

Impacto del sistema de colas en el tiempo de espera del proceso de recaudación en la red vial n°4 – Peaje Huarmey.**Impact of the queuing system in the waiting time of the process of collection in the road network n°4-Toll Huarmey.****Impacto de um sistema em fila tempo de espera processo de recuperação de na estrada de rede n ° 4 – Pedágio Huarmey.****Albert Joé Gonzales Príncipe ¹, Percy John Ruiz Gómez ², Jaime Eduardo Gutiérrez Ascón ³.****Resumen**

El objetivo de la investigación fue determinar el impacto de la aplicación del sistema de colas para reducir el tiempo de espera en los vehículos que transitan por el peaje Huarmey. A un nivel de significancia de 5% y 95% de confianza se determinó una muestra de 194 vehículos, igualmente para la selección de días y horas. La investigación es de tipo pre experimental. Se encontró que la tasa de arribo fue 1,437vehículos/minuto; la tasa de servicio de 1,1851vehículos/minuto con costos de espera de 41,86 soles y de servicio 16,2 soles y donde el número de servidores en garita es 2 con tiempos de espera de 2,51 minutos llegando peligrosamente a los 3 minutos de acuerdo a la normado en los contratos. Con el programa Win Qsb se calculó que el número óptimo de servidores es de 3. Con un nivel de confianza de 95% la prueba de hipótesis concluye que los tiempos antes del estudio son mayores a los tiempos después de éste con un valor de probabilidad "p" de 88,02%; situación que según la proyección vehicular aumenta en 9,05% y controla el flujo de vehículos para el 2017. El estudio concluyó que el incremento de un servidor más en la caseta facilita y mejora la atención de los usuarios lo que es beneficioso por los ahorros de combustible, tiempo de viaje de ruta y evita penalización por llegar a límites máximos según contrato.

Palabras clave: Cola, satisfacción, servidores, tiempo de atención, tiempo de espera.

Abstract

The objective of the research was to determine the impact of the application of the queuing system to reduce waiting time in vehicles passing through the Huarmey toll. At a significance level of 5% and 95% confidence, a sample of 194 vehicles was determined, also for the selection of days and hours. The research is pre-experimental type. The arrival rate was found to be 1,437 vehicle / minute; the service rate of 1,1851 vehicles / minute with waiting costs of 41.86 soles and service 16,2 soles and where the number of servers in garita is 2 with waiting times of 2.51 minutes arriving dangerously at 3 Minutes according to the norm in contracts. With the Win Qsb program it was calculated that the optimal number of servers is 3. With a confidence level of 95% the hypothesis test concludes that the times before the study are greater than the times after the latter with a probability value " P "of 88,02%; a situation that according to vehicle projection increases by 9,05% and controls the flow of vehicles by 2017. The research conclude that the increase of one more server in the booth facilitates and improves the attention of the users what is beneficial for the fuel savings, time of travel of route and avoids penalization by reaching to maximum limits according to contract.

Keywords: Queue, satisfaction, servers, time attention, waiting time.

Resumo

O objetivo da investigação foi determinar o impacto da aplicação do sistema de filas para reduzir o tempo

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. albert_gp21@hotmail.com

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

³Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. ing_jagu@hotmail.com. <http://orcid.org/0000-0003-4065-3359>

Recibido: 02/04/ 2017 Aceptado: 05/05/2017

de espera nos vehículos que pasan pelo pedágio Huarmey. A um nível de significância de 5% e 95% de confiança determinou-se uma amostra de 194 veículos, igualmente para a seleção de dias e horas. A investigação é do tipo pré experimental. Determinou-se que a taxa de chegada foi 1,437 veículos/minuto; a taxa de serviço de 1,1851 veículos/minuto com custo de espera de 41,86 soles e de serviço 16,2 solas e onde o número de servidores em portaria es 2 com tempos de espera de 2,51 minutos chegando perigosamente aos 3 minutos de acordo com as regras estabelecidas nos contratos. Com o programa Win Qsb calculou-se o número ótimo de servidores é 3. Com um nível de confiança de 95% a prova de hipóteses conclui que os tempos antes do estudo são maiores do que os tempos depois com um valor de probabilidade "p" de 88,02%; situação de acordo com as projeções veiculares aumenta em 9,05% e controla o fluxo de veículos para o 2017. O estudo concluiu que o aumento de mais um servidor na portaria facilita e melhora a atenção dos usuários o que é benéfico para a economia de combustível, tempo de viagem e evitar penalidades para alcançar limites máximos de acordo ao contrato.

Palavras-chave: *Cauda, a satisfação, servidores, tempo de atendimento, tempo de espera.*

Introducción.

Actualmente, en el peaje de Huarmey existen momentos de formación de largas colas en horas de mayor tráfico vehicular generando malestar, ineficiencia, retraso y otros problemas, lo que origina un costo de tiempo económico y un tiempo de espera para los usuarios, que de ser mayor, a lo establecido en el contrato, podría traer consecuencias como sanciones económicas.

Bautista (2014), en su investigación definió como objetivo principal diseñar la estrategia operativa de implementación del nuevo sistema de filas de las oficinas del banco a nivel nacional, considerando el impacto en los clientes y haciendo énfasis en los clientes portafolio, y establecer un sistema de evaluación y control de la operación de los subdirectores y cajeros de las oficinas. Las principales conclusiones fueron que el sistema de filas actual del banco Davivienda no es el óptimo; sus tres filas afectan el desempeño general de las oficinas, especialmente en el tiempo de espera en fila. La cantidad y asignación de los cajeros y la ubicación de las mesas para diligenciar los formatos necesarios para realizar una transacción causan demoras en el sistema, lo que genera una baja satisfacción en el cliente.

Clemente (2008), concluyó que todas las propuestas evaluadas para cada tipo de día logran de forma individual mejorar la situación de la oficina según los indicadores de gestión más relevantes (nivel de atención, tiempo de espera promedio, arribos fuera de rango) y alcanzar la meta planteada. Adicionalmente, cada propuesta implica un costo de cola mucho menor al estimado actual. En el caso de los días con menor cantidad de arribos, la propuesta 3 representa una mejora en el nivel de atención en la oficina de 3 puntos porcentuales y además genera mayor ahorro (U\$ 1,447) por lo que esta configuración será tomada como la mejor para este tipo de día. En el caso de los días con mayor cantidad de arribos, la propuesta 2 representa una mejora en el nivel de atención en la oficina de 6 puntos porcentuales y además genera mayor ahorro (US\$ 784) por lo que esta configuración será tomada como la mejor para este tipo de día.

Correal (2014), tuvo como objetivo principal realizar un diagnóstico operacional en diversas estaciones de recaudo de peaje, analizando el funcionamiento del sistema de recaudo, determinando las colas en las horas de máxima demanda, tiempos para ser atendidos por el sistema y tiempo de atención en el sistema, de manera que se pudieron establecer los requerimientos para dar cumplimiento a las colas máximas establecidas por las entidades que las han entregado en concesión. Concluyó que la tasa de servicio depende de la composición vehicular que transita por la vía sobre la cual se encuentre instalado o se proyecte instalar un peaje. Teniendo en cuenta lo anteriormente enunciado, aunque dos estaciones de recaudo cuenten con la misma tasa de arribo, dependiendo de la tasa de servicio media pueden necesitar infraestructuras diferentes, de manera que la capacidad sea la necesaria para cumplir con las colas máximas permitidas por carril.

Cardona (2005), en su trabajo de investigación tuvo como objetivo principal mejorar el servicio que actualmente se ofrece en la Municipalidad de Santa Catarina Pínula. Al concluir, indicó que, actualmente, al registro de vecindad, llega en promedio un usuario cada 30 minutos, y el

empleado invierte 20 minutos en la prestación del servicio, lo que significa que de una hora el empleado trabaja en atender a los usuarios 40 minutos y 20 minutos se encuentra desocupado, el número de usuarios en espera es mínima, por lo que no se considera como cola. Aunque este es el empleado que mayor tiempo invierte en atender a un cliente (20 minutos) es el que presenta la mayor probabilidad que el sistema se encuentre desocupado, es decir que el sistema se encuentre disponible cuando llegue el usuario. Para la ventanilla de registro de vecindad se recomienda, seguir brindando el mismo servicio, ya que los usuarios no realizan cola y es la ventanilla que presenta la mayor probabilidad que el sistema se encuentre desocupado cuando llegue el usuario.

La problemática de esta investigación va dirigida a la empresa que está a cargo de la administración de los peajes de la Red Vial N° 4, área de operaciones (casetas-recaudación de peajes) donde se realiza el cobro de peajes a los usuarios que transitan por la carretera haciendo uso de la misma, de tal modo que cuenta con 4 casetas operativas. Existen momentos donde se forman largas colas por ser horas punta, donde se registra más tránsito de usuarios; y ocurre que en esta línea de espera se genera malestar, ineficiencia, retraso y otros problemas, lo que origina un costo de tiempo económico. De no tomarse medidas, la empresa administradora de peajes se perjudicaría en su sistema de calidad de atención al usuario, no cumpliendo con el tiempo de espera (TEC) establecido en el contrato de concesión cuyo límite máximo aceptable es de tres “3” minutos; de tal modo, que los usuarios pueden presentar su reclamo en el libro de reclamaciones o ante el ente regulador OSITRAN (Organismo supervisor de la inversión en infraestructura de transporte de uso público) y la empresa puede ser multada y sancionada; según el contrato de concesión esta penalidad iría desde 25 hasta 840 UIT dependiendo de la gravedad y la reincidencia de la misma. Es muy importante evaluar el balance entre el aumento del nivel del servicio y el tamaño de las colas de espera. Por lo tanto, es necesario entender la relación entre el número de servidores en un sistema (o eficacia de los mismos) y la cantidad de tiempo gastado en la cola (o cantidad de cliente en la misma). El trabajo que aquí se presenta muestra la aplicación de una herramienta de la Investigación de Operaciones (IO) como la teoría de colas, la cual busca determinar el impacto de un sistema de colas en el tiempo de espera del proceso de recaudación de la Red Vial N° 4 - peaje de Huarney, para disminuir el tiempo de espera (TEC) y poder cumplir con los establecido en el contrato de concesión de la Red Vial N° 4.

Material y métodos

El estudio fue de carácter aplicado, ya que se realizó un registro de mediciones de los indicadores de las variables de estudio de manera independiente. Y el diseño fue de tipo pre-experimental; en este tipo de diseño se aplica la variable independiente, describiendo el comportamiento, a través de la medición los parámetros establecidos, y sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos, se realizó un análisis interno de cómo se manejaría el sistema de colas para la mejora de procesos de atención.

La población estuvo constituida por todos los vehículos que transitan por el peaje de Huarney; se cuenta con un promedio de 124,224 vehículos mensuales. Para ellos se utilizó la fórmula de poblaciones finitas.

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

p: Probabilidad de éxito (50%)

q: Probabilidad de fracaso (50%)

Z: Estadístico Z, a un 95% de confianza (1,960)

N: Tamaño de la población (61,653) vehículos mensuales

e: Precisión o error máximo admisible (5%)

n: Tamaño de la muestra

Obteniendo: $n=382,96 = 383$

Aplicando la muestra ajustada

$$n = \frac{n^\circ}{1+n^\circ/N}$$

Obtenemos: $n= 381,79 = 382$ vehículos - usuarios.

Teniendo una muestra grande de 382 vehículos-usuarios, se optó que por conveniencia la toma de muestra se realizará de forma aleatoria simple haciendo el uso del Excel, con la opción “aleatorio.entre” para poder determinar los días y las horas, tomando como máximo hasta 15 minutos por cada muestra en cada hora indicada, según la muestra se hallará **n**.

Resultados

En la Tabla 1, se detallan los arribos de vehículos tomados en los diferentes días y horas según muestra.

Tabla 1. Medición de tasa de arribo peaje Huarmey.

Fecha	Intervalo de tiempo	Tasa de arribo (λ)-caseta	
		15min	1hora
16/05/2016	02:44:50 a.m. – 02:59:50a.m.	21	168
16/05/2016	03:30:23 a.m. – 03:45:52a.m	22	176
16/05/2016	10:35:53 a.m. – 10:50:07a.m	17	136
18/05/2016	01:59:46 p.m. – 02:15:11p.m	18	144
18/05/2016	04:00:14 p.m. – 04:15:11p.m	24	192
18/05/2016	09:59:24 p.m. – 10:14:42p.m	26	208
20/05/2016	02:00:35 p.m. – 02:14:58a.m	23	184
20/05/2016	10:10:10 p.m. – 10:24:41a.m	19	152
20/05/2016	04:15:19 p.m. – 04:30:33a.m	24	192
Promedio (λ)		21,56	172,44

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 1, la tasa de arribo promedio para 2 casetas fue de 172,44 vehículos/hora. Se obtuvo la mayor tasa de arribo en la tercera muestra del día 18/06/2016 desde 09:59:24pm – 10:14:42pm con un total de 208 vehículos/hora, mientras que la menor tasa se obtuvo el día 16/06/2016 desde 10:35:53 – 10:50:07 con un total de 136 vehículos/hora. Para utilizar el programa WinQSB 2.0, se tomará el dato de 1.4370 vehículos/minuto.

En la Tabla 2, se detalla la tasa de servicio según muestra tomada en los diferentes días y horas.

Se halló que la tasa de servicio promedio para 2 casetas es de 142,22vehículos/hora-casetas, siendo esta tasa menor a la tasa de arribo, por eso podemos decir que se forman colas en el proceso.

Se obtuvo la mayor tasa de servicio en la tercera muestra del día 20/06/2016 desde 04:15:19 – 04:30:33 con un total de 152vehículos/hora, mientras que la menor tasa se obtuvo el día 16/06/2016 desde 10:35:53 – 10:50:07 con un total de 120 vehículos/hora. Para utilizar el programa WinQSB 2.0, se tomó el dato de 1,1851 vehículos/minuto.

Tabla 2. Medición de la tasa de servicio de peaje Huarmey.

Fecha	Intervalo de tiempo	Tasa de arribo (μ)-caseta	
		15min	1hora
16/05/2016	02:44:50 a.m. – 02:59:50a.m.	18	144
16/05/2016	03:30:23 a.m. – 03:45:52a.m	16	128
16/05/2016	10:35:53 a.m. – 10:50:07a.m	15	120
18/05/2016	01:59:46 p.m. – 02:15:11p.m	16	128
18/05/2016	04:00:14 p.m. – 04:15:11p.m	19	152
18/05/2016	09:59:24 p.m. – 10:14:42p.m	22	176
20/05/2016	02:00:35 p.m. – 02:14:58a.m	19	152
20/05/2016	10:10:19 p.m. – 10:24:41a.m	16	128
20/05/2016	04:15:19 p.m. – 04:30:33a.m	19	152
Promedio (μ)		17,78	142,22

Fuente: Elaboración propia.

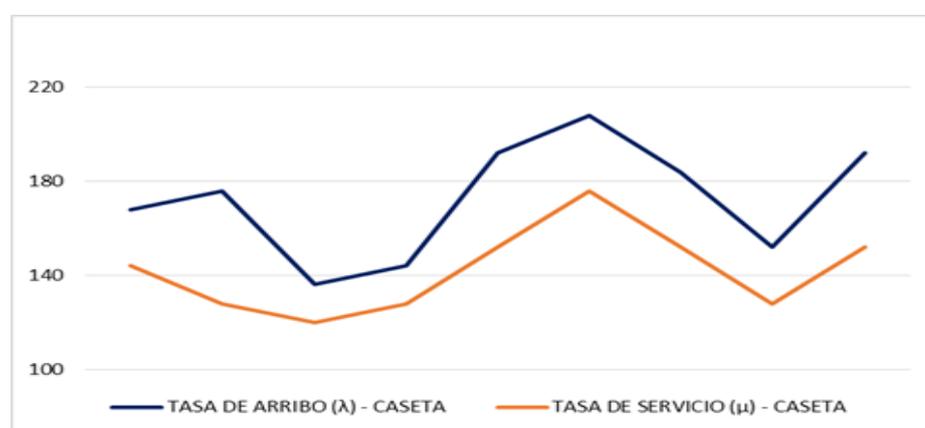


Figura 1. Comparación de tasa de arribo y tasa de servicio.

Fuente: WinQSB 2.0.

En la Figura 1, al realizar la comparación de la tasa de arribo y la tasa de servicio, se observa que la tasa de arribo es mayor que la tasa de servicio es por ello que se forman las colas en el proceso.

Para la medición de cálculo de los costos por servidor se halló el promedio de sueldo anual de los trabajadores, el costo de los materiales utilizados en el proceso y la energía promedio utilizada por hora (Véase Tabla 3).

Tabla3. Costo de servidor peaje Huarmey.

Descripción	Costo x 01 servidor (S/.)			Total 01 servidor/hr	Total 02 servidor/hr
	Mes	Día	Hora		
Sueldo trabajador	1301,03	43,37	3,61		
Materiales	247,50	8,25	0,69	S/. 8,01	S/. 16,02
Energía	2668,4	88,95	3,71		

Fuente: Elaboración propia.

La información de los sueldo de los trabajadores se obtuvo a través del área de recursos humanos quien brindó el factor para determinar el sueldo promedio. El costo de los materiales

se obtuvo a partir de la cantidad y el precio de materiales que se utiliza en el proceso, para este caso solo se necesita rollos térmicos; para la energía se obtuvo un promedio mensual del gasto de energía a través de la información obtenida de la empresa administradora del peaje de Huarney. Se halló el costo de 2 servidores obteniendo un total de S/. 16,02 soles servidor/hora.

Para la medición de cálculo de los costos de espera se buscó el promedio de sueldo de Perú por fuente de INEI, también se buscó el consumo de combustible por hora de los diferentes vehículos que transitan por el peaje y el costo del combustible en la página de OSINERGMIN para hallar el costo de combustible por hora, teniendo los datos de la tasa de arribo y tasa de servicio se pudo hallar la longitud de la cola a través del programa Win QSB, todos estos datos nos sirvieron para poder hallar el costo de espera, en la Tabla 4.

Tabla 4. Costo de espera en peaje Huarney.

Descripción	Costo espera de usuario (S/.)			Espera usuario/hr	Longitud de cola	Total espera usuario/hr
	Mes	Día	Hora			
Sueldo trabajador	1229,90	41,00	3,42	S/. 59,47	0,704	S/. 41,86
Combustible			56,05			

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4, indica que el sueldo promedio por hora es de 3,42 soles y el costo de combustible de 56,05 soles/hora, teniendo un costo de espera de 59,47 soles/hora que al multiplicarlo por la longitud de la cola 0,704 determina un costo total de espera de usuario 41,86 soles/hora.

Para la medición de tiempos de espera se determinaron los tiempos de espera en cola y tiempo de atención, pudiendo hallar el tiempo de espera total, con total de n=194 vehículos.

Tabla 5. Medición de tiempos de espera en peaje Huarney.

Fecha	Intervalo de tiempo	Tasa de espera de atención	Tiempo de espera en caseta	Tiempo total de espera
16/05/2016	02:44:50 a.m. – 02:59:50a.m.	00:01:42	00:00:47	00:02:28
16/05/2016	03:30:23 a.m. – 03:45:52a.m.	00:01:50	00:00:54	00:02:44
16/05/2016	10:35:53 a.m. – 10:50:07a.m.	00:01:22	00:00:51	00:02:13
18/05/2016	01:59:46 p.m. – 02:15:11p.m.	00:01:25	00:00:56	00:02:21
18/05/2016	04:00:14 p.m. – 04:15:11p.m.	00:01:47	00:00:48	00:02:35
18/05/2016	09:59:24 p.m. – 10:14:42p.m.	00:03:24	00:00:40	00:04:04
20/05/2016	02:00:35 p.m. – 02:14:58a.m.	00:02:19	00:00:45	00:03:04
20/05/2016	10:10:19 p.m. – 10:24:41a.m.	00:02:02	00:00:54	00:02:56
20/05/2016	04:15:19 p.m. – 04:30:33a.m.	00:02:31	00:00:45	00:03:17
Promedio		00:02:02	00:00:49	00:02:51

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5, un tiempo de espera promedio total por cada usuario de 00:02:51 minutos lo que indica que se está al límite del tiempo de espera establecido en el contrato de 3 minutos.

Análisis de datos en programa Win Qsb 2.0:

Según la notación Kendall se seleccionó la política de formato el problema en el programa WINQSB 2.0 donde el sistema de cola de peaje se adapta al formato M/M System del programa y la unidad de tiempo será en minutos.

Al tener los datos requeridos se ingresaron al programa WINQSB, para poder conocer la optimización del sistema de colas lo que nos arrojó los siguientes datos:

Figura 2, el coste total de los clientes esperando por hora es 29,5008 soles. El costo total de la atención al cliente que es servida por hora es de 50,7576 soles. El costo total del sistema es de 112,2984 soles.

07-16-2016	Performance Measure	Result
1	System: M/M/2	From Formula
2	Customer arrival rate (lambda) per minut =	1.4370
3	Service rate per server (mu) per minut =	1.1851
4	Overall system effective arrival rate per minut =	1.4370
5	Overall system effective service rate per minut =	1.4370
6	Overall system utilization =	60.6278 %
7	Average number of customers in the system (L) =	1.9173
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0.7047
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	1.5399
10	Average time customer spends in the system (W) =	1.3342 minuts
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0.4904 minuts
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	1.0716 minuts
13	The probability that all servers are idle [Po] =	24.5114 %
14	The probability an arriving customer waits [Pw] or system is busy [Pb] =	45.7671 %
15	Average number of customers being balked per minut =	0
16	Total cost of busy server per minut =	\$19.4251
17	Total cost of idle server per minut =	\$12.6149
18	Total cost of customer waiting per minut =	\$29.5008
19	Total cost of customer being served per minut =	\$50.7576
20	Total cost of customer being balked per minut =	\$0
21	Total queue space cost per minut =	\$0
22	Total system cost per minut =	\$112.2984

Figura 2. Análisis de desempeño del sistema en WINQSB peaje Huarmey.

Fuente: Programa WINQSB 2.0.

Análisis de sensibilidad para los tiempos y el número de servidores iniciando en 2 y terminando en 10 servidores:

07-16-2016 Value	Effective Arrival Rate	System Utilization	L	Lq	Lb	W	Wq	Wb	P0	Pw
2	1.4370	0.6063	1.9173	0.7047	1.5399	1.3342	0.4904	1.0716	0.2451	0.4577
3	1.4370	0.4042	1.3107	0.0982	0.6784	0.9121	0.0683	0.4721	0.2902	0.1447
4	1.4370	0.3031	1.2292	0.0167	0.4350	0.8554	0.0116	0.3027	0.2964	0.0383
5	1.4370	0.2425	1.2153	0.0027	0.3202	0.8457	0.0019	0.2228	0.2973	0.0086
6	1.4370	0.2021	1.2130	0.0004	0.2533	0.8441	0.0003	0.1763	0.2974	0.0016
7	1.4370	0.1732	1.2126	0.0001	0.2095	0.8439	0.0000	0.1458	0.2974	0.0003
8	1.4370	0.1516	1.2126	0.0000	0.1786	0.8438	0.0000	0.1243	0.2974	0.0000
9	1.4370	0.1347	1.2126	0.0000	0.1557	0.8438	0.0000	0.1084	0.2974	0.0000
10	1.4370	0.1213	1.2126	0.0000	0.1380	0.8438	0.0000	0.0960	0.2974	0.0000

Figura 3. Análisis de sensibilidad para tiempos (minutos) en WINQSB peaje Huarmey.

Fuente: Programa WINQSB 2.0.

En las Figuras 3y 4, comparando los tiempos de espera según la cantidad de servidores de 2, 3 y 4 se observa una brecha considerable comparando 2 y 3 servidores, siendo un poco más amplia en el tiempo de espera en cola con el servidor ocupado (1,0716 vs. 0,4721, respectivamente), que es el tiempo que se desea disminuir; realizando la comparación de 3 y 4 servidores vemos que la brecha no es tan considerable, varía en el tiempo de espera en cola con el servidor ocupado (0,4721 vs. 0,3027, respectivamente), siendo la mejor opción contar con 3 servidores ya que disminuye considerablemente los tiempos de espera.

Según las Figuras 5 y 6, la comparación de los costos para 2 y 3 servidores indica que el costo de servidor y servidor desocupado aumentan, habiendo una disminución considerable en el costo de espera del cliente con un costo total de 112,2984 soles con 2 servidores y 102,9267 con

3 servidores. Comparando 3 y 4 servidores notamos que los costos aumentan para 4 servidores y la disminución del costo de espera del cliente no es tan notorio como en la comparación anterior, teniendo un costo total de 115,5352 soles con 4 servidores. Según las comparaciones la mejor opción es contar con 3 servidores ya que se disminuyen los costos totales, notándose la mayor diferencia en el costo de espera del cliente.

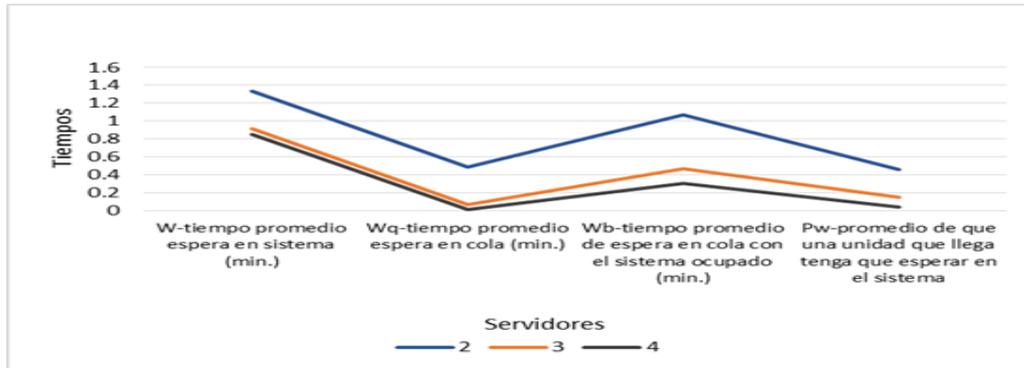


Figura 4. Análisis de sensibilidad de tiempos de espera (minutos) para 2, 3 y 4 servidores Peaje Huarney.
 Fuente: WinQSB 2.0.

Análisis de sensibilidad para los costos y el número de servidores iniciando en 2 y terminando en 10 servidores:

07-16-2016 Value	Busy Server Cost	Idle Server Cost	Waiting Customer Cost	Served Customer Cost	TOTAL COST
2	19.4251	12.6149	29.5008	50.7576	112.2984
3	19.4251	28.6349	4.1091	50.7576	102.9267
4	19.4251	44.6549	0.6976	50.7576	115.5352
5	19.4251	60.6749	0.1149	50.7576	130.9725
6	19.4251	76.6949	0.0174	50.7576	146.8951
7	19.4251	92.7149	0.0024	50.7576	162.9000
8	19.4251	108.7349	0.0003	50.7576	178.9179
9	19.4251	124.7549	0.0000	50.7576	194.9376
10	19.4251	140.7749	0.0000	50.7576	210.9576

Figura 5. Análisis de sensibilidad para costos peaje Huarney.
 Fuente: Programa WINQSB 2.0.

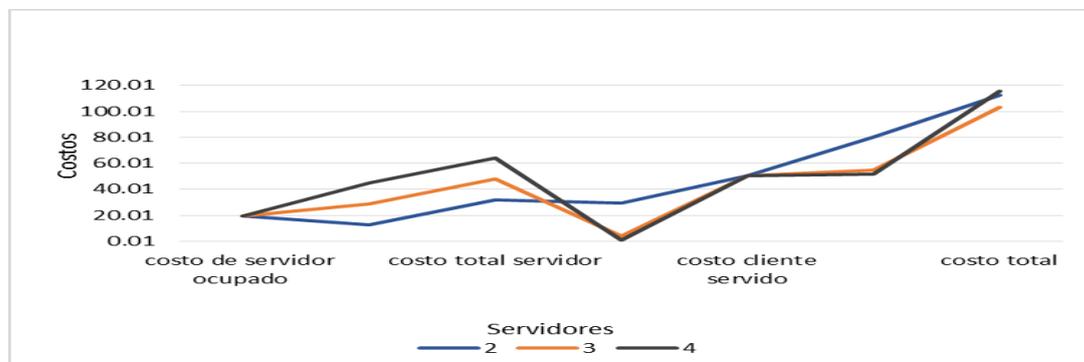


Figura 6. Sensibilidad de costo para 2, 3 y 4 servidores peaje Huarney.
 Fuente: WinQSB 2.0.

La Figura 7, muestra el punto de costo mínimo del sistema comparando entre 2 hasta 10 servidores. Se realizó la comparación con los costos de servidor, costos de espera y costos totales para cada servidor, indicándose que el punto de costo mínimo se da con 3 servidores para el sistema de cola del peaje de Huarmey, con esto confirmamos que según lo analizado en la Figura 4 y la Figura 6 fue correcto indicar que lo más conveniente es la utilización de 3 servidores para disminuir el tiempo de espera en el proceso de recaudación de peaje de Huarmey. .

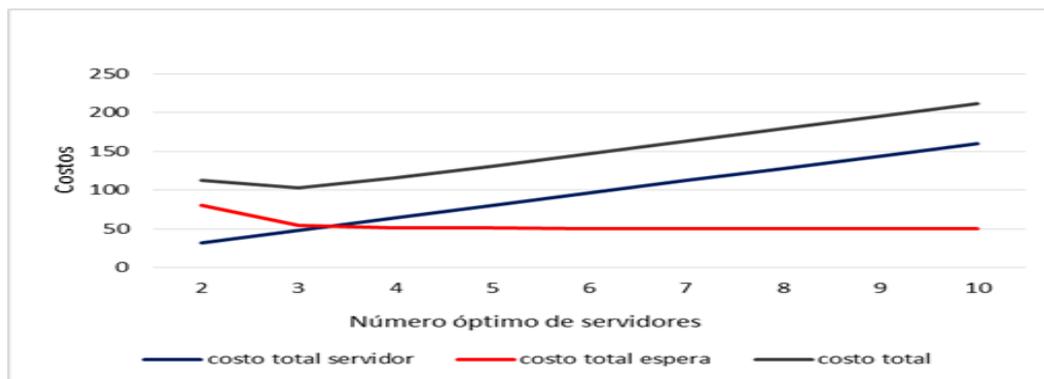


Figura 7. Punto de costo mínimo del sistema de cola peaje Huarmey.

Fuente: WinQSB 2.0.

Impacto de sistema de colas peaje Huarmey

Para medir el impacto del sistema se realizó la Tabla 6, comparando el sistema actual con 2 servidores y el sistema propuesto con 3 servidores, y mostrando la variación entre ambos sistemas.

Tabla 6. Impacto de sistema de colas en peaje Huarmey.

Indicadores	Actual 2 servidores	Propuesto 3 servidores	Variación
Utilización del sistema %	60,6300	40,4200	20,2100
L- usuarios en sistema	1,9173	1,3107	0,6066
Lq-usuarios en cola	0,7047	0,0982	0,6065
Lb-usuarios en cola con sistema ocupado	1,5399	0,6784	0,8615
W-tiempo promedio espera en sistema (min)	1,3342	0,9121	0,2100
Wq-tiempo promedio espera en cola (min)	0,4904	0,0683	0,4221
Wb-tiempo promedio espera en cola con el sistema ocupado (min)	1,0716	0,4721	0,5995
Pw- promedio de que una unidad que llega tenga que esperar en el sistema (min)	0,4577	0,1447	0,3130

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6, indica una variación en la utilización del sistema de 20,21% (33,33%) una disminución de 0,6066 (31,63%) en la cantidad de usuarios en sistema y usuarios en cola disminuye en 0.8615 (55,95%) la cantidad de usuarios en cola con el sistema ocupado, disminuye también el tiempo W 0,21 minutos (31,64%) y Wq en 0,4221 minutos (86,07%), una variación de 0,5995 minutos (55,94%) en el tiempo Wb y disminuye 0,313 minutos (68,39%) en el tiempo Pw.

La Figura 8, muestra el impacto del sistema de colas entre 2 y 3 servidores.

Con los resultados de las Tablas 7 y 8 establecimos que el beneficio/costo estaría dado de la siguiente manera:

$$B/C = 711,000.00 / 18,218.20$$

$$\text{Beneficio /Costo} = 39.03 > 1$$

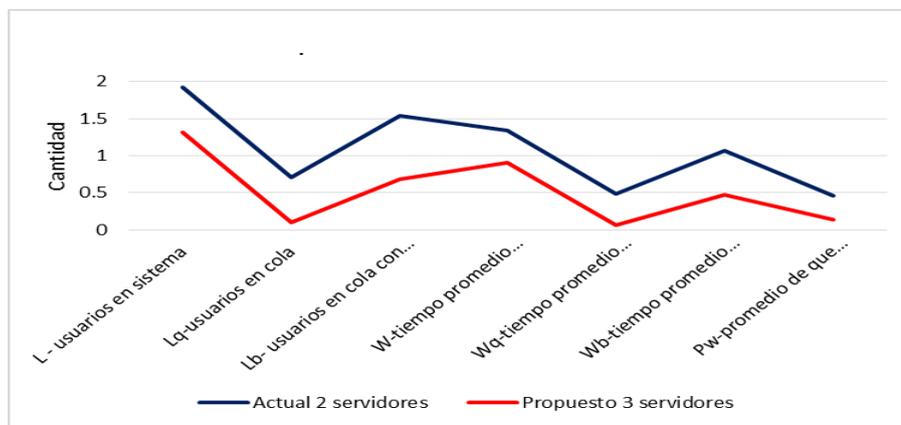


Figura 8: Impacto de sistema de colas en peaje Huarmey.

Fuente: Elaboración propia.

Beneficio / costo de sistema de colas peaje Huarmey:

Tabla 7. Sueldo promedio anual por servidor - peaje Huarmey.

Concepto	Mes	Año
Sueldo promedio anual por servidor (S/.)	1301, 30	18218,20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Pago de multa por incumplimiento de tiempo máximo permitido – OSITRAN.

Concepto	Multa leve	Monto UIT	Monto Total
Multa por incumplimiento Ingreso >50mil (S/.)	180UIT	3950	711,000.00

Fuente: Elaboración propia.

El beneficio/costo de aumentar un servidor en el peaje de Huarmey y no pagar la multa es de 39,03 que es mayor a 1, lo que nos indica que es bueno y que la empresa estaría dejando de pagar 39,03 soles por cada 1 sol que está pagando por un servidor más.

Contrastación de prueba de hipótesis:

Para realizar la contrastación de hipótesis, fue necesario definir los datos con los que se trabajarían, de modo que esos datos fueron los tiempos que se da en minutos; es decir, los tiempos que nos brinda el programa Winqsb 2.0 como son W , W_q y W_b en la operación en el peaje de Huarney, a los valores tomados antes del sistema de colas se les llamó “Pre test” y a los valores después del sistema de colas “Post test”.

Ho: Sistema de colas NO disminuye tiempo de espera

Hi: Sistema de colas SI disminuye tiempo de espera

Debido a la prueba de diferencia de medias con un grado de confianza de 95% y un grado de significancia de 5%, indica que la pre experimentación se da cuando los resultados en el tiempo de espera pre test menos los tiempos de espera post test en el peaje de Huarney es mayor o igual a cero con una valor de probabilidad de 88,02%, tenemos una media de 0,481.

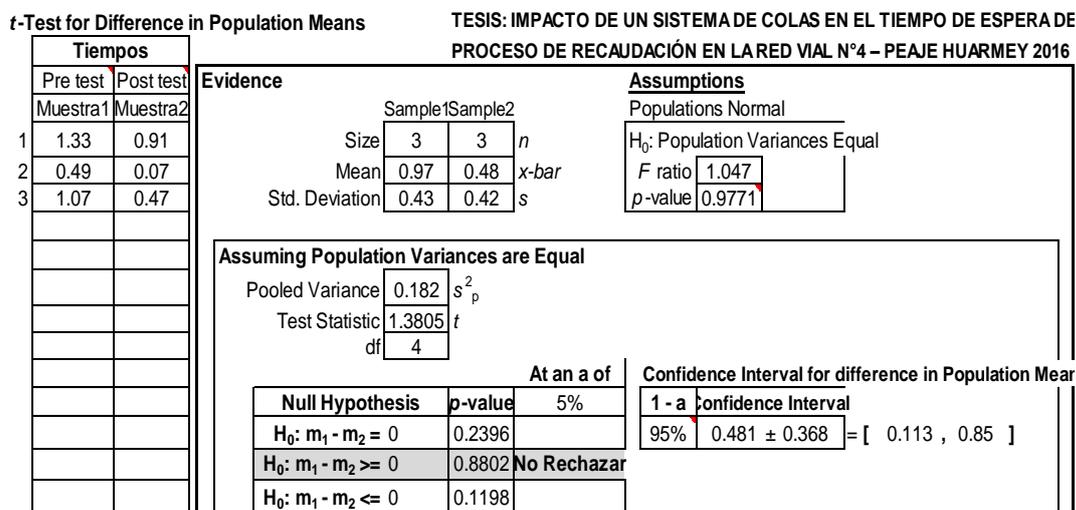


Figura 9. Prueba de diferencias de dos medias poblacionales para tiempos de espera.
 Fuente: Excel 2013

Discusión

Luego del análisis, el primer resultado obtenido fue el de la tasa de arribo y se puede afirmar que a mayor tasa de arribo, mayor es el tiempo de espera de los usuarios siempre y cuando se trabaja con la misma cantidad de servidores, estando de acuerdo con Aguilar (2014), quienes en su investigación concluyen que la fase más crítica es sin duda el proceso de consulta debido a que el resultado de la tasa promedio de llegadas y la tasa promedio de servicio es casi igual por lo que la utilización es demasiado alta, del 0,94, lo que quiere decir que el número de médicos no es suficiente debido a que las colas son demasiado grandes, esto conlleva a que tanto el número de pacientes como el tiempo promedio de espera en la cola aumente y sean los usuarios del servicio los más perjudicados en cuanto a la atención médica que les brindan.

Respecto a la tasa de servicio, el análisis de datos indica que la tasa de servicio es menor a la tasa de arribo por lo tanto se forman colas en el proceso de recaudación en el peaje de Huarney; por lo tanto, a mayor tasa de arribo mayor es el tiempo de espera de usuarios, estando de acuerdo con Cardona (2005) quien menciona, respecto a la ventanilla de Registro Civil, que el tiempo promedio entre llegadas, es de 10 minutos y el tiempo requerido para el servicio es de 15 minutos, en esta ventanilla los usuarios realizan una cola y al final son atendidos por uno de los dos empleados, por lo que se trata de un caso de canales múltiples y una sola fase. Esta ventanilla presenta un número reducido de personas en espera de 1,89 por lo que no se considera como cola.

El costo total actual con 2 servidores fue de S/. 112,29 y con el sistema propuesto de 3 servidores un costo total de S/. 102,92, habiendo una disminución de S/. 9,37 (8,34%), estando de acuerdo con Clemente (2008), que en su investigación concluye que la elección de estas nuevas configuraciones de ventanillas propuestas representa un costo de espera total del US\$ 17,626 en comparación a los US\$ 20,037 actuales. Se ve que hay una mejora considerable (un ahorro de US\$ 2,411 equivalente al 12%) gracias únicamente a cambios en los esquemas de atención del sistema de colas del banco

La evaluación del impacto del sistema de colas en el tiempo de espera concluye que el sistema actual con 2 servidores no es el adecuado, teniendo que utilizarse el sistema propuesto con 3 servidores para mejorar el tiempo de espera y, así también, la percepción de los usuarios por el servicio brindado, estando de acuerdo con Bautista (2014), en su trabajo de grado que concluyen que el sistema de filas actual del Banco Davivienda no es el óptimo, sus tres filas afectan el desempeño general de las oficinas, especialmente en el tiempo de espera en fila. La cantidad y asignación de los cajeros y la ubicación de las mesas para diligenciar los formatos necesarios, para realizar una transacción causan demoras en el sistema, lo que genera una baja satisfacción en el cliente.

Conclusión

Hallando una tasa promedio de arribo de 172,44 vehículos que llegan por hora, se realizó la proyección para el año 2017 indicando que habrá un aumento de 9.05%, esto quiere decir, que la tasa de arribo será mayor a la tasa actual y de seguir trabajando con 2 servidores se puede pasar el tiempo de espera máximo permitido de 3 minutos.

La tasa promedio de servicio fue de 142,22 vehículos atendidos por hora; al existir un incremento en el flujo vehicular y si no se incrementa la cantidad de 2 a 3 servidores, el tiempo de espera de los usuarios se incrementaría, generando malestar en los usuarios por la demora en la atención, llegando a pasar el tiempo máximo permitido TEC de 3 minutos, pudiendo ser sancionados por el ente regulador OSITRAN.

El costo de espera por usuario es de 41,86 soles/hora y el costo por servidor de 16,02 soles/hora; según los datos arrojados por el programa Win Qsb en la sensibilidad de costos, indica que con 3 servidores tenemos el punto de costo mínimo del sistema, por lo tanto es la cantidad de servidores óptimo con la que se debe trabajar.

Al evaluar el impacto del sistema de colas en el tiempo de espera, con el programa Win Qsb 2.0, se observa que 3 servidores es la cantidad de servidores óptimo y se halla una disminución en el tiempo “W” promedio de espera en el sistema de 0.21 minutos (31,64%), una disminución en el tiempo “Wq” espera en cola de 0.4221 minuto (86,07%) y una disminución en el tiempo “Wb” promedio de espera en cola con el sistema ocupado de 0.595 minutos (55,94%). Por otro lado la utilización del sistema disminuyó en 20.21% (30,33%).

Referencias Bibliográficas

- Amaya, J. (2010). *Toma de decisiones gerenciales: Métodos cuantitativos para la administración*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Mc Graw-Hill.
- Díaz R. (2010). *Problemas de teoría de colas*. España: Andavira Editora.
- Fitzsimmons, J. & Fitzsimmons, M. (2004). *Service management: operations, strategy and information technology*. Boston: Mc Graw-Hill.
- Fontalvo, T., Chamorro, O. y Caba, N. (2011). *Toma de decisiones a través de la investigación de operaciones*. España: EUMED.

-
- Gómez A. (2008). *Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente*. Universidad Nacional de Colombia EAFIT, Colombia.
- Gonzales, M. (2012). *Estadística aplicada: Una visión instrumental*. Madrid: Ediciones Díaz Santos.
- León, A. (2010). *Manual práctico de investigación de operaciones I*. Universidad de Barranquilla.
- Madariaga, F. (2013). *Lean manufacturing*. España: Bubok.
- Portilla, L., Arias L. y Fernández S. (2010). Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación. *Scientia Et Technica*, Vol. XVII. 0122-1701.
- Render, B. (2009). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: Pearson.