

**Teoría de colas para minimizar tiempos de espera en una empresa financiera.****Queuing theory to minimize wait times in a financial company.****Teoría das filas para minimizar o tempo de espera em uma empresa financeira.****Robin Eleazar Acuña Lizárraga<sup>1</sup>, Percy John Ruiz Gómez<sup>2</sup>, Esquivel Paredes Lourdes Jossefyne<sup>3</sup>.****Resumen**

La presente investigación busca estudiar los diferentes modelos de colas que se generan en una entidad bancaria, busco disminuir los tiempos de espera en el área de cajas así mejorar el servicio del banco. El estudio se realizó con la herramienta de recolección, la cual se tomó a los clientes que llegan diariamente al área de cajas, los datos fueron tomados durante 5 semanas de 9 am. a 6 pm., los cuales fueron en días intercalados para hallar el tiempo entre llegadas y tiempo de atención por cliente, además de cuantos clientes se llegaban a atender por hora, así se pudo obtener los datos necesarios para determinar el modelo de colas, las cuales son de 9 am a 2 pm el modelo M/M/1 y de 3 pm a 6 pm el modelo M/M/2. El diagnóstico determina que el desempeño de las colas es estable de 9am hasta 2pm porque no excede su capacidad, pero de 3pm hasta las 6pm el desempeño del sistema de la cola no era estable por que el nivel de saturación excede en 170% su capacidad de servicio y el tiempo de espera del cliente es de 8.37 min, por lo cual era necesario aumentar la tasa de atención de los clientes. Entonces con la ayuda de la teoría de colas y la herramienta computacional WINQSV, se pudo realizar un balance entre servicio y costo. Se llega a determinar la utilización de 2 servidores más, para obtener un tiempo de espera de 1'40'', eliminando 6 veces de tiempo de espera con una velocidad de 15 clientes por hora. Con los valores obtenidos se puede demostrar que la aplicación teórica de colas podemos llegar a disminuir los tiempos de espera de los clientes que llegan al área de cajas de la empresa Mibanco.

**Palabras clave:** Capacidad de servicio, Mibanco, teoría de colas, tiempos de espera.

**Abstract**

The present research looks for to study the different models of queues that are generated in a banking entity, will be applied looking for to reduce the waiting times in the area of boxes thus to improve the service of the bank. The study was performed with the collection tool, which was taken to the clients that arrive daily to the box area, data were taken during 5 weeks from 9 a.m. to 6 p.m. which were on intercalary days to find the time between arrivals And customer service time, in addition to how many clients were served per hour, so that the data needed to determine the queuing model was obtained, which are from 9 am to 2 pm the M / M / 1 model and 3 pm to 6 pm model M / M / 2. The Diagnostics determines that the performance of the queues is stable from 9 am to 2 pm because it does not exceed its capacity, but from 3 pm until 6 pm the performance of the queue system was not stable because the saturation level exceeds 170% of its service capacity and the customer's waiting time is 8.37 minutes, which is why it was necessary to increase the customer service rate. Then with the help of queuing theory and the WINQSV computational tool, a balance between service and cost could be realized. It is determined the use of 2 more servers; To obtain a waiting time of 1'40" eliminating 6 times of waiting time with a speed of 15 clients per hour. With the values obtained it can be shown that the application of theoretical queues can reduce the waiting times of customers who arrive at the carton area of Mi banco.

**Key words:** Service capability, Mibanco. queuing theory, waiting times.

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. robin.ale2109@gmail.com.

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. prg300@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0003-4332-8113>

Dirección de Investigación. Magíster. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. lesquivel@ucv.edu.pe. <http://orcid.org/0000-0001-5541-2940>

Recibido: 20/04/ 2017      Aceptado: 15/05/2017

## Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo estudar os diferentes modelos de filas geradas em um banco, aplicar buscando reduzir os tempos de espera na área de caixas e melhorar banco serviço. O estudo foi realizado com a coleção de ferramentas, o que levou os clientes que chegam diariamente para a área de caixas, os dados foram coletados durante 5 semanas nove horas - seis horas que se encontravam em dias intercalados para encontrar o tempo entre chegadas e tempo de serviço por cliente, além de alguns clientes passaram a participar por hora, por isso, poderia obter os dados necessários para determinar as filas modelo, que são 09:00-14:00 o modelo M / M / 1 e 15:00-18:00 o modelo M / M / 2. O diagnóstico determina que o desempenho das filas é estável nove horas - duas horas que não excede a sua capacidade, mas três horas - seis horas o desempenho do sistema da linha não era estável, porque o nível de saturação excede 170% seu tempo a capacidade de serviço e cliente espera é 8,37 min, por isso foi necessário aumentar a taxa de atendimento ao cliente. Em seguida, com a ajuda da teoria das filas e WINQSV ferramenta computacional, ele poderia fazer um equilíbrio entre o serviço e custo. Você começa a determinar o uso de mais 2 servidores; para um tempo limite de eliminar a 1'40 " 6 vezes o tempo limite com uma taxa de 15 clientes por hora. Com os valores obtidos podem ser demonstrado que a aplicação de fila teórica pode começar a reduzir os tempos de espera para os clientes que chegam à área de caixas Mibanco empresariais.

**Palavras-chave:** *Capacidade de serviço, Mibanco, Teoria das filas, tempos de espera.*

## Introducción

Las necesidades básicas que influyen en la vida de las personas, ocasionan diferentes circunstancias en la realización de sus actividades que permiten la existencia de dilemas en cuanto al manejo del tiempo oportuno en el ejercicio continuo del desarrollo social. Las diferentes temáticas en cuanto al manejo del tiempo y las posibles restricciones que el sistema mismo maneja; permiten orientar un estudio desarrollado por la investigación de la problemática de la teoría de colas. De otra manera se instaura una técnica, que aunque no resuelve en su totalidad el problema, disminuye el impacto que tiene sobre quien lo afronta (empresas prestadoras de servicio) (Barros, 2010).

El origen de la teoría de colas surgió con en el esfuerzo de Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 - 1929), en 1909, para analizar la congestión de tráfico telefónico con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague. Sus investigaciones acabaron en una nueva teoría llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta de valor en negocios debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión llegada-partida. La teoría de las colas es un estudio matemático de las filas o líneas de espera. La formación de líneas de espera es, un fenómeno común que ocurre siempre que la demanda actual de un servicio excede a la capacidad actual de proporcionarlo. Entonces, la meta final es lograr un balance económico entre el costo de servicio y el asociado con la espera por ese servicio (León, 2013).

Los centros de servicio con sistemas de atención en red viven día a día problemas de saturación, ineficiencia y falta de planeación en el diseño adecuado de su modelo de atención. Tanto su concepción como rediseño implica un estudio basado en medidas de desempeño que se ven afectadas constantemente por muchas variables dentro y fuera del sistema. Especialmente el recurso humano es el factor clave en un buen diseño, ya que tiene mayor impacto en las medidas de evaluación y por lo tanto representan el mejor punto de partida para aplicar procesos de mejora, su estudio y análisis solo es posible mediante pruebas estadísticas que evidencien su efecto en los indicadores alrededor de las interacciones con los demás factores que inciden en un modelo de colas (Martínez, 2009).

Debido a la gran cantidad de competidores del sector bancario, la banca actual tiene nuevos retos y cambios estructurales y, por tal motivo, se dificulta la creación de nuevos productos y/o servicios que identifiquen a uno del otro, esto se debe a que los productos y/o servicios son, esencialmente, los mismos. Uno de los elementos identificadores es la calidad en el servicio que se le brinda al cliente. El estudio de las colas proporciona tanto una base teórica del tipo de servicio que podemos esperar de un determinado recurso, como la forma en la cual dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de servicio a sus clientes. El cliente es quien percibe la calidad en el servicio y/o producto cuando se satisface su necesidad y se supera en el momento, en el lugar y con los recursos adecuados. Esta estrategia de calidad no servirá, únicamente, para captar clientes nuevos, sino, también, ayudará a fidelizar a los clientes ya existentes y de esta manera crecer con el mercado objetivo (Rivera, 2011).

Las entidades financieras, como empresas prestadoras de servicios, saben que además de ofrecer diferentes alternativas en sus portafolios de productos y servicios para cada segmento del mercado, cobra mucha relevancia la manera como hacen entrega de ellos a los clientes (Gómez, 2008).

Mibanco es una banca que está orientada a las PYMEs y pequeña empresa, en las personas emergentes emprendedoras que salen adelante con su propio esfuerzo, siendo la segunda microfinanciera más grande del país. La entidad bancaria Mibanco cuenta con un equipo de asesores de negocios altamente calificados que están al servicio y disposición del cliente. En la empresa Mibanco agencia 355 Nuevo Chimbote, se presenta una problemática en el área de cajas que es parte de operaciones, la cual se presenta problemas cada día de la semana y les causa insatisfacción a los clientes que cuenta el banco. Por ello siendo el área de operaciones vital para la atención de los clientes y el desembolso de créditos, pagos de las cuotas y cuentas de ahorros, tanto a personas naturales y jurídicas como también empresas, en ocasiones llega a exceder la capacidad del servidor y no logra brindar una atención rápida y eficiente por el desconocimiento y falta de estudios sobre el tema

Por ello Mibanco tiene el horario de atención de 9 de la mañana hasta las 6 de la tarde, en horario corrido sin interrupción alguna, para de esta manera estar a disposición del cliente todas las horas que sea posible en el día. Durante el transcurso de las horas todo se presenta con normalidad, esto cambia cuando llegan las horas de 3 pm hasta las 6 pm, ya que durante esas horas en el banco se puede presenciar una larga cola en el área de cajas, la cual genera un cuello de botella, cuando los clientes gestionan sus pagos, cobros de sus préstamos otorgados, el depósito de cuentas a plazo fijo y la apertura de cuentas de ahorros.

Este problema que se presenta en ese horario genera una insatisfacción e incomodidad en los clientes por la tardía demora en la atención del cliente en el sector de caja, lo cual es perjudicial para el banco ya que al no llegar a atender a un cliente se genera pérdidas y el banco, de esa manera, pierde una transacción lo cual sería de menos utilidad para el banco; que además de perder ingresos el cliente se va insatisfecho con la calidad de servicio y atención que le brindan por ello es de suma importancia poder llegar remediar esta problemática.

El servicio al cliente es importante para una organización, ya que es a menudo el único contacto que un cliente tiene con una empresa. Los clientes son vitales para una organización, ya que puede ayudar a diferenciar una empresa de sus competidores (Suttle, 2016).

El diseño de las instalaciones, la calidad del personal que está en contacto con los clientes y la confortabilidad de estos, son algunos de dichos aspectos. El último de ellos se ve en gran medida reflejado en el tiempo transcurrido entre el momento de la solicitud del servicio por parte del cliente y aquel en que realmente se lleva a cabo de manera efectiva (Gómez, 2008).

Teoría de colas: Es únicamente un modelo del comportamiento del tráfico que se ve todos los días, como lo puede ser un semáforo, espera de un banco, la fila para conseguir un ticket, así como el

tráfico que se presenta en el envío de paquetes en redes. La teoría de colas presenta un panorama de comportamiento de la cola través del tiempo y el entorno de la misma. El tráfico de redes se puede modelar con la ayuda de la teoría de colas. Existen varias definiciones sobre teoría de colas, como la que menciona Jaime Enrique Varela en el libro introducción a la investigación de operaciones, ya que identifica que la teoría de colas se ocupa del análisis matemático de los fenómenos de las líneas de espera o colas. Además, menciona que las colas se presentan con frecuencia cuando se solicita un servicio por parte de una serie de clientes y tanto el servicio como los clientes son de tipo probabilísticos (Garduño, 2007).

Las líneas de espera: Se forman debido a un desequilibrio temporal entre la demanda de servicio y la capacidad del sistema para suministrarlo. Los análisis de colas ayudan a entender el comportamiento de estos sistemas de servicio (la atención de las cajeras de un banco, mantenimiento y reparaciones, el control de las operaciones en planta, etc.) (Alaya, 2010).

Modelo de un servidor y una cola: Este modelo puede aplicarse a personas esperando en una línea para comprar boletos para el cine, a mecánicos que esperan obtener las herramientas de un expendio o a trabajos de computadora que esperan tiempo de procesador. Es uno de los modelos más antiguo, más sencillos y más comunes de la teoría de colas. Se analizan las suposiciones necesarias para este modelo (Caba, Chamorro y Fontal, 2011).

La disciplina de la cola: Que representa el orden en el que se seleccionan los clientes de una cola, es un factor importante en el análisis de los modelos de colas. La disciplina más común es la de primero en llegar, primero en servirse (PLPS; también FCFS, del inglés first come, first served) (Taha, 2004).

Número de canales del servicio: Es cuando se habla de canales de servicio paralelos, se habla generalmente de una cola que alimenta a varios servidores mientras que el caso de colas independientes se asemeja a múltiples sistemas con sólo un servidor (García, 2016).

Comportamiento de las colas: Las colas se forman debido a un desequilibrio temporal entre la demanda del servicio y la capacidad del sistema para suministrarlo. Las transacciones pueden esperar en cola debido a que los medios existentes sean inadecuados para satisfacer la demanda del servicio; en este caso, la cola tiende a ser explosiva, es decir, a ser cada vez más larga a medida que transcurre el tiempo (Álvarez, 2011).

Comportamiento de las llegadas: La mayoría de los modelos de colas asumen que un cliente que llega es un cliente tolerante. Los clientes tolerantes son gente o máquinas que esperan su turno para recibir el servicio y no se intercambian entre las líneas (Caba, Chamorro y Fontal, 2011).

La investigación presenta el siguiente objetivo general: Aplicar la teoría de colas para minimizar los tiempos de esperan en al área de cajas en la empresa Mibanco agencia 355. Como también los siguientes objetivos específicos: a. diagnosticar el estado actual del sistema de atención en el área de cajas Mibanco agencia 355, b. determinar el tiempo promedio de espera con la tasa promedio de llegadas al área de cajas de la empresa Mibanco agencia 355, c. determinar la velocidad de atención al cliente en el área de cajas de la empresa Mibanco agencia 355, d. determinar el tiempo de espera propuesto luego de haber definido el número de servidores.

En el Trabajo de investigación de Cazorla (2014) los datos fueron recolectados mediante encuestas y fichas de tiempo creados en el software Microsoft Excel obteniendo 964 pacientes para inferir mediante estadística descriptiva e inferencial. La exposición No paramétrica contribuyó en toma de decisiones mediante la hipótesis del “Androcentrismo” que es la práctica consiente o no de otorgar a las personas una posición central en la propia visión del mundo, con una efectividad del 97% y error del 3%. El estudio modelos de colas permitió observar el patrón M/M/1 debería ser reemplazado al M/M/2 con un 100% de credibilidad. Concluyen que el modelo apropiado es de dos

servidores en ventanilla para superar justamente la calificación en satisfacción y aportar al Plan de Desarrollo el Buen Vivir.

Gonzáles (2012), tuvo que recopilar datos sobre el sistema de líneas de espera de la atención al público de la empresa de correduría de seguros. Llegando a la conclusión de que los resultados del estudio empírico recomiendan el empleo de 3 servidores para unos resultados aceptables para la empresa, un tiempo de espera de 6.41 minutos, que no es excesivo ni perjudica la imagen corporativa y un número medio de clientes en la cola de 0.61, valor más que aceptable y que al ser menor que 1 permite un respiro a los comerciales para realizar otras tareas.

Méndez (2014) aplicó la teoría de colas, en una entidad bancaria, obteniendo el tiempo promedio entre llegadas, tasa media de servicio, el factor de utilización del sistema, el tiempo promedio de espera y el número de servidores; llegando a los siguientes resultados: se demostró que las colas del sistema se encontraban colapsadas, porque el tiempo entre llegadas era de 25 clientes por hora, lo cual es mayor a la tasa promedio de servidores que es 9 clientes por hora. Llegando a la conclusión de que con cuatro servidores se puede lograr un sistema estable y cumple con los parámetros adecuados del sistema produciendo menos costos, se aumenta el nivel de atención al cliente en un 73.08% y se logra reducir el tiempo de espera en un 75.87%.

Esta investigación presenta la aplicación la técnica de teoría de colas, para reducir el tiempo de espera para que el cliente sea atendido con un mejor servicio. Además que el estudio a realizarse le servirá a la empresa Mi Banco S.A como línea base para futuras investigaciones que se puedan realizar sobre mejora en el nivel de servicio al cliente, donde lo predominante es la velocidad de atención que va de la mano con la calidad de atención.

### **Material y método**

El diseño de investigación fue Pre- Experimental, para aplicar la teoría de colas con el propósito de minimizar los tiempos de espera.

La población estuvo representada por los tiempos de espera en todas las áreas de operaciones de Mibanco, y la muestra por los tiempos de espera en el área de servicio de cajas de la empresa Mibanco.

### **Técnica e instrumentos para la recolección de datos:**

Para este proceso fue necesario identificar el desempeño en diferentes condiciones además del uso de cálculos matemáticos, análisis de tiempos y con el apoyo de una herramienta computacional, en la Tabla 1 se indican las técnicas e instrumentos:

**Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Objetivos	Técnica	Resultado
Diagnosticar el estado actual del sistema de atención en el área de cajas de la Agencia 355.	Muestreo de tiempos	Ficha de registro de datos de los tiempos
Determinar el tiempo promedio de espera con la tasa promedio de llegadas al área de cajas de la empresa Mibanco agencia 355.	Cálculo matemático Análisis de tiempos	Ficha de registro de datos de los tiempos
Determinar la velocidad de atención al cliente en el área de cajas de la empresa Mibanco Agencia 355.	Cálculo matemático Análisis de tiempos	Ficha de registro de datos de los tiempos
Determinar el tiempo de llegada propuesto luego de haber definido el número de servidores, vía simulación mediante una herramienta computacional WINQSB.	Herramienta computacional	Programa WINQSB

**Fuente:** Elaboración propia.

## Resultados

Para el diagnóstico se trabajó con una población de 150 individuos

$$n = \frac{N\sigma^2 Z_\alpha^2}{e^2(N-1) + \sigma^2 Z_\alpha^2}$$

Dónde: N= 208,  $Z_\alpha = 1.96$ ,  $\sigma = 0.5$ , nivel de confianza:  $1-\alpha = 95\% \cong 1.96$ , error muestral (e):  $5\% = 0.05$ . Reemplazando,  $n=150$

La evaluación se realizó en base un estudio durante 5 semanas en distintas horas del día entre las 9 am a 6 pm, los tiempos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Tiempo promedio de servicio y tiempo entre llegadas.**

Tiempo promedio	9 am - 10 am	10 am - 11 am	11 am - 12 am	12 am - 1 pm	1 pm - 2 pm	2 pm - 3pm	3 pm - 4 pm	4 pm - 5 pm	5 pm - 6 pm
Servicio	2,65	3,20	3,24	3,36	3,53	2,87	4,58	4,11	3,40
Entre llegadas	2,79	3,38	3,46	3,59	3,77	3,01	2,02	1,53	1,16

**Fuente:** Elaboración propia.

## Análisis del tiempo

Después del análisis de los datos de tiempos de llegada al servidor y tiempos de servicio, el modelo de cola Markoviana que se presenta es el siguiente:

M/M/1 de 9 am a 2 pm y M/M/2 de 2 pm a 6pm

Dónde: M = Tiempos de llegadas que obedecen a una distribución exponencial. M = Distribución de los tiempos de servicio se da de manera exponencial, ya que cada cliente viene por una operación diferente. 1 y 2 son los servidores con los cuales se trabaja.

Luego de obtener toda la data de los tiempos entre llegada y el tiempo de servicio se sacó un promedio general de las 5 semanas, con el cual podremos aplicar la teoría de colas. Para poder poner en práctica y aplicar la teoría de debemos hallar ( $\mu$ ) y ( $\lambda$ ), los cuales se deben para a horas (h), para de esa forma poder aplicar las ecuaciones respectivas de la siguiente manera:  $\mu$  = velocidad de servicio y  $\lambda$ = velocidad de llegadas.

Número promedio de clientes en el sistema.  $L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

Tiempo promedio en el cual un cliente está en el sistema.  $W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$

Número promedio de clientes esperando en la fila.  $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$

Tiempo promedio en que un cliente espera en la fila.  $W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$

Factor de uso del sistema o del servidor.  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

Probabilidad de que ningún cliente se encuentre en el sistema.  $P_0 = 1 - \rho$

Siendo la situación de estabilidad del sistema  $\rho < 1$  el sistema actual no es estable, por lo cual la fórmula de espera no puede ser aplicada. Los modelos de cola en que las llegadas y las salidas no siguen la distribución de Poisson son complicados. En general, en esos casos se aconseja usar la simulación como método alternativo para analizarlos (Taha, 2012). Se analizará con la ayuda de la teoría de colas todas las horas en que está en funcionamiento en el banco, presentado a continuación:

**Tabla 3. Análisis de tiempo y clientes aplicando la teoría de colas.**

Horas	Modelo	Ls	Ws	Lq	Wq	P	Po		
9 am a 10 am	M/M/1	22,61	21,53	20	1,55 min	19	1,38 min	95,26%	4,74%
				clientes		clientes			
10 am a 11 am	M/M/1	18,73	17,74	18	1,40 min	17	1,36 min	94,73%	5,27%
				clientes		clientes			
11 am a 12 am	M/M/1	18,5	17,35	15	1,27 min	14	1,21 min	93,76%	6,24%
				clientes		clientes			
12 am a 1:00 pm	M/M/1	17,85	16,71	15	1,28 min	14	1,22 min	93,66%	6,34%
				clientes		clientes			
1:00 pm a 2:00 pm	M/M/1	17,02	15,92	15	1,31 min	14	1,26 min	93,57%	6,43%
				clientes		clientes			
2:00 pm a 3:00 pm	M/M/1	21,92	19,92	20	1,40 min	19	1,36 min	95,25%	4,75%
				clientes		clientes			
3:00 pm a 4:00 pm	M/M/2	13,09	29,64	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	226,42%	Inestable
4:00 pm a 5:00 pm	M/M/2	14,61	39,28	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	268,79%	Inestable
5:00 pm a 6:00 pm	M/M/4	17,66	51,54	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	291,79%	Inestable

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3, se muestra el diagnóstico situacional en que se encuentra el banco, en los intervalos de 9 am a 3 pm cuenta con el modelo M/M/1, el sistema se mantiene estable dentro del 95% y no hay problemas, sin embargo en el intervalo de 3 pm a 6 pm se encuentra en graves problemas. El sistema es inestable por que excede la capacidad del 100%.

**A continuación se analiza la situación del banco entre las 3 pm a 6 pm.** Se determinó el número promedio de clientes que llegan, los que son atendidos y el tiempo de espera promedio en los intervalos de 3 pm a 6 pm.

**Tabla 4. Promedio de clientes que llegan y son atendidos de 3 pm a 6 pm en 5 semanas.**

Promedio de 3pm a 6:00 pm	Cientes/hora
Cientes que llegan	39,4
Cientes atendidos	14,94
Tiempo de espera	8,39

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **Cálculo de los costos de servicio y de espera.**

El costo del servicio se refiere al costo de paga promedio que se tiene por cada servidor. En cuanto al costo del personal de operaciones (recibidor-pagador), el ingreso mensual resulta de lo siguiente: a. sueldo (S), b. que es sueldo básico (SB), c. el riesgo de caja (RC), d. y la asignación familiar (AF), e. más la doceava parte de dos sueldos de su gratificación (G), f. más la doceava parte de su sueldo por vacaciones (V), g. más el 9% de contribución a ESSALUD con un sueldo mensual de S/. 1779.00 y el costo por hora se obtiene dividiendo el costo por día entre las 8 horas que se laboran es de S/. 59,30 y el ingreso por hora es S/. 7.41.

#### **Costo de no atender a un cliente.**

Cuando nos referimos al costo de no atender a un cliente, está representado por la pérdida de ingresos que tiene el banco por no llegar a atender a un cliente. Por lo general todos los clientes que llegan son una fuente de ingreso para el banco, ya sea para ser algún depósito, algún pago, desembolso entre otros ya que sería una perdida para el banco no llegar a atender a los clientes. Para poder tener esa información se recopiló información de la tabla de datos observables.

Con los datos registrados, la información entregada por el banco a través del área de operaciones; se obtuvo el monto promedio de transacción realizada por el cliente y la tasa de interés de cada operación.

**Tabla 5. Ingreso y tasa de interés promedio que obtiene el banco por cada transacción de 3pm a 6pm.**

Ingreso promedio (S/.) general por cliente de 3 a 6	1281.68
Tasa promedio general de interés por cliente de 3 a 6	3.75

**Fuente:** Elaboración propia.

El costo por no atender al cliente en una hora es de S/.1281.68, multiplicado por la tasa de interés que es 3.75%; esto indica que el costo de atención por clientes es de S/. 48.06.

### Incremento de ingreso por aumento de servidores.

A través del programa winqsb, se obtuvo el número óptimo de servidores, esto se detalla en la Tabla 6.

**Tabla 6. Diferencia de atención entre el cliente actual y propuesto.**

Servidores	Cientes por servidor	Cientes por atender	
2	15	30	Actual
3	15	45	Propuesto
4	15	60	Propuesto
5	15	75	Propuesto

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 6, se observa que con 3 servidores se podría atender 15 clientes más por hora, con 4 servidores se podrán atender a 30 clientes más por hora y con 5 servidores se podrán atender a 45 clientes más por hora; de esa manera se llegaría a disminuir los costos por no llegar a atender a un cliente.

### Ganancia bruta que deja de percibir el banco.

Se presenta en la Tabla 7, la ganancia bruta del banco, el cual se halló con las propuestas del modelo M/M/3, M/M/4 y M/M/5, se presenta a continuación:

**Tabla 7. Ganancia bruta que deja de percibir el banco con modelos propuestos por hora.**

Nº de servidores	Cientes que se atenderán/h	Ingreso de cliente/h	Ingreso al banco/h	Tasa de interés	Ganancia bruta/hora
3	15	1281,68	19225,2	3,75	720,95
4	30	1281,68	38450,4	3,75	1441,89
5	45	1281,68	57675,6	3,75	2162,84

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 7, se halló la ganancia bruta del banco que deja de percibir por no contar con 3 servidores el cual le genera una ganancia bruta de S/.720.95 por hora, con 4 servidores el cual le genera una ganancia bruta de S/.1441.89 por hora y con 5 servidores el cual le genera una ganancia bruta de S/.2162.84 por hora; comparando con el costo de servicio y por no atender a un cliente, el cual se hallará a continuación.

### Costos y servidores necesarios con la ayuda de WINQSB.

En la empresa Mibanco, banco de la microempresa S.A se cuenta con dos cajero de 3 pm a 6 pm, las llegadas de los clientes es de 39.4 clientes por hora y éste solo puede atender a 15 clientes por hora. Se llega a calcular según estimaciones y datos recopilados que el costo por contratar un nuevo

cajero es de S/. 7.41 por hora y el costo de no atender a un cliente es de S/.48.06. Se requiere calcular el número de óptimo de servidores para tener un sistema estable en el que se pueda atender con mayor rapidez a los clientes que llegan.

**Tabla 8. Costo de atención por hora de cada servidor de 3 pm a 6 pm.**

Nº de Servidores	Costos de operación	Vel. de atención/hora
3	22,23	45
4	29,64	60
5	37,05	75

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 9. Promedio de tiempos de servicio y tiempo entre llegadas de 3 pm a 6 pm.**

Promedio de 3pm a 6:00 pm	Cientes/hora
Cientes que llegan	39,40
Cientes atendidos	14,94

**Fuente:** Elaboración propia.

La velocidad de atención o servicio ( $\mu$ ) es igual a 15 clientes por hora y también tenemos la velocidad entre llegadas del cliente ( $\lambda$ ) es de 39 clientes por hora.

Hallando los costos con la ayuda de la herramienta computacional WINQSB.

Pasamos al programa computacional WINQSB, todos los datos obtenidos: Modelo 01 – Con 03 Servidor (3 pm a 6 pm)

**Tabla 10. Modelo con 03 Servidores con el WINQSB.**

MIBANCO ANÁLISIS DE 3 PM A 6 PM	
MEDIDA DE RENDIMIENTO	RESULTADO
Sistema M/M/3	Formula
Tiempo de llegada de clientes por hora	39
Tiempo de servicio de cliente por hora	15
Utilización del sistema	86.67%
Promedio de clientes en el sistema (L)	7.53
Promedio de clientes en la cola (Lq)	4.93
Numero promedio de clientes en un sistema ocupado (Lb)	6.5
Tiempo promedio del cliente en el sistema (W)	0.0931 h
Tiempo promedio del cliente en la cola (Wq)	0.0565 h
Tiempo promedio del cliente en un sistema ocupado (Wb)	0.0667 h
Costo de servidor en uso por ahora	19.26
Costo de servidor inactivo por hora	2.96
Costo de espera del cliente por hora	237.07
<b>Costo total por hora</b>	<b>259.30</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 10, se observan las medidas de desempeño elaborado por el programa WINQSB del modelo M/M/3, con los datos que se ingresaron como valores de tasas o promedio de llegada y la capacidad de atención, en la cual tenemos una utilización del sistema de 86.67%, con un promedio de 5 clientes en la cola, también tenemos el tiempo promedio de clientes en la cola por un valor de 5'39'' por cliente; esto se debe a la implementación de un nuevo sistema con 3 servidores, atendiendo con una capacidad de 45 clientes por hora, con un costo total de S/.259.30 por hora.

En la Tabla 11, se observa las medidas de desempeño elaborado por el programa WINQSB del modelo M/M/4, con los datos que se ingresaron como valores de tasas o promedio de llegada y la capacidad de atención, en la cual tenemos una utilización del sistema de 65%, con un promedio de 1 clientes en la cola, también tenemos el tiempo promedio de clientes en la cola por un valor de 1'41'' por cliente, esto se debe a la implementación de un nuevo sistema con 4 servidores, atendiendo con una capacidad de 60 clientes por hora, con un costo total de S/.61.27 nuevos soles por hora.

**Tabla 11. Modelo 02 - Con 04 servidores (3 pm a 6 pm)**

MIBANCO ANÁLISIS DE 3 PM A 6 PM	
MEDIDA DE RENDIMIENTO	RESULTADO
Sistema M/M/4	Formula
Tiempo de llegada de clientes por hora	39
Tiempo de servicio de cliente por hora	15
Utilización del sistema	65.00%
Promedio de clientes en el sistema (L)	3.25
Promedio de clientes en la cola (Lq)	0.65
Numero promedio de clientes en un sistema ocupado (Lb)	1.85
Tiempo promedio del cliente en el sistema (W)	0.0835 h
Tiempo promedio del cliente en la cola (Wq)	0.0169 h
Tiempo promedio del cliente en un sistema ocupado (Wb)	0.0476 h
Costo de servidor en uso por hora	19.26
Costo de servidor inactivo por hora	10.37
Costo de espera del cliente por hora	31.63
Costo total por hora	61.27

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 12, se observar las medidas de desempeño elaborado por el programa WINQSB del modelo M/M/5, con los datos que se ingresaron como valores de tasas o promedio de llegada y la capacidad de atención, en la cual tenemos una utilización del sistema de 52%, con un promedio de 1 clientes en la cola, también tenemos el tiempo promedio de clientes en la cola por un valor de 0'25'' por cliente, esto se debe a la implementación de un nuevo sistema con 5 servidores, atendiendo con una capacidad de 75 clientes por hora, con un costo total de S/.44.78 nuevos soles por hora.

**Tabla 12. Modelo 03 - Con 05 servidores (3 pm a 6 pm)**

MIBANCO ANÁLISIS DE 3 PM A 6 PM	
MEDIDA DE RENDIMIENTO	RESULTADO
Sistema M/M/5	Formula
Tiempo de llegada de clientes por hora	39
Tiempo de servicio de cliente por hora	15
Utilización del sistema	52.00%
Promedio de clientes en el sistema (L)	2.76
Promedio de clientes en la cola (Lq)	0.16
Numero promedio de clientes en un sistema ocupado (Lb)	1.08
Tiempo promedio del cliente en el sistema (W)	0.0708 h
Tiempo promedio del cliente en la cola (Wq)	0.0041 h
Tiempo promedio del cliente en un sistema ocupado (Wb)	0.0278 h
Costo de servidor en uso por hora	19.26
Costo de servidor inactivo por hora	17.78
Costo de espera del cliente por hora	7.73
Costo total por hora	44.78

**Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis de costo servidor y tiempo de espera.

En la Tabla 13, se resumen los costos según número de servidores óptimos, así también el tiempo de espera.

**Tabla 13. Costo totales por cada Servidor 3 pm a 6 pm.**

Nº	Numero de servidores	Capacidad de la cola	Costo total	Costo de servidor en uso	Costo de servicio inactivo	Costo de espera	Tiempo de espera
1	1	Inestable	Sistema!	Sistema!	Sistema!	Sistema!	Sistema!
2	2	Inestable	Sistema!	Sistema!	Sistema!	Sistema!	Sistema!
3	3	86.67%	259.30	19.26	2.96	237.07	5'39''
4	4	65%	61.27	19.26	10.37	31.63	1'41''
5	5	52%	44.78	19.26	17.78	7.73	0'25''

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 13, se observan las medidas de desempeño elaborado por el programa WINQSB, resultando que el modelo a proponer es M/M/4; que cuenta con 4 servidores, con una capacidad 65%, un costo total de S/.61.27 y un tiempo de espera de 1'41'' por hora. Cabe mencionar que el espacio del área de cajas de Mibanco solo cuenta con la capacidad (espacio) de contar con 4 servidores.

## Discusión

En el diagnóstico se identificó que en los intervalos de las hora de 9am a 2pm, el sistema M/M/1 cumple con su objetivo, dado que el sistema no colapsa y es estable porque se mantiene  $<1$ , pero en el intervalo de horas de 3pm a 6pm, es lo contrario ya que el sistema M/M/2 colapsa y por ello es inestable porque es  $>1$ , por ello se trabajó en este intervalo para poder llegar encontrar el número de servidores óptimo con un sistemas M/M/4; con la cual se observa una situación similar en la investigación realizada por Franklin Cazorla, quien concluye que el estudio modelos de colas permitió observar el patrón M/M/1 debería ser remplazado al M/M/2 con un 100% de credibilidad ya que ese es el modelo apropiado; con ello se corrobora que se obtuvieron resultados similares ya que también cuenta con un modelo se cola M/M/2 (Cazorla, 2014).

De acuerdo a la data obtenida por la toma de tiempos y cálculos realizados se halló que el tiempo promedio de espera de los clientes en cola en el intervalo de 3 pm a 6 pm era de 8'39'', porque se contaba con dos servidores, lo que nos daba un sistema inestable, además del demasiado tiempo de espera lo cual a los clientes le generaba incomodidad; con lo cual se puede corroborar la similitud con el artículo de investigación de Medina, Medina y González, en la cual busca reducir los tiempos de espera de pacientes del área de obstetricia-ginecología abarcando desde su llegada hasta la salida del área de emergencias, donde se pudieron identificar los cuellos de botellas principales; dónde concluye que, al incorporarse dos camas más en el área de observación, el tiempo de espera promedio debe ser de 8.48 minutos, con lo cual constatamos que llegamos a obtener una similitud con esta investigación porque también presenta un problema con el tiempo de espera (Medina, Medina y González, 2010).

Mediante la data de tiempos obtenida se llegó a obtener el promedio de llegadas de los clientes en los intervalos de 3pm a 6pm, el cual se llegó a determinar que es de 1.57minutos; lo que hace un total de 39 clientes por hora; con la cual podemos observar en el proyecto de investigación de Alisson Méndez, que llega a demostrar que las colas en el sistema de la Caja Sullana se encontraban colapsadas, porque el tiempo entre llegadas era de 25 clientes por hora, lo cual es mayor a la tasa promedio de servidores que es 9 clientes por hora; con lo cual llegamos corroborar tener una similitud con este caso porque también llega a obtener el tiempo entre llegadas y la tasa de promedio de servidores por hora (Méndez, 2014).

Con la ayuda de la data obtenida de tiempos podemos llegar a obtener la velocidad atención que tiene el servidor, el cual se determinó el tiempo de atención servicio es de 4 minutos y se lograban atender en una hora 15 clientes en la cola, de los 39 que llegaban por hora, entre 3 pm y 6 pm: Pedro Gonzales Vera en su investigación llega a la conclusión de que los resultados del estudio empírico recomiendan el empleo de 3 servidores para unos resultados aceptables para la empresa, con una velocidad de atención de 6.41 min (González, 2012).

Después de haber aplicado la teoría de colas y el programa computacional WINQSB llegamos a obtener un tiempo de espera de 1'41'' con 4 servidores en el sistema, en el cual nos damos cuenta que casi se elimina el 6 veces de tiempo de espera; de igual manera se puede observar esta situación en la tesis de Zoila Cano Fernández en donde después de realizar el estudio y aplicar el estímulo se tuvo como resultado que el tiempo de espera final de los clientes era de 3' 17'' con 3 servidores en el sistema, esto quiere decir que se pudo establecer el sistema y poder abastecer la cola; con la cual podemos corroborar la similitud esta investigación porque se llega a determinar el tiempo de espera final propuesto aumentando 2 servidores más (Cano, 2015).

## Referencias bibliográficas

- Alaya, M. (2007). *Análisis y aplicación de teoría de colas.pdf* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://132.248.9.195/pd2008/0626911/Index.html>.
- Álvarez, H.R. (2011). *Introducción a la simulación*. [en línea]. Panamá: Recuperado de <http://humberto-r-alvarez-a.webs.com/Varios/Documento completo.pdf>.
- Barros, J. (2010). *La historia de la teoría de colas*. 03 de diciembre [en línea]. [Consulta: 18 junio 1a. C.]. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/44609383/La-Historia-de-La-Teoria-de-Colas?>
- Caba, N., Chamorro, O. y Fontalvo, T. (2011). *Toma de decisiones a través de la investigación de operaciones* [en línea]. Libro 969. S.l.: s.n. Recuperado de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/969/lineas de espera teoría de colas.html?>
- Cano, Z., 2015. *Aplicación de teoría de colas para reducir el tiempo de espera de los clientes dentro del área de operaciones en la empresa Mibanco S.A. Chimbote 2015*. S.l.: Universidad César Vallejo.
- Cazorla, F., 2014. *Análisis estadístico mediante teoría de colas para determinar el nivel de satisfacción del paciente atendido en el departamento de admisiones del Hospital Provincial General* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/3207>.
- García, J. (2016). *Aplicando teoría de colas en dirección de operaciones*. [en línea]. Valencia: Recuperado de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/Teoriadecolasdoc.pdf>.
- Garduño, F. (2007). *Software para dimensionamiento de troncales para redes* [en línea]. S.l.: Universidad de la Américas, Puebla. Recuperado de [http://caterina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/garduno\\_a\\_f/capitulo2.pdf](http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/capitulo2.pdf).
- Gómez, F. (2008). *Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera*. [en línea]. Universidad Eafit - Medellín, pp. 51-63. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/154>.
- González, P. (2012). *Aplicación de la teoría de colas a la atención al público de una correduría de seguros*. [en línea]. Cartagena: Recuperado de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3660/tfg299.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- León, G. (2013). *Simulación de sistemas - Teoría de colas*. [en línea]. México: Recuperado de <http://uat.gustavoleon.com.mx/SSU3 - Teoría de Colas.pdf?>
- Martínez, C. (2009). *Análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e híper erlang para la asignación eficiente de los recursos* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis285.pdf>.
- Medina, S., Medina, A. y González, Á. (2010). Reducir tiempos de espera de pacientes en el departamento de emergencias de un hospital utilizando simulación. *Industrial Data* [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 067-076. ISSN 1810-9993. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6170>.

- 
- Méndez, A. (2014). *La aplicación de la teoría de colas como herramienta para optimizar el nivel de atención al cliente en Caja Municipal Sullana*. S.l.: Universidad César Vallejo.
- Rivera, K. (2011). *Influencia del tiempo de espera en la calidad del servicio al cliente en el Banco de Crédito* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Recuperado de <http://documents.tips/documents/tesis-teoria-de-colas-banco-bcr.html>.
- Suttle, R. (2016). ¿Por qué es importante el servicio al cliente para una organización? *La voz 2016* [en línea]. [Consulta: 19 junio 1a. C.]. Recuperado de <http://pyme.lavoztx.com/por-qu-es-importante-el-servicio-al-cliente-para-una-organizacin-4682.html?>
- Taha, H.A. (2004). *Investigación de operaciones* [en línea]. 7a edición. México. Recuperado de <http://es.slideshare.net/waltermillarreal376/handy-t-2004-investigacin-de-operaciones>.
- Taha, H.A. (2012). *Modelo de transbordo* [en línea]. México. Recuperado de <https://jrvargas.files.wordpress.com/2009/01/investigac3b3n-de-operaciones-9na-edicic3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>.
- Vásquez, C. (2013). *Teoría de colas*. [en línea]. Venezuela: Recuperado de <http://www.slideshare.net/JavierGuzman16/teoria-de-colas-28091185?>
- Wikipedia, 2015. *Base de Datos*. 29 de junio [en línea]. [Consulta: 19 junio 1a. C.]. Recuperado de <http://myslide.es/documents/manual-sql-por-wikipedia-5590a859c1296.html?>