo de la propuesta en el área de cajas registradoras se representó el sistema de atención de hipermercado Tottus con la implementación de una caja adicional (atención con 5 cajas registradoras). Revisar **anexo 6**.

### **Resultados de simulación Arena – Propuesta**

**Tabla 6. Resultados de tiempos simulados - Propuesta**

ProjectName	Project RunDateTime	Replicati on	Name	Type	Source	Avera ge	BatchMeansHalf Width	Minim um	Maxim um	NumberObserva tions
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Caja 1.Queue	Waiting Time	Queue	0,57	2E+20	0	9,18	97
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Caja 2.Queue	Waiting Time	Queue	0,16	2E+20	0	8,44	78
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Caja 3.Queue	Waiting Time	Queue	0,10	2E+20	0	5,67	54
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Caja 4.Queue	Waiting Time	Queue	0	2E+20	0	0	33
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Caja 5.Queue	Waiting Time	Queue	0	2E+20	0	0	19
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Clientes	Other Time	Entity	0	2E+20	0	0	278
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Clientes	Total Time	Entity	10,08	2E+20	2,97	20,71	278
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Clientes	Wait Time	Entity	0,26	2E+20	0	9,18	278
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Tiempo caja 1	Interval	User Specified	10,71	2E+20	3,52	20,01	96
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Tiempo caja 2	Interval	User Specified	9,61	2E+20	2,97	20,71	78
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Tiempo caja 3	Interval	User Specified	10,06	2E+20	3,16	18,69	53
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Tiempo caja 4	Interval	User Specified	9,18	2E+20	5,83	14,18	32
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Tiempo caja 5	Interval	User Specified	10,41	2E+20	5,71	15,60	19
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Tiempo de ciclo total	Interval	User Specified	10,08	2E+20	2,97	20,71	278

Fuente: Simulación de software Arena

**Figura 8.** KPI de la simulación con 5 cajas, del tiempo promedio de cola de la caja, tiempo promedio total del cliente

Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum	NumberObservations
1	Caja 1.Queue	Waiting Time	Queue	0.566123613	Insufficient	0	9.184799429	97
1	Caja 2.Queue	Waiting Time	Queue	0.159156486	Insufficient	0	8.438887172	78
1	Caja 3.Queue	Waiting Time	Queue	0.104952623	Insufficient	0	5.667441636	54
1	Caja 4.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	33
1	Caja 5.Queue	Waiting Time	Queue	0	Insufficient	0	0	19
1	Clientes	NVA Time	Entity	0	Insufficient	0	0	278
1	Clientes	Other Time	Entity	0	Insufficient	0	0	278
1	Clientes	Total Time	Entity	10.07842843	Insufficient	2.967502554	20.70641796	278
1	Clientes	Transfer Time	Entity	0	Insufficient	0	0	278
1	Clientes	VA Time	Entity	9.815854193	Insufficient	2.967502554	17.89340743	278
1	Clientes	Wait Time	Entity	0.262574238	Insufficient	0	9.184799429	278
1	Tiempo caja 1	Interval	User Specified	10.70603365	Insufficient	3.522241277	20.00792869	96
1	Tiempo caja 2	Interval	User Specified	9.607236254	Insufficient	2.967502554	20.70641796	78
1	Tiempo caja 3	Interval	User Specified	10.0618258	Insufficient	3.163592919	18.69048545	53
1	Tiempo caja 4	Interval	User Specified	9.175047647	Insufficient	5.832434498	14.17924488	32
1	Tiempo caja 5	Interval	User Specified	10.40953437	Insufficient	5.705698743	15.60459227	19
1	Tiempo de ciclo total	Interval	User Specified	10.07842843	Insufficient	2.967502554	20.70641796	278

Interpretación: Podemos apreciar que el tiempo promedio que se demora el cliente es 9.82 minutos, teniendo como tiempo mínimo 2.97 minutos y como máximo 17.89 minutos, los tiempos de cola de espera en las cajas 1, 2, 3, 4 y 5 son de 0.57, 0.16, 0.11, 0 y 0 minutos respectivamente, el tiempo de ciclo promedio total es de 10.08 minutos, teniendo como tiempo mínimo 2.97 minutos y máximo 20.71 minutos.

**Figura 9.** KPI de la simulación con 5 cajas, del tiempo promedio del cliente en todo sistema de simulación.

Replication	Name	Type	Source	Average	BatchMeansHalfWidth	Minimum	Maximum
1	Caja 1.Queue	Number Waiting	Queue	0.038626623	Insufficient	0	1
1	Caja 2.Queue	Number Waiting	Queue	0.00873218	Insufficient	0	1
1	Caja 3.Queue	Number Waiting	Queue	0.003986491	Insufficient	0	1
1	Caja 4.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0
1	Caja 5.Queue	Number Waiting	Queue	0	Insufficient	0	0
1	Cajero_1	Instantaneous Utilization	Resource	0.686151642	Insufficient	0	1
1	Cajero_1	Number Busy	Resource	0.686151642	Insufficient	0	1
1	Cajero_1	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cajero_2	Instantaneous Utilization	Resource	0.518372428	Insufficient	0	1
1	Cajero_2	Number Busy	Resource	0.518372428	Insufficient	0	1
1	Cajero_2	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cajero_3	Instantaneous Utilization	Resource	0.374671323	Insufficient	0	1
1	Cajero_3	Number Busy	Resource	0.374671323	Insufficient	0	1
1	Cajero_3	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cajero_4	Instantaneous Utilization	Resource	0.207588784	Insufficient	0	1
1	Cajero_4	Number Busy	Resource	0.207588784	Insufficient	0	1
1	Cajero_4	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cajero_5	Instantaneous Utilization	Resource	0.139119704	Insufficient	0	1
1	Cajero_5	Number Busy	Resource	0.139119704	Insufficient	0	1
1	Cajero_5	Number Scheduled	Resource	1	Insufficient	1	1
1	Cientes	WIP	Entity	1.977249176	0.213102975	0	8

Interpretación: Podemos apreciar que el tiempo de que el cliente se demora en el sistema es de 2.36 minutos aproximadamente

Según los resultados arrojados por el Software Arena el tiempo de cola en la Caja 1 el tiempo promedio en cola es 0.57 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 9.18 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 1 es de 10.71 minutos, en la Caja 2 el tiempo promedio en cola es 0.16 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 8.44 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 2 es de 9.61 minutos , en la Caja 3 el tiempo promedio en cola es 0.10 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 5.67 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 3 es de 10.06 , en la Caja 4 el tiempo promedio en cola es 0 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 0 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 4 es de 9.18 minutos, en la Caja 5 el tiempo promedio en cola es 0 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 0 minutos, por otro lado el Tiempo de Ciclo de la Caja 5 es de 10.41 minutos y el Tiempo de Ciclo total de las 5 cajas es de 10.08 minutos.

**Tabla 7. Datos de hombres y mujeres atendidos - Propuesta**

ProjectName	Project RunDateTime	Replication	Name	Type	Source	Recorded Value
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar hombres Caja 1	Count	User Specified	49
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar hombres Caja 2	Count	User Specified	34
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar hombres Caja 3	Count	User Specified	32
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar hombres Caja 4	Count	User Specified	12
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar hombres Caja 5	Count	User Specified	8

Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar mujeres Caja 1	User Specified	Count	47
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar mujeres Caja 2	User Specified	Count	44
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar mujeres Caja 3	User Specified	Count	21
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar mujeres Caja 4	User Specified	Count	20
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Contar mujeres Caja 5	User Specified	Count	11
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Total hombres Salida	User Specified	Count	135
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Total hombres y mujeres Salida	User Specified	Count	278
Unnamed Project	2023-06-13 14:15:33	1	Total mujeres Salida	User Specified	Count	143

*Fuente: Simulación de software Arena.*

Según los resultados arrojados por el Software Arena la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 1 fue de 96 personas, de las cuales 49 son hombres y 47 mujeres, la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 2 fue de 78 personas, de las cuales 34 son hombres y 44 mujeres, la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 3 fue de 53 personas, de las cuales 32 son hombres y 21 mujeres, la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 4 fue de 32 personas, de las cuales 12 son hombres y 20 mujeres, la cantidad total de clientes atendidos en la Caja 5 fue de 19 personas, de las cuales 8 son hombres y 11 mujeres. En total se atendieron 135 hombres y 143 mujeres, lo que nos da un total de 278 clientes.

## Situación de la variable dependiente después de la propuesta

Con los resultados del software Arena se pudo determinar que los tiempos de espera y los tiempos de ciclo en las cajas de los hipermercados han mejorado significativamente.

**Tabla 8.** Comparación de tiempo actual y propuesto.

Caja	Tiempo actual			Tiempo con la propuesta		
	Tiempo medio de espera en cola (min)	Tiempo Mínimo (min)	Tiempo máximo (min)	Tiempo medio de espera en cola (min)	Tiempo Mínimo (min)	Tiempo máximo (min)
1	1.94	0	14.86	0.57	0	9.18
2	1.23	0	12.31	0.16	0	8.44
3	1.23	0	12.59	0.1	0	5.67
4	0.49	0	10.84	0	0	0
5				0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, en la caja 1, el tiempo medio de espera se ha reducido a 0,57 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 9,18 minutos. Mientras que antes de la aplicación de teoría de colas en tiempo promedio de espera era de 1.94 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 14.86 minutos. Del mismo modo, el tiempo medio de espera y el tiempo de ciclo se redujeron en las demás cajas. El tiempo medio de espera en la caja 2 es de 0,16 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 8,44 minutos. El tiempo de ciclo de la casilla 2 se ha reducido a 9,61 minutos. En la casilla 3, el tiempo medio de espera es de 0,10 minutos, con un mínimo de 0 minutos y un máximo de 5,67 minutos, lo que reduce el tiempo de ciclo a 10,06 minutos. Y en las cajas 4 y 5, los tiempos de espera se eliminaron por completo, lo que demuestra la eficacia del servicio al cliente. El tiempo de ciclo de la Caja 4 se redujo a 9,18 minutos y el de la Caja 5 a 10,41 minutos.

Estos resultados demuestran que la aplicación de la teoría de colas ha mejorado los tiempos de espera y los tiempos de ciclo en el área de cajas de Hipermercado Tottus, al darse esta reducción de tiempos de espera, se logró mejorar la productividad, lo que se traduce en una mejor experiencia del cliente y un flujo de servicio más eficiente.

### **Cálculo de la productividad de atención al cliente con 5 cajas registradoras**

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{Número\ de\ clientes\ atendidos}}{\mathbf{Tiempo\ de\ ciclo}}$$

$$\mathbf{Productividad\ Total} = \frac{278\ Clientes}{20.71\ Minutos} = 13.42 \approx 13\ Clientes/minuto$$

Nota: Observaciones = Clientes

### **Análisis beneficio – costo de la propuesta.**

Valor Presente de la Renta Neta Total (VAN):

$$Aumento\ de\ Ventas = S/ 50000\ anuales * 10\% = S/ 5000$$

$$Errores\ reducidos = S/ 30000\ anuales * 10\% = S/ 3000$$

---


$$Mejora\ de\ la\ satisfacción\ de\ cliente = S/ 20000\ anuales * 10\% = S/ 2000$$

$$Total = S/ 10000$$

Donde:

- 10% es la tasa de descuento.

Valor Presente de los Costos de Inversión (VAC):

$$Costo\ del\ salario\ auxiliar\ de\ caja = S/.516 * 12\ meses = S/. 6192\ anuales$$

$$Costo\ de\ beneficios\ de\ auxiliar\ de\ caja = 20\% \text{ del salario} = S/. 1238\ anuales$$

*Costo de capacitación al auxiliar de caja = S/. 1000*

Total = S/.8430

Costo-beneficio:

$$\text{Costo} - \text{beneficio} = \frac{VAN}{VAC} = \frac{S/.10\ 000}{S/.8.430} = 1.188$$

Donde:

- VAN: Valor Presente de los Ingresos Netos Totales
- VAC: Valor Presente de los Costos de Inversión

Como puede ver, el costo beneficio es mayor que 1. Esto significa que los beneficios de aumentar un auxiliar de caja superan los costos. Esto significa que la empresa puede esperar obtener ganancias aumentando el número de auxiliar de caja.

### **3.2. Discusión**

Concluidos con los resultados de esta investigación y tras el análisis de estos, que dieron el cumplimiento a los objetivos planteados para lograr la mejora de la productividad en el área de cajas registradoras no solo logramos mejorar el flujo de clientes atendidos en el área, sino que a la vez esta origina un mejor agrado a los clientes que usan el servicio del hipermercado Tottus de Luis Gonzales - Chiclayo.

La propuesta planteada se realizó en el Software Arena en la cual se simularon diferentes escenarios del área estudiada con distintos números de trabajadores en el sistema, así mismo se realizó una prueba de Kolmogórov-Smirnov que permitió determinar que el tiempo de atención en las cajas registradoras seguían una distribución normal y los tiempos de llegada de clientes una distribución exponencial. El resultado más favorable simulado fue agregar una caja registradora más en el sistema, la implementación de esta caja permite reducir el tiempo de espera en la fila a los usuarios disminuyendo el tiempo promedio de las cajas registradoras, en donde la caja 1 cuyo promedio en cola es de 1.94 minutos, se reduce

a 0.57 minutos, lo que representa que el promedio en cola se ha reducido un 70.62%; mientras que la reducción de tiempo ciclo de la caja es del 11.56%. Sin embargo, la implementación de la nueva caja registradora hizo que se eliminara el tipo de espera en cola (0 min) para la caja 4 y así mismo en la caja implementada (caja 5), de esta manera la aplicación de teoría de colas en conjunto con el software Arena ha permitido establecer el número de cajas necesarias, lo que disminuyó el tiempo del servicio y evitó la saturación de clientes en la cola del servicio, lo que se traduce en mayor eficiencia y productividad del área de cajas registradoras. Asimismo, en un estudio realizado a una agencia bancaria de la ciudad de Trujillo en donde se buscaba mejorar el tiempo de espera de los usuarios en el área de operaciones aplicando la teoría de colas con distintos escenarios simulados, en la cual se comprobó que el tiempo de espera en la cola se redujo de 13.76 minutos a 6.34 minutos, además el número de unidades en la cola que registró inicialmente siendo de 8 personas pasó a ser de 4 personas, por ello se realizaron distintos escenarios simulados que realizaron con 2; 3; 4 y 5 servidores para comparar resultados y seleccionar la más favorable [26].

Igualmente en una investigación realizada en el área de cajas registradoras de un supermercado Vivanda aplicaron la teoría de colas con la finalidad de aumentar la productividad en el área, con la aplicación de esta herramienta consiguieron resultados similares a los resultados obtenidos, en la cual mediante la aplicación de teoría de colas lograron aumentar la productividad en el área de cajas, el aumento que se dio fue de 520 clientes atendidos a 571 clientes, que fue comprobado en el software Arena [13].

Los modelos de colas pueden utilizarse para equilibrar el coste de los servicios y los tiempos de espera. Como es en el caso de una entidad bancaria, que para optimizar sus servicios de atención al cliente decidieron aplicar la implementación de la teoría de colas para mejorar su sistema y reducir el tiempo de espera de los clientes, no obstante, al aplicar esta herramienta los datos obtenidos no eran muy satisfactorios debido a que la variación del tiempo de espera se redujo de 3.93 minutos a tan solo 3.91, un valor no muy significativo, sin

embargo, se logró optimizar el número de ventanillas reduciéndose de 5 ventanillas a 4 ventanillas, lo que le hizo ahorrar S/ 3600.00 mensuales a la entidad [11].

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Tras el análisis diagnóstico de la productividad en el área de las cajas registradoras se logró determinar que los tiempos prolongados de espera disminuyen la productividad, además de afectar la experiencia del cliente. El uso de la teoría de colas como herramienta de investigación no solo llegó a diagnosticar los hechos que actualmente están ocurriendo en el hipermercado Tottus. El diagnóstico de la situación actual demostró que el tiempo promedio de espera en la cola era de 4.89 min.

Para la implementación de la teoría de colas y poder mejorar la productividad del área de cajas, se simularon distintas situaciones en el software Arena, en el cual se determinó que agregar 1 caja registradora más reduciría en tiempo de espera en la cola y del servicio, como ejemplo particular en la caja 1 que tuvo un tiempo de espera de 1.94 minutos se redujo a 0.57 minutos, lo que representa que hubo una reducción del 70.6%, mientras que el tiempo promedio de espera en la cola se redujo de 4.89 min a 0.83 min. También se registró que el tiempo de espera para las cajas 4 y 5 se habían eliminado pues tenían un registro de 0 minutos.

Como se demostró, el costo beneficio es mayor que 1, lo que significa que los beneficios de aumentar un auxiliar de caja superan los costos. Esto significa que la empresa puede esperar obtener ganancias aumentando el número de auxiliar de caja.

El aumento de la productividad de la atención de clientes con el modelo propuesto paso de ser de 9 clientes/minuto (divididas en las 4 cajas) a 13 clientes/minuto del total (divididas en las 5 cajas), es decir hubo un incremento de 4 clientes/minuto.

## **4.2. Recomendaciones**

Se recomienda realizar un estudio sobre la optimización de procesos complejos en la que pueda enfocarse en optimizar procesos complejos que involucren múltiples etapas interconectadas, lo que implicaría también integrar diferentes sistemas de colas en un entorno multifuncional de esta manera poder identificar cuellos de botella y lograr una mejoría en la eficiencia general del sistema.

Como también realizar un estudio sobre otros factores que pueden afectar al rendimiento laboral, como la ergonomía del puesto de trabajo, el control de calidad del servicio y la formación del personal, para lograr identificar y poder reducir estos factores que pueden tener un impacto significativo tanto para la satisfacción del cliente como en la eficiencia operativa.

## REFERENCIAS

- [1] G. Alves de Melo, M. G. Mendonça Peixoto, S. Borges Barbosa y M. C. Angélico de Mendonça, «El análisis de macro procesos del servicio de caja en una organización de supermercados: un caso de estudio de gestión de calidad y simulación,» 2022. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/8559089.pdf>.
- [2] F. L. Villarreal Satama, D. I. Montenegro Gálvez y L. M. Bernal, «Teoría de colas y líneas de espera, un reto empresarial en el mejoramiento continuo de los servicios,» 02 septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/933/1263/#:~:text=La%20teor%C3%ADa%20de%20colas%20sirvi%C3%B3,la%20fidelidad%20de%20los%20clientes..>
- [3] W. Mendoza Galeno, «Optimización del sistema de líneas de espera de una sucursal bancaria en la ciudad de Bucaramanga, a través de la teoría de colas,» 2021. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35466/2021MendozaWalther.pdf?sequence=6#page=10&zoom=100,92,96>.
- [4] R. Garza, J. Vilalta y J. Linares, «La teoría de colas aplicada a una Oficina Comercial de Telecomunicaciones,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/3604/360464740007/html/>.
- [5] B. Banco y S. Samanta, «Modelling and Analysis of GI/BMSP/1 Queueing System,» 2021. [En línea]. Available: <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=53a11ca4-c7c1-4b76-a930-a07daeba7a0a%40redis>.
- [6] A. Gómez Urrutia, N. Alves, S. Chauvet y J. Migliavacca, «La teoría de colas aplicada en la mejora del servicio en un depósito de materiales,» 2018. [En línea]. Available: [https://cadi.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/4\\_CADI\\_y\\_10\\_CAEDI\\_paper\\_229.pdf](https://cadi.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/4_CADI_y_10_CAEDI_paper_229.pdf).
- [7] E. Cardeñosa, L. Vega de la Cruz, M. Pérez Pravia y I. Claro, «La teoría de las colas en la clínica de ortopedia,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85052742040&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%28teoria+AND+colas%29&sid=8a64cb204b0c6c46f78db5a0321e5ebe&sot=b&sdt=b&sl=33&s=TITLE-ABS-KEY%28%28teoria+AND+colas%29%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTer>.
- [8] V. Urdaneta, E. Cadenas, N. Forero y J. Mejía, «Implementación de un modelo de líneas de espera dentro de una farmacia de salas de cirugía,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85067093700&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%28lineas+AND+espera%29&sid=87e749d507e9fe21dc6fbb65275d5bbd&sot=b&sdt=b&sl=34&s=TITLE-ABS-KEY%28%28lineas+AND+espera%29%29&relpos=4&citeCnt=0&searchT>.
- [9] M. P. Armas Martínez, «Líneas de espera y el proceso de atención al cliente en una entidad financiera Chiclayo, 2021,» 2021. [En línea]. Available:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84932/Armas\\_MMP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84932/Armas_MMP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

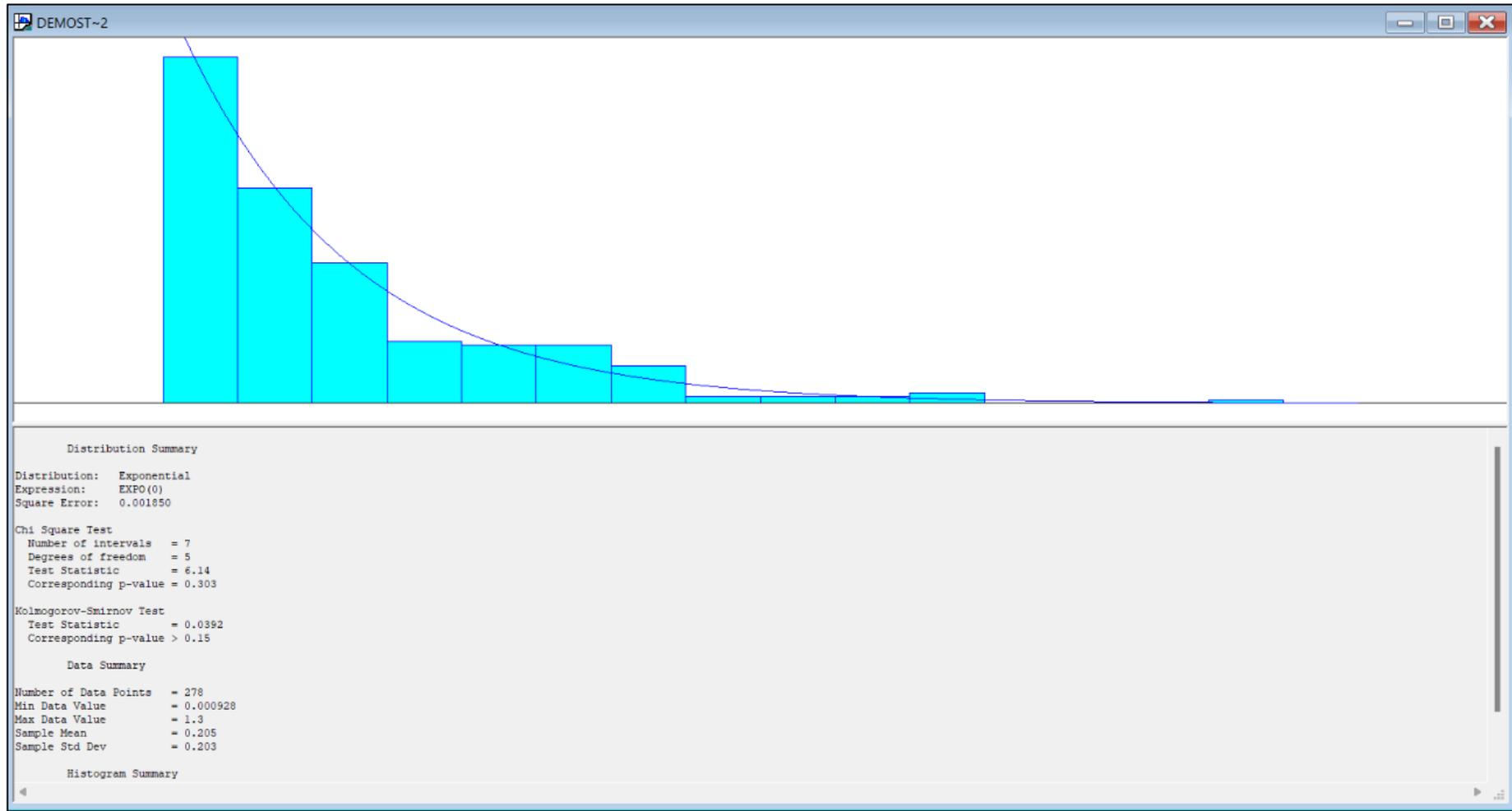
- [10] P. J. Ruiz Gómez, R. E. Acuña Lizárraga y L. J. Esquivel Paredes, «Teoría de colas para minimizar tiempos de espera en una empresa financiera,» 2017. [En línea]. Available:  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjKyrAm0-f6AhWnk2oFHZ2-Df4QFnoECAkQAw&url=https%3A%2F%2Frevistas.ucv.edu.pe%2Findex.php%2Fingnosis%2Farticle%2Fdownload%2F1552%2F1367%2F1543%23%3A~%3Atext%3DLa%2520teo>.
- [11] L. M. Barreto Dextre, «Aplicación de la teoría de colas para optimizar los servicios de atención en una entidad bancaria 2017,» 2018. [En línea]. Available:  
[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2322/T033\\_46774074\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2322/T033_46774074_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [12] R. E. Acuña Lizárraga, P. J. Ruiz Gómez y L. J. Esquivel Paredes , «Teoría de colas para minimizar tiempos de espera en una empresa financiera,» *INGnosis*, pp. 218-232, 2017.
- [13] L. V. Alania Osorio, «Aplicación de la teoría de colas en la atención de clientes en los cajeros de supermercados VIVANDA tienda de Benavides – Lima,» 2018. [En línea]. Available:  
<http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/309/1/TESIS%20ALANIA%20OSORIO%20LAURA.pdf>.
- [14] J. Zaldívar Risco y G. Ramírez Mendoza, «Mejora del modelo de líneas de espera en la atención al cliente de la sucursal del Banco de la Nación – Pomalca,» 2021. [En línea]. Available:  
[http://repositorio.unprg.edu.pe:8080/bitstream/handle/20.500.12893/10082/Ram%C3%ADrez\\_Mendoza\\_y\\_Zald%C3%ADvar\\_Risco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unprg.edu.pe:8080/bitstream/handle/20.500.12893/10082/Ram%C3%ADrez_Mendoza_y_Zald%C3%ADvar_Risco.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [15] Y. Saldaña Medina, «Aplicación de la teoría de colas para optimizar el número de asesores comerciales en la empresa Movistar,» 2020. [En línea]. Available:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53390/Salda%c3%b1a\\_MY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53390/Salda%c3%b1a_MY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [16] G. Velázquez , «Modelos de teoría de colas,» 2018. [En línea]. Available:  
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/77595/Esteban%20Vel%C3%A1zquez%20Gabriel%20TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [17] L. Joa Triay y E. Lopéz Hung, «Teoría de colas aplicada al estudio del sistema,» 2018. [En línea]. Available: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcim/v10n1/rcim02118.pdf>.
- [18] J. Garcia Sabater, «Aplicando teoría de colas en dirección de operaciones,» 2016. [En línea]. Available:  
<http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/teoriadecolasdoc.pdf>.
- [19] F. S. Hillier y G. J. Lieberman, *Introducción a la investigación de operaciones*, Octava ed., California: Interamericana Editores S.A., 2010.

- [20] J. Miranda y . L. Toirac, «Indicadores de productividad para la industria dominicana,» *Ciencia y Sociedad*, vol. XXXV, nº 2, pp. 235-290, Junio 2010.
- [21] I. Chiavenato, *Gestión del talento humano*, Tercera ed., Monterrey: The McGraw-Hill, 2009.
- [22] R. Garcia Criollo, *Estudio del trabajo*, Segunda ed., Monterrey: Mc Graw Hill, 2005, p. 10.
- [23] S. . P. Robbins y M. Coulter, *Administración*, Octava ed., San Diego: Pearson Educación, 2005.
- [24] M. Tamayo, «La investigación científica,» de *El proceso de la investigación científica*, 4ta ed., Mexico, Grupo Noriega Editores, 2003, pp. 37-90.
- [25] R. Sampieri, C. Fernandez y P. Baptista, «Diseños no experimentales de investigación,» de *Metodología de la investigacion*, Mexico, Mc Graw Hill, 2006, pp. 244-259.



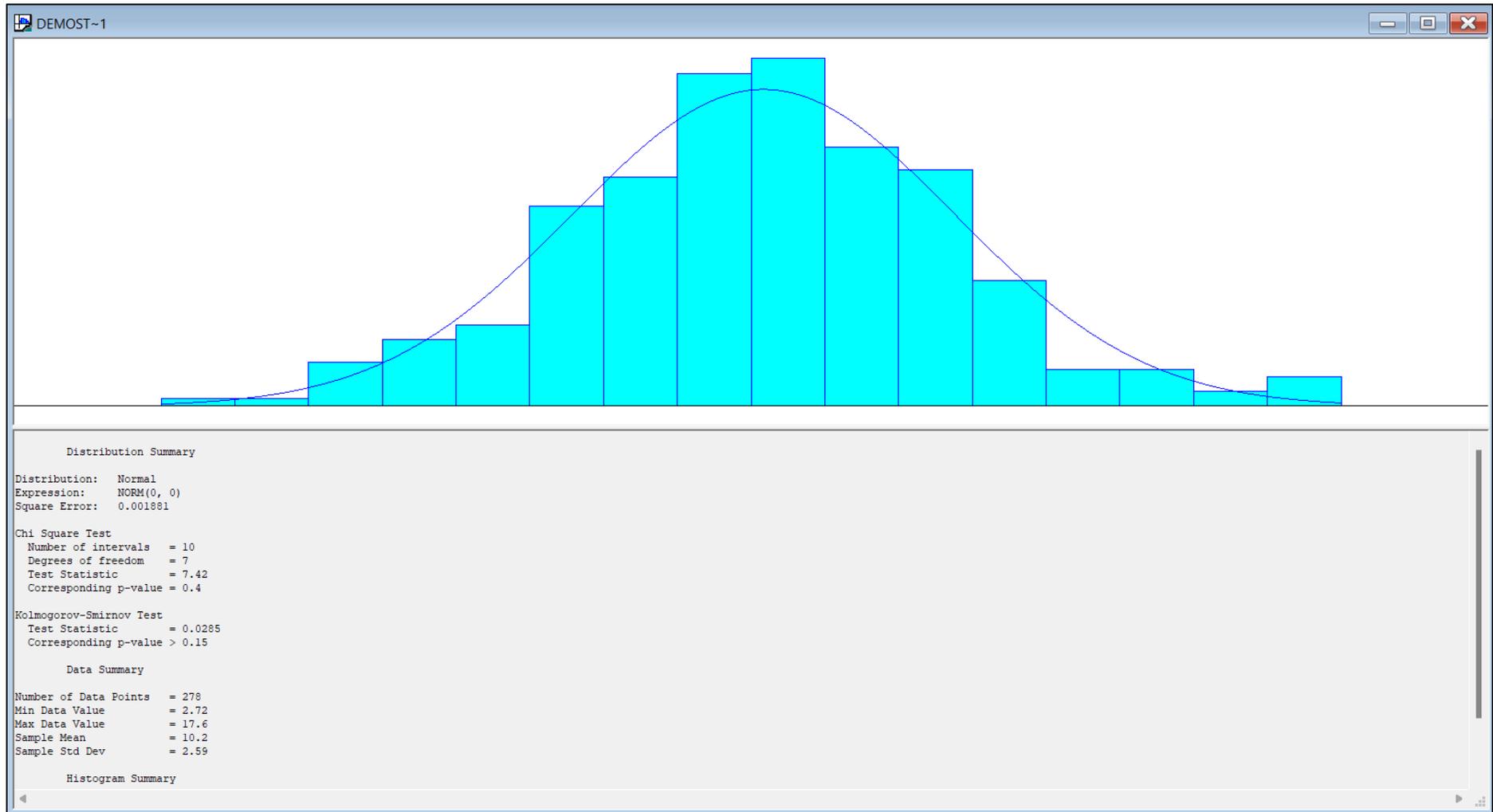


Anexo 3: Gráfico de tiempo de llegadas



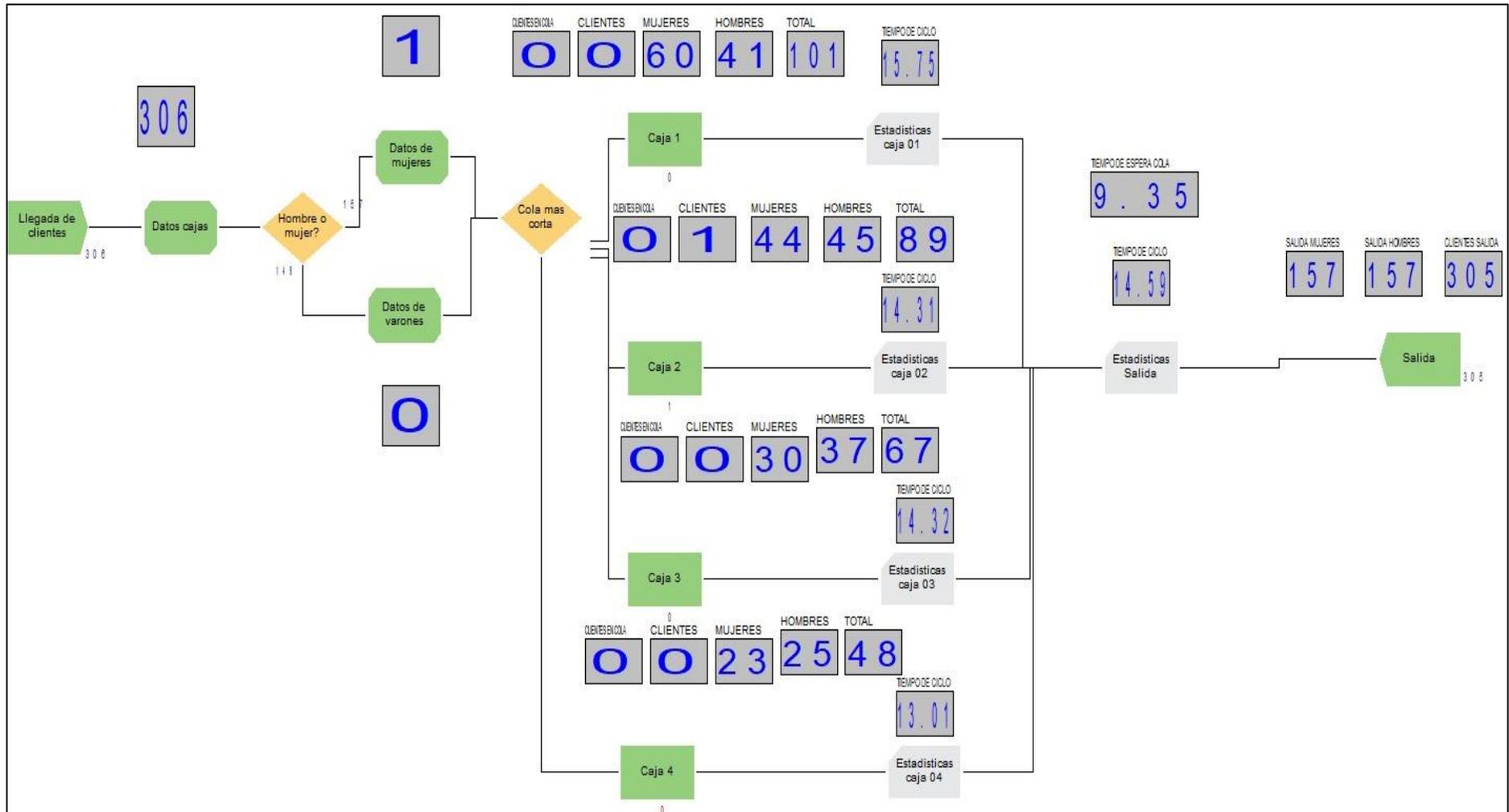
Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Gráfico de tiempo de atención



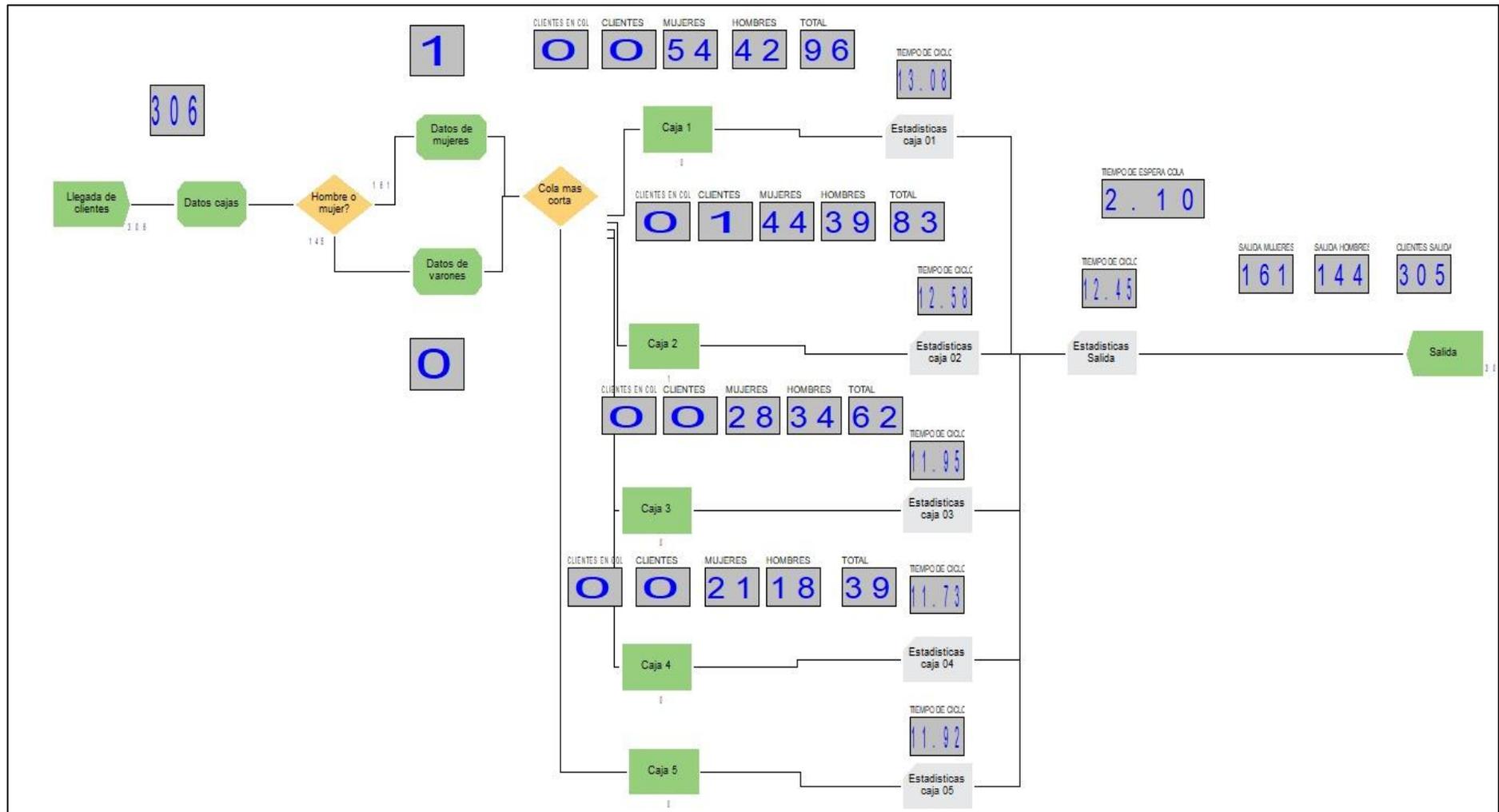
Fuente: elaboración propia

Anexo 5: Simulación del sistema con 4 cajas registradoras - Arena



Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Propuesta, simulación con 5 cajas - Arena



Fuente: Elaboración propia

Para realizar la simulación se utilizaron los siguientes módulos:

- Create: Para empezar la simulación de ingreso de clientes, el cual tiene una distribución Exponencial con un promedio 4.419 minutos, realizándose la primera creación de la simulación en el minuto cero.
- Assign: Se empleo para determinar el tiempo total en cajas, además se utilizó para darle características del sexo de los clientes que ingresaron a la simulación (hombres y mujeres).
- Decide: Se utilizo para la probabilidad de ingreso de clientes hombres y mujeres (ambos del 50%), además se empleo para que el cliente decidiera tomar la cola más corta en cajas.
- Process: Se utilizo asignándole un recurso (cajero), el cual atendía a los clientes con una distribución Normal con una media 10.16 minutos y una desviación estándar de 2.593 minutos.
- Record: Se utilizo para obtener las estadísticas de la simulación (número de hombres, mujeres, número total de clientes), también para el tiempo de ciclo.
- Dispose: Para terminar la simulación (salida de clientes).

NOMBRE DEL TRABAJO

**Turnitin-Tesis final- ODAR ALCANTARA-SILVA MORI.docx**

RECuento DE PALABRAS

**11318 Words**

RECuento DE CARACTERES

**57314 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**50 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**855.8KB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 22, 2024 4:46 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 22, 2024 4:47 PM GMT-5****● 22% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 17% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado