

## IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE TEORÍA DE COLAS EN UN APARTADO DE AUTOSERVICIO

Gisselle Valentina Salas Roa  
CC 1.001.779.074  
Código estudiantil: 201811490416  
Correo: [gisselle.salas@unisimonbolivar.edu.co](mailto:gisselle.salas@unisimonbolivar.edu.co)

Amelia Cristina Muñoz Iglesias  
CC 1.001.851.394  
Código estudiantil: 201811493154  
[amelia.munoz@unisimonbolivar.edu.co](mailto:amelia.munoz@unisimonbolivar.edu.co)

Anderson Peter Echavarría Collante  
CC 1.001.938.471  
Código estudiantil: 201811495100  
Correo: [anderson.echeverria@unisimonbolivar.edu.co](mailto:anderson.echeverria@unisimonbolivar.edu.co)

Mario Andrés Romero De La Rosa  
CC 1.002.247.874  
Código estudiantil: 201811493754  
Correo: [mario.delarosa@unisimonbolivar.edu.co](mailto:mario.delarosa@unisimonbolivar.edu.co)

Trabajo de Investigación del Programa **Ingeniería Industrial**

Tutor:  
**Alexander de Jesús Pulido Rojano**

### RESUMEN

**Antecedentes:** La teoría de colas es el estudio que se encarga de recopilar información acerca de las líneas de espera que se generan una vez un cliente solicita un servicio. Podríamos decir que la teoría de colas es una iniciativa para mantener un control acerca este tipo de problemática las cuales tienden a ser muy comunes en las empresas, con base a la información que se reúne se podría implementar soluciones optimas que permitan mantener un equilibrio entre costos y servicios. Algunos de los elementos que conforman la teoría de colas son los clientes que sería la población que requiere el servicio, la capacidad de cola la cual se refiere al máximo límite de clientes que pueden pedir el servicio, la disciplina de cola la cual refiere al orden que se les otorga a los clientes para obtener el servicio, el mecanismo de servicio siendo este quien define si se tendrá una o más instalaciones que proporcione el servicio, las redes de colas quienes definen que

tipo específico de servicio es según una cola y por último el proceso de servicio el cual cumple que tipo de atención se le da a un cliente.

**Objetivos:** Esta investigación propuso estudiar y calcular las características de operación del servicio de un autoservicio y estudiar su eficiencia implementando el modelo analítico tradicional de teoría de colas.

**Materiales y Métodos:** Se realizaron varias pruebas de tiempo sacando así datos como; Tiempo entre llegadas, tiempo de llegada, tiempo de inicio de servicio, tiempo de espera (del cual se busca mejorar), tiempo de servicio y, por último, tiempo de finalización, implementamos el modelo M/M/c, con  $c = 4$  y  $c = 5$ . Los costos totales del sistema también fueron calculados y analizados.

**Resultados:** El análisis de líneas de espera, mostrado anteriormente, con sus cálculos específicos que nos muestra la probabilidad de que no haya unidades en el sistema y nos arroja un valor de 0,002792, también calculamos el número promedio de unidades en la línea de espera  $Lq=32,203$  pedido, el número promedio de unidades en el sistema  $Ls=36,08$  pedido, el tiempo promedio que la unidad pasa en la línea de espera es de  $Wq=2,605$  horas, el tiempo promedio que una unidad pasa en el sistema  $Ws=2,919$  horas, lo último y no menos importante, es la probabilidad que una unidad que llega tenga que esperar a que la atiendan  $Pw=0,93795$ . Estos resultados nos llevan a obtener nuestro costo total por periodo de tiempo, que calculando el valor de cada hora que laboral multiplicado por el numero promedio de unidades en el sistema más el costo de servicio diario por los 4 trabajadores, nos da un total de:  $TC = 73,780$  \$/min. El análisis de líneas de espera, mostrado anteriormente para una situación de 5 trabajadores, con sus cálculos específicos que nos muestra la probabilidad de que no haya unidades en el sistema y nos arroja un valor de 0,015399, también calculamos el número promedio de unidades en la línea de espera  $Lq=1,785179$  pedido, el número promedio de unidades en el sistema  $Ls=5,671971506$  pedido, el tiempo promedio que la unidad pasa en la línea de espera es de  $Wq=0,144431962$  horas, el tiempo promedio que una unidad pasa en el sistema  $Ws=0,458897371$  horas, lo último y no menos importante, es la probabilidad que una unidad que llega tenga que esperar a que la atiendan  $Pw=0,511289146$ . Estos resultados nos llevan a obtener nuestro costo total por periodo de tiempo, que calculando el valor de cada hora que laboral por el numero promedio de unidades en el sistema más el costo de servicio diario por los 5 trabajadores, nos da un total de:  $TC = 18.274$  \$/h. Los resultados obtenidos con el costo total por periodo de tiempo teniendo en cuenta cuando el número de canales es igual a 4 ( $C=4$ ) y cuando es igual a 5 ( $C=5$ ) podríamos deducir que parcialmente sale más conveniente la implementación cuando se escoge el  $C=5$  ya que este es el que menor costo de tiempo genera con respecto a los valores del ejercicio, llevando así un factor económico rentable que pueda permitir llevar a cabo este proceso.

**Conclusiones:** La problemática de las colas es una problemática social la cual las empresas han de tomar en cuenta para llevar a cabo la realización de estos

proyectos. Generar herramientas que permitieran obtener un impulso cuantificable que nos puedan ayudar a tomar mejores decisiones y así ser bien manejables y aceptados por los clientes generando a su vez valor. El modelo de teoría de colas M/M/c el cual nos permitiría escoger entre cuál valor del número de canal sería más óptimo, en este caso se dieron como resultados que para el número de canal  $C=5$  hubo un costo total de 18.274\$/hr y para el caso donde el número de canal sea  $C=4$  da como tal un costo total de 73.780\$/hr, Siendo  $C=5$  la rentabilidad es superior y el precio mayor, por lo tanto un número de canal mayor podría generar un mejor nivel de productividad dentro de la empresa siendo así está la justificación que buscábamos para argumentar nuestros objetivos.

**Palabras clave:** Tiempos de espera, Sistema de filas de espera, Teoría de colas, Características de Operación.

### ABSTRACT

**Background:** Queue theory is the study that is responsible for collecting information about the waiting lines that are generated once a customer requests a service. We could say that queuing theory is an initiative to maintain control over this type of problem, which tends to be very common in companies, based on the information that is gathered, optimal solutions could be implemented that allow maintaining a balance between costs and services. Some of the elements that make up the queue theory are the clients, which would be the population that requires the service, the queue capacity, which refers to the maximum limit of clients that can request the service, the queue discipline, which refers to the order that is granted to clients to obtain the service, the service mechanism being this who defines whether there will be one or more facilities that provide the service, the queue networks who define what specific type of service is according to a queue and finally the service process which fulfills what kind of attention is given to a customer.

**Objective:** This research proposed to study and calculate the operating characteristics of a self-service service and to study its efficiency by implementing the traditional analytical model of queuing theory.

**Materials and Methods:** Several time tests were carried out, thus obtaining data such as; Time between arrivals, arrival time, service start time, waiting time (of which we seek to improve), service time and, finally, completion time, we implement the M / M / c model, with  $c = 4$  and  $c = 5$ . The total costs of the system were also calculated and analyzed.

**Results:** The waiting lines analysis, shown above, with its specific calculations that shows us the probability that there are no units in the system and gives us a value of 0.002792, we also calculate the average number of units in the waiting line  $Lq = 32.203$  order, the average number of units in the system  $Ls = 36.08$  order, the average time that the unit spends in the waiting line is  $Wq = 2.605$  hours, the average time that a unit spends in the system  $Ws = 2.919$  hours, the last but not least, is the probability that an arriving unit will have to wait to be attended  $Pw = 0.93795$ . These

results lead us to obtain our total cost per period of time, which by calculating the value of each hour that I work multiplied by the average number of units in the system plus the cost of daily service for the 4 workers, gives us a total of:  $TC = \$ 73,780 / \text{min}$ . The analysis of waiting lines, shown previously for a situation of 5 workers, with its specific calculations that shows us the probability that there are no units in the system and gives us a value of 0.015399, we also calculate the average number of units in the waiting line  $Lq = 1.785179$  ordered, the average number of units in the system  $Ls = 5.671971506$  ordered, the average time that the unit spends in the waiting line is  $Wq = 0.144431962$  hours, the time average that a unit spends in the system  $Ws = 0.458897371$  hours, last but not least, is the probability that an arriving unit will have to wait for attention  $Pw = 0.511289146$ . These results lead us to obtain our total cost per period of time, which by calculating the value of each hour that I work by the average number of units in the system plus the cost of daily service for the 5 workers, gives us a total of:  $TC = \$ 18,274 / \text{h}$ . The results obtained with the total cost per period of time taking into account when the number of channels is equal to 4 ( $C = 4$ ) and when it is equal to 5 ( $C = 5$ ) we could deduce that the implementation is partially more convenient when choose  $C = 5$  since this is the one that generates the lowest cost of time with respect to the values of the exercise, thus carrying a profitable economic factor that can allow this process to be carried out.

**Conclusions:** The problem of queues is a social problem that companies have to take into account to carry out these projects. Generate tools that allow us to obtain a quantifiable impulse that can help us make better decisions and thus be well manageable and accepted by customers while generating value The queuing theory model  $M / M / c$  which would allow us to choose between which value of the channel number would be more optimal, in this case the results were given that for the channel number  $C = 5$  there was a total cost of  $\$ 18,274 / \text{hr}$  and for the case where the channel number is  $C = 4$  gives as such a total cost of  $\$ 73,780 / \text{hr}$ , Being  $C = 5$  the profitability is higher and the price higher, therefore a higher channel number could generate a better level of productivity within the company, this being the justification we were looking for to argue our objectives.

**KeyWords:** Waiting times, Waiting queue system, Queue theory, Operation characteristics.

### REFERENCIAS

1. H. Santiago, «teoría de colas o líneas de espera,» emprendices, 2017.
2. R. Cooper, Introduction to quening Tbeory, New York: 2da ed. Elsevier, 1980.
3. Pelaéz, Gómez, García y González., «Aplicaciones de la Teoría de Colas a la provisión óptima de servicios sociales: El caso del servicio de Telesistencia,» ESTUDIOS DE ECONOMÍA APLICADA, vol. Vol. 29, nº No. 3, p. pp. 1 – 26, 2011.
4. R. C. Fuentes, «aplicación a las telecomunicaciones,» de Teoría de colas : aplicación a las telecomunicaciones, Bogotá , Santafé de Bogotá, 1997, p. 312.

5. E. López Hungl y L. G. Joa Triay, «Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de servicio de una farmacia,» Revista Cubana de Informática Médica, 2018. [En línea] disponible: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-960445>
6. F. A. G. Jiménez, «Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente,» REVISTA Universidad EAFIT, vol. 44, n.º 150, pp. 51-63, 2008.
7. J. A. Arévalo, «Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número cajeros en ventanillas en la organización BCP,» 2016.
8. E. M. G. Castellanos, «Propuesta de mejora mediante modelo de teoría de colas para el estudio de frecuencias en la empresa transportes FONTIBÓN S.A, ruta zp- c66,» revista de la universidad católica de Colombia, 2018.
9. G. E. Aceves Gómez , R. A. González Silva, H. A. Juárez López, R. R. Medina Ramírez y J. A. Vázquez Ibarra, «Modelado mediante redes de colas abiertas con realimentación de la sola de urgencias de un hospital público,» Investigación y Ciencia, vol. 26, núm. 74, 2018, 2018.
10. B. Victor, V. Margot y B. Angela, «Aplicaciones de la teoría de colas y línea de espera en contextos específicos de investigación», Tunja, Editorial UPTC, 2018.
11. O. Acevedo y J. Castaño, «Análisis de líneas de espera en los accesos peatonales y áreas de circulación de la estación Meléndez del SITM-MIO,» revista de la universidad javeriana - sede cali, 2017.
12. D. Y. Daza Vargas y N. J. Rodríguez Chacón , «Propuesta para la mejora en procesos de servicio al cliente en la empresa ATENTO S.A direccionado a la campaña BBVA USA con base en metodologías lean service y modelos cuantitativos de investigación de operaciones.,» revista universidad Agustiniana, 2017.
13. C. L. A. y. E. R. G. Mendoza, «Universidad privada del norte,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27122/TESIS%20FINAL%20ALEX%20Y%20RONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2020].
14. J. Távara, «Universidad Nacional de piura,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1873> [Último acceso: 2019].
15. L. M. Barreto, «UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2322>. [Último acceso: 2017].
16. F.S. Hillier y G.J. Lieberman, Introducción a la investigación de operaciones, 10a ed., México D.F.: McGraw - Hill Interamericana, 2015.
17. D.R. Anderson, D.J. Sweeney, T.A. Williams, J.D. Camm, J.J. Cochran, M.J. Fry and J.W. Ohlmann, Fundamentos de Métodos cuantitativos para los negocios, 13th Edición, Ciudad de México: México: Cengage Learning, 2019.
18. P. Sánchez-Sánchez, J.R. García-González, C. H. Fajardo Toro, A. Pulido-Rojano y E. Melamed-Varela, Simulación de sistemas de emergencia en

- salud. En: A. Pulido-Rojano, P. Sánchez-Sánchez y E. Melamed-Varela. (eds.), *Nuevas tendencias en investigación de operaciones y ciencias administrativas: Un enfoque desde estudios iberoamericanos*, Barranquilla, Colombia: Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2018, pp. 165-210.
19. F. Ceballos, J.P. Betancur Villegas, y J. D. Betancur Villegas, “Simulación Discreta Aplicada a los Modelos de Atención en Salud”, *Investigación e Innovación en Ingenierías*, Vol. 2, No. 2, 2014, pp. 10-14, <https://doi.org/10.17081/invinno.2.2.2045>
20. D. Heredia Acevedo, Y. Fernando Ceballos y G. Sanchez Torres, “Modelo de simulación de eventos discretos para el análisis y mejora del proceso de atención al cliente”, *Investigación e Innovación en Ingenierías*, Vol. 8, No. 2, 2020, pp. 44 -61. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.2.3639>
21. A.D. Pulido-Rojano, A. Verdeza-Villalobos, G. Salas-Roa, A. Muñoz-Iglesias, A. Echavarría-Collante y M. De La Rosa Romero “Simulación de un Sistema de Colas en un proceso de atención de buques en el puerto de Barranquilla-Colombia”. *Vigésima Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2021)*, Congreso Ámbito: Internacional Realizado del 2019-07-18 al 2019-07-21 en Orlando, Florida, pp. 7 – 12.