

**Aplicación de la Teoría de Colas para disminuir el tiempo de espera de los pacientes en el servicio de Consulta Externa del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón.****Application of queuing theory to reduce the waiting time of patients in the outpatient department of the Regional Hospital Eleazar Guzman Barron.****Aplicação da teoria das filas para reduzir o tempo de espera dos pacientes no ambulatório do Hospital Regional Eleazar Guzman Barron.****Lennin Rodriguez Zavaleta<sup>1</sup>, Elías Gutiérrez Pesantes<sup>1</sup>, Percy Ruiz Gómez<sup>1</sup>, Víctor Calla Delgado<sup>2</sup>****Resumen**

La presente investigación se realizó con el objetivo de disminuir el tiempo de espera de los pacientes en el servicio de consulta externa del Hospital Regional EGB mediante la aplicación de la Teoría de Colas. La metodología fue aplicativa con diseño pre-experimental, con una población de todos los tiempos de espera de los pacientes, y con una muestra de los tiempos de espera en el 3er bimestre del presente año. Los datos fueron recolectados en fichas de registro desde el ingreso hasta la salida del paciente mediante la observación, donde se determinó que el tiempo de espera actual en Consulta Externa es de 135 minutos, en el cual 49 minutos fue para Admisión teniendo dos trabajadores y 86 minutos para consultorios con solo un médico para cada especialidad, luego al aplicar la Teoría de Colas se estableció que la tasa promedio de llegadas y la velocidad media de atención es de 15 y 8 pacientes/hora (Admisión), 7 y 4 pacientes/hora (Consultorios), estos datos fueron procesados en el software QM for Windows donde se determinó que el tiempo de espera final en Consulta Externa es de 4:51 minutos, siendo 0:51 minutos en Admisión con solo 4 trabajadores teniendo un costo de S/.54.44, mientras que en Consultorios con 3 médicos para cada especialidad la espera será de 4 minutos y su costo será de S/.166.40 (Reumatología y Urología) y S/.154.49 (Endocrinología). Asimismo la tasa de disminución en el servicio de Consulta Externa es del 97% logrando brindar un mejor servicio de atención en el menor tiempo.

**Palabras clave:** Teoría de colas, tiempo de espera, costos

**Abstract**

This research was conducted with the aim of reducing the waiting time for patients in the outpatient department of the Regional Hospital EGB by applying queuing theory. Applicative methodology was pre - experimental design, with a population of all waiting times for patients, and a sample of timeouts on the 3rd two months of this year. Data were collected registration forms from admission to exit the patient through observation, where it was determined that the current timeout outpatient is 135 minutes, in which 49 minutes was for admission having two employees and 86 minutes to clinics with only one doctor for each specialty, then applying queuing theory was established that the average arrival rate and the average speed of operation are 15 and 8 patients / hour (admission), 7 and 4 patients / hour (offices), these data were processed in the QM for Windows software where it was determined that the expected end time outpatient is 4:51 minutes, with admissions 0:51 minutes with only 4 workers having a cost of S/.54.44, while in clinics with 3 doctors waiting for each specialty will be 4 minutes and the cost is S/.166.40 (rheumatology and urology) and S/.154.49 (endocrinology). Also the rate of decline in the outpatient service is 97% achieving provide better service in the shortest time possible.

**Keywords:** theory of queues, waiting time, costs

**Resumo**

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de reduzir o tempo de espera para os pacientes do ambulatório do Hospital Regional EGB aplicando teoria das filas. Metodologia aplicativo foi pré-experimental, com uma população de todos os tempos de espera para os pacientes, e uma amostra de tempos de espera no 3º bimestre deste ano. Os dados foram coletados formulários de registro de admissão para sair do paciente por meio de observação, onde foi determinado que o atual ambulatorial tempo limite é de 135 minutos, em que 49 minutos foi para a admissão ter dois funcionários e 86 minutos para clínicas com apenas um médico para cada especialidade, teoria das filas em seguida, aplicando foi estabelecido que a taxa de chegada média e da velocidade média de funcionamento é de 15 e 8 pacientes/hora (admissão), 7 e 4 pacientes/hora (escritórios), estes dados foram processados no QM para o software Windows, onde foi determinado que o ambulatório tempo final esperado é 4:51 minutos, com admissões 0:51 minutos com apenas 4 trabalho que têm um custo de S/ 54.44, enquanto em clínicas com 3 médicos à espera de cada especialidade será de 4 minutos eo custo é

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú, [lennin.rz@hotmail.com](mailto:lennin.rz@hotmail.com)

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.

S/166.40 (reumatología e urología) e S/154.49 (endocrinología). También a taxa de declínio no serviço ambulatorial é de 97% alcançar prestar um melhor serviço no menor tempo.

**Palavras-chave:** teoría de filas, tempo de espera, custos

### Introducción.

En la actualidad la demanda de servicios genera un aumento de utilidades en las organizaciones. Sin embargo los problemas por satisfacer las necesidades de sus clientes continúan y de hecho se agrandan conforme va creciendo la organización. Situaciones de espera y congestiones se presentan en la medida en que la oferta del servicio es inferior respecto a la demanda del mismo y se crean las denominadas colas, que además de molestas, restan puntos a la calidad percibida del servicio. Esto sucede a menudo en servicios públicos del sector salud (CNNEXPANSIÓN, 2011).

Sin embargo en países como Estados Unidos de Norteamérica se va determinando estándares razonables de tiempo de espera entre consultas, para las diferentes especialidades. Así lo demuestra un estudio, en donde se recopiló información de más de 46 000 consultas médicas entre los años 1997 y 2005, demostrando que el tiempo promedio de consulta era de 16 a 20,8 min y por lo tanto los usuarios recibían un buen servicio, (SCIELO, 2013) incluso en una encuesta realizada por el Instituto de Estudios Sociales Avanzados de Andalucía (IESA), que cada paciente que acuda a un centro de salud tiene que esperar de 16,1 a 21,9 minutos para ser atendidos. (Andalucía, 2013)

Por otro lado, la situación en Perú es deficiente así lo avala las estadísticas que reveló el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de la Encuesta Nacional de Satisfacción de Usuarios del Aseguramiento Universal en Salud, en el año 2014, donde el tiempo promedio de espera para establecimientos del Ministerio de Salud (MINSA) fue de 114 minutos en atender pacientes que recurren a consultas externas, en el Seguro Social de Salud (EsSalud) fue de 58 minutos y en las clínicas esperan un promedio de 35 minutos. (COMERCIO, 2014).

El Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón (EGB) no es ajeno a lo mencionado antes, ya que este nosocomio perteneciente al Ministerio de Salud (MINSA), está ubicado en Nuevo Chimbote, y alberga a una gran cantidad de pacientes procedentes de Santa, Nepeña, Moro, Samanco y zonas aledañas a la región. En el mes de abril la Unidad de Estadística e Informática del hospital EGB proporcionó el registro de atenciones en consulta externa, siendo 6974 pacientes atendidos. Cabe recalcar que para recibir el servicio, los pacientes deben tener el Seguro Integral de Salud (SIS), si no fuese este el caso se atenderán como pacientes particulares.

El panorama del hospital EGB se muestra de la siguiente manera, el inicio de atención en admisión es a partir de las 7:00 am. Es aquí donde se realiza el registro de datos, en esta área se cuenta con 8 ventanillas físicas repartidas de la siguiente manera: Ventanilla 1 y 2 (pacientes particulares), Ventanillas 3, 4, 5, 6 y 7 (Paciente SIS) y Ventanilla 8 (Preferencial), y solo 7 de estas activas, es aquí donde se genera la primera espera en los pacientes.

Consecutivamente después de este proceso los pacientes pasan al área de consultorios, se cuentan con 32 consultorios físicos, pero solo son 30 los consultorios funcionales, aquí es donde el paciente espera al doctor hasta que comience a atender. A las 8:00 am los doctores arriban al hospital, pero antes de brindar la atención médica en consultorios pasan primero por hospitalización para examinar a los pacientes. De este modo se retrasa la atención en consulta externa originándose malestar y disconformidad por parte de los pacientes que tienen que esperar para ser atendidos.

Esta situación hace que los pacientes deban esperar tiempos prolongados dentro del hospital originándose insatisfacción y constantes reclamos.

Si bien es cierto, La Teoría de Colas o Teoría de las Líneas de Espera está basada en los estudios de A.K.Erlang, un ingeniero danés quien trabajaba en una compañía telefónica, en la cual comenzó a estudiar la espera de los clientes que solicitaban una llamada para ser atendidos (Izar, 1998). Además se define a la Teoría de colas como una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de línea de espera particulares o sistemas de colas, con el fin de analizar varios procesos, tales como el tiempo de espera medio en las colas o la capacidad de trabajo del sistema sin que llegue a colapsarse, también sirven para encontrar un buen compromiso entre costes del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un sistema dado; es considerada una de las técnicas de análisis cuantitativo más antiguas y que se utilizan con mayor frecuencia. Las líneas de espera son un suceso cotidiano, que

afecta a las personas que van de compras a las tiendas de abarrotes, a cargar gasolina, a hacer depósitos bancarios, o bien, a quienes esperan en el teléfono a que conteste la primera operadora disponible para hacer su reservación en una aerolínea (Krajewski, 2000).

Asimismo los objetivos de la Teoría de Colas consisten en: Identificar el nivel óptimo de capacidad del sistema que minimiza el coste global del mismo. Evaluar el impacto que las posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema tendrían en el coste total del mismo. Establecer un balance equilibrado (“óptimo”) entre las consideraciones cuantitativas de costes y las cualitativas de servicio.

Un sistema de líneas de espera se define como un conjunto de clientes, servidores y un orden el cual los clientes son atendidos siendo un proceso de nacimiento - muerte, donde nacimiento sucede cuando un cliente entra a las instalaciones de la empresa para recibir un servicio; mientras que una muerte ocurre cuando el cliente una vez que ha sido atendido, sale de las instalaciones (Izar, 1998).

Por otro lado la fuente de población son las llegadas de un conjunto de individuos que solicitan el servicio en cuestión, pueden provenir de una fuente finita o infinita, pero para fines prácticos se considera como si fuera infinita. La forma de llegadas es la manera de cómo un cliente llega a solicitar un servicio, su característica es el tiempo entre llegadas, y pueden ser determinístico cuando el intervalo de tiempo es conocido y probabilístico cuando las llegadas sucesivas son inciertas (Kamlesh, 1996). El tamaño de cola es el máximo número de clientes que pueden estar haciendo la cola para ser atendidos. La disciplina de la cola es una de las reglas de prioridades para determinar el orden de prioridad en que se brindará el servicio a los clientes que están esperando en una cola, estas son FIFO (First in first out); también llamada FCFS (First como first served), según la cual se atiende primero al cliente que antes haya llegado. La disciplina LIFO (Last in first out), también conocida como LCFS (LAST como first served) o pila, consiste en atender primero al cliente que ha llegado al último, y la disciplina RSS (Random selection of service) o SIRO (Service in radom order) que se selecciona a los clientes de forma aleatoria. El mecanismo de servicio es el procedimiento por el cual se da servicio a los clientes y la forma en la que son atendidos para lo cual debemos conocer la estructura de servicio. (Única, Multicanal, Mixta) y el número de servidores de este; y por último la salida del sistema en donde se consideran dos posibilidades que el cliente abandone el sistema luego de ser atendido (Sistema de colas de un paso) o que el clientes o producto reciban un servicio, pero luego se trasladen a otro para ser sometidos (Sistema de red de colas) (De la Fuente, 2001). Además “el sistema de la cola: Es el conjunto formado por la cola y el mecanismo de servicio, junto con la disciplina de la cola, que es lo que nos indica el criterio de qué cliente de la cola elegir para pasar al mecanismo de servicio (Cao, 2002).

Para (López, 2012), el Teorema de Little o Ecuación de Flujo de Little, se encarga de relacionar los valores medios de tres variables de importancia en un sistema, siendo “L” el número de trabajos presentes en el sistema en el estado estacionario, “W” es tiempo medio de respuesta en el estado estacionario y “λ” la razón de llegadas al sistema: entonces como resultado final se establece que el número medio de usuarios en un sistema es igual a la tasa media de llegadas al sistema multiplicado por el tiempo medio de la permanencia de un usuaria en el sistema ( $L = \lambda W$ ), además también expresa la relación del tiempo total que un cliente invierte en el sistema (W) es la cantidad de tiempo invertido en la fila ( $W_q$ ) más el tiempo durante el cual es atendido ( $\mu$ ) (Taha, 2004).

En ese sentido la Teoría de Colas posee medidas o parámetros de rendimiento para los distintos modelos de colas y lo especificaremos a continuación: Tasa promedio de llegada ( $\lambda$ ) referido al número de unidades que llegan en determinado período al sistema; velocidad media del servicio ( $\mu$ ) referido al número de unidades que el prestador del servicio atiende en determinado período de tiempo; la tasa promedio entre llegadas ( $1/\lambda$ ) referido al tiempo que transcurre entre una y otra llegada al sistema; tasa media de servicio ( $1/\mu$ ) es el tiempo que utiliza el prestador del servicio para atender una y otra unidad (Cao, 2002). También tenemos al número promedio de unidades en la cola ( $L_q$ ) referido al número de piezas, máquinas o personas que se encuentran esperando recibir servicio; número promedio de unidades en el sistema ( $L_s$ ) referido a las unidades que se encuentran en el sistema, entre ellas las que están haciendo cola y las que están siendo atendidas; tiempo promedio de

espera en la cola ( $Wq$ ) referido al tiempo que transcurre desde que ingresa el cliente al sistema hasta el momento en que es atendido por el prestador del servicio; y tiempo promedio en el sistema ( $Ws$ ), el factor de utilización del sistema ( $p$ ) referido al tiempo que realmente trabaja el prestador del servicio en atención al cliente; probabilidad de sistema vacío ( $Po$ ), este parámetro se refiere a la probabilidad que cero unidades se encuentren en el sistema en determinado período (Taha, 2004). Asimismo la condición estable en Teoría de Colas, se logra solamente cuando  $\mu$  es mayor que  $\lambda$ , es decir que la velocidad de servicio debe ser superior a la velocidad de llegadas para que se presente la condición uniforme. Por el contrario cuando  $\mu$  es menor o igual que  $\lambda$  el sistema de colas es inestable, ya que la línea puede acumularse potencialmente al infinito, debido a que las unidades llegan con mayor rapidez, en comparación a la prestación del servicio (Krajewski, 2000).

Por otra parte (Taha, 2004) manifiesta que “los modelos de decisión de colas se detallan de la siguiente manera: El nivel de servicio de una instalación con líneas de espera es una función de la tasa de servicio y de la cantidad de servidores en paralelo “ $c$ ”. En esta sección se presentan dos modelos de decisión para determinar los niveles de servicio “adecuados” para sistemas de cola: 1) un modelo de costo y 2) un modelo de nivel de aspiración. En ambos modelos se reconoce que los mayores niveles de servicio reducen el tiempo de espera en el sistema. Los dos modelos tratan de llegar a un notable balance entre los factores opuestos, de nivel de servicio y de espera. En los modelos de costo se trata de balancear dos costos opuestos: 1. El costo de ofrecer el servicio. 2. El costo de demorar la oferta del servicio (el tiempo de espera del cliente). El costo de esperar se basa en la cantidad promedio de unidades en el sistema, incluye el tiempo transcurrido esperando en línea más el tiempo que transcurre siendo atendido. De tal forma que un modelo de costos en líneas de espera busca equilibrar los costos de espera contra los costos de incrementar el nivel de servicio; es así que conforme crece el nivel de servicio, los costos de este también crecen y disminuye el tiempo de espera de los clientes. El nivel de servicio “óptimo” se presenta cuando la suma de los dos costos es un mínimo. Se supone que para tasas bajas de servicio, se experimenta largas colas y costos de espera muy altos. Conforme aumenta el servicio disminuyen los costos de espera, pero aumenta el costo de servicio y el costo total disminuye; sin embargo, finalmente se llega a un punto de disminución en el rendimiento. Entonces el propósito es encontrar el balance adecuado para que el costo total sea el mínimo. Además existen dos costos por hora de tener un servidor disponible ( $Cs$ ) y el costo por hora de tener una persona esperando en el sistema ( $Cw$ ). Con estos costos es posible calcular el costo total asociado con la decisión de utilizar cualquier número específico de servidores (Eppen, 2000).

En otro sentido, el tiempo de espera es considerada como el tiempo de las colas producido habitualmente por las variaciones de las cargas de trabajo. Asimismo para poder medir el tiempo promedio de espera de los clientes, la Teoría de Colas formula modelos matemáticos que tratan de predecir la forma en que los clientes llegan a los establecimientos, representar su operación, para después usar estos modelos y obtener medidas de desempeño. Estas variables se pueden manipular y así poder disminuir este tiempo de espera (Cordova, 2010).

Cabe indicar que en el sector Salud, el tiempo promedio de espera para la atención en el consultorio médico fue de 81 minutos. En los establecimientos del Ministerio de Salud fue de 114 minutos, en los del Seguro Social de Salud del Perú 58 minutos, en las Fuerzas Armadas y Policiales 50 minutos y en las Clínicas 35 minutos, según los datos del 2014 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2014).

Por este motivo es que se pretende conocer de qué manera influye la aplicación de la Teoría de Colas en el tiempo de espera de los pacientes, en el Servicio de Consulta Externa del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón. El objetivo general fue aplicar la Teoría de Colas para disminuir el tiempo de espera de los pacientes en el Servicio de Consulta Externa del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón, mientras que los objetivos específicos fueron, determinar el tiempo promedio de espera actual en el Servicio de Consulta Externa, determinar el tiempo promedio de espera después de aplicar la Teoría de Colas en el servicio y evaluar la disminución del tiempo de espera.

La investigación tiene una justificación práctica porque plantea resolver un problema de la realidad empírica. Al mismo tiempo ayudará al Hospital Regional EGB y a otras instituciones del sector Salud a mejorar el servicio de atención al paciente, brindándole un servicio en menor tiempo posible. Asimismo contribuirá en la realización de investigaciones futuras, en cuanto a la mejora del tiempo atención y también será un aporte para las personas que opten por la investigación e innovación. Económicamente, el establecimiento de salud cuenta con recursos económicos necesarios para la contratación de personal si fuese este el motivo por el cual el tiempo de espera en la atención es prolongada. Por último, se contribuirá a que el servicio sea rápido y eficaz en la atención a los clientes del Hospital Regional EGB.

**Materiales y métodos**

Se utilizó la metodología pre experimental con diseño de pre y post prueba, mediante el siguiente esquema: (G: O1 –X– O2), Donde: G: Grupo experimental (Hospital Regional) al cual se les aplica la Teoría de Colas; O1: Pre-Test (Tiempo de espera antes de la aplicación); X: Teoría de Colas y O2: Pro- Test (Tiempo de espera después de la aplicación), además las variables a estudiar fueron: Teoría de Colas (Independiente), Tiempo de espera (Dependiente).

Asimismo se tuvo una población de todos los tiempos de espera de los pacientes en el servicio de consulta externa, y la muestra fue los tiempos de espera en el 3er bimestre del año 2015. El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia. Además el método de análisis utilizado fue la toma de tiempos y esta utilizó las fichas de registro como instrumento esencial donde queda registro de los tiempos de entradas y salidas de los pacientes.

**Resultados**

Primero se determinó el tiempo de espera inicial en el Servicio de Consulta Externa. Esta se conforma con los Servicios de Admisión y Consultorios y por tal caso se determinó los tiempos de espera por separado, siendo estos los siguientes:

Para Admisión, se utilizó una muestra de 10 observaciones con 95% de nivel de confianza, donde el tiempo de espera fue de 49 minutos en su medición inicial contando con 2 trabajadores, además también se corroboró que los datos se ajustan a una distribución exponencial con un Rank de 13.2

**Tabla 1: Tiempo de espera actual en admisión**

TIEMPO DE ESPERA EN ADMISIÓN			
Horas			
00:50	00:48	00:48	00:51
00:46	00:49	00:50	00:46
00:52	00:47		
Muestra			
50	48	48	51
46	49	50	46
52	47		

En el caso de Consultorios, se utilizó una muestra de 43 observaciones con un nivel de confianza del 95%, donde el tiempo de espera fue de 86 minutos trabajando con un solo médico, además también se corroboró que los datos se ajustan a una distribución exponencial con un Rank de 4.1.

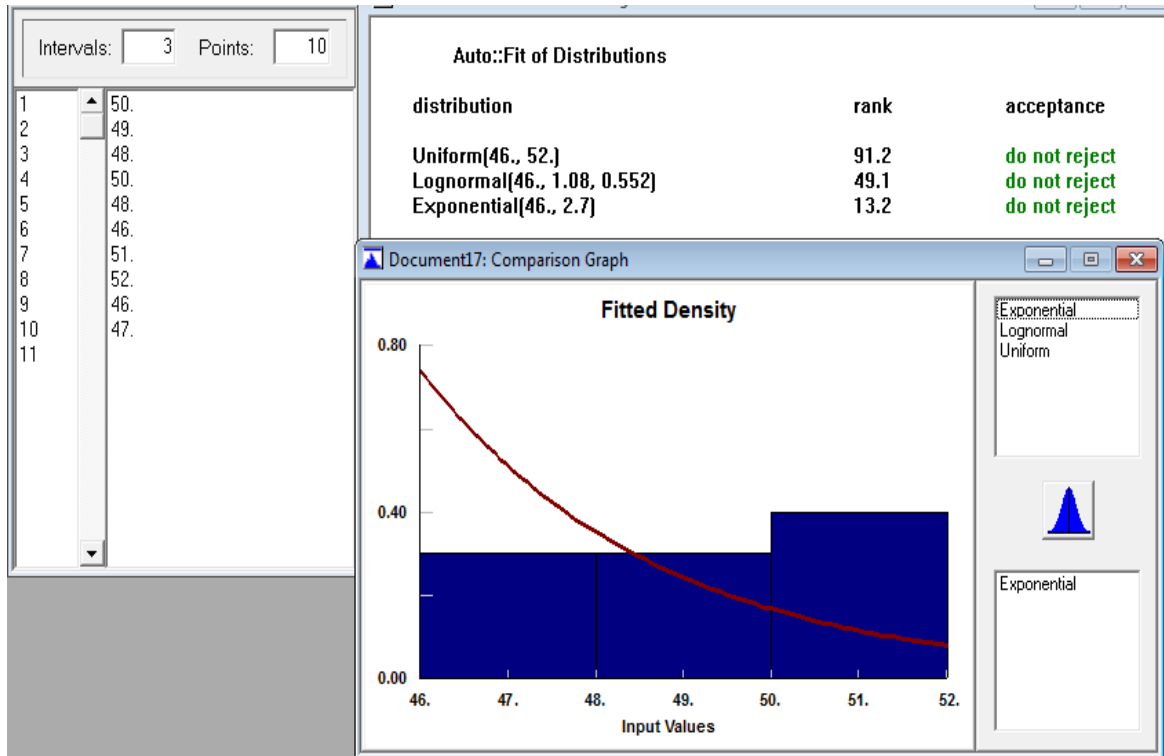
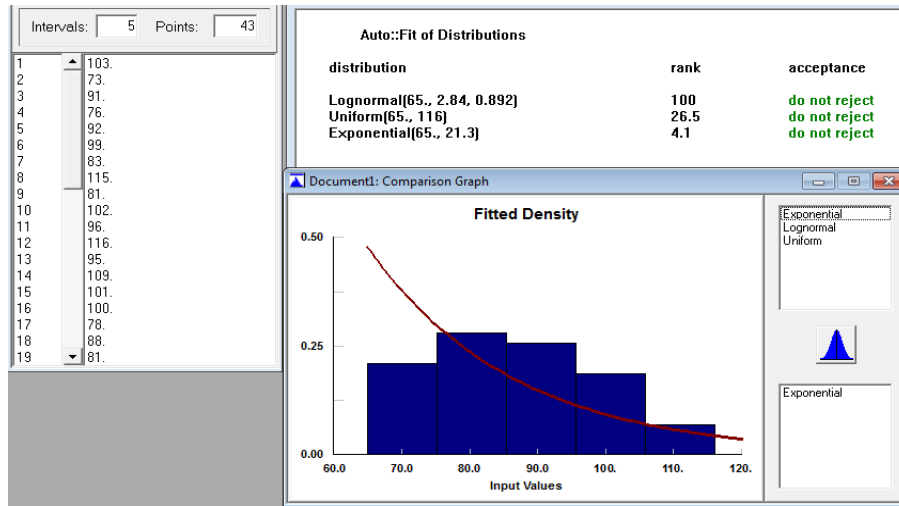


Ilustración 1: Distribución de tiempo de espera actual en Admisión

Tabla 2: Tiempo de espera actual en Consultorios

TIEMPO DE ESPERA EN CONSULTORIOS				
<i>Horas</i>				
01:43	01:13	01:31	01:16	01:32
01:39	01:23	01:55	01:21	01:42
01:36	01:56	01:35	01:49	01:41
01:40	01:18	01:28	01:41	
01:09	01:16	01:24	01:07	
01:29	01:07	01:31	01:23	
01:05	01:38	01:33	01:21	
01:32	01:33	01:37	01:05	
01:11	01:23	01:18	01:34	
01:06	01:16	01:10	01:26	
<i>Muestra</i>				
103	73	91	76	92
99	83	115	81	102
96	116	95	109	101
100	78	88	81	
69	76	84	67	
89	67	91	83	
65	98	93	81	
92	93	97	65	
71	83	78	94	
66	76	70	86	





**Ilustración 2: Distribución de tiempo de espera actual en consultorios**

El estudio se realizó dentro del Servicio de Consulta Externa (Admisión – Consultorios), sin embargo ambos casos se hicieron por separados. Cabe destacar que la tasa de llegadas como la de atención proviene de una variable aleatoria y deben seguir una distribución de probabilidad de Poisson y exponencial, por lo cual deberán someterse a un análisis estadístico que permita determinar la distribución de estas. En el caso de Admisión se realizó mediante la prueba chi-cuadrado y en Consultorios mediante el *Stat: Fit* del Software ProModel.

Al aplicar la Teoría de Colas en Admisión se tuvo que hallar el tiempo entre llegadas y de atención. Para el primer caso se obtuvo una muestra de 534 datos y en el segundo caso fue de 117 datos con un nivel de confianza del 95%, teniendo en cuenta que se utilizó probabilidades en la muestra para ambos tipos de Pacientes: particular 20% y SIS 80%. A continuación se muestra las tablas que dan respuesta a lo antes dicho.

**Tabla 3: Frecuencias observada del tiempo entre llegadas**

Tiempo entre llegada (min)	Frecuencia Observada
0-1 ]	70
1-2]	89
2 - 3]	91
3 - 4]	93
4 - 5]	65
5 - 6]	50
6 - 7]	23
7 - 8]	12
8-9]	14
9-10]	10
10-11]	7
11-12]	5
12-13]	2
13-14]	2
14-15 ]	1

Con los datos de la tabla se obtuvo el promedio de tiempo entre llegadas para Admisión

$$X = \frac{(70 \times 1) + (89 \times 2) + (91 \times 3) + \dots + (1 \times 15)}{534} \qquad X = \frac{2207}{534} = 4 \text{ min}$$

**X = 15 pacientes por hora**

Llegan 15 pacientes por hora, es decir 1 paciente cada 4 minutos.

El siguiente gráfico muestra la distribución empírica de los datos observados, sin embargo se debe comprobar si los datos se ajustan a una distribución exponencial, la prueba a utilizar fue la de ajuste de bondad.

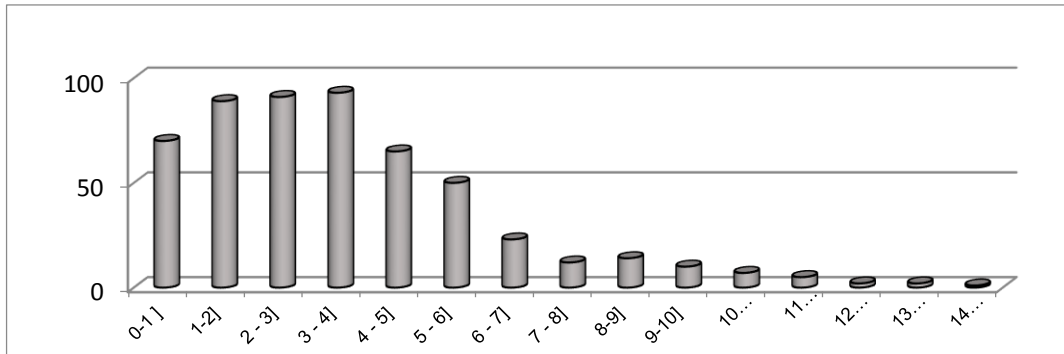


Gráfico 1: Frecuencia observada del tiempo entre llegadas en Admisión

Para el caso de los tiempos de atención los datos observados se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4: Frecuencias observada del tiempo de atención

Tiempo atención (min)	Frecuencia observada
3 - 4 ]	11
4 - 5 ]	20
5 - 6 ]	17
6 - 7 ]	15
7 - 8 ]	14
8 - 9 ]	15
9 - 10 ]	9
10 - 11 ]	8
11- 12]	8

$$X = \frac{(11 \times 4) + (20 \times 5) + (17 \times 6) + \dots + (8 \times 12)}{117}$$

$$X = \frac{872}{117} = 8 \text{ min}$$

$$\mu = 8 \text{ pacientes por hora}$$

Se atienden a 8 pacientes por hora, con un tiempo de atención de 8 minutos en promedio.

El siguiente gráfico muestra la distribución empírica de los datos observados, sin embargo se debe comprobar si los datos se ajustan a una distribución exponencial, la prueba a utilizar fue la de ajuste de bondad.



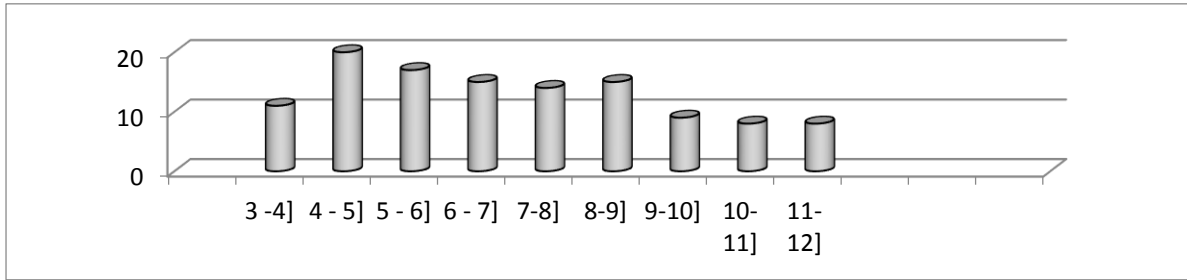


Gráfico 2: Frecuencia observada del tiempo de atención en Admisión

Para determinar el tipo de distribución de probabilidad de los datos se utilizó la prueba analítica de bondad de ajuste, en donde se tendrá que demostrar que la distribución observada de los datos empíricos se ajusta a la distribución teórica esperada, para lo cual primero se halla la marca de clase que es el punto medio de cada intervalo, después se deberá hallar la probabilidad de su ocurrencia mediante la siguiente formula.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0$$

Luego la frecuencia teórica se obtiene multiplicando el número total de frecuencias observadas por la probabilidad de cada intervalo, como se muestra a continuación, una vez encontrada la frecuencia teórica se realiza la prueba  $\chi^2$  (Chi- cuadrado) la cual mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste). Se obtiene utilizando la siguiente ecuación.

$$\chi^2 = \sum_i \left( \frac{\text{observada} - \text{teórica}}{\text{teórica}} \right)^2$$

Tabla 5: Prueba Chi cuadrado del tiempo entre llegadas en admisión

Tiempo entre llegada (min)	Frecuencia observada	Frecuencia teórica	$\chi^2$
0-1 ]	70	34.39	1.07
1-2]	89	32.20	3.11
2 - 3]	91	30.12	4.09
3 - 4]	93	28.14	5.31
4 - 5]	65	26.33	2.16
5 - 6]	50	24.67	1.05
6 - 7]	23	23.07	0.00
7 - 8]	12	21.57	0.20
8-9]	14	20.19	0.09
9-10]	10	18.85	0.22
10-11]	7	17.68	0.36
11-12]	5	16.50	0.49
12-13]	2	15.43	0.76
13-14]	2	14.47	0.74
14-15 ]	1	13.51	0.86
TOTAL			20.51

El grado de libertad ( $g = k - r$ ) utilizado fue de 14 donde “ $k$ ” representa el número de intervalos y “ $r$ ” el número de filas. Además el nivel de significancia utilizado fue de  $\alpha = 0,05$ , entonces el valor de la tabla para 14 grados de libertad es 23,68, por lo que se deduce que  $20.51 < 23,68$  lo cual indica que se acepta la distribución exponencial.

**Tabla 6: Prueba Chi cuadrado del tiempo de atención en Admisión**

Tiempo atención (min)	Frecuencia observada	Frecuencia teórica	$\chi^2$
3 - 4 ]	11	9.44	0.03
4 - 5 ]	20	8.33	1.96
5 - 6 ]	17	7.35	1.73
6 - 7 ]	15	6.48	1.73
7 - 8 ]	14	5.72	2.09
8 - 9 ]	15	5.04	3.9
9 - 10 ]	9	4.46	1.04
10 - 11 ]	8	3.93	1.07
11- 12]	8	3.46	1.72
TOTAL			15.27

El nivel de significancia utilizado fue de  $\alpha= 0,05$ , y el grado de libertad de 8 lo cual según la tabla Chi- cuadrado asume un valor de 15.50 lo cual indica que se acepta la distribución puesto que  $15.27 < 15.50$ . lo cual indica que se acepta la distribución exponencial en el tiempo de atención.

Al aplicar la Teoría de Colas en Consultorios se trabajó con 3 de estos: (Reumatología, Urología y Endocrinología) por ser algunos de los más demandados y contar con solo un consultorio disponible.

El tiempo entre llegadas y de atención se obtuvo mediante las hojas de registro, luego se utilizó el software Stat:Fit para comprobar si los datos se ajustan exponencialmente. A continuación se muestra la tabla resumen de los datos obtenidos.

**Tabla 7: Resumen de tiempo entre llegadas y atención en Consultorios**

RESUMEN DE CONSULTORIOS			
Distribución de llegadas			
DÍAS	Reumatología	Urología	Endocrinología
Lunes	POISSON $\lambda= 7$ pacientes / hora		
Martes			
Miércoles			
Jueves			
Viernes			
Distribución de atención			
DÍAS	Reumatología	Urología	Endocrinología
Lunes	EXPONENCIAL $\mu= 4$ atenciones / hora		
Martes			
Miércoles			
Jueves			
Viernes			

Después de determinar los valores de  $\lambda$  y  $\mu$ , se realiza un análisis con el software QM for Windows para determinar el número de servidores óptimos con los cuales se disminuirá el tiempo de espera, pero antes se calcula los costos del servicio y de espera.

El costo de espera del paciente involucra ingreso, gasto en pasajes y alimentos durante el tiempo que permanecen esperando. El primero fue determinado mediante la Encuesta Nacional de Hogares sobre condiciones de vida y pobreza que realizó la INEI en 2012, considera que el ingreso laboral promedio mensual de las personas es de 973 soles, y los otros dos se determinaron mediante una encuesta la cual se realizó en horas aleatorias en un total de 3 días.

El costo de servicio en el caso de Admisión se obtiene sumando el sueldo básico (incluye la asignación familiar), más los dos sueldos al año de gratificación, más un sueldo de vacaciones, más otro sueldo de CTS y el 9% de contribución a EsSalud. En el caso de Consultorios se determinó de distinta manera puesto que existen tres especialistas diferentes y cuentan con equipos y materiales de trabajo.

**Tabla 8: Costo de espera del paciente**

<b>COSTO DE ESPERA DEL PACIENTE</b>			
	Mensual	Día	Hora
Ingreso	S/. 973.00	S/. 48.65	S/. 12.16
Pasajes		S/. 5.48	S/. 1.37
Alimentos		S/. 3.62	S/. 0.91
TOTAL			S/. 14.44

**Tabla 9: Costo de servicio en Admisión**

<b>Costo de Servicio en Admisión</b>				
Sueldo	Gratificación	Vacaciones	CTS	EsSalud
1075	179.17	89.58	89.58	96.75
Ingreso Mensual		1530.08		
Ingreso diario		51.00		
Ingreso por hora		6.38		

**Tabla 10: Costo de servicio por hora en Consultorios**

<b>Costo de Servicio por hora en Consultorios</b>			
	Reumatología	Urología	Endocrinología
Sueldo	S/. 43.65	S/. 43.65	S/. 39.68
Costo Materiales	S/. 0.71	S/. 0.71	S/. 0.71
Depreciación	S/. 0.42	S/. 0.42	S/. 0.42
TOTAL	S/. 44.78	S/. 44.78	S/. 40.81

Los resultados del análisis QM for Windows se encuentran en la siguiente tabla resumen:

Para Admisión se realizó la prueba con 3, 4, 5,6 y 7 servidores porque en la actualidad son 8 ventanillas físicas, sin embargo solo 7 de estas se encuentran activas. A continuación se muestra la tabla resumen luego de haber ingresado los datos en horas al programa.

**Tabla 11: Resumen del análisis QM para Admisión**

<b>RESUMEN DE ANÁLISIS PQM PARA ADMISIÓN</b>					
	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	ESCENARIO 5
TRABAJADOR	M/M/3	M/M/4	M/M/5	M/M/6	M/M/7
Lambda	15	15	15	15	15
Mu	8	8	8	8	8
L´da eff	15	15	15	15	15
Ls	2.52	2	1.9	1.88	1.88
Lq	0.65	0.13	0.03	0.01	0
Ws	0.17	0.13	0.13	0.13	0.13
Wq	0.04	0.01	0.002	0.0004	0.0001
p	63%	47%	38%	31%	27%

El tiempo promedio de espera en cola ( $W_q$ ) para dos trabajadores es de 49 minutos, para tres trabajadores es de 2:58 minutos, para cuatro trabajadores es de 0:51, para cinco trabajadores es de 0:11 minutos, para seis trabajadores es de 0:02 minutos y para siete trabajadores es de 0:005 minutos. Por lo tanto la espera más accesible es de cuatro trabajadores ya que los siguientes escenarios presentan un tiempo relativamente bajo.

De la misma forma que en el caso anterior, se utilizó el software QM for Windows para realizar la prueba con 2, 3, 4 servidores ya que en la actualidad solo existe 1 consultorio activo, y con este no se logra la condición estable por lo tanto se tendrá que realizar la prueba con los servidores ya mencionados. A continuación se muestra la tabla resumen luego de haber ingresado los datos al programa.

**Tabla 12: Resumen del análisis QM para consultorios**

Indicadores	2 Médicos	3 Médicos	4 Médicos
p	88	58	44
Ls	7.47	2.22	1.84
Lq	5.72	0.47	0.09
Ws	1.07	0.32	0.26
Wq	0.82	0.07	0.01

En la Tabla 12 se observó que el tiempo promedio de espera de pacientes en la cola disminuye conforme aumenta el número de médicos, puesto que existen más servidores para procesar el número de atenciones. Además se mostró el tiempo promedio de permanencia del paciente en el sistema, donde se observa que cuando existan dos médicos se tendrá un tiempo de 64 minutos, cuando se cuente con tres médicos el tiempo será de 19 minutos y cuando se tenga cuatro médicos el tiempo de permanencia será de 15.79 minutos

Por otra parte se analizó los resultados del análisis de colas en el contexto de optimizar los costos, teniendo en cuenta que el costo del servicio aumenta y el costo de esperar disminuye conforme se incremente el nivel de servicio.

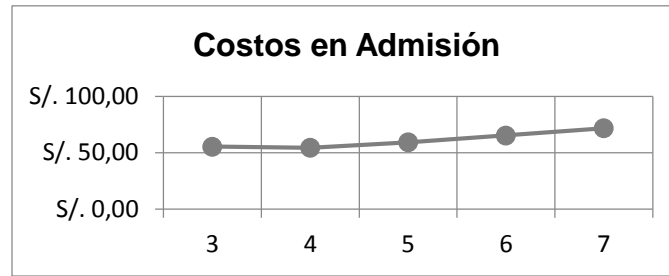
En Admisión se obtuvo el costo de espera y de servicio de las tablas 8 y 9, luego se determinó el número de pacientes en el sistema (Ls) mediante el programa QM for Windows, y obtener el número de servidores óptimos según el costo. Se trabajó a partir de 2 servidores, puesto que el sistema es estable con 94% lo cual indica que con esta cantidad de servidores el costo sería de S/.236.35, sin embargo se tendrá que buscar que el número de servidores se ajuste a un menor costo.

**Tabla 13: Costos del sistema de colas en Admisión**

ETC	Cw	Ls	+	Cs	k
S/. 236.35	14.44	15.48	+	S/. 6.38	2
S/. 55.54	14.44	2.52	+	S/. 6.38	3
S/. 54.44	14.44	2.00	+	S/. 6.38	4
S/. 59.38	14.44	1.90	+	S/. 6.38	5
S/. 65.44	14.44	1.88	+	S/. 6.38	6
S/. 71.75	14.44	1.88	+	S/. 6.38	7

**Tabla 14: Número de servidores óptimos en Admisión**

Servidores (Trabajadores)	Ls ( Pacientes en el sistema)	ETC	Wq (min)
2	15.48	S/. 236.35	49.0
3	2.52	S/. 55.54	2.58
4	2.00	S/. 54.44	0.51
5	1.90	S/. 59.38	0.11
6	1.88	S/. 65.44	0.02
7	1.88	S/. 71.75	0.0005



**Gráfico 3: Relación costos y numero de servidores en Admisión**

El Gráfico 3 muestra que el número de trabajadores óptimos es de cuatro personas con respecto al costo con un total de S/.54.44, mientras que con siete trabajadores el costo es de S/.71.75, esto indica que se estaría ahorrando S/. 17.31. Estos resultados se ven reflejado en la actualidad del hospital ya que se cuenta con 7 trabajadores en dicha área, sin embargo nunca se ha realizado un estudio previo para determinar el número de trabajadores que deben existir.

En Consultorios se obtuvo el costo de espera y de servicio de las Tablas 8 y 10, luego se determinó el número de pacientes en el sistema (Ls) mediante el programa QM for Windows para 2,3 y 4 médicos puesto que la condición del sistema era inestable con un solo médico, que es con el que se cuenta actualmente, por tal motivo es que determinó el número de médicos necesarios según los costos para poder lograr la estabilidad del sistema.

Se trabajó con tres consultorios (Reumatología, Urología y Endocrinología)

**Tabla 15: Costos del sistema de colas para Reumatología y Urología**

Análisis costo para Reumatología y Urología					
ETC	Cw	Ls	+	Cs	k
S/. 197.43	S/. 14.44	7.47	+	S/. 44.78	2
S/. 166.40	S/. 14.44	2.22	+	S/. 44.78	3
S/. 205.69	S/. 14.44	1.84	+	S/. 44.78	4

**Tabla 16: Costos del sistema de colas para Endocrinología**

Análisis costo para Endocrinología					
ETC	Cw	Ls	+	Cs	k
S/. 189.49	S/. 14.44	7.47	+	S/. 40.81	2
S/. 154.49	S/. 14.44	2.22	+	S/. 40.81	3
S/. 189.81	S/. 14.44	1.84	+	S/. 40.81	4

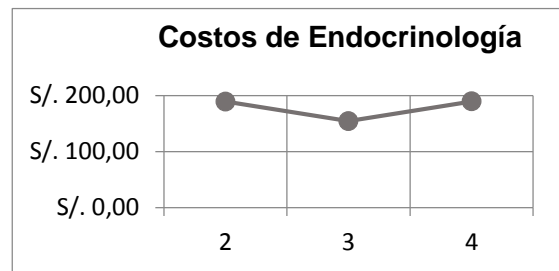
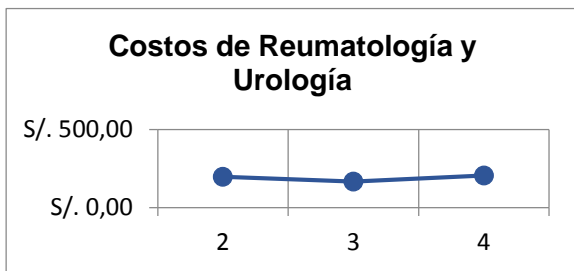
A continuación se muestra los resultados para determinar el número de servidores óptimos para los consultorios de Reumatología, Urología y Endocrinología.

**Tabla 17: Número de servidores óptimos en Reumatología y Urología**

Consultorios de Reumatología y Urología			
Servidores (Médicos)	Ls (Pacientes en el sistema)	ETC	Wq (min)
2	7.47	S/. 197.43	49
3	2.22	S/. 166.40	4
4	1.84	S/. 205.69	0.79

**Tabla 18: Número de servidores óptimos en Endocrinología**

Consultorio de Endocrinología			
Servidores (Médicos)	Ls (Pacientes en el sistema)	ETC	Wq (min)
2	7.47	S/. 189.49	49
3	2.22	S/. 154.49	4
4	1.84	S/. 189.81	0.79



**Gráfico 04: Relación costos y número de servidores en Consultorios**

El Gráfico 04 se indica que con 3 médicos se logra el estado estable del sistema con respecto al costo con un total de S/.166.40 (Reumatología y Urología) y S/.154.49 (Endocrinología) teniendo un tiempo de espera de 4 minutos en promedio.

Asimismo una vez obtenido los resultados se determinó evaluar la disminución del tiempo de espera en consulta externa en la cual se comparó el tiempo de espera actual que se encuentra en la Tabla 1, con el tiempo de espera obtenido al aplicar la teoría de colas mediante QM for Windows y también mediante el costo total (Tabla 14). Por lo tanto la tasa de decremento será:

$$\%T. d = \frac{T1 - T2}{T1} \times 100$$

$$\%T. d = \frac{49 - 0.51}{49} \times 100 = 98\% \text{ Admisión}$$

$$\%T. d = \frac{86 - 4}{86} \times 100 = 95\% \text{ Consultorios}$$

$$\%T. d = \frac{135 - 4.51}{135} \times 100 = 97\% \text{ Consulta externa}$$



## Discusión

María Esther Ayala Izaguirre, mediante un “Análisis y aplicación de la Teoría de Colas en un Centro Médico de Consulta Externa, en el año 2007”, describió el comportamiento de las líneas de espera y aplicó la teoría para mejorar la capacidad y aprovechamiento de las instalaciones, en coherencia con lo dicho en la presente investigación también busca mejorar el proceso de atención, puesto que en el Área de Admisión actualmente la espera es de 49 minutos y se cuentan con 7 ventanillas activas sin embargo no se ha realizado un estudio con anterioridad para determinar cuántas de estas son necesarias para operar; por consiguiente esta investigación propone utilizar solo 4 de estas con un tiempo de espera de 0.51 minutos, asimismo para el Área de Consultorios el tiempo de espera es de 86 minutos con un solo médico para cada especialidad, pero si se contratarán 2 médicos más el tiempo de espera sería de 4 minutos logrando un mayor aprovechamiento del servicio por parte del paciente.

Según la investigación de Blanca Azucena Cardona Ramos en el año 2005, aplicando la herramienta Teoría de Colas en una entidad municipal logró reducir en un 94% el tiempo de espera de los clientes aumentando un servidor; la presente investigación disminuye de igual manera el tiempo de espera en cola, en Admisión se tuvo un tiempo inicial de 49 minutos con dos servidores y con el aumento de cuatro servidores el tiempo de espera fue del 0.51 minutos, para el caso de Consultorios se tuvo un tiempo de espera inicial 86 minutos y con la implementación de dos nuevos servidores el tiempo de espera disminuye a 4 minutos de espera en cola, de esta manera se mostró una disminución del 98% para Admisión y de 95% en Consultorios.

Silvia Medina, Amalia Medina, Álvaro Gonzales en el año 2010, con su artículo, “Reducir tiempos de espera de pacientes en el departamento de emergencias de un hospital utilizando simulación”, logró concluir que al aumentar dos servidores más en el Área de Observación el tiempo de espera promedio será de 8.48 minutos, y si aumentarán a 4 servidores el tiempo será de 2.09 minutos, con una reducción del tiempo de espera total en un 76%. En la presente investigación el estudio de Teoría de Colas permitió disminuir el tiempo de espera en un 98% para Admisión y 95% en Consultorios, donde se logra determinar el número óptimo de trabajadores, siendo 4 para Admisión con un tiempo de espera de 0.51 y 3 médicos para Consultorios con 4 minutos de espera en cola.

Alisson Rosa Lucero Méndez Noriega, mediante la “Aplicación de la Teoría de Colas como herramienta para optimizar el nivel de atención al cliente en Caja Municipal Sullana, Chimbote en el año 2014”, logró concluir que el nivel de atención al cliente aumenta en un 73.08% y se logra reducir el tiempo promedio de espera en un 75.87%. En la presente investigación sucede de igual manera al determinar el número óptimo de servidores, se logró reducir de 49 minutos a 0.51 minutos en Admisión contando con 4 trabajadores y de 86 minutos a 4 minutos en Consultorios contando con 3 médicos. Con esto la tasa de disminución en el servicio de consulta externa fue de 97%.

En la presente investigación inicialmente, se procedió a determinar el tiempo de espera actual en consulta externa (Admisión – Consultorios) mediante la observación de las fichas de registro donde los datos arrojaron 49 minutos de espera en Admisión y 86 minutos de espera en Consultorios, sumando 135 minutos de espera en el Servicio de Consulta Externa; sin embargo, al aplicar la Teoría de Colas mediante el software QM for Windows se determinó que la situación más recomendable es de cuatro trabajadores en Admisión y tres médicos en Consultorios para cada especialidad, ya que es la mejor opción con respecto al tiempo de espera reducido en 0.51 minutos (Admisión) y 4 minutos (Consultorios), también la propuesta minimiza el costo, en el caso de Admisión con dos trabajadores tendría un costo total de S/ 236.35 nuevos soles y un tiempo de espera de 49 minutos, mientras que con 7 trabajadores con los que se cuenta actualmente se obtendría un costo total de S/. 71.75 nuevos soles y una espera de 0.005 minutos, sin embargo con 4 trabajadores se conseguiría un costo de S/.54.44 nuevos soles y una espera de 0.51 minutos, además se reducirá el costo en S/. 17.31 nuevos soles y la tasa de disminución del tiempo de espera sería de 98%. De igual manera, en el caso de Consultorios actualmente se cuenta con un solo médico en cada especialidad y se tiene una espera en cola de 86 minutos, sin embargo al aumentar dos médicos más se tendría una espera de 4 minutos y un

costo total de S/.166.40 nuevos soles (Reumatología y Urología) y S/.154.49 nuevos soles (Endocrinología) con una tasa de disminución del 95% del tiempo de espera.

Posteriormente se realizó la comparación de la tasa de decremento de los tiempos de espera siendo 97% en el servicio de consulta externa (Admisión-Consultorios)

### Conclusiones

El tiempo promedio de espera actual en el Servicio de Consulta Externa es de 135 minutos siendo 49 minutos para Admisión y 86 minutos para Consultorios.

La tasa promedio de llegadas fue de 15 pacientes por hora y 8 pacientes atendidos por hora (Admisión) y 7 pacientes que llegan por hora y 4 son atendidos por hora (Consultorios), estos son datos esenciales que permitieron el desarrollo de los demás indicadores.

El tiempo promedio de espera después de aplicar la Teoría de Colas en el Servicio de Consulta Externa es de 4:51 minutos obteniendo 0:51 minutos en Admisión y 4 minutos en Consultorios, trabajando con 4 ventanillas y 3 médicos para cada especialidad.

El Hospital Regional EGB deberá operar con 4 trabajadores en el Área de Admisión, con el fin de disminuir el tiempo espera a 0:51 minutos con un costo de S/. 54.44 nuevos soles, y deberá contratar dos médicos más para cada especialidad en el Área de Consultorios si se quiere disminuir a 4 minutos de espera en cola con un costo de S/.166.40 nuevos soles (Reumatología y Urología) y un costo de S/154.49 (Endocrinología)

En el Área de Admisión se cuenta con 7 trabajadores teniendo un costo de S/.71.75 nuevos soles, mientras que con la propuesta de 4 trabajadores se tendría un costo de S/.54.44 nuevos soles y se estaría ahorrando S/17.31 nuevos soles.

La tasa de decremento del tiempo de espera en Admisión es del 98% con un tiempo de espera final de 0:51 minutos, mientras que en Consultorios es del 95% con una espera de 4 minutos en cola, por lo que el tiempo de espera final en el Servicio de Consulta Externa es de 4:51 minutos teniendo una disminución del 97%.

### Referencias bibliográficas

- Canavos, G. (1988). *Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos*. México: McGraw - Hill. ISBN 9684518560.
- Cao, R. (2002). *Introducción a la simulación y a la teoría de colas*. Coruña, España: Netbiblio. Pág. 224. ISBN 8497450175.
- Cardona, D. (2012). *Aplicación de las colas de Poisson en procesos de toma de decisiones en la gestión de servicios médicos*. Bogotá, Colombia: Universal del Rosario. ISBN 01248219.
- Cnnexpansión. (2011). CNNEXPANSIÓN. [En línea] 05 de agosto de 2011. [Citado el: 15 de abril de 2015.] <http://www.cnnexpansion.com/expansion/2011/08/05/mercado-privado-sale-a-probar-suerte>.
- Cordova, O., Del Castillo, M., De La Lama, A. (2010). *¿Es posible reducir el tiempo de espera en las colas?* Ciencias. Vol. 99, 52-59.
- De La Fuente, D. Pino, R. (2001). *Teoría de líneas de espera: Modelos de colas*. España: Universidad de Oviedo. Pág. 137. ISBN 8483172488.
- Eppen, G. (2000). *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. México D.F: Pearson. Pág. 702. ISBN 9701702700, 9789701702703.

- Escudero, L. (1972). Aplicaciones de la teoría de colas: Análisis y solución de los problemas de cuellos de botellas en almacén, producción y ventas con referencias breves a Business Games y teoría de juegos. Bilbao. ISBN 9788483172.
- Fitzsimmons, J., Fitzsimmons, M. (2004). Service management: Operations, strategy and information technology. BOSTON: McGraw-Hill, 2004. Pág. 587. ISBN 0072823739.
- García, E., García, H., Cardenas, L. (2006). Simulación y Análisis de sistemas con Promodel. México: Pearson Prentice Hall. ISBN 970-26-0773-6.
- Hillier, F y Lieberman, G. (2010). Introducción a la investigación de operaciones. México D.F: McGraw-Hill.
- Huete, A. (2004). Administración de servicios. Estrategias de Marketing, Operaciones y recursos humanos. México: PEARSON. Pág. 741. ISBN 9702603889.
- Izar, J. (1998). Fundamentos de investigación de operaciones para administración. México: Universitaria Potosiana. Pág. 255. ISBN 9687674016.
- Kamlesh, M., Solow, D. (1996). Investigación de operaciones: El arte de la toma de decisiones. México: New York: Prentice - Hall Hispanoamericana. Pág. 977. ISBN 9688806986.
- Krajewski, L., Ritzman, L. (2000). Administración de operaciones. México D.F: Pearson. Pág. 892. ISBN 9684444117.
- Kuster, I., Román, N. (2006). Venta personal y dirección de venta. España: Ediciones Paraninfo. ISBN 8497324803/9788497324809.
- Lopez, E. (2012). Teoría de colas. Málaga, España.
- Marques, M. (2001). Estadística básica un enfoque no paramétrico. México: UNAM, 2001. 9683691641.
- Meyers, F. (2000). Estudio de tiempos y movimientos. México: Pearson Educación 2000. Pág. 334. ISBN 9684444680.
- Sarabia, A. (1996). Investigación Operativa. Madrid, España; ORTEGA. Pág. 790. ISBN 8487840841.
- Serna, H. (2006). Servicio al cliente una nueva visión: Clientes para siempre: Metodología y herramientas para medir su lealtad y satisfacción. Colombia: Panamericana editorial. Pág. 283. ISBN 9583021814.
- Taha, H. (2004). Investigación de Operaciones. México: Pearson. Pág. 830. ISBN 9702604982.
- Vargas, A. (1995). Estadística descriptiva e inferencial. España: Universidad de Castilla- La Mancha. Pág. 576. ISBN 848825587X.
- Vergara, J., Quezada, V. (2009). Análisis cuantitativo con WinQSB. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.