

**ANÁLISIS EN EL SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA COOPERATIVA
CREDICOOP UBICADA EN FONSECA (LA GUAJIRA)**

Autor

VERONICA CARO DUARTE

Director

SANDRA PAOLA LEAL HERNANDEZ
INGENIERA INDUSTRIAL

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



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, JUN de 2022**

Análisis en el sistema de líneas de espera en la cooperativa CREDICOOP ubicada en Fonseca la Guajira

Tabla de Contenido

	2
Resumen	5
Abstract	7
1. Introducción	1
2. Resultados	3
2.1. Teoría de colas	3
2.1.1 Fuente de entrada o población potencial	3
2.1.2 Patrón de llegada de los clientes	4
2.1.3 Patrón de servicio de los servidores	4
2.1.4 Disciplina de la cola	4
2.1.5 Capacidad de la cola	5
2.1.6 Número de canales de servicio	6
2.1.7 Modelo de cola	6
2.1.7.1 Modelo M/M/S	6
2.2. Caso Cooperativa CREDICOOP	9
2.2.1 Análisis sistema de colas semana 1, 2, 3 y 4	12
3. Conclusiones	25
4. Bibliografía	27
5. Apéndice	30

Lista de tablas y graficas

Tabla 1. Resultados tasas de llegadas y de servicios	13
Tabla 2. Resultados del factor de utilización (ρ)	13
Tabla 3. Resultados P (0)	15
Grafica 1. Resultados P (0)	15
Tabla 4. Resultados Wq	16
Grafica 2. Resultados Wq	17
Tabla 5. Resultados Ws	19
Grafica 3. Resultados Ws	20
Tabla 6. Resultados Pn, semana 1	21
Tabla 7. Resultados Pn, semana 2	21
Tabla 8. Resultados Pn, semana 3	22
Tabla 9. Resultados Pn, semana 4	22
Tabla 10. Resultados TC	23

	Lista de figuras	4
<i>Figura 1.</i>	Sistema de colas básico.	3
<i>Figura 2.</i>	Sistema de colas MMS	7
<i>Figura 3.</i>	Formulas Modelo MMS	8

ANÁLISIS EN EL SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA COOPERATIVA CREDICOOP UBICADA EN FONSECA (LA GUAJIRA)

Resumen

La presente monografía se basa en el análisis del sistema de líneas de espera aplicado en la entidad, Cooperativa Credicoop, en su sede ubicada en Fonseca (la Guajira), realizado mediante el uso de modelos basados en la teoría de colas. Si bien, el tema de la formación de colas en las entidades tiende a ser tedioso, cuando se forman por largos tiempos y el propósito en sí, de este, fue llegar al análisis que permitió medir el funcionamiento del proceso que es llevado a cabo actualmente en lo que respecta a su servicio y su demanda, junto con posibles escenarios que se pueden presentar, para proponer si es el caso, una solución. Fue necesario el uso de las siguientes herramientas: el reloj, para tomar tiempos respecto a variables como llegada, hora de servicio y de salida; el programa informático Excel para que a medida que son recaudados los datos, estuvieran organizados al momento de requerirlos, crear las tablas y gráficos que fueron conveniente y posteriormente se usó el software POM-QM for Windows para cálculos del modelo. El tipo de investigación en el que se utiliza la observación y congruente con este caso, es de tipo descriptiva por motivo que, durante lapso de tiempo correspondiente a un mes, se pudo obtener detalle del funcionamiento de la entidad respecto a su línea de espera y servicios. En concordancia con el caso aplicado se utiliza el modelo MMS, por lo que, según el sistema de notación de Kendall, las dos M, significan que los tiempos entre llegadas y de servicio tienen comportamiento con base en una distribución exponencial, presentando también, un proceso de entrada tipo Poisson, teniendo un total de S servidores disponibles para la atención del cliente.

Con el análisis del sistema de colas, se permitió concluir con base en los resultados obtenidos al aplicar el modelo mencionado y con los servidores actuales (2), funcionan a manera que es llevadero el proceso, pero si añade otro servidor, los tiempos tienden a reducir y por tanto el servicio ofertado a la demanda que se presenta, es mejorado.

Palabras clave: Servidores, línea de espera, cliente, teoría de colas, Cooperativa

Abstract

This monograph is based on the analysis of the waiting line system applied in the entity, Cooperativa Credicoop, at its headquarters located in Fonseca (La Guajira), carried out through the use of models based on queuing theory. Although the issue of queuing in entities tends to be tedious, when they are formed for a long time and the purpose of this, was to reach the analysis that allowed measuring the operation of the process that is currently carried out. regarding your service and your demand, together with possible scenarios that may arise, to propose a solution if it is the case. The use of the following tools was necessary: the clock, to take times regarding variables such as arrival, service time and departure; the Excel computer program so that as the data is collected, they are organized when required, create the tables and graphs that were convenient and later the POM-QM for Windows software was used for model calculations. The type of investigation in which observation is used and consistent with this case, is of a descriptive type for the reason that, during a period of time corresponding to one month, it was possible to obtain details of the operation of the entity regarding its waiting line and services. In accordance with the applied case, the MMS model is used, so that, according to Kendall's notation system, the two M's mean that the times between arrivals and service have behavior based on an exponential distribution, also presenting a Poisson input process, having a total of S servers available for customer service.

With the analysis of the queuing system, it was possible to conclude based on the results obtained by applying the mentioned model and with the current servers (2), they work in a way

that the process is bearable, but if you add another server, the times tend to decrease. reduce and therefore the service offered to the demand that arises is improved.

Keywords: Servers, waiting line, customer, queuing theory, Cooperative.

1. Introducción

Se parte del hecho que alguna vez, para la realización de cualquier trámite, diligencia o proceso que implique ser atendido por un servidor, ya sea en una entidad bancaria, restaurante, entre otras; las personas deben esperar un tiempo prudente para poder ser despachados o incluso, con suerte, ser atendido inmediatamente. Usualmente cuando el cliente siente que el trámite se torna demorado, tiende a sentir impaciencia o molestia, hasta llegar incluso a retirarse de la fila. El que el servicio se de manera menos extensa o no, repercute en la calidad y eficacia, no solo de la entidad, sino también en la de un país (Hiller & Lieberman. 2010).

El surgimiento de la teoría de colas se remonta a principios del siglo XX; fue estudiado primeramente por el matemático, estadístico e ingeniero Agner Kraup Erlang. Esto fue debido a la ocurrencia de una gran congestión de tráfico en lo que tenía que ver con las líneas telefónicas en tiempos pasados, pero a partir de allí, esta teoría ha trascendido y se ha aplicado a un sin número de problemas de la vida cotidiana, como algunos que se han mencionado en el párrafo anterior (Lopez & Joa, 2018).

Se considera importante la utilización y aplicación de esta teoría en las empresas, porque implica realizar un estudio para mejorar el servicio que es ofrecido a los clientes, en cuanto a esperar y ser atendido se refiere. El tiempo se considera valioso y hacer esperar en una fila por tiempos prolongados o que son excesivos, aunque se considera a quienes su llegada fue anterior; es desesperante y tal situación repercute en la percepción de la calidad del servicio ofertado. Así se plantea la pregunta respecto al tema de la

monografía, ¿Cuán eficiente es la atención al cliente en relación con la prestación del servicio ofrecido por la Caja Cooperativa Credicoop?

Con el fin de dar respuesta al interrogante anteriormente escrito, se plantea metodología, que implica en sucesión, consultar en bases de datos, tanto de la Universidad de Pamplona y otras, como, por ejemplo: Google Academic; trabajos, artículos, monografías y escritos relacionados al tema que se pretende investigar. Se procede a la recolección de información en la Cooperativa Credicoop, haciendo uso de elemento que permita medir tiempo como lo es un reloj para referenciar horas de llegada, del tiempo que estuvo siendo atendido y de su salida, almacenándolos así en plantilla previamente diseñada en Excel para su posterior análisis. La información es recaudada por lapso de un mes en horarios de jornada continua de 9am a 3pm. En consecuencia, es aplicado el modelo de teoría de colas pertinente al proceso que se lleva a cabo en la Cooperativa Credicoop y respecto a un promedio semanal de datos, para posteriormente analizar su desempeño actual y futuro de su línea de atención. Los resultados son presentados más adelante.

2. Resultados

2.1. Teoría de colas

La teoría de colas como disciplina de la investigación de operaciones, estudia y analiza escenarios en los que un ente requiere acceder a la prestación de un servicio. El que este no sea atendido de manera inmediata implica que se crea la denominada fila o cola a la que usualmente se está acostumbrado cuando se solicita un requerimiento y otros esperan por lo mismo (Abad, 2002). Si bien, este tipo de situaciones de espera son en la realidad un caso continuo y evidente en cualquier ámbito por lo que requiere constante vigilancia, para optimizar procesos y niveles de atención.

La Figura 1, que se representa a continuación, muestra el proceso y los elementos que supone el sistema de colas en general:

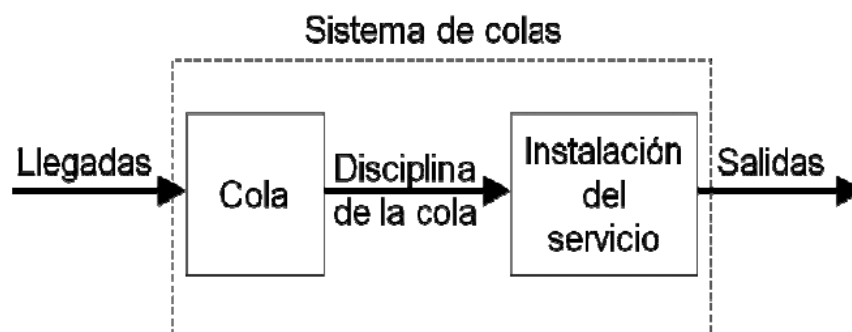


Figura 1. Sistema de colas esencial.

Fuente: (Blogger, 2014)

2.1.1 Fuente de entrada o población potencial: Es importante factor dentro del proceso y Abad. (2002) lo define como los sujetos a los cuales se les va a efectuar la *Análisis en el sistema de líneas de espera en la cooperativa CREDICOOP ubicada en Fonseca la Guajira*

prestación de los servicios y al mencionar los “sujetos” también hace referencia a máquinas o ese tangible que solicita ser atendido. Esta fuente puede ser finita o de igual manera infinita, dependiendo del tipo de servicio que se es ofrecido por determinada entidad.

2.1.2 Patrón de llegada de los clientes: La razón de llegadas de los clientes a la fila, es habitualmente estocástica y hace referencia a que en el proceso de entrada se manejan valores aleatorios por razón de no ser conocido exactamente en cual tiempo llegara un cliente, pero se puede formar un patrón teniendo datos bases de tiempo de estas y así asociarla a un caso de distribución probabilística a las que se producen las llegadas. Puede ocurrir que los sucesos sean de manera individual o bien sea en masa o cierta cantidad (Sabater, 2016).

2.1.3 Patrón de servicio de los servidores: La prestación del servicio se da de manera aleatoria en consecuencia al comportamiento de las llegadas. Es asociado a una función de probabilidad que muestra cómo puede definirse y comportarse (Sabater, 2016). Si bien, la razón de servicio es descrito por la tasa de servicio representado por μ (número de clientes atendidos durante intervalos de tiempo) o tiempo de servicio T (tiempo necesario para atender al cliente) (Ledesma, 2018). Aunque un servidor puede actuar de manera lenta o rápida dependiendo de la necesidad del cliente, para el caso de la entidad asociada al texto, aunque un tiempo estándar para el servicio es casi improbable, implica que los tiempos de estas sea llevados de manera satisfactoria para las partes implicadas.

2.1.4 Disciplina de la cola: También conocida como disciplina del servicio.
Análisis en el sistema de líneas de espera en la cooperativa CREDICOOP ubicada en Fonseca la Guajira

Singer, Donoso, & Scheller Wolf (2018) describen esta disciplina de cola a la manera en que los clientes son escogidos para ser asistidos por un servidor que en el momento se encuentre disponible, si estos están es estado de espera o están en cola. Existen varias disciplinas que pueden estar implicadas dentro del proceso, entre las más conocidas: FIFO, aquella específica que implica, quien sea el primero en llegar es el primero en ser atendido. Otra, que consiste en que el último en llegar es el primero en ser atendido, conocida como LIFO. SIRO, consiste en atender aleatoriamente y GD que refiere a un orden particular de cada sistema (Cardona , Gonzalez, Rivera, & Romero, 2012). Teniendo definido cuál de las disciplinas usar, se puede asegurar que el proceso de atención sea de manera ordenada. El cliente sabe en qué turno llegó o es mejor aún, cuando en algunas empresas entregan un tiquete que asegura su número de llegada y como mencionan coloquialmente, evitar que se cuelen a la fila. Aparte de no incurrir en generación de caos e inconformidades por parte de quienes han esperado pacientemente por el mismo servicio.

2.1.5 Capacidad de la cola: Hace alusión a la cantidad de personas que están entrando y se sitúan en la cola para su posterior atención. La capacidad puede estar caracterizada por ser infinita o finita (Abad, 2002). En la mayoría de entidades a la que se está acostumbrados a ingresar, el limitante para poder acceder está referido en las horas de atención, se refiere a que después de cierto horario no se puede ingresar; pero mientras, la cantidad de clientes no está limitada. Caso actual, se observa como para entrar a oficinas, aunque el servicio es atendido, deben esperar fuera de la instalación y

Análisis en el sistema de líneas de espera en la cooperativa CREDICOOP ubicada en Fonseca la Guajira

solo se es permitido un número limitado, pero la capacidad sigue siendo infinita, porque se trata de atender al servicio solicitado.

2.1.6 Número de canales de servicio: Corresponde al número de servidores que están encargados de atender la solicitud de servicio del cliente que ha estado en espera (Lopez & Joa, 2018). Tener un número óptimo de servidores garantiza que el servicio se lleve a cabo de manera eficiente y más cuando el número de clientes que llegan por día, por hora, es elevado o si en la entidad se tratan de procesos que tienden a ser demorados. Pertinente que los servidores sean funcionales, debido a que, si se llegase a presentar falla con uno, se pueda acceder a un reemplazo sin necesidad de crear alarmas o generar más demoras. Claro ejemplo, que existe cuestionamiento cuando en el caso de una entidad bancaria un cliente solicita ser despachado, hay servidor desocupado, pero para el determinado servicio este no puede ser usado y por consiguiente, se genera inconformidad al no poder ser atendido notando un servidor libre. Se puede optar por hacer retiro del mismo, para que al visualizar no se genere tal situación.

2.1.7 Modelo de cola

2.1.7.1 Modelo M/M/S

En la Figura 2, se ilustra como es el comportamiento de este modelo multicanal

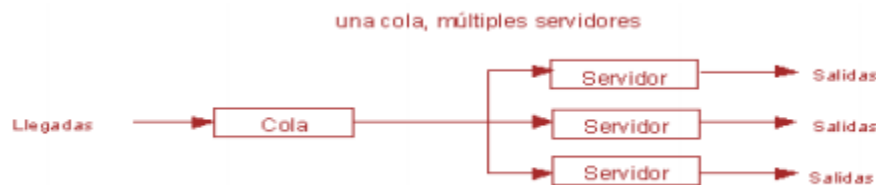


Figura 2. Sistema de colas MMS

Fuente: (Nogales, 2017)

El modelo de colas MMS tiene como características que es usado cuando la entidad sitúa dos o más servidores, para la atención de sus clientes, suponiendo que estos operan en igualdad de condiciones en cuanto a capacidad se refiere. Al momento de entrar, se observa la creación de una sola cola de servicio, lo cual irá siendo despejada a medida que los servidores vayan quedando de igual manera, despejados (Bonfante, Carrillo, Gutierrez, Silva, & Pulido, 2020).

Por el sistema de notación Kendall se especifica que las M hacen referencia de como es el comportamiento de llegada y de servicio de los clientes, asumiendo que son de distribución tipo Poisson y exponencial respectivamente (Giusti, 2019)

Este modelo es uno de los tantos que existen en la teoría de colas, saber cuál usar por sus características, es concerniente para mejorar la visualización del análisis que se pretende aplicar a un proceso real. El caso del presente texto, se refiere a la Cooperativa Credicoop y el modelo mencionado es el más propicio para efectos del mismo.

En la Figura 3 adjuntada, se pretende mostrar las formulas pertinentes al modelo que serán usadas para cálculos del mismo, aplicado en la entidad referenciada. Luego se hace anotaciones a lo que significa cada símbolo de las fórmulas, a lo cual se le harán los

respectivos análisis en el siguiente ítem de los resultados asociados a la Cooperativa Credicoop.

Para servidores múltiples ($s > 1$)
$\rho = \lambda / (s \cdot \mu)$
$P_0 = 1 / \left\{ \left[\sum_{n=0}^{s-1} (\lambda / \mu)^n / n! \right] + \frac{(\lambda / \mu)^s}{s!(1 - \rho)} \right\}$
$P_n = P_0 [(\lambda / \mu)^n / n!] \quad \text{para } 0 \leq n \leq s$ $P_n = P_0 [(\lambda / \mu)^n / (s! \cdot s^{n-s})] \quad \text{para } n \geq s$
$\bar{\lambda} = \lambda$
$L_q = [P_0 \cdot (\lambda / \mu)^s \cdot \rho] / [s! (1 - \rho)^2]$
$L_s = L_q + (\lambda / \mu)$
$W_q = L_q / \lambda$
$W_s = W_q + (1 / \mu)$
$W_s(t) = e^{-\mu t} \left\{ 1 + \frac{(s \cdot \rho)^s \cdot p_0 (1 - e^{-\mu t (s - 1 - s \cdot \rho)})}{s! (1 - \rho) (s - 1 - s \cdot \rho)} \right\}$
$W_q(t) = \frac{(s \cdot \rho)^s \cdot p_0}{s! (1 - \rho)} \cdot e^{-s \cdot \mu t (1 - \rho)}$

Figura 3. Fórmulas Modelo MMS
Fuente: (Yanel, 2012)

Donde:

λ = Tasa de llegadas de clientes

μ = Tasa de servicios del sistema

ρ = Factor de utilización

P_0 = Probabilidad de que haya 0 clientes en el sistema

P_n = Probabilidad de tener n clientes en el sistema

L_q = Número esperado o estimado de clientes que están en cola

L_s = Numero promedio de clientes en el sistema

W_q = Tiempo promedio en la cola

W_s = Tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema.

$TC = C_w * L_s + C_s * s$

TC : Costo total por periodo de tiempo.

C_w : Costo de espera por periodo de tiempo de cada unidad

C_s : Costo de servicio por periodo de tiempo de cada canal

s : Número de canales. (Hillier & Lieberman, 2010) (Carro Paz & Gonzalez Gomez, 2015) (Bouillon Sardón, Aguilar Rojas, Palomo Bazán, & Warthon Saravia, 2016)

Usar la teoría de colas permite garantizar mejor perspectiva acerca de el funcionando el sistema actual que está implementado en la entidad y como podría funcionar uno alternativo. También es pertinente e importante saber identificar cual método usar, teniendo en cuenta ciertas características del proceso, como lo son: la razón de llegada, de salidas, comportamiento respecto al tiempo de atención de los servidores, con cuántos de estos se cuenta y como son escogidos los clientes para recibir atención a su servicio.

2.2. Caso Cooperativa CREDICOOP

El análisis se hizo basado en los datos recolectados como lo fueron: las horas en que ocurrió la entrada del cliente, el tiempo que se estuvo en estado de reposo esperando el turno ofrecido por su momento de llegada, cuándo fue atendido, el tiempo mismo que

Análisis en el sistema de líneas de espera en la cooperativa CREDICOOP ubicada en Fonseca la Guajira

el servidor demoró y su salida. Por lo que se usó de la teoría de colas que implementa modelos matemáticos para procesar la información acerca de las actividades que conllevan al recibimiento del servicio y los entes que lo solicitan (Vergara, 2019).

En consecuencia, del caso, se plantea un tipo de investigación descriptiva, teniendo en cuenta que una característica de ésta es un tipo de investigación cuantitativa, por razón de que basado en los datos que son recolectados se proporcionan las características del proceso en el cual se está indagando. De variables como lo son: el número de personas ingresando por hora, el tiempo que demoran siendo atendidos para servicios referentes a procesos de solicitud o de créditos, esto con el fin de calcular tasas de servicio o salidas y mediante la teoría de colas calcular el rendimiento para obtener una descripción inicial del funcionamiento de esta.

La información concerniente de líneas de espera en la cooperativa Credicoop, se recaudó mediante observación directa del proceso. Se hizo necesario usar implementos que permitieran visualizar el transcurso del tiempo, siendo un reloj, una de estas herramientas, junto con el proceso de ser organizados inmediatamente en la tabla que se llevaba el control de estos datos, para así tener datos manejables y visualmente ordenados (Ledesma, 2018). El tiempo que involucró la toma de datos fue el transcurrido entre los días del 11 de octubre del 2021, hasta el 5 de noviembre del 2021, en su horario laboral correspondiente a las horas de las 9 am hasta las 3 pm en los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes.

La oficina ubicada en Fonseca La Guajira corresponde a una sede de la Cooperativa Credicoop y consta de dos servidores con opción en la instalación de un tercero, al entrar se genera una sola cola. El procedimiento para ser atendido es el siguiente:

- El cliente procede a hacer su entrada a la oficina.
- El ser atendido o no, depende de la disponibilidad del servidor, por consecuencia si no está disponible puede esperar en las sillas que están puestas para este proceso y distraerse en la televisión, solicitar café o agua, mientras transcurre el tiempo, si así lo desea.
- Servidor vacío, procede a referir el tipo de servicio que es de incumbencia, entre los más solicitados y que mayor tiempo conllevan son: Procesos asociados a solicitud de admisión o Procesos asociados a solicitud de crédito
- Una vez el cliente se encuentra atendido, procede a realizar su salida por la misma puerta de entrada ubicada en las instalaciones.

Al procesar la información obtenida mediante observación se hace el análisis que indica cual es modelo de colas más conveniente para el caso que se está llevando, para detallar el comportamiento de las medidas de rendimiento con los servidores puestos y algunos posibles.

La población a la que se presta el servicio para la práctica del ejercicio es infinita, por relacionar que el limitante para que estas ingresen al sistema no existe (kluwer, s.f.). El limitante para la entrada de las personas solo es el horario de atención; si este procede a llegar luego de las 3 pm, que supone es la hora límite, no será atendido, pero mientras, las entradas de estas fuentes son libres. Su capacidad en respecto a la cola de igual manera se considera infinita, no hay restricción de cuantos pueden estar en la cola o más cómodamente, esperar en las sillas de espera. En un texto de un caso correspondiente a Linares, Vilalta, & Garza, (2020) el proceso de disciplina de cola es similar, la mencionada FIFO que conlleva a que el cliente que primero se posicione en la cola o primero que entre, es inmediatamente atendido o si por el contrario espera a que su antecesor sea atendido, para poder proceder.

Se considera por el uso del modelo MMS que además cumple con las condiciones como lo son las llegadas de tipo Poisson y tiempos de servicios que son distribuidos exponencialmente (Izar, 2018).

2.2.1 Análisis sistema de colas durante semana 1, 2, 3 y 4

Se planteó el tiempo en el cual se es realizado la toma de datos correspondiente. El tiempo de la jornada total es de 6 horas continuas, de ese tiempo se obtuvieron los datos relacionados en las tablas A1, A2 y A3 lo cual se encuentran ubicadas en el apéndice, para proceder primero se calculan las tasas de llegada y de servicio respectivamente determinándolas por cada semana pertinente a los días laborales.

Análisis en el sistema de líneas de espera en la cooperativa CREDICOOP ubicada en Fonseca la Guajira

Se mencionó el modelo a utilizar correspondiente al MMS y cálculos son obtenidos mediante el software POM-QM for Windows, el cual permite su uso libre para proceder con este tipo de casos en cuestión.

Se da paso en la Tabla 1, adjuntada donde se referencian los datos obtenidos de tal cálculo, por cada semana, como se indicó con anterioridad.

		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Patrón o tasa de llegada	λ	1,200	1,000	1,100	1,333
Patrón o tasa de servicio o salida	μ	1,935	2,000	2,000	1,935

Tabla 1. Resultados tasas de llegadas y de servicios

Fuente: Elaboración propia

A partir de la mencionada tabla anterior (Tabla 1), a lo primero que se hace necesario ver su tendencia, es al factor de utilización del sistema, encontrada entre las medidas de rendimiento que se mencionaron en teoría, respecto al modelo aplicado.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
S	ρ	ρ	ρ	ρ
1	0,62	0,50	0,55	0,69
2	0,31	0,25	0,28	0,34
3	0,21	0,17	0,18	0,23
4	0,16	0,13	0,14	0,17
5	0,12	0,10	0,11	0,14

Tabla 2. Resultados del factor de utilización (ρ)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2, se relacionan como resultado de este factor, indicando que 2 servidores, con los cuales se realizó el previo estudio. Estos resultados son pasados a porcentajes para mejor comprensión obteniendo desde el 25% hasta el 34% de utilización, que si se analiza se piensa que es un porcentaje bajo, que debían ser más altas y que de por 2 servidores son innecesarios en este caso. Si se compara con solo 1 servidor que aumenta el porcentaje hasta más de la mitad, dependiendo la semana, se puede concluir que sería optimo pues si los servidores están ocupados más tiempo, funcionando bien, significaría buen flujo de clientes que hacen parte de la entidad o algunos posibles.

En la tabla también se muestran los resultados si se estuviera de uno, dos o tres servidores más, a los actuales, los porcentajes resultados a medida que los servidores aumentan, estos disminuyen y a partir de 3 servidores serian menos variables, pero si se considera, no es factible manejar estos porcentajes tan bajos, pero en el caso de la Cooperativa Credicoop se puede aprovechar y además que entre los rangos que está el factor, según Fernández (s.f.) se considera que es un sistema por mencionarlo seguro, por el hecho de cumplir con la condición de que este es menor a uno ($p < 1$), en caso de que hubiera sido mayor a uno, según Rodriguez, Gustavo, Gonzalez, Hernandez, & Hernandez (2017) significaría que este valor no tendría sentido en la razón de que la fila se tornaría sin límites al existir más clientes por atender, que servidores dispuestos para ofrecer el servicio.

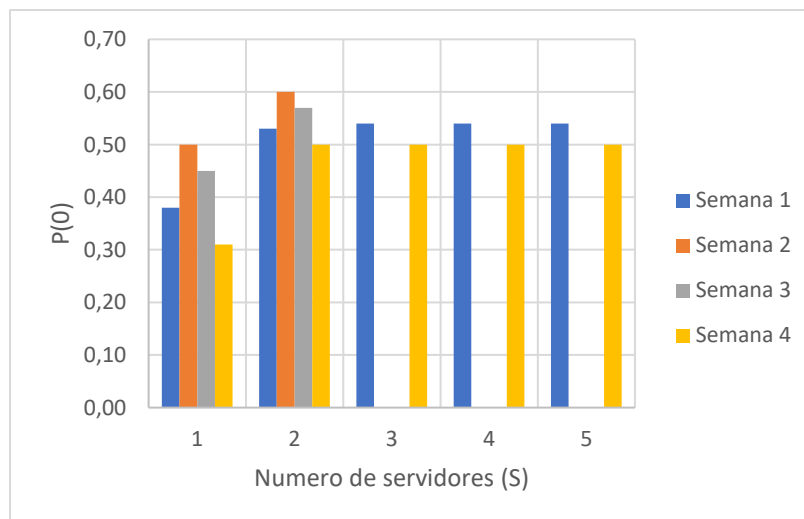
Po= Probabilidad de que no haya clientes en el sistema

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
S	P(0)	P(0)	P(0)	P(0)
1	0,38	0,50	0,45	0,31
2	0,53	0,60	0,57	0,50
3	0,54	0,00	0,00	0,50
4	0,54	0,00	0,00	0,50
5	0,54	0,00	0,00	0,50

Tabla 3. Resultados P (0)

Fuente: Elaboración propia

Los valores resultados de la Tabla 3 se adjuntan en las figuras del apéndice A1, A1, A3 y A4, respectivamente. Se crea la Gráfica 1, con el fin de que estas permiten observar de manera más crítica lo que está sucediendo respecto a este factor.



Gráfica 1. Resultados P (0)

Fuente: Elaboración propia

Se procede a comparar las probabilidades de que no haya clientes en la fila e igualmente como en la medida anterior, en porcentajes. El valor más alto se da durante la semana 2, con los 2 servidores con los que se cuenta y considerando que es mayor a 50% lo que se interpreta como que la mayor parte del tiempo está el sistema vacío. Como cliente se consideraría bueno porque por consiguiente, sería atendido casi de manera inmediata; en la Cooperativa Credicoop se podría considerar igualmente bueno si se tienen en cuenta otros aspectos como que para el estudio de ésta, no se consideró a los clientes que solicitan mediante medio telefónico, los procesos que son llevados internamente, por ser algunos son manuales e implican un poco más de tiempo, entre otros.

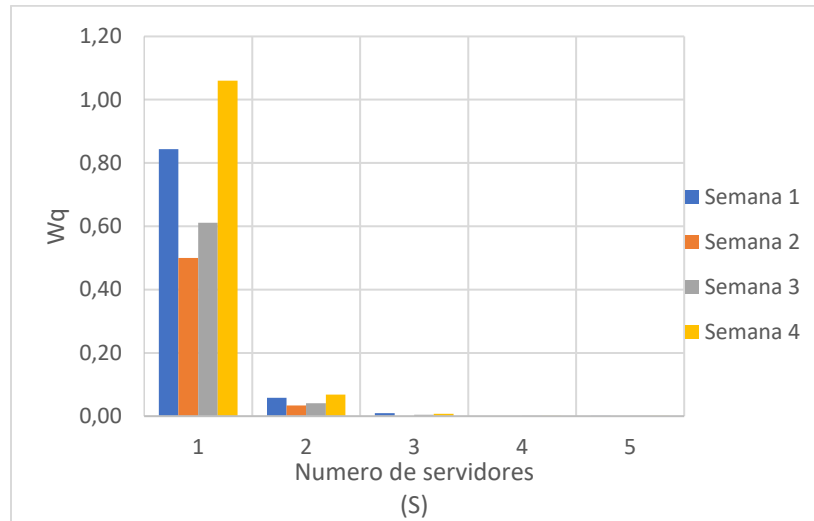
Con un solo servidor, los porcentajes por semanas oscilan entre 38% y 50%, lo cual, por la cifra, se seguiría considerando bueno, pero aún hay que tener en cuenta otras medidas de rendimiento. Con 3 servidores en adelante como esta en la tabla referida, los porcentajes disminuyen a razones constantes, lo que no implica mayor variabilidad.

Wq= Tiempo promedio que el cliente debe esperar en la cola

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
S	Wq	Wq	Wq	Wq
1	0,84	0,50	0,61	1,06
2	0,06	0,03	0,04	0,07
3	0,01	0,00	0,00	0,01
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 4. Resultados Wq

Fuente: Elaboración propia



Grafica 2. Resultados Wq

Fuente: Elaboración propia

Medida de rendimiento importante, como lo es el tiempo que se debe esperar para poder acceder al servicio. Se presenta la Tabla 4 y la gráfica 2 como resultado de esta. Para analizar, primero se tiene en cuenta el número de servidores actuales, el cual como se ha mencionado, son 2, el tiempo que se muestra promediado entre la cada semana, arroja valores desde 0,03 horas hasta 0,07 horas (2 a 5 minutos) y se puede considerar un tiempo aceptable, si se compara a que se tuviera 1 solo servidor y como se mencionó en la medida anterior estaba entre una opción viable. Los tiempos resultados son altos, por mencionarlos en minutos están en un rango de 0,5 horas =30 minutos a 1,06 horas= 64 minutos, un tiempo demasiado amplio, sin mencionar el tiempo al que corresponde siendo el cliente atendido, por tanto; la posibilidad de generar impaciencia es elevado y esperar que un cliente esté en la cola en el rango de ese tiempo no es conveniente e indica

que no se está ofreciendo un buen servicio y así se puede descartar que en definitiva no se puede esperar operar con un solo servidor.

El tiempo de espera en la cola no se puede tornar excesivo para el cliente o ente en el sistema, porque ese acto lo que puede desencadenar es consecuencias que no son aptas para la precepción del cliente (Hillier & Lieberman, 2010). No hay un tiempo estándar, pues el tiempo total en la oficina dependerá del servicio que se demanda y será relativo a la percepción del cliente.

Si se menciona los resultados con respecto al servidor 3, son tiempos bajos el cual puede contribuir al óptimo tiempo de servicio y se tiene en consideración poder ser instalado por demás factores que son llevados a cabos internamente que no se tuvieron en cuenta para la toma de datos. A partir allí más servidores como 4 o 5, serían innecesarios porque son tiempos menos variables y casi nulos.

Como mencionaba, hay factores que influyen en estos tiempos de espera, por tanto, el estudio llevado a cabo es promediado respecto a los datos obtenidos de la observación y pueden incluso ser menores o mayores (Ledesma, 2018). Mostrar alternativas se hace interesante al momento de tomar decisiones en cuanto a los tiempo de espera y capacidad que tiene la entidad (Flores, 2018).

Los servicios ofrecidos son semejantes a los de una entidad financiera en cuestión de realizar tramites de créditos, por ejemplo. En el trabajo de Bouillon Sardón, A., Aguilar Rojas, K., Palomo Bazán, N., y Warthon Saravia, K (2016) nombrado, “Diseño de un modelo de líneas de espera que permita identificar el número de servidores para mejorar el tiempo de atención a los clientes de una entidad financiera”, los tiempos de espera en cola promediados semanalmente están entre meses de enero hasta julio son 1.55 minutos a 3.51 minutos, lo cual conlleva a ser un tiempo que se asemeja al de la Cooperativa con 2 servidores.

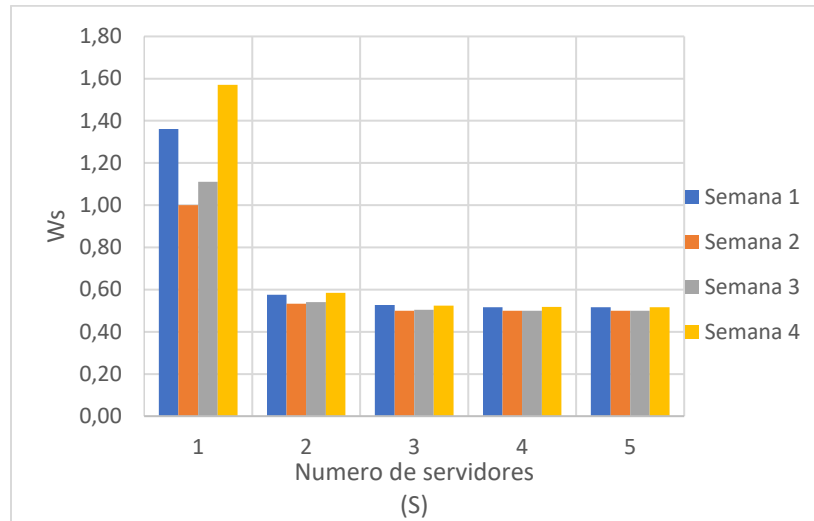
Ws= Tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema (Incluye tiempo de cola y tiempo en el que permanece siendo atendido)

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
S	Ws	Ws	Ws	Ws
1	1,36	1,00	1,11	1,57
2	0,58	0,53	0,54	0,58
3	0,53	0,50	0,50	0,52
4	0,52	0,50	0,50	0,52
5	0,52	0,50	0,50	0,52

Tabla 5. Resultados Ws

Fuente: Elaboración propia

Se hace prudente considerar el tiempo total que es consumido por el cliente y los resultados del modelo se adjuntan en la Tabla 5 y Grafica 2 para mejorar la comprensión de la medida.



Grafica 3. Resultados Ws

Fuente: Elaboración propia

La primera consideración a tener en cuenta son los 2 servidores que están instalados. Lo cual se obtiene que entre semanas los valores no son tan variables y resulta un tiempo promedio de 0,56 horas, en el cual se demanda para los servicios de solicitud de créditos y solicitud de afiliación, el papeleo que conlleva, recolección de datos y demás documentos que se han de anexar, son prácticamente los mismos variando acorde al caso que se presente.

Luego, por examinar que con un servidor es menos conveniente operar por el gran tiempo que conlleva los resultados del modelo, se muestran que son tiempos oscilantes entre 1,00 hora a 1,57 horas, que como se ha recalado, es importante tratar de que estos tiempos no sean más altos a comparación de los 2 servidores ya establecidos, sin dejar de lado lo que implica el proceso en sí.

Añadir un tercer servidor, abarca que los tiempos son menores y por tanto más aceptables a la percepción del cliente al recibir el servicio, los tiempos adjuntados a este, durante las semanas 1, 2 ,3 y 4, son 0.53, 0.50, 0.50 y 0.52 horas, en orden las semanas expuestas. No presenta mayor variación respecto a los 2 servidores actuales, pero si hay una variación a considerar si se desea ir en pro de que el proceso se lleve de manera más cómoda. Implicar más de esos 3 servidores no sería útil, por representar que son tiempos estables después del mencionado.

P_n = Probabilidad de tener n clientes en el sistema

S	P(0)	P(1)	P(2)	P(3)	P(4)
1	0,38	0,24	0,14	0,09	0,06
2	0,53	0,33	0,10	0,03	0,01
3	0,54	0,33	0,10	0,02	0,00
4	0,54	0,33	0,10	0,02	0,00
5	0,54	0,33	0,10	0,02	0,00

Tabla 6. Resultados P_n , semana 1

Fuente: Elaboración propia

S	P(0)	P(1)	P(2)	P(3)	P(4)
1	0,50	0,25	0,13	0,06	0,03
2	0,60	0,30	0,08	0,02	0,00
3	0,61	0,30	0,08	0,01	0,00
4	0,61	0,30	0,08	0,01	0,00
5	0,61	0,30	0,08	0,01	0,00

Tabla 7. Resultados P_n , semana 2

Fuente: Elaboración propia

S	P(0)	P(1)	P(2)	P(3)	P(4)
1	0,45	0,25	0,14	0,07	0,04
2	0,57	0,03	0,09	0,02	0,01
3	0,59	0,33	0,09	0,02	0,00
4	0,59	0,32	0,09	0,02	0,00
5	0,59	0,32	0,09	0,02	0,00

Tabla 8. Resultados Pn, semana 3

Fuente: Elaboración propia

S	P(0)	P(1)	P(2)	P(3)	P(4)
1	0,31	0,21	0,15	0,10	0,07
2	0,50	0,33	0,11	0,04	0,01
3	0,50	0,34	0,12	0,03	0,01
4	0,50	0,35	0,12	0,03	0,00
5	0,50	0,35	0,12	0,03	0,00

Tabla 9. Resultados Pn, semana 4

Fuente: Elaboración propia

Resulta interesante el resultado arrojado durante cada semana para observar la probabilidad de que un caso ocurra o no. En las tablas 6, 7, 8 y 9, los resultados arrojados del modelo de colas aplicados para este caso. Primero se analiza cómo es su comportamiento actual, a lo que se refiere con, valga la redundancia, con respecto a las medidas anteriores, con 2 servidores. En el transcurso de las semanas, la probabilidad de tener determinado números de clientes, que para simular se hizo con probabilidades de tener 1 hasta 4 clientes en la fila, este va disminuyendo. Es decir, si ejemplo en la tabla 6 correspondiente a la semana 1, la probabilidad de tener 1 ente es del 33%, pero de que haya 2 es solo de un 10%, por consiguiente, es una probabilidad que va disminuyendo e igual se vuelve a jugar a que si se compara respecto a 1 servidor estas probabilidades tienden a aumentar debido a que la atención se puede tornar aún más demorada.

Con respecto a los demás servidores expuestos como son: 3, 4 y 5, estas probabilidades no varían luego de 3 servidores y llegan hasta incurrir a 0, siendo así una probabilidad nula. Se puede deducir que el sistema en 2 servidores se mantiene a la demanda de los clientes.

TC= Costo total por período de tiempo

$$TC = C_w * L_s + C_s * s$$

Salario base mensual por cada servidor= salario mínimo mensual legal vigente 2021 en Colombia= \$908,526

$$C_w = C_s = \frac{\$908,526 \text{ mes}}{(30 \text{ días} * 6 \text{ horas})} = \$5047.367 \text{ por hora}$$

C_w = Este costo es una estimación del costo de espera de los usuarios teniendo como base el SMMLV

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
S	TC	TC	TC	TC
1	13287,97	10094,73	11216,37	16223,68
2	13557,86	10094,73	13097,9	14039,87
3	18307,64	17681,08	17940,33	18672,46
4	23323,25	22714,45	17940,33	23672,52
5	23323,25	27760,62	28013,06	28714,52

Tabla 10. Resultados TC

Fuente: Elaboración propia

El costo total por período de tiempo, en este caso, por horas, se observa en la tabla correspondiente que no presenta mayor variación con 1 servidor y 2 servidores(actual) dentro de las semanas 1 a la 4, pues los costos oscilan entre \$10094,73 y \$16223,68.

Los costos son, por mencionar, estables. Luego, analizando si se decide añadir el servidor número 3, el costo por hora, es notorio el incremento, pero es aún mayor luego de poner a consideración instalar un servidor 4 o el número 5 , por lo que puede no ser conveniente, debido a que se busca que estos costos no aumenten en mayor variación, teniendo como base no dejar de brindar una buena atención al cliente.

3. Conclusiones

En retrospectiva a la pregunta planteada, que implicaba dar respuesta al comportamiento de la Cooperativa Credicoop respecto a los tiempos que son usados para el avance de sus procesos cuando un cliente entra al sistema, mediante la consideración de las medidas de rendimiento calculadas usando el modelo MMS, se concluye que:

- El operar con dos servidores está dentro del rango estable en el que es llevado este proceso, y se pone a consideración la adición de un tercer servidor en comparación con las medidas de rendimiento, por permitir que los tiempos y probabilidades se minimicen, fundamentando ser un aporte positivo y de apoyo a los demás prestadores del servicio, teniendo en cuenta que no se analizaron otros factores dentro de la toma de datos y también que el costo por horas se tiende a incrementar.
- El desempeño actual en contratarse con uno menor se puede descartar. No se deben minimizar los servidores y por el contrario se puede mejorar u optimizar con uno más y de por sí, otros después de 3 servidores, sería incurrir en lo ocioso.
- El aplicar el modelo de colas en un caso presente, se obtiene experiencia respecto a lo adquirido de manera teórica y que lleva a el saber cómo proceder y dar posibilidades para tomar decisiones, en caso de proceder a prestar un servicio de esta índole.

Se recomienda a la entidad optar por nuevas metodologías para que los procesos como, por ejemplo: archivar, digitalización de documentos debido a que se hace manualmente y no computarizados, conlleven menos tiempo y en conjunto sean más llevaderos tanto para los servidores, como para los clientes.

4. Bibliografía

- Abad, R. C. (2002). *Introducción a la simulación y a la teoría de colas* (Primera ed.). Coruña (España): Netbiblo S.L. Obtenido de <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11918/8497450175.pdf>
- Blogger. (2014). Obtenido de Investigación de Operaciones para Contadores ICEA: <http://iocontadoresuaeh.blogspot.com/2014/06/estructura-de-la-teoria-de-colas-o.html>
- Bonfante, S., Carrillo, J., Gutierrez, E., Silva, R., & Pulido, A. (2020). Análisis de líneas de espera en el proceso de entrega de pedidos de un restaurante en la ciudad de Barranquilla. *Investigación y Desarrollo en Tic*, 11(2), 49-62. Obtenido de <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific>
- Bouillon Sardón, A., Aguilar Rojas, K., Palomo Bazán, N., & Warthon Saravia, K. (2016). *Diseño de un modelo de líneas de espera que permita identificar el número de servidores para mejorar el tiempo de atención a los clientes de una entidad financiera*. Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC): <http://hdl.handle.net/10757/621490>
- Cardona, D., Gonzalez, J., Rivera, M., & Romero, J. (2012). *Aplicación de colas de Poisson en procesos de 'toma de decisiones' en la gestión de servicios médicos*. Obtenido de Editorial Universidad del Rosario: <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/3350>
- Carro Paz, R., & Gonzalez Gomez, D. (2015). *Administración de las operaciones. Actividades para el aprendizaje*. (Primera ed.). Mar del Plata: Universidad Nacional del Mar de Plata. Obtenido de <http://nulan.mdp.edu.ar/2265/1/carro.gonzalez.2015.pdf>
- Fernandez, S. d. (s.f.). *Teorías de redes de colas*. Obtenido de Portal Estadística Aplicada: <https://www.estadistica.net/INVESTIGACION/TEORIA-COLAS.pdf>
- Flores, L. d. (2018). *Análisis de líneas de espera para aumentar la productividad en el departamento de Cajas de una tienda especializada en el mejoramiento del hogar*. Obtenido de UNP: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1955>
- Giusti, M. R. (2019). *Teoría de colas*. Obtenido de SEDICI: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/84843>

- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones* (Novena ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill. Obtenido de Tareas y apuntes MAC: https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier_lieberman.pdf
- Izar, J. (2018). Análisis y optimización de dos sistemas de líneas de espera de empresas de logística y transporte de los Estados de Querétaro y Colima. *Investigación administrativa*, 47(121).
- kluwer, W. (s.f.). *Teoria de las colas*. Obtenido de https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNTc2NjtbLUouLM_DxbIwMDS0NDQ3OQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoA6GYpMDUAAAA=WKE
- Ledesma, D. (2018). *Modelos de teorías de colas para el análisis en los tiempos de atención en parqueaderos de centros comerciales de la ciudad de Barranquilla*. Obtenido de REDICUC: <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/1930>
- Linares, J., Vilalta, J., & Garza, R. (2020). La teoría de colas aplicada a una Oficina Comercial de Telecomunicaciones. *Ingenieria Industrial*, 41(2), Vol. 41. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7676957>
- Lopez, E., & Joa, L. (2018). Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de servicio de una farmacia. *Revista Cubana de Informática Medica*, 10(1), 3-15. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592018000100002&lng=es&tlng=es.
- Nogales, J. (2017). *Metodos Estadisticos*. Obtenido de UC3M: http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/comp_col_leg/ing_info/io/doc_generica/archivos/tc.pdf
- Restrepo, O. (2020). *Plantilla teoria de colas*. Obtenido de KM Plus: https://www.youtube.com/redirect?event=video_description&redir_token=QUFFLUhqbw9vaDFoLWdVY1o5RDJPM2MtWXo0X2hpckxBQXxBQ3Jtc0tsYWp2T2JhYi14TWZWOWXRUN2VDOTQ3dHlkZFdiRWJIdUIyR1VCUWpCTGNLUmVvMzRqV3BfVVZLdktURmVSUC1NMWtUc0xaZGlaMDJ0MmZyZHI3QS1KX0hMaUJHOWZpX2Ffcz
- Rodriguez, J., Gustavo, R., Gonzalez, A., Hernandez, S., & Hernandez, M. (2017). Analisis del servicio de Urgencias aplicando teoría de lineas de espera. *Contaduria y Administración*, 62(3), 719-732. Obtenido de <https://www-redalyc-org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/articulo.oa?id=39557549002>

- Sabater, J. P. (2016). *Aplicando Teoría de Colas en Direccion de Operaciones*. Obtenido de UPV:
<http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/Teoriadecolasdoc.pdf>
- Singer, M., Donoso, P., & Scheller Wolf, A. (2018). Una introducción a la teoría de colas aplicada a la gestion de servicios. *ABANTE*, 11(2), 93-120. Obtenido de
<http://www.abante.cl/files/ABT/Contenidos/Vol-11-N2/Singer.pdf>
- Vergara, A. M. (2019). Aplicación de la teoría de líneas de espera en el servicio de una organización educativa en Cartagena, Colombia. *Saber, Ciencia y Libertad*, 14(1), 171-178. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6936099>
- Yanel, I. (2012). *Teoría de Colas - Universidad Tecnológica de Panamá*. Obtenido de Blogger: <http://ivannayanel.blogspot.com/2012/06/teoria-de-colas.html>

5. Apéndice

FECHA	CLIENTE	HORA LLEGADA	HORA DE ATENCION	SERVIDOR 1	SERVIDOR 2	PROCESO AFILIACION	PROCESO CREDITO	HORA SALIDA	TIEMPO ESPERA (MIN)	TIEMPO ATENCION (MIN)	TIEMPO TOTAL (MIN)
11-oct-21	1	9:13 a. m.	9:13 a. m.	X			X	9:48 a. m.	0:00	0:35	0:35
	2	9:24 a. m.	9:26 a. m.		X		X	10:01 a. m.	0:02	0:35	0:37
	3	9:41 a. m.	9:54 a. m.	X			X	10:22 a. m.	0:13	0:28	0:41
	4	10:52 a. m.	10:52 a. m.	X		X		10:23 a. m.	0:00	0:29	0:29
	5	10:52 a. m.	10:52 a. m.		X		X	11:36 a. m.	0:00	0:44	0:44
	6	12:56 p. m.	1:22 p. m.	X		X		2:00 p. m.	0:26	0:38	1:04
	7	1:35 p. m.	1:37 p. m.		X	X		2:18 p. m.	0:02	0:41	0:43
	8	1:47 p. m.	2:03 p. m.	X		X		2:39 p. m.	0:16	0:36	0:52
	9	1:55 p. m.	2:21 p. m.		X		X	2:51 p. m.	0:26	0:30	0:56
	10	2:01 p. m.	2:40 p. m.	X		X		3:20 p. m.	0:39	0:40	1:19
	11	2:10 p. m.	2:53 p. m.		X		X	3:31 p. m.	0:43	0:38	1:21
12-oct-21	1	9:30 a. m.	9:35 a. m.	x		x		10:02 a. m.	0:05	0:27	0:32
	2	9:35 a. m.	9:38 a. m.		x	x		10:00 a. m.	0:03	0:22	0:25
	3	11:25 a. m.	11:26 a. m.	x			x	11:58 a. m.	0:01	0:32	0:33
	4	11:27 a. m.	11:28 a. m.		x	x		12:02 p. m.	0:01	0:34	0:35
	5	11:29 a. m.	11:59 a. m.	x		x		12:15 p. m.	0:30	0:16	0:46
	6	1:48 p. m.	1:49 p. m.	x		x	x	2:22 p. m.	0:01	0:33	0:34
	7	2:00 p. m.	2:01 p. m.		x		x	2:20 p. m.	0:01	0:19	0:20
13-oct-21	1	9:05 a. m.	9:06 a. m.	x		x		9:28 a. m.	0:01	0:22	0:23
	2	9:18 a. m.	9:19 a. m.		x	x		9:43 a. m.	0:01	0:24	0:25
	3	10:36 a. m.	10:37 a. m.	x			x	11:08 a. m.	0:01	0:31	0:32
	4	10:45 a. m.	10:48 a. m.		x	x		11:19 a. m.	0:03	0:31	0:34
	5	10:57 a. m.	11:09 a. m.	x		x		11:28 a. m.	0:12	0:19	0:31
	6	11:28 a. m.	11:44 a. m.		x	x		12:18 p. m.	0:16	0:34	0:50
	7	12:25 p. m.	12:36 p. m.	x		x		12:59 p. m.	0:11	0:23	0:34
	8	1:02 p. m.	1:16 p. m.		x		x	1:46 p. m.	0:14	0:30	0:44
	9	1:31 p. m.	1:32 p. m.	x			x	2:01 p. m.	0:01	0:29	0:30
14-oct-21	1	9:17 a. m.	9:17 a. m.	x		x		9:35 a. m.	0:00	0:18	0:18
	2	11:28 a. m.	11:28 a. m.		x		x	12:06 p. m.	0:00	0:38	0:38
	3	11:30 a. m.	11:31 a. m.	x			x	12:05 p. m.	0:01	0:34	0:35
	4	11:41 a. m.	12:08 p. m.	x			x	1:21 p. m.	0:27	1:13	1:40
	5	2:20 p. m.	2:21 p. m.	x		x		2:38 p. m.	0:01	0:17	0:18
15-oct-21	1	10:00 a. m.	10:00 a. m.	x			x	10:41 a. m.	0:00	0:41	0:41
	2	12:50 p. m.	12:56 p. m.		x	x		1:17 p. m.	0:06	0:21	0:27
	3	12:58 p. m.	12:59 p. m.	x		x		1:27 p. m.	0:01	0:28	0:29
	4	1:20 p. m.	1:32 p. m.	x			x	2:10 p. m.	0:12	0:38	0:50

Tabla A1. Tiempos tomados en la Cooperativa Credicoop

Fuente: Elaboración propia

19-oct-21	1	9:31 a. m.	9:32 a. m.	x		x		9:59 a. m.	0:01	0:27	0:28
	2	9:43 a. m.	9:45 a. m.		x	x		10:23 a. m.	0:02	0:38	0:40
	3	10:12 a. m.	10:13 a. m.	x			x	10:36 a. m.	0:01	0:23	0:24
	4	10:50 a. m.	10:59 a. m.		x		x	11:38 a. m.	0:09	0:39	0:48
	5	11:35 a. m.	11:39 a. m.	x			x	12:21 p. m.	0:04	0:42	0:46
	6	11:53 a. m.	11:53 a. m.		x		x	12:23 p. m.	0:00	0:30	0:30
	7	11:59 a. m.	12:22 p. m.	x		x		12:55 p. m.	0:23	0:33	0:56
	8	12:21 p. m.	12:25 p. m.		x	x		12:45 p. m.	0:04	0:20	0:24
	9	12:32 p. m.	12:47 p. m.		x		x	1:25 p. m.	0:15	0:38	0:53
	10	1:18 p. m.	1:19 p. m.	x		x		1:46 p. m.	0:01	0:27	0:28
	11	2:21 p. m.	2:22 p. m.		x		x	3:05 p. m.	0:01	0:43	0:44
	12	2:28 p. m.	2:29 p. m.	x			x	2:48 p. m.	0:01	0:19	0:20
20-oct-21	1	9:16 a. m.	9:18 a. m.	X			x	9:53 a. m.	0:02	0:35	0:37
	2	9:31 a. m.	9:32 a. m.		X		X	9:56 a. m.	0:01	0:24	0:25
	3	10:46 a. m.	11:05 a. m.	x			X	11:31 a. m.	0:19	0:26	0:45
	4	1:08 p. m.	1:10 p. m.	X		x		1:44 p. m.	0:02	0:34	0:36
	5	1:15 p. m.	1:20 p. m.		x			1:58 p. m.	0:05	0:38	0:43
	6	1:26 p. m.	1:46 p. m.				x	2:28 p. m.	0:20	0:42	1:02
21-oct-21	1	9:45 a. m.	9:50 a. m.	X		X		10:35 a. m.	0:05	0:45	0:50
	2	9:41 a. m.	9:42 a. m.		X		X	10:10 a. m.	0:01	0:28	0:29
	3	10:22 a. m.	10:24 a. m.		x		x	11:08 a. m.	0:02	0:44	0:46
	4	10:47 a. m.	10:50 a. m.	x			x	11:11 a. m.	0:03	0:21	0:24
	5	10:53 a. m.	11:10 a. m.		x	x		11:25 a. m.	0:17	0:15	0:32
	6	11:28 a. m.	11:29 a. m.	x		x		12:01 p. m.	0:01	0:32	0:33
	7	1:12 p. m.	1:15 p. m.	x			x	1:36 p. m.	0:03	0:21	0:24
	8	1:23 p. m.	1:26 p. m.		x	x		1:58 p. m.	0:03	0:32	0:35
22-oct-21	1	9:00 a. m.	9:19 a. m.	X			X	9:51 a. m.	0:19	0:32	0:51
	2	11:37 a. m.	11:39 a. m.		X		X	12:03 p. m.	0:02	0:24	0:26
	3	2:03 p. m.	2:05 p. m.	X		X		2:27 p. m.	0:02	0:22	0:24
	4	2:12 p. m.	2:20 p. m.		X		X	2:53 p. m.	0:08	0:33	0:41

Tabla A1. (continuación) Tiempos tomados en la Cooperativa Credicoop
Fuente: Elaboración propia

25-oct-21	1	9:49 a. m.	9:59 a. m.	X		x		10:36 a. m.	0:10	0:37	0:47
	2	9:55 a. m.	9:56 a. m.		X		X	10:23 a. m.	0:01	0:27	0:28
26-oct-21	1	10:17 a. m.	10:18 a. m.	x		x		10:49 a. m.	0:01	0:31	0:32
	2	10:21 a. m.	10:22 a. m.		x	x		10:58 a. m.	0:01	0:36	0:37
	3	10:32 a. m.	10:50 a. m.	x		x		11:15 a. m.	0:18	0:25	0:43
	4	11:04 a. m.	11:06 a. m.		x	x		11:22 a. m.	0:02	0:16	0:18
	5	11:13 a. m.	11:16 a. m.	x		x		11:43 a. m.	0:03	0:27	0:30
	6	11:28 a. m.	11:29 a. m.		X	X		12:05 p. m.	0:01	0:36	0:37
	7	12:08 p. m.	12:16 p. m.	X			X	12:37 p. m.	0:08	0:21	0:29
	8	12:53 p. m.	1:00 p. m.		x		x	1:36 p. m.	0:07	0:36	0:43
	9	1:39 p. m.	1:40 p. m.	x		x		2:05 p. m.	0:01	0:25	0:26
27-oct-21	1	9:53 a. m.	9:55 a. m.	x			x	10:27 a. m.	0:02	0:32	0:34
	2	11:27 a. m.	11:29 a. m.	x			x	12:28 p. m.	0:02	0:59	1:01
	3	11:45 a. m.	11:47 a. m.		x	x		12:15 p. m.	0:02	0:28	0:30
	4	11:52 a. m.	12:16 p. m.		x	x		12:34 p. m.	0:24	0:18	0:42
	5	1:10 p. m.	1:11 p. m.	x			x	1:28 p. m.	0:01	0:17	0:18
	6	1:15 p. m.	1:19 p. m.		x		x	1:58 p. m.	0:04	0:39	0:43
28-oct-21	1	9:22 a. m.	9:23 a. m.		x		x	9:59 a. m.	0:01	0:36	0:37
	2	9:23 a. m.	9:25 a. m.	x		x		10:08 a. m.	0:02	0:43	0:45
	3	10:02 a. m.	10:05 a. m.		x	x		10:36 a. m.	0:03	0:31	0:34
	4	10:46 a. m.	10:47 a. m.	x			x	11:09 a. m.	0:01	0:22	0:23
	5	10:53 a. m.	10:55 a. m.		x		x	11:24 a. m.	0:02	0:29	0:31
	6	11:35 a. m.	11:37 a. m.	x			x	12:06 p. m.	0:02	0:29	0:31
	7	12:40 p. m.	12:41 p. m.		x	x		1:02 p. m.	0:01	0:21	0:22
	8	1:00 p. m.	1:01 p. m.	x			x	1:48 p. m.	0:01	0:47	0:48
	9	1:35 p. m.	1:58 p. m.		x	x		2:22 p. m.	0:23	0:24	0:47
	10	1:56 p. m.	1:59 p. m.	x		x		2:28 p. m.	0:03	0:29	0:32
29-oct-21	1	10:45 a. m.	10:46 a. m.	x			x	11:21 a. m.	0:01	0:35	0:36
	2	10:58 a. m.	11:00 a. m.		x	x		11:28 a. m.	0:02	0:28	0:30
	3	11:10 a. m.	11:25 a. m.	x		x		11:46 a. m.	0:15	0:21	0:36
	4	11:49 a. m.	11:52 a. m.		x		x	12:29 p. m.	0:03	0:37	0:40
	5	12:58 p. m.	1:00 p. m.	x			x	1:38 p. m.	0:02	0:38	0:40
	6	12:59 p. m.	1:00 p. m.		x	x		1:24 p. m.	0:01	0:24	0:25

Tabla A1. (Continuación) Tiempos tomados en la Cooperativa Credicoop

Fuente: Elaboración propia

2-nov-21	1	9:39 a. m.	9:45 a. m.	x		x		10:29 a. m.	0:06	0:44	0:50
	2	9:43 a. m.	9:45 a. m.		x		x	10:22 a. m.	0:02	0:37	0:39
	3	10:09 a. m.	10:25 a. m.		x		x	10:51 a. m.	0:16	0:26	0:42
	4	11:09 a. m.	11:10 a. m.	x			x	11:29 a. m.	0:01	0:19	0:20
	5	11:22 a. m.	11:25 a. m.		x		x	11:58 a. m.	0:03	0:33	0:36
	6	12:45 p. m.	12:46 p. m.	x		x		1:18 p. m.	0:01	0:32	0:33
	7	12:26 p. m.	12:28 p. m.		x		x	1:01 p. m.	0:02	0:33	0:35
	8	12:18 p. m.	1:03 p. m.		x	x		1:51 p. m.	0:45	0:48	1:33
	9	12:45 p. m.	1:06 p. m.	x		x		1:48 p. m.	0:21	0:42	1:03
	10	1:25 p. m.	1:50 p. m.	x			x	2:20 p. m.	0:25	0:30	0:55
	11	2:48 p. m.	2:49 p. m.		x		x	3:12 p. m.	0:01	0:23	0:24
3-nov-21	1	9:48 a. m.	9:50 a. m.	x		x		10:24 a. m.	0:02	0:32	0:34
	2	10:00 a. m.	10:01 a. m.		x		x	10:29 a. m.	0:01	0:28	0:29
	3	10:02 a. m.	10:23 a. m.	x		x		10:59 a. m.	0:21	0:36	0:57
	4	10:38 a. m.	10:50 a. m.		x	x		11:32 a. m.	0:12	0:42	0:54
	5	12:02 p. m.	12:03 p. m.	x			x	12:22 p. m.	0:01	0:19	0:20
	6	1:02 p. m.	1:03 p. m.	x		x		1:25 p. m.	0:01	0:22	0:23
	7	2:02 p. m.	2:05 p. m.		x		x	2:18 p. m.	0:03	0:13	0:16
4-nov-21	1	9:28 a. m.	9:30 a. m.	x		x		9:51 a. m.	0:02	0:21	0:23
	2	9:48 a. m.	9:49 a. m.		x	x		10:15 a. m.	0:01	0:26	0:27
	3	10:21 a. m.	10:22 a. m.	x		x		10:59 a. m.	0:01	0:37	0:38
	4	10:28 a. m.	10:29 a. m.		x		x	11:02 a. m.	0:01	0:33	0:34
	5	10:34 a. m.	11:00 a. m.	x		x		11:49 a. m.	0:26	0:49	1:15
	6	1:02 p. m.	1:03 p. m.	x		x		1:36 p. m.	0:01	0:33	0:34
	7	1:11 p. m.	1:22 p. m.		x		x	1:57 p. m.	0:11	0:35	0:46
	8	1:20 p. m.	1:38 p. m.	x		x		2:09 p. m.	0:18	0:31	0:49
	9	2:00 p. m.	2:02 p. m.		x		x	2:46 p. m.	0:02	0:44	0:46
	10	2:34 p. m.	2:35 p. m.	x			x	2:55 p. m.	0:01	0:20	0:21
5-nov-21	1	10:09 a. m.	10:10 a. m.	x		x		10:35 a. m.	0:01	0:25	0:26
	2	10:55 a. m.	10:56 a. m.		x		x	11:11 a. m.	0:01	0:15	0:16
	3	1:18 p. m.	1:21 p. m.	x			x	1:53 p. m.	0:03	0:32	0:35
	4	1:44 p. m.	1:45 p. m.		x	x		2:19 p. m.	0:01	0:34	0:35

Tabla A1. (Continuación) Tiempos tomados en la Cooperativa Credicoop
Fuente: Elaboración propia

DATO	FECHA	NUMERO DE CLIENTES		
1	11-oct-21	11		
2	12-oct-21	7		
3	13-oct-21	9		
4	14-oct-21	5		
5	15-oct-21	4		
	Total	36		
	Promedio	7,20	Promedio de clientes por día	λ
		1,20	Promedio de clientes por hora	λ
6	19-oct-21	12		
7	20-oct-21	6		
8	21-oct-21	8		
9	22-oct-21	4		
	Total	30		
	Promedio	6,00	Promedio de clientes por día	λ
		1,00	Promedio de clientes por hora	λ
10	25-oct-21	2		
11	26-oct-21	9		
12	27-oct-21	6		
13	28-oct-21	10		
14	29-oct-21	6		
	Total	33		
	Promedio	6,60	Promedio de clientes por día	λ
		1,10	Promedio de clientes por hora	λ
15	2-nov-21	11		
16	3-nov-21	7		
17	4-nov-21	10		
18	5-nov-21	4		
	Total	32		
	Promedio	8,00	Promedio de clientes por día	λ
		1,33	Promedio de clientes por hora	λ

Tabla A2. Tasa de llegadas por semanas
Fuente: Elaboración propia

FECHA	CLIENTE	TIEMPO ATENCION (MIN)			
11-oct-21	1	0:35			
	2	0:35			
	3	0:28			
	4	0:29			
	5	0:44			
	6	0:38			
	7	0:41			
	8	0:36			
	9	0:30			
	10	0:40			
	11	0:38			
12-oct-21	1	0:27			
	2	0:22			
	3	0:32			
	4	0:34			
	5	0:16			
	6	0:33			
	7	0:19			
13-oct-21	1	0:22			
	2	0:24			
	3	0:31			
	4	0:31			
	5	0:19			
	6	0:34			
	7	0:23			
	8	0:30			
	9	0:29			
14-oct-21	1	0:18			
	2	0:38			
	3	0:34			
	4	1:13			
	5	0:17			
15-oct-21	1	0:41			
	2	0:21			
	3	0:28			
	4	0:38			
			0:31	TIEMPO PROMEDIO DE ATENCIÓN	μ
			1,935484	CLIENTES POR HORA	μ

Tabla A3. Tasa de servicios por semanas

Fuente: Elaboración propia

19-oct-21	1	0:27			
	2	0:38			
	3	0:23			
	4	0:39			
	5	0:42			
	6	0:30			
	7	0:33			
	8	0:20			
	9	0:38			
	10	0:27			
	11	0:43			
	12	0:19			
20-oct-21	1	0:35			
	2	0:24			
	3	0:26			
	4	0:34			
	5	0:38			
	6	0:42			
21-oct-21	1	0:45			
	2	0:28			
	3	0:44			
	4	0:21			
	5	0:15			
	6	0:32			
	7	0:21			
	8	0:32			
22-oct-21	1	0:32			
	2	0:24			
	3	0:22			
	4	0:33			
			0:30	TIEMPO PROMEDIO DE ATENCIÓN	μ
			2	CLIENTES POR HORA	μ

Tabla A3. (continuación) Tasa de servicios por semanas

Fuente: Elaboración propia

25-oct-21	1	0:37			
	2	0:27			
26-oct-21	1	0:31			
	2	0:36			
	3	0:25			
	4	0:16			
	5	0:27			
	6	0:36			
	7	0:21			
	8	0:36			
	9	0:25			
27-oct-21	1	0:32			
	2	0:59			
	3	0:28			
	4	0:18			
	5	0:17			
	6	0:39			
28-oct-21	1	0:36			
	2	0:43			
	3	0:31			
	4	0:22			
	5	0:29			
	6	0:29			
	7	0:21			
	8	0:47			
	9	0:24			
	10	0:29			
29-oct-21	1	0:35			
	2	0:28			
	3	0:21			
	4	0:37			
	5	0:38			
	6	0:24			
			0:30	TIEMPO PROMEDIO DE ATENCIÓN	μ
			2	CLIENTES POR HORA	μ

Tabla A3. (Continuación) Tasa de servicios por semanas

Fuente: Elaboración propia

Análisis en el sistema de líneas de espera en la cooperativa CREDICOOP ubicada en Fonseca la Guajira

2-nov-21	1	0:44			
	2	0:37			
	3	0:26			
	4	0:19			
	5	0:33			
	6	0:32			
	7	0:33			
	8	0:48			
	9	0:42			
	10	0:30			
	11	0:23			
3-nov-21	1	0:32			
	2	0:28			
	3	0:36			
	4	0:42			
	5	0:19			
	6	0:22			
	7	0:13			
4-nov-21	1	0:21			
	2	0:26			
	3	0:37			
	4	0:33			
	5	0:49			
	6	0:33			
	7	0:35			
	8	0:31			
	9	0:44			
	10	0:20			
5-nov-21	1	0:25			
	2	0:15			
	3	0:32			
	4	0:34			
			0:31	TIEMPO PROMEDIO DE ATENCIÓN	μ
			1,935484	CLIENTES POR HORA	μ

Tabla A3. (Continuación) Tasa de servicios por semanas

Fuente: Elaboración propia

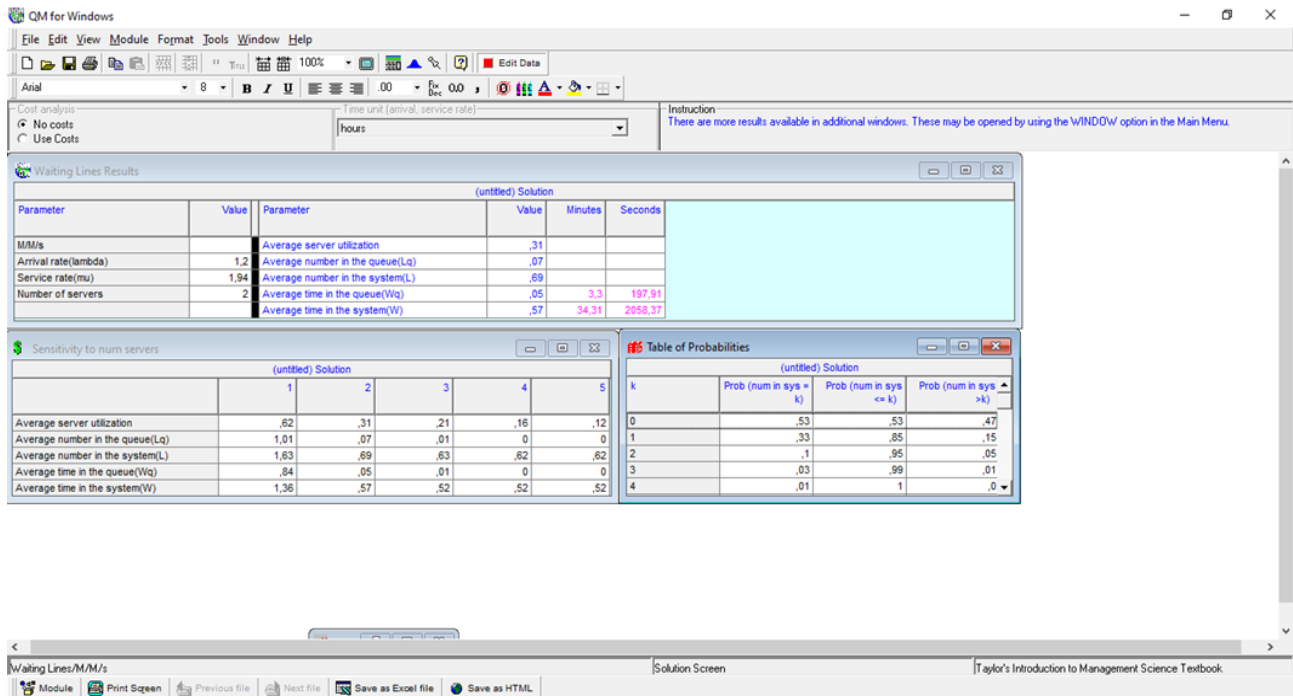


Figura A1. Medidas de rendimiento semana 1

Fuente: Datos calculados en POM QM

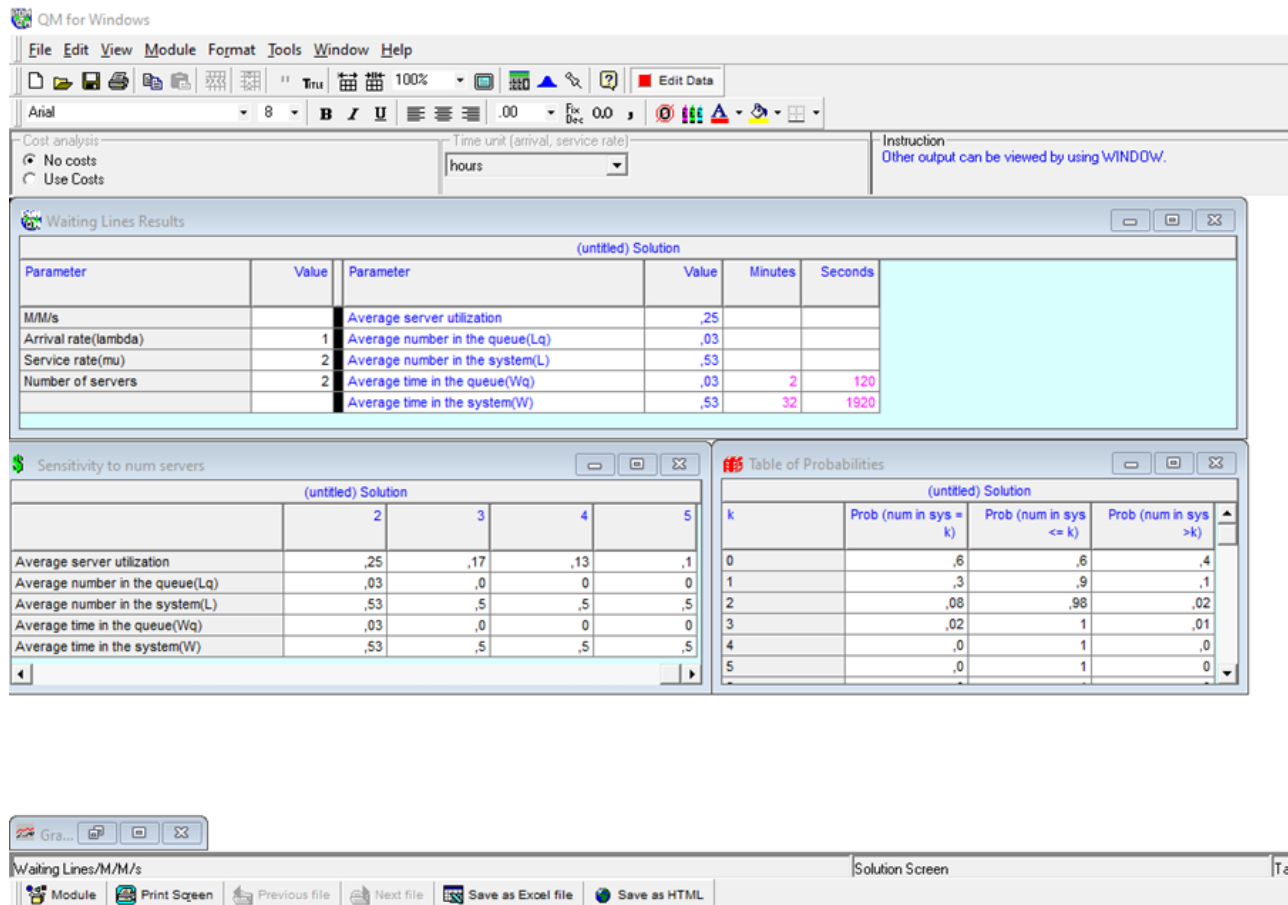


Figura A2. Medidas de rendimiento semana 2
Fuente: Datos calculados en POM QM

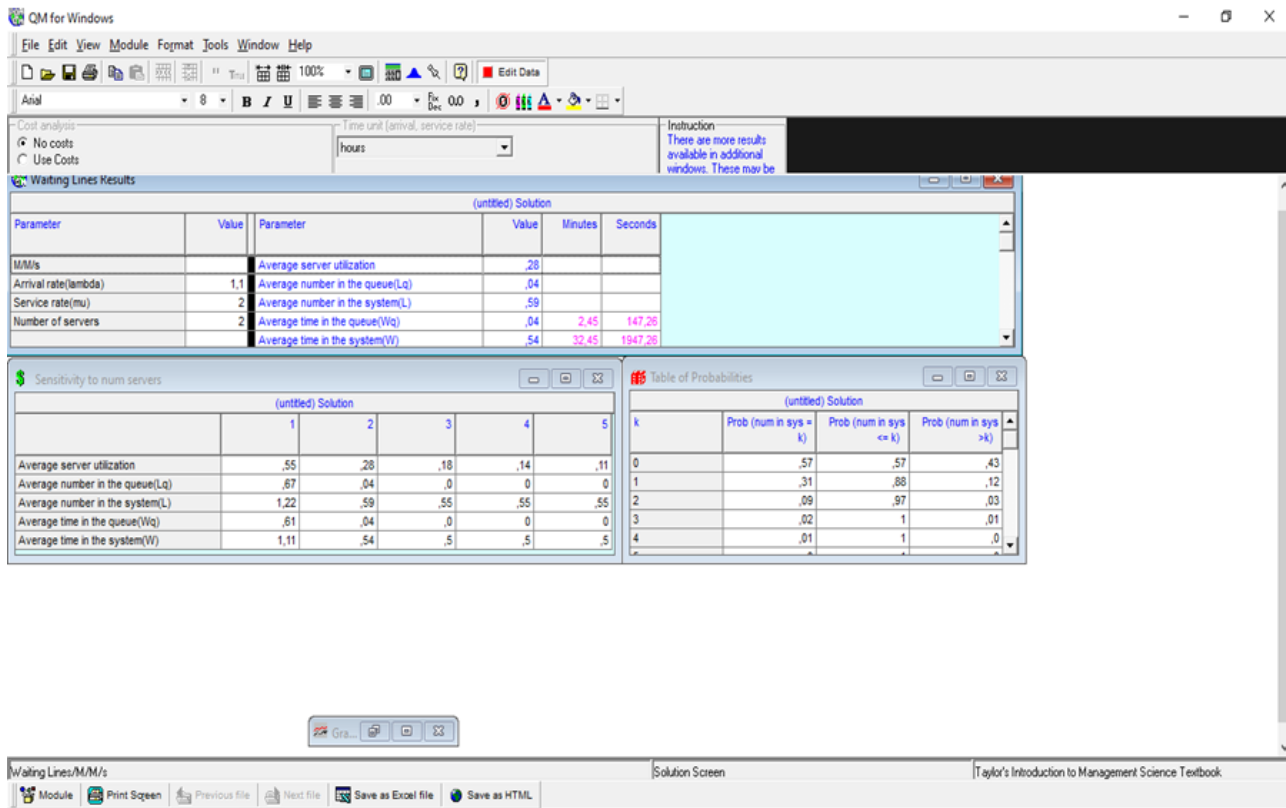


Figura A3. Medidas de rendimiento semana 3

Fuente: Datos calculados en POM QM

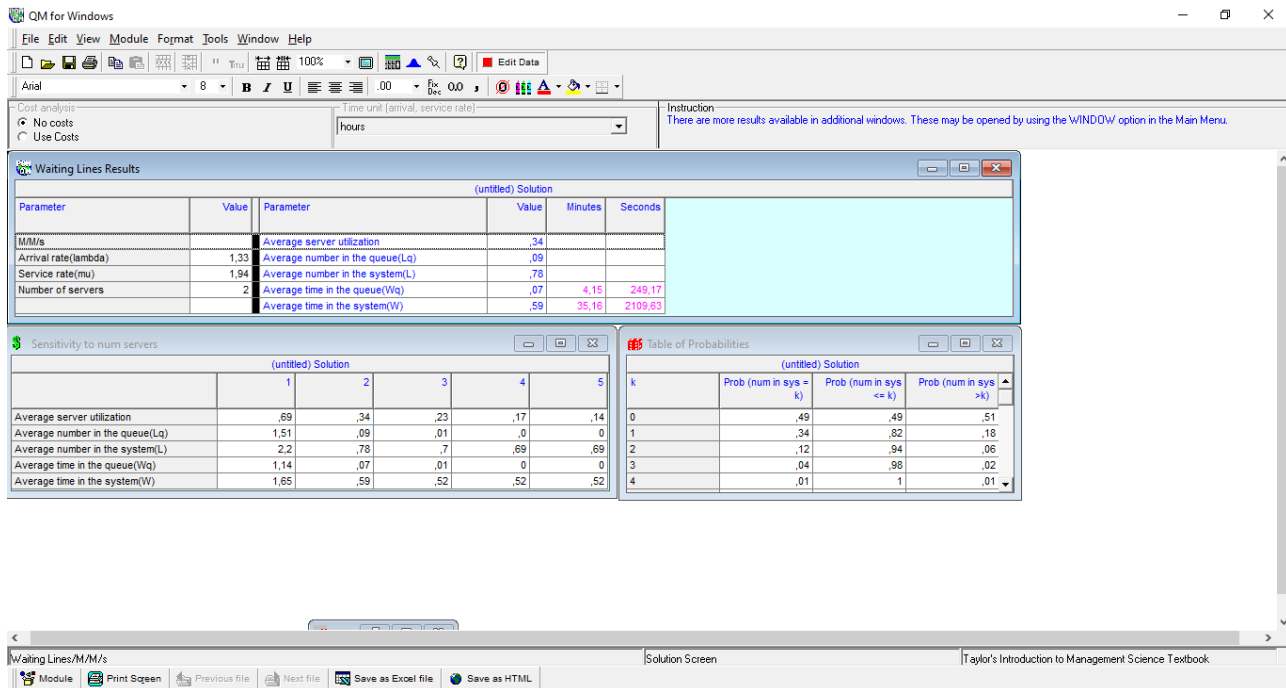


Figura A4. Medidas de rendimiento semana 4

Fuente: Datos calculados en POM QM

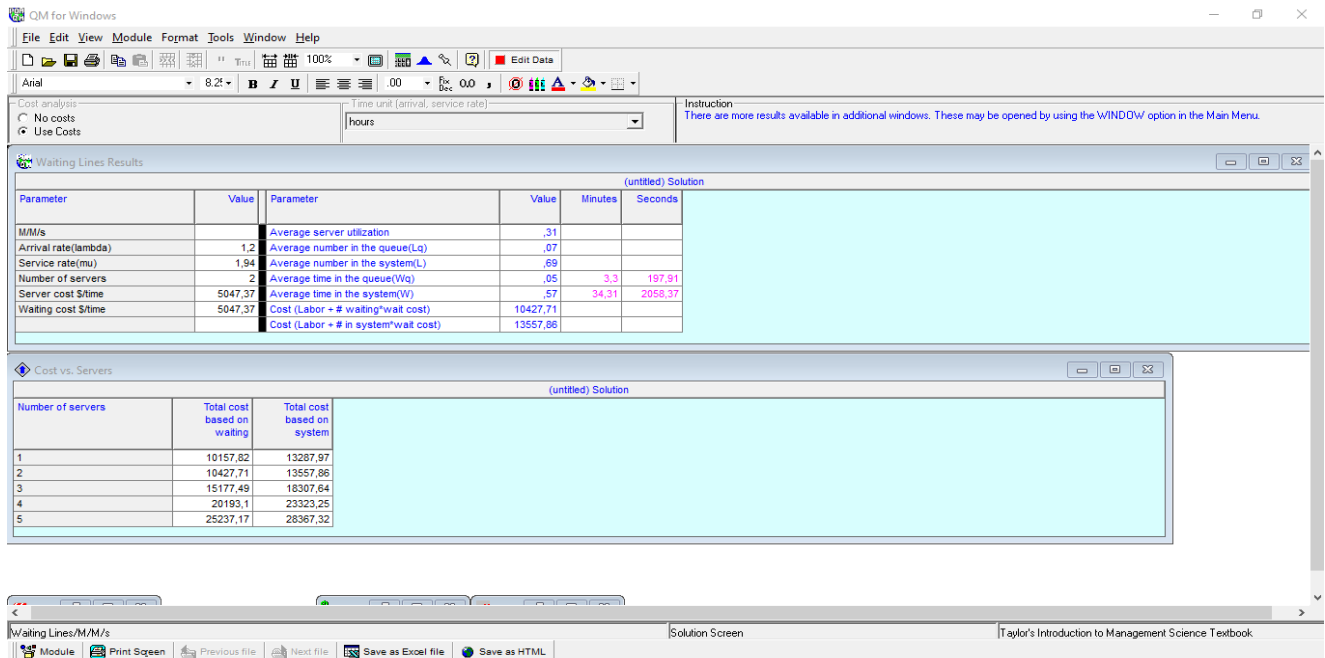


Figura A5. Costo total semana 1
Fuente: Datos calculados en POM QM

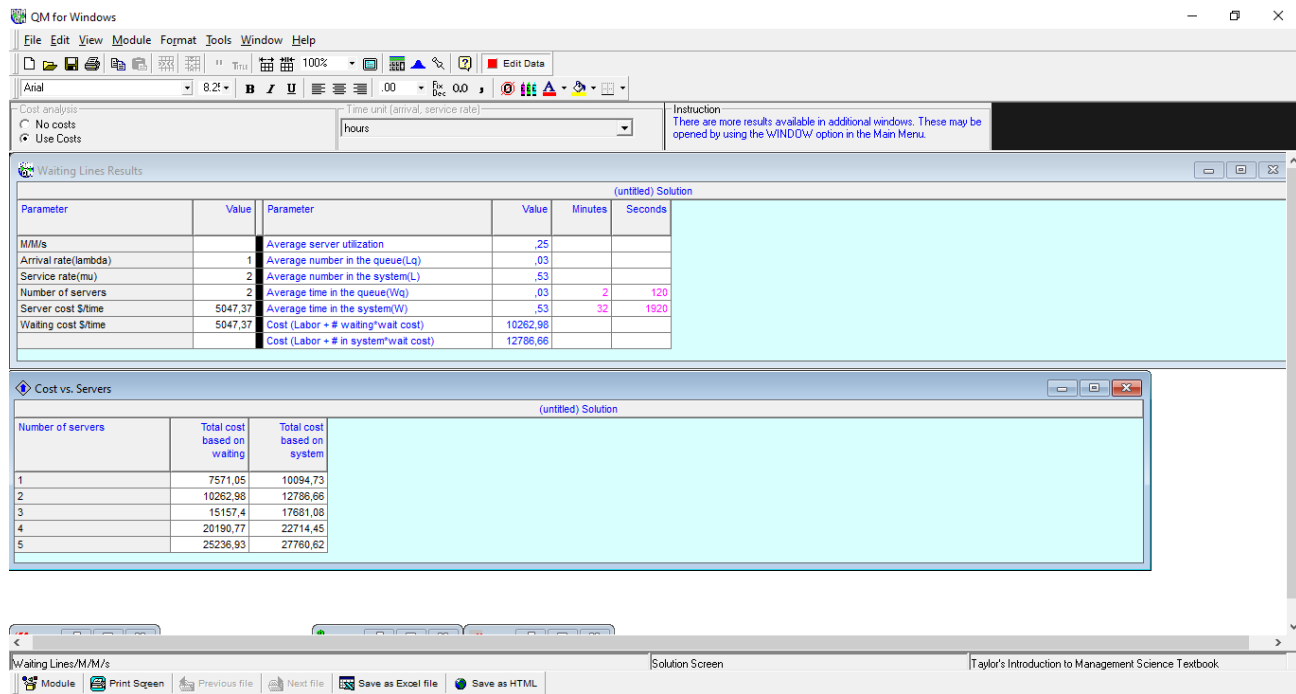


Figura A6. Costo total semana 2
Fuente: Datos calculados en POM QM

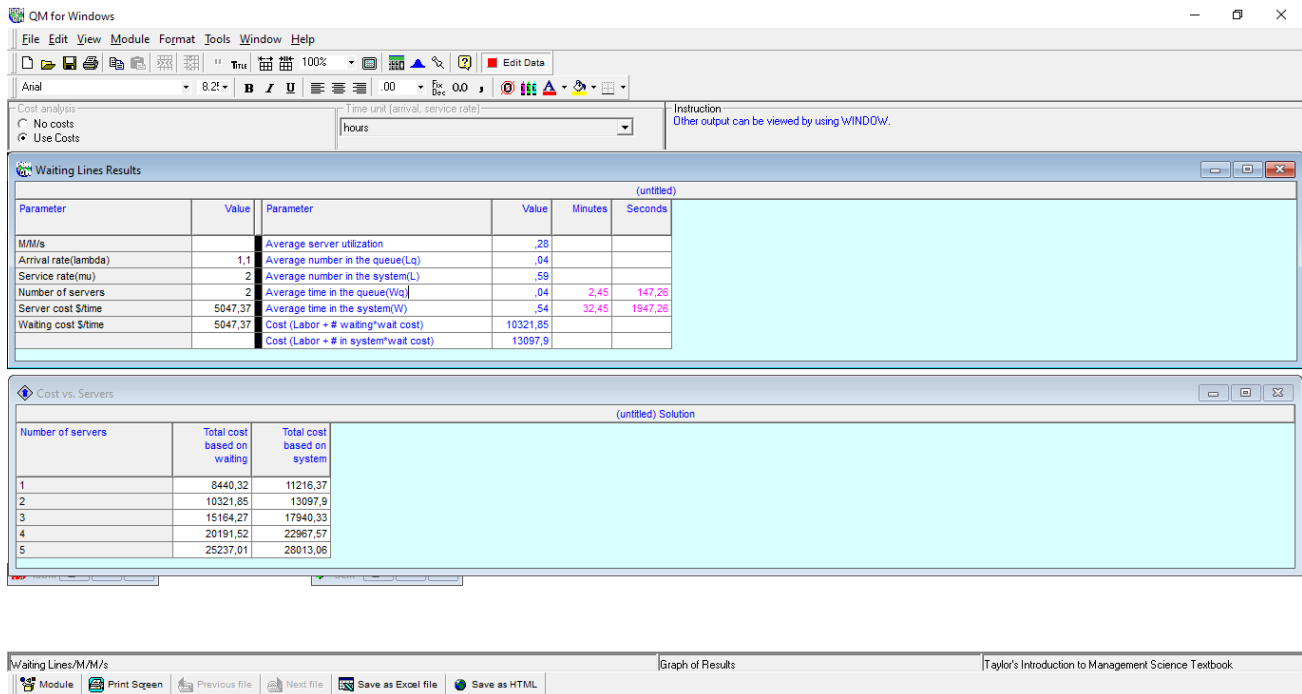


Figura A7. Costo total semana 3
Fuente: Datos calculados en POM QM

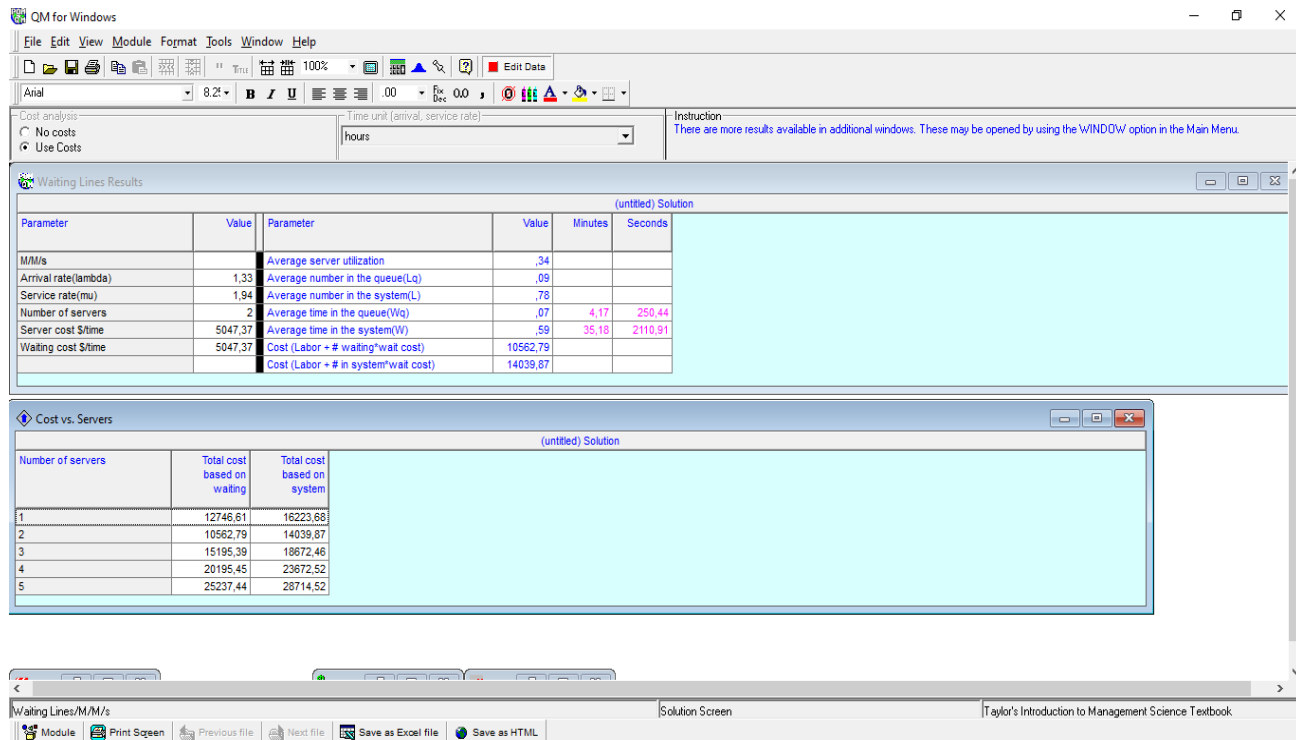


Figura A8. Costo total semana 4
Fuente: Datos calculados en POM QM