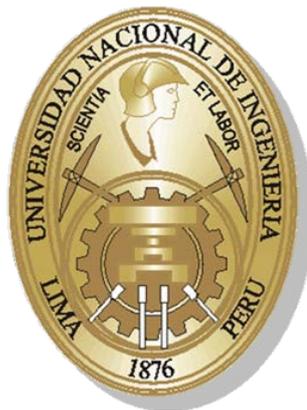


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y CIENCIAS SOCIALES**



**“MODELO DE COLAS M/M/S EN LOS SERVICIOS DE CONTRIBUCIÓN  
TRIBUTARIA Y SUS IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIAL DE  
PROYECTOS DE INVERSIÓN – SUNAT (2011)”**

**TESIS**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

ELABORADO POR:

**JOSÉ EDISON GARCIA PISCO**

ASESOR

**Dr. ISAAC HUMBERTO MATOS BARRIONUEVO**

**2013**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, en agradecimiento por sembrar en mí la semilla del progreso.*

*A mi Dios quien me ha cuidado a mí y a la familia, que ha guiado mis pasos, he confiado en él y no ha fallado.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Un reconocimiento especial a la Universidad Nacional de Ingeniería mi segunda alma mater, Al profesor Dr. Alipio Ordoñez Mercado Jefe del Posgrado y de la comisión de titulación de la Facultad de Ingeniería Económica y Ciencias Sociales.*

*Mi sinceros agradecimientos al Dr. Isaac Humberto Matos Barrionuevo, Asesor de Tesis, por su valiosa orientación, recomendaciones y comentarios de los borradores del presente trabajo de investigación.*

*También, quedo profundamente agradecido al profesor M. Sc. Freddy Toledo, al profesor Mag. Cirilo Alvares Rojas por su crítica constructiva para la elaboración final de la Tesis.*

# RESUMEN

El presente trabajo de investigación constituye una aplicación de la teoría de colas de espera en el proceso de atención a los contribuyentes en los proyectos de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT). El esquema general del proceso de atención analizado se ha realizado en el Centro de Servicios al Contribuyente Lima-Washington, el cual tiene ventanillas (servidores) de atención.

Por otro lado, para establecer parámetros óptimos en función a tiempos de llegada y atención y sus correspondiente costos de espera y atención, se crearon modelos basados en un nivel de aceptación de acuerdo al modelo M/M/S este mismo que sería útil en la incorporación de la Evaluación Social de los proyectos de inversión pública cuyo beneficiario principal serían los contribuyentes.

Se ha establecido en 10 el número óptimo de ventanillas en el proceso de atención del servicio al contribuyente, a partir de ello no sería beneficioso aumentar más ventanillas porque genera capacidad ociosa con incidencia en los costos de operación y mantenimiento los cuales tienden a incrementarse, y la probabilidad de que el sistema se encuentre vacío aumenta; de otro lado no es posible que el CSC trabaje con menos de 9 ventanillas porque la cola sería infinita.

*Palabras claves: Centro de Servicios al Contribuyente (CSC), Superintendencia de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), Tasa del tiempo de llegada ( $\lambda$ ), Tasa de atención del tiempo de servicio al contribuyente ( $\mu$ ).*

## INDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
1.1. OBJETIVOS GENERAL.....	8
1.3. IMPORTANCIA .....	8
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	11
1.4.1. ALCANCES DE LA PRESENTE TESIS .....	11
1.4.2. LIMITACIONES DE LA TEORÍA DE COLAS EN LA APLICACIÓN DE LOS PROYECTOS.....	12
<b>II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	13
2.2. BASES TEÓRICAS GENERALES .....	17
2.2.1. TEORIA DE COLAS .....	18
2.2.2. VALOR SOCIAL DEL TIEMPO.....	20
2.3. BASES TEÓRICAS ESPECÍFICAS.....	23
2.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	23
2.3.2. CAUSAS DE LOS FENÓMENOS DE ESPERA .....	26
2.3.3. COEFICIENTE DE USO DEL SERVICIO ( $\rho$ ).....	27
2.3.4. DEFINICIONES IMPORTANTES .....	27
2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE COLA DE ESPERA PARA LA SUNAT CSC LIMA WASHINGTON .....	28
2.5. HIPÓTESIS GENERAL.....	30
2.6. SELECCIÓN DE VARIABLES .....	32
<b>III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>33</b>
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	34
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	34
3.1.2. NIVEL DEL ESTUDIO.....	35
3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	40
3.2.1. POBLACIÓN .....	40
3.2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA. ....	40
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	42
3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS (LIMA WASHINGTON) .....	44
<b>IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>47</b>
4.1. APLICACIÓN DEL MODELO M/M/S PARA COLAS DE SERVICIOS AL CONTRIBUYENTE SUNAT .....	47
4.1.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DE COLAS DE ESPERA PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN AL CONTRIBUYENTE WASHINGTON .....	49
4.2. PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	52
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>55</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	55
5.2. RECOMENDACIONES .....	56
<b>ANEXOS</b> .....	<b>59</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 2.1: MATRIZ DE CONSISTENCIA “MODELO DE COLAS M/M/S EN LOS SERVICIOS DE CONTRIBUCIÓN TRIBUTARIA Y SUS IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN – SUNAT (2011)	31
CUADRO N° 2.2: RESUMEN DE VARIABLES	32
CUADRO N° 3.1: TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	38
CUADRO N° 3.2: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	44
CUADRO N° 3.3: TABLA DE DISTRIBUCIÓN ENTRE LOS TIEMPOS DE LLEGADA - TEMW (agrupada)	45
CUADRO N° 3.4: TABLA DE DISTRIBUCIÓN ENTRE LOS TIEMPOS DE ATENCIÓN - TAMW (agrupada)	46
CUADRO N° 4.1: ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE COLAS M/M/S PARA EL CASO DEL CENTRO SERVICIO CONTRIBUYENTES LIMA-WASHINGTON	49
CUADRO N° 4.2: ANÁLISIS ECONÓMICO DE COLAS DE ESPERA PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN AL CONTRIBUYENTE WASHINGTON	50
CUADRO N° 4.3: ANÁLISIS ECONÓMICO DE COLAS DE ESPERA PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN AL CONTRIBUYENTE WASHINGTON (Soles/año)	51
CUADRO N° 4.4: COEFICIENTES	52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: SISTEMA DE COLA M/M/S.....	20
GRÁFICO N° 2: MODELO CON COLA INFINITA Y UNIVERSO INFINITO .....	25
GRÁFICO N° 3: MODELO CON COLA LIMITADA Y UNIVERSO INFINITO .....	26
GRÁFICO N° 4: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DEL CONTRIBUYENTE Y LOS TIEMPOS DE ATENCIÓN.....	30
GRÁFICO N° 5: PROCESOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
GRÁFICO N° 6: DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS DE ESPERA Y ATENCIÓN EN FUNCIÓN AL NIVEL DE SERVICIO .....	51
GRÁFICO N° 7: DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS EN FUNCIÓN AL NIVEL DE SERVICIO .....	54

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema se ha planteado como: no contar con una teoría para estimar los valores con respecto al tiempo de espera de los contribuyentes en asociación al número de ventanillas que están destinadas a brindar servicio al público. En este marco contextual, el hombre al ocupar un espacio y la vida misma se desarrolla en un tiempo, configurándose como valores de esta sociedad, al no poder ser valorado el tiempo en su forma concreta como el dinero.

Sin embargo, si nuestra vida es un valor, el tiempo viene a ser la medida del valor de toda vida que se expresa en un trabajo productivo o intelectual; medida que por extensión atribuimos al universo en general y a los sucesos de nuestro entorno local en particular.

En ese sentido, *“como el modo de existencia cuantitativo del movimiento es el tiempo, de la misma manera el modo de existencia cuantitativo del trabajo es el tiempo de trabajo”*. *“El tiempo del trabajo es la existencia viviente del trabajo.<sup>1</sup>...”*. Recíprocamente, ¿cuánto se valora un minuto, una hora, un día? La respuesta cercana será, dependiendo de cuánta importancia le da uno a su vida.

---

<sup>1</sup>ORTIZ PEDRO, *“El Valor Moral del Tiempo”*, 2004, Anales de la Facultad de Medicina , año /vol 65, numero 004 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima ,Perú pág. 260-266

El valor subjetivo del tiempo (VST) es el insumo importante para la evaluación de proyectos de inversión pública en transporte vial. Tradicionalmente, la distinción básica ha consistido en dividir el tiempo en dos categorías: tiempo de trabajo y tiempo de ocio. Las bases teóricas del valor económico del tiempo han sido ampliamente estudiadas en las tres últimas décadas, no obstante se ha descuidado el tiempo que se demanda para un servicio, como es de contribución en el cual induce a esperar determinados minutos, horas, segundos.

Los trabajos realizados en el modelamiento de colas consideran que el comportamiento del contribuyente no puede ser explicado fácilmente para el caso de las líneas de espera en los diferentes centros de servicios de atención al contribuyente de SUNAT ya que no incluye el tiempo ni el espacio, sin poder valorarlos.

Todo ser humano sea contribuyente o no, cuenta con un límite temporal de 24 horas al día, entonces se afirma como un recurso extremadamente necesario; el contribuyente podrá realizar transacciones dependiendo de la demanda de tiempo de las actividades que realiza. Las diferentes actividades tienen distintos valores por lo tanto el costo asignado a cada actividad tendrá distintos valores siendo posible ser medido en términos monetarios implícitamente al tiempo que los demande. La teoría de colas en su afán de explicar la razón de minimizar el tiempo de espera del contribuyente y proponer el número óptimo de servidores contribuye son analizadas únicamente desde un punto

Las actividades laborales que están estipuladas en dinero o remuneraciones salariales es el claro reflejo del valor de cada actividad a que dedica el contribuyente, El método generalmente aceptado para estimar el VST consiste en calcular la Relación Marginal de Sustitución (RMS) entre el tiempo y costos de esperar a partir de modelos desagregados de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria.

La interpretación dada para el valor obtenido es la disposición a pagar para reducir el tiempo de viaje en una unidad<sup>2</sup>.

El tiempo es un componente importante en el análisis costo-beneficio de diversos proyectos de inversión, en particular de aquellos relacionados con el transporte vial; gran parte de la literatura empírica sobre el valor del tiempo se relaciona con la estimación al valor del tiempo ahorrado frecuentemente en un proyecto de transporte, no refiriéndose así a los proyectos para los Centros de Servicios al Contribuyente caso SUNAT en el cual invita a ser analizado detalladamente desde la perspectiva de la evaluación de los proyectos de inversión pública utilizando el tratamiento de la teoría de colas.

De lo dicho en el párrafo anterior en diversos tipos de proyectos puede aparecer no sólo el tiempo que se ahorra, valga enfatizar al tratarse de

---

<sup>2</sup>GRISOLIA SANTOS JOSÉ MARÍA *“Modelos Teóricos Entorno al Valor Subjetivo del Tiempo”* tiempo <http://www.fulp.ulpgc.es/>

proyectos que reducen el tiempo de espera en una cola. Es más, el hecho de que los contribuyentes estén dispuestos a pagar por evitar el tiempo asignado a esperar por un servicio. el mismo que manifiesta al tiempo como un bien con valor, muchos contribuyentes o personas que al esperar una cola pagan a aquellas que se dedican únicamente a esperar o tomar una posición en la cola del cual cobran una cierta cantidad de dinero.

Los estudios respecto al valor social del tiempo en proyectos de contribución parten del principio de maximización de la utilidad del usuario (contribuyente) sujeto a una restricción presupuestaria como a restricciones para tal efecto es la restricción del tiempo de espera en la cola. La base conceptual considera un modelo donde se postula que el contribuyente es como si maximizara su función de utilidad cuando decide cuánto toma la decisión de cuánto tiempo esperar en una cola por demandar el servicio de contribución o en su defecto retirarse y dedicarse a su trabajo.

La utilización del servicio de contribución y de trabajo están restringidos por un ingreso limitado, que se obtiene dedicando parte del tiempo disponible a trabajar; por otra parte, el tiempo disponible en la cola de espera por la demanda del servicio de contribución compiten por este tiempo limitado por el número de horas en el día. No obstante es posible que el contribuyente tenga las posibilidades de elegir entre ahorrar esperando que trabajando.

Es de enfatizar, que el valor relevante para la evaluación social de proyectos de inversión no es necesariamente el que está dispuesto a pagar el contribuyente para reducir el tiempo de espera en la cola en una unidad, sino el que la sociedad estaría dispuesta a pagar, al decir la sociedad nos estamos refiriendo al costo que el proyecto debe asumir por cada ventanilla y el costo del tiempo de espera del contribuyente ya que al reducir dicho tiempo implica propiamente un beneficio para la sociedad.

Si una reducción en el tiempo de espera en la cola por el contribuyente se asigna a incrementar el trabajo, entonces esto aumenta el producto social real.

Pero, además, el bienestar del contribuyente directo también crece como consecuencia del mejoramiento en las condiciones de atención. Si el tiempo del servicio sólo se considera como un recurso productivo, el precio social de éste sería el valor del producto marginal del trabajo individual de cada contribuyente, en el supuesto que la reducción del tiempo de espera se asigna plenamente al trabajo adicional. En este enfoque, si el tiempo de trabajo queda inalterado por los cambios en el tiempo de espera en la cola, el precio social sería nulo, situación que muchas veces se presenta<sup>3</sup> pero si nos abocamos al concepto de colas diremos que, las "colas" son realidades cotidianas que se encuentra continuamente en nuestras actividades diarias, para nuestro caso es las

---

<sup>3</sup>CERVINI I., HÉCTOR; RAMÍREZ V., LILIANA "Valor Social del Tiempo" en México Análisis Económico, Vol. XXIII, Núm. 54, sin mes, 2008, pp. 175-202 Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco México.

personas esperando en una cola del Centro de Servicio al Contribuyente de SUNAT para recibir su atención.

El análisis y estudio de las colas facilita una base teórica que permita optimizar los recursos al proporcionar un determinado grado de servicio a sus contribuyentes.

En los siguientes capítulos, se desarrollará, las causas, efectos y consecuencias del tema que se presenta, lo cual es motivo del presente trabajo.

El título de la tesis se ha determinado como *“Modelo de Colas M/M/S en los Servicios de Contribución Tributaria y sus Impactos en la Evaluación Social de Proyectos de Inversión – Sunat (2011)”*.

### **1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Los contribuyentes son conscientes del valor del tiempo (trabajo, transporte, recreación, etcétera), al encontrarse con la obligación de esperar para obtener el servicio de contribución o fiscalización. Todos los contribuyentes son reticentes a hacer filas o colas.

Los sistemas de colas son muy comunes en los Centros de Servicios al Contribuyente. La adecuación de estos sistemas tiene un efecto sobre la

calidad de vida y la productividad, más aun en el bienestar del usuario del sistema.

Un sistema real lo configuran los sistemas de contribución tributarios en el Perú, que se desarrollan de una manera muy lenta provocando así las inconvenientes colas, teniendo que adecuarnos al mismo, a pesar de las vicisitudes que generan.

Para poner el caso, SUNAT viene realizando un serie de estudios de preinversión de proyectos que faciliten la eficiente atención de sus servicios de contribución a la comunidad usuaria, el mismo que en el proceso de evaluación de los proyectos, no es tan fácil de calcular los costos sociales en los estudios de preinversión a efecto de cuantificar el beneficio al reducirse los costos sociales por efecto del tiempo de espera del contribuyente y el la reducción de tiempo de atención en las ventanillas que tiene SUNAT en sus CSC's.

El CSC poseía una parte general de atención y dependiendo del tipo de acción, se destina al usuario a la planta superior del mismo, a fin de solucionar su problema de manera directa con algún encargado, sin embargo, el inconveniente surgía también cuando la atención se extiende más de lo establecido y las personas que llegaban lo hacían más rápidamente. Ante estas circunstancias vistas la problemática cabe hacer las siguientes cuestiones.

¿Qué relación de dependencia existe entre el número de ventanillas de atención al contribuyente en el CSC-Washington y el Valor Actual de Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto?

### **1.1. OBJETIVOS GENERAL**

- ❖ Estimar el número de ventanillas (servidores) de manera que explique su implicancia en el Valor Actual de los Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto.

### **1.3. IMPORTANCIA**

#### ***Relevancia Social.-***

La inversión pública no se realiza para obtener ganancias, ni atiende a la tasa de interés y a la productividad del capital, por el contrario responde a la búsqueda principalmente del bien público como se caracterizan los servicios de atención al contribuyente, al considerarse un beneficio, para la sociedad en su conjunto, por ello esta tesis perseguirá verificar el análisis de la teoría de colas.

Se dice que tiene relevancia social, porque con los modelos de cola especialmente en el análisis económico se busca calcular el costo social que

tendría al estimarse el número de personas en la cola y el número de servidores que debería proponerse para cerrar la brecha entre ambas variables, asimismo el costo social que asumiría la sociedad en su conjunto, que muchas veces en los estudios de preinversión no son calculados.

Proporcionar demasiado servicio implica costos excesivos. Por otro lado, carecer de la capacidad suficiente para prestar un servicio causa colas excesivamente largas en ciertos momentos. Por ello, las líneas de espera largas también son costosas en cierto sentido, ya sea por un costo social, por un costo causado por la pérdida de clientes para la SUNAT, por el costo de empleados que no atienden o por algún otro costo importante. Entonces, la meta final es lograr un balance económico entre el costo de servicio y el costo asociado con la espera por ese servicio.

La teoría de colas en sí no resuelve directamente este problema, pero contribuye con información que se requiere para tomar las decisiones concernientes, prediciendo algunas características sobre la línea de espera como el tiempo de espera promedio.

***Implicaciones Teóricas.***- La tesis pretende explicar la teoría de colas como el estudio matemático de las filas o colas, y se relaciona, en una primera aproximación, con el área de la física, específicamente con la dinámica de fluidos, con la que podemos ligar los correspondientes tiempos de espera. Así imaginemos a las personas como un medio continuo que se desplaza en cierta

dirección al interior de algún ducto, donde la fila hace las veces del ducto y el fluido son las personas.

El proceso básico supuesto por la mayor parte de los modelos de colas es el siguiente: Los clientes que requieren un servicio aparecen a lo largo del tiempo en una fase de entrada, ingresan al sistema y se unen a una cola. En determinado momento, mediante alguna regla conocida como disciplina de servicio, se selecciona a un miembro de la cola para proporcionarle el servicio. Luego se lleva a cabo el servicio requerido por el cliente por medio de un mecanismo de servicio, después de lo cual el cliente sale del sistema de cola. Con tales conceptos se elaboran los modelos matemáticos, que tratan de predecir desde la llegada.

El estudio de las colas proporciona una base teórica del tipo de servicio que se espera de un determinado recurso, como la forma en la cual dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de satisfacción del servicio a sus clientes.

***Implicaciones Prácticas.-*** La tesis tiene como finalidad realizar un estudio basal, es decir determinar la percepción de los clientes respecto a la atención al contribuyente, por supuesto el vínculo continuo con la inversión pública, en otros términos más, se pretende realizar una investigación de corte transversal con el cual verificar la incidencia de la inversión pública en la Administración de la recaudación tributaria.

***Implicancias Metodológicas.***- Tomando en cuenta los modelos y la ecuación de continuidad, proponemos dos métodos para medir el tiempo promedio de espera del cliente. El primero tiene como variables el número de clientes que llegan a la sucursal y el número de cajeros que atienden; el segundo asocia las velocidades de llegada y salida.

*Método de oferta y demanda.* Determinaremos el tiempo promedio de espera del cliente asociándolo directamente con el número de clientes que llegan (número de pelotas en el recipiente) y el comportamiento de los operadores (número de pelotas que deja salir el bolillero)<sup>4</sup>. Si el fenómeno de atención al público se comporta de manera estable, entonces se sabe a cuántos clientes atiende cada uno de los cajeros, por lo que es posible establecer un tiempo promedio de atención por usuario sin medirlos uno por uno.

## **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1. ALCANCES DE LA PRESENTE TESIS**

Los alcances de la presente Tesis, de acuerdo a los objetivos propuestos son:

- Incorporar la teoría de colas en la aplicación de los proyectos de inversión pública en el cual los clientes demandan el servicio a través de una espera en una determinada cola para ser atendido.
- Sistematizar las ecuaciones de la teoría referida dependiendo del tipo de sistema de atención que utiliza el proyecto, lo cual implica estimar el costo social, definido como la sumatoria del costo de servicio y el costo

---

<sup>4</sup>CÓRDOBA RODRÍGUEZ ÓSCAR, DE LA LAMA ZUBIRÁN Marco A. *¿Es posible reducir el tiempo en las colas?*  
<http://www.revistaciencias.unam.mx>

de espera del cliente que demande el servicio (para el caso del proyecto Centro de atención Washington).

#### **1.4.2. LIMITACIONES DE LA TEORÍA DE COLAS EN LA APLICACIÓN DE LOS PROYECTOS**

##### Líneas de Espera

Los Centro de SUNAT están diseñados, pensado en evitar posible colas, el trabajo se hace continuo, las colas es algo bueno ayuda a la planeación económica del trabajo, de otro lado si la cola fuera demasiado grande genera malestar y desesperación, muchas quejas por el tipo de atención. La principal conclusión que se origina de la teoría de colas es que tanto las llegadas sean más fortuitas mayor será el tiempo de espera de los clientes.

Esto se debe a que, con las llegadas fortuitas, puede llegar el momento en el cual no haya demandas durante un largo periodo de tiempo. Ese es el tiempo perdido para el sistema y, cuando posteriormente se presenta un gran cúmulo de llegadas, le toma mucho al sistema nivelarse y dispersar la acumulación resultante<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup>Vergara Nava Leonardo " LOS ALCANCES Y LIMITACIONES DE LOS MODELOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES" Universidad del Valle de México, <http://www.colpamex.org/Revista/Art11/54.pdf>

## II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

La génesis de la teoría de colas se debe a los siguientes trabajos: "*La teoría de las probabilidades y las conversaciones telefónicas*" y "*Solución de algunos problemas en la teoría de probabilidades de importancia en centrales telefónicas automáticas*", trabajos de investigación presentados por Agner Krarup Erlang entre los años de 1909-1917. En el primero se demuestra la aplicación de los modelos Poisson para el tráfico de conversaciones por telefonía y en segundo el referido autor crea la fórmula para el cálculo de pérdida de tiempo y espera.

Sus investigaciones concluyen en una nueva teoría llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría en la actualidad es una herramienta de valor en negocios, debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión<sup>6</sup>.

De otro lado, respecto a los proyectos de inversión, en nuestro país se creó el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) del Perú, con la finalidad de optimizar el uso de los Recursos Públicos destinados a la inversión, mediante

---

<sup>6</sup>PALLARES HOYOS HERNANDO JOSE, JANNER VLADIMIR BARROS CABALLERO "*La Historia de la Teoría de Colas*" Universidad de Pamplona Sede Villa del Rosario Facultad de Ingenierías Cucuta, Norte de Santander 2010

el establecimiento de principios, procesos, metodologías y normas técnicas relacionados con las diversas fases de los proyectos de inversión.

Su Ley de creación data de junio del año 2000, pero los trabajos conducentes a su formulación se inician en la Oficina de Inversiones (ODI) del Ministerio de Economía y Finanzas.

Este sistema, que no es el primero que utiliza el gobierno peruano para el manejo de sus inversiones, nace como necesidad de adecuar las funciones gubernamentales al nuevo marco constitucional imperante en nuestro país y a las actuales reglas económicas mundiales<sup>7</sup>.

Antes de la existencia del Sistema Nacional de Inversión Pública, el Órgano encargado en regular las inversiones del estado era el Instituto Nacional de Planificación (INP), desactivado en la década de los 90.

***Antecedentes de evaluación por costo efectividad.-*** Los Proyectos de Inversión Pública nacen como una idea de inversión y evolucionan a lo largo de varias etapas (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad) en las cuales son analizados en niveles crecientes de exactitud y complejidad.

---

<sup>7</sup> GIESECKE SARA-LAFOSSE CARLOS, "Sesión X: Sistema nacional de inversión pública del Perú CEPAL – SERIE" Seminarios y conferencias N° 18, disponible en[[www.eclac.org/publicaciones/xml/9/12509/10-SESSION.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/12509/10-SESSION.pdf)]

En las etapas mencionadas en el párrafo precedente, se evalúa si es conveniente para el país (en base a ratios) y luego se decide la asignación de los recursos si fuera necesario para estudiarlo a mayor profundidad. Estas etapas de los estudios de preinversión concluyen con la viabilidad y no con la ejecución; en tal efecto implican esfuerzos por implementar un sistema de mecanismos de control, seguimiento y evaluación del gasto, que a partir de 1995, fueron asumidos por la Oficina de Inversiones (ODI) en el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), asumiendo funciones del desaparecido Instituto Nacional de Planificación (INP).

Es así que en el periodo de 1995 al 2000, la ODI funcionó con la tarea de analizar las nuevas propuestas de inversiones presentadas por los diferentes sectores y evaluando rigurosamente su correcta formulación. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la intención de desarrollarlos respondía más a factores político partidarios que a criterios de eficiencia.

La ODI aplicó las prácticas de Monitoreo y Evaluación (MyE) en el ámbito de los proyectos de inversión públicos, siendo que la nueva Ley de Inversiones recién se promulgó a fines del 2000, así como su reglamento y directivas. A partir del 2001, todos los proyectos públicos de inversión deben cumplir con las normas del SNIP, que definen las etapas del ciclo de proyecto (la fase de preinversión, con sus estudios a nivel de perfil, factibilidad<sup>8</sup>), deben ser aprobadas para asegurar la viabilidad de los propios estudios. Asimismo, en el

---

<sup>8</sup> En la actualidad el SNIP no considera el estudio de prefactibilidad).

año 2006 se implementó un Sistema Operativo de Seguimiento y Monitoreo (SOSEM) del SNIP.

Respecto, a la incorporación de los indicadores de evaluación en los estudios de preinversión se ha omitido en muchos casos el uso de indicadores de rentabilidad tradicional, tales como el Valor Actual Neto (VAN) o el ratio Beneficio-Costo (B/C), que implican necesariamente la cuantificación monetaria en la medición de los beneficios.

Los problemas citados, obligan a la ODI a generar cambios para solucionar el problema de evaluaciones no cuantificadas monetariamente, siendo una alternativa la metodología del ratio Costo-Efectividad, denominada en la actualidad como análisis Costo-Efectividad (ACE) la cual permite comparar la bondad del proyecto. Convirtiéndose en uno de los indicadores de comparación que brinda las bondades de una inversión.

Para el ACE no es necesaria la cuantificación monetaria de los beneficios que permite medir el logro de sus principales objetivos. por ejemplo, los beneficios De un programa de capacitación de funcionarios en el proceso de monitoreo y seguimiento de proyectos, podrían medirse a través del número de funcionarios capacitados, pero también a partir de los efectos que ello genera, es decir, el número de proyectos efectivamente monitoreados y la relación de los resultados finales de los mismos respecto de sus objetivos originales.

Finalmente, los costos del proyecto, identificados y cuantificados, se comparan con los beneficios definidos<sup>9</sup>.

A diferencia del B/C, la metodología Costo-Efectividad define el impacto o los beneficios del proyecto, sólo hace posible la comparación de alternativas de un mismo proyecto o de proyectos con resultados o metas muy similares.

Es complejo comparar y valorar la capacitación de los funcionarios en lo que se refiere a la misión institucional y las estrategias para alcanzarla relacionada con el uso de nuevos sistemas de información, si el indicador utilizado para medir la efectividad del proyecto es el número de personas que reciben los respectivos cursos, ya que el objetivo de ambas actividades es muy diferente.

## **2.2. BASES TEÓRICAS GENERALES**

Una cola es una línea de espera y en la teoría de colas existen varios modelos que explican los sistemas de línea de espera particulares o sistemas de colas. Los modelos sirven para describir la relación funcional entre los costos del sistema y los tiempos promedios de la línea de espera para un sistema dado.

Los modelos de sistemas en SUNAT brindan el servicio de atención representando al sistema donde los contribuyentes tienen obligaciones tributarias de algún tipo y salen después que dicho servicio haya sido recibido.

---

<sup>9</sup>OFICINA DE INVERSIONES (ODI) (2000), *Manual de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Institucional* Ministerio de Economía y Finanzas

Podemos modelar los sistemas de este tipo de servicio, tanto para colas sencillas o como un sistema de colas interconectadas formando una red de colas.

### **2.2.1. TEORIA DE COLAS**

El origen de la Teoría de Colas se da a través de estudios de Agner Krarup Erlang<sup>10</sup> estudiando el problema de dimensionamiento de líneas y centrales de conmutación telefónica para el servicio de llamadas.

La teoría de colas es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Esta se presenta, cuando los “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor”, el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente el cliente decide esperar, entonces se forma la cola.

Para la presente investigación la cola de esperase origina cuando los "contribuyentes" llegan a una ventanilla del “CSC” demandando un servicio de atención, en el cual la tasa de llegada es superior a la tasa de atención originándose la cola.

La teoría de colas es una técnica matemática (estadística y económico) que tiene como objetivo reducir los tiempos de permanencia en cola de los clientes

---

<sup>10</sup>AGNER KRARUP ERLANG, (1901). «The Theory of Probabilities and Telephone Conversations». *Nyt Tidsskrift for Matematik B20*.

a niveles soportables (como lo quiera proveer el proveedor del servicio) o permisibles (de ser posible tiempo en cola = 0).

Una cola es una línea de espera y la teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de línea de espera particulares o sistemas de colas.

Objetivos de la Teoría de Colas:

- Identificar el nivel óptimo de capacidad del sistema que minimiza el costo global del sistema.
- Evaluar el impacto que las posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema tendrían en el costo total del mismo.
- Establecer un balance equilibrado entre el costo y la calidad del servicio.
- Depende de la calidad del servicio para saber el comportamiento del usuario y como se desarrollara la cola.

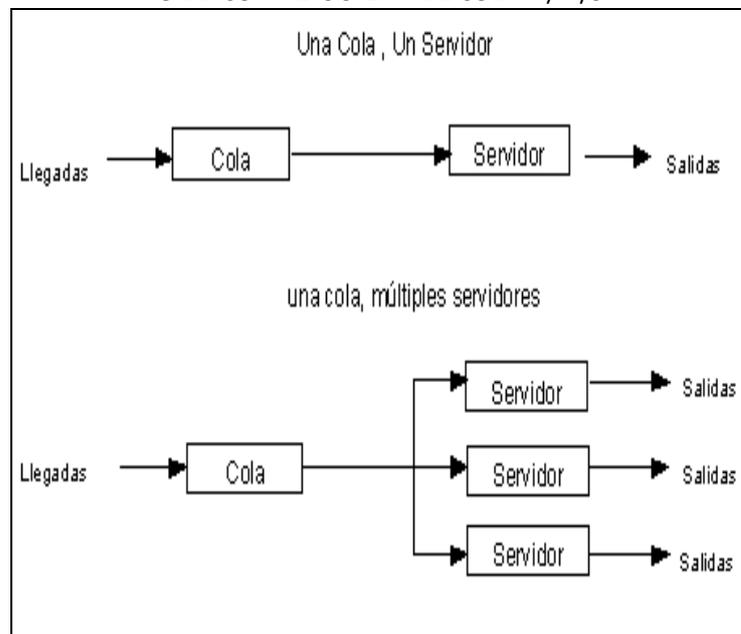
Problemas típicos de la Teoría de Colas:

- Programación de actividades de despegue / aterrizaje en un aeropuerto.
- Sistema de consulta médica.
- Piezas en un taller donde pasan por diferentes máquinas en el proceso de mecanizado.
- Sistema de cajas en una oficina bancaria.

Se presentan colas de manera común en:

- Instituciones financieras.
- Tránsito.
- Supermercados.
- Servicios básicos.
- Empresas de producción.

GRÁFICO N° 1: SISTEMA DE COLA M/M/S



### 2.2.2. VALOR SOCIAL DEL TIEMPO

El precio social es un promedio ponderado de un precio de oferta ( $C_{mg}$ ) y un precio de demanda, recordemos que además los ponderadores dependen de las elasticidades de la oferta y la demanda. Para el caso del tiempo lamentablemente no existe un mercado en el que se transe este bien, de manera que nos permita calcular su precio.

Es necesario realizar modelos teóricos para determinar el valor social. Puesto que es básicamente necesario debido a su enorme impacto en los proyectos de infraestructura (vial, centros de atención al contribuyente, atenciones bancarias etc.), generalmente beneficios, están determinados por ahorros de tiempo para los respectivos usuarios y contribuyentes, estos ahorros de tiempo deben ser valorados a precios sociales.

La teoría para la medición del valor social del tiempo, presenta dos enfoques: el enfoque del tiempo como recurso y el enfoque del excedente del consumidor:

- En el enfoque del tiempo como recurso se tiene que el beneficio por ahorro de tiempo se mide como:

$$\Delta T = VT(\sum X_i^j t_i^j - \sum X_i^0 t_i^0)$$

Donde;

VT: Valor Social del tiempo

$X_i^j$ : Número de usuarios en el modo de viaje i en el estado j (j=1 con proyecto y j = 0 sin proyecto).

$t_i^j$ : Tiempo de viaje en el modo i y en el estado j.

- En el enfoque del excedente del consumidor se tiene que

$$BT = VST \sum X_i^p (t_i^j - t_i^0)$$

BT: Beneficio social por ahorro de tiempo

VST: Valor subjetivo (para un individuo) del tiempo

$x_i^p$ : Número de personas en la cola  $i$  en promedio entre los estados 0 y 1.

Bajo determinados supuestos los beneficios por ahorro de tiempo como recurso coincide con los beneficios del enfoque del excedente del consumidor. Estos supuestos son: que la distribución de usuarios en la cola no varíe significativamente ( $x_i^0 \approx x_i^1$ ) y que el valor social del tiempo coincida con el valor subjetivo del tiempo ( $VT = VST$ ). Aceptaremos estos supuestos de forma que nos podamos concentrar sólo en uno de los dos enfoques que será el del excedente del consumidor. Pero antes, vale la pena detenerse un momento en el segundo supuesto que el valor social es igual al valor subjetivo individual.

El valor subjetivo del tiempo está determinado por la siguiente expresión:

$$VST = \frac{\left(\frac{\partial U_i}{\partial t_i}\right)}{\left(\frac{\partial U_i}{\partial C_i}\right)}$$

Donde:

$\frac{\partial U_i}{\partial t_i}$ : utilidad marginal del tiempo

$\frac{\partial U_i}{\partial C_i}$ : utilidad marginal del ingreso

La expresión anterior se obtiene como resultado de la maximización del bienestar individual para un contribuyente sujeto a su restricción presupuestaria. Si se asume que los contribuyentes son idénticos en sus funciones de utilidad y sus preferencias, se tendrá que el valor subjetivo del

tiempo determinado con la expresión anterior coincidirá con el valor social del tiempo. Vale la pena detenerse un momento en este supuesto de que el valor social es igual al valor subjetivo individual.

## 2.3. BASES TEÓRICAS ESPECÍFICAS

### 2.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS

**Fuente de entrada.**- Población potencial de clientes que requiere o podría requerir servicio.

Característica: Los parámetros pueden ser finitos o infinitos ( $N, \infty$ ); cuando son infinitos su formulación matemática resulta sencilla.

**Cola.**- Es el número de clientes en espera de servicio.

Característica: Los parámetros pueden ser finitos o infinitos ( $N, \infty$ ); cuando son infinitos su formulación matemática resulta sencilla.

**Disciplina de la Cola.**- Es el orden (política del servicio) mediante el cual se seleccionan a los clientes para ser atendidos, estos pueden ser: FIFO, LIFO, GD, SIRO, Servicios con Prioridades, etc.

*Fifo (First input First output):* Primero en llegar primero en ser atendido

*Lifo (Last input First output):* Último en llegar primero en ser atendido

*Siro (Service input random output):* Servicio a los clientes de manera aleatoria.

**Servidor.**- Es el mecanismo implementado para brindar servicio (en paralelo).

### 2.3.2. MODELO M/M/S

El modelo M/M/S plantea como premisa las llegadas son aleatorias marcovianas de tiempos de servicio aleatorios y de varias ventanillas servidoras en atención al contribuyente, las mismas tienen consideraciones del modelo de un solo servicio (M / M / 1), con una sola fila.

#### Características de operación.

Si  $\mu$  es la tasa promedio de servicio para cada uno de las **S** ventanillas de servicio de atención contribuyente, entonces ya no se requiere que  $\mu > \lambda$  pero si  $s\mu$  debe ser mayor que  $\lambda$  para evitar una acumulación infinita de líneas de espera.

Para hacer cálculos se utilizará bajo las condiciones de probabilidad que el sistema esté reocupado. Utilizando, esa razón se afirma que el sistema está ocupado. Esto se puede representar como se aprecia en la ecuación siguiente:

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\hat{\lambda}/\hat{\mu})^n}{n!} + \frac{(\hat{\lambda}/\hat{\mu})^s}{s!} \left( \frac{1}{1 - (\hat{\lambda}/s\hat{\mu})} \right)}$$

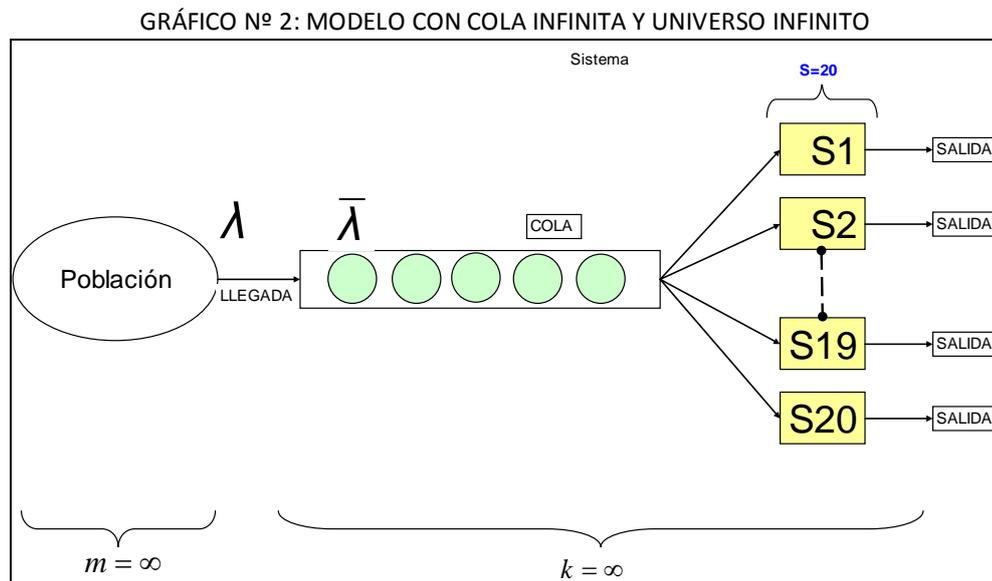
Entonces la cantidad esperada de contribuyentes está representada por la siguiente ecuación.

$$L_q = P_0 \left[ \frac{(\hat{\lambda}/\hat{\mu})^{s+1}}{(s-1)!(s - \hat{\lambda}/\hat{\mu})^2} \right]$$

Caracterizando en cuanto al modelo M/M/S se afirma que se tiene tres tipos de modelo,

$M / M / S : GD / \infty / \infty$  (Modelo con cola infinita y universo infinito)

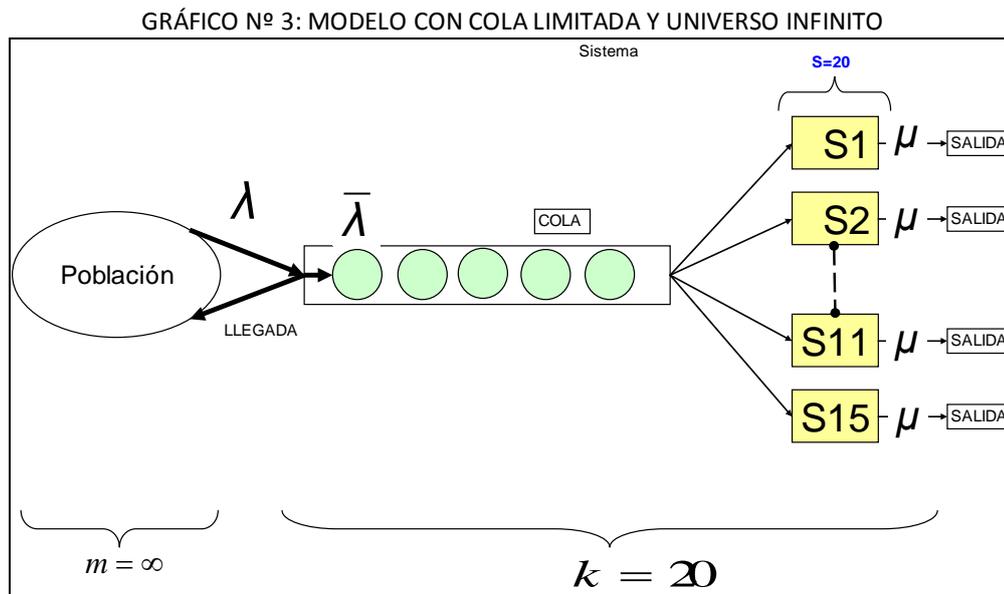
El siguiente gráfico muestra, un ejemplo donde se considera el número máximo de contribuyentes en la población es infinito, el tamaño de la cola de contribuyentes es infinito y el número de servidores en el CSC Washington es 20, en este caso el número de contribuyentes que provienen de la población al sistema se denomina  $\lambda$  por su parte el número de contribuyentes que entra al sistema del CSC Washington se denomina  $\bar{\lambda}$  efectiva, tanto  $\lambda$  y  $\bar{\lambda}$  efectiva son iguales y la parte de servidor es decir número de ventanillas capaces de brindar servicio.



$M / M / S : GD / k / \infty$  (Modelo con cola limitada y universo infinito)

Modelo con cola limitada y universo infinito la siguiente imagen muestra un ejemplo en donde se considera que el número máximo de unidades en la población de contribuyentes es infinito, el tamaño de la cola es igual a 5 y el número de servidores es igual a 15, en este caso el número de contribuyentes que provienen de la población de contribuyentes al sistema se denomina  $\lambda$   $\lambda$  landa, de otro lado el número de contribuyentes que entra al sistema se denomina  $\bar{\lambda}$  landa efectiva  $\bar{\lambda}$  serán diferentes tal como se muestra en el siguiente gráfico, algunos contribuyentes pueden ser rechazados y deben

volver a su lugar de origen ósea a la población sin pasar por el sistema, el número de ventanilla que servirían a los contribuyentes, cuya tasa se denominaría mu ( $\mu$ ).



$M/M/S : GD/\infty/m$  Modelo con cola infinita y universo finito

Muestra el número máximo de contribuyentes en la población es 4, el tamaño de la cola es infinito y el número de ventanillas servidoras al contribuyente igual a 20, en este caso el número de veces que cada contribuyente proviene de la población al sistema se denomina  $\phi$ ; por su parte el número de contribuyentes que entra en el sistema se denomina landa efectiva  $\bar{\lambda}$  y la tasa de servicio es decir el número de unidades que es capaz de servir cada servidor se denomina  $\mu$ .

### 2.3.2. CAUSAS DE LOS FENÓMENOS DE ESPERA

Tasa de arribo > Tasa de servicio, Moore (2000)<sup>11</sup>

$$\lambda > \mu$$

<sup>11</sup>MOORE, JEFFREY H.; WEATHERFORD, LARRY R. "Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa" México Prentice Hall (2000)

### 2.3.3. COEFICIENTE DE USO DEL SERVICIO ( $\rho$ )

$\rho = \lambda/\mu$       Tiempo esperado que el servidor está ocupado.

Si:  $\rho < 1$       Indica origen de cola

Observación: para ciertos modelos de cola el coeficiente de servicio puede ser  $\rho \geq 1$

### 2.3.4. DEFINICIONES IMPORTANTES

$N$ :      Número de clientes que soporta el sistema en el instante  $t$ .

$P_n$ :      Probabilidad de que en el sistema se hallen  $n$  clientes en el instante  $t$ .

$\lambda_n$ :      Tasa promedio de arribos ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ).

$\mu_n$ :      Tasa de promedio de servicios ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

$S$ :      Número de servidores ( $S \geq 1$ ).

$L_s$ :      Número esperado de clientes en el sistema en el instante  $t$ .

$L_q$ :      Número esperado de clientes en cola en espera del servicio en el instante  $t$ .

$W_s$ :      Tiempo promedio esperado que pasa un cliente en el sistema.

$W_q$ :      Tiempo promedio esperado que pasa un cliente en cola.

$\bar{\lambda}$ :      Tasa efectiva de llegada de clientes al sistema (tasa estimada de llegada).

$\bar{S}$ :      Número esperado de servidores ociosos (no operativos).

## 2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE COLA DE ESPERA PARA LA SUNAT CSC LIMA WASHINGTON

Para el análisis económico de los sistemas de colas de espera, las ecuaciones son:

$$\text{Costo Total} = \text{costo por esperar} + \text{costo por disponer de "n" servidores}$$

El costo por esperar representa el costo por tener a los contribuyentes esperando en la fila; esto puede incluir la cantidad de contribuyentes que los CSC de SUNAT pierden por que se van dados los altos tiempos de espera, o el costo de la insatisfacción del contribuyente por estar esperando en una fila. Indicándose, que entre más servidores se incluyan dicho costo disminuye por que los contribuyentes esperan menos tiempo en la fila.

El costo de disponer de "n" ventanillas, representa el costo por la contratación de esos "n" ventanillas en caso de que sean personas; o también los costos de mantenimiento y operación de dichas ventanillas en caso de que sean computadoras, entre más ventanillas instalemos este costo aumentará.

$C_w$  = Costo por esperar una hora (generado por los clientes).

$C_s$  = Costo por disponer de un servidor una hora (generado por los servidores).

**En una hora, el costo total quedaría definido:**

CT = Costo por esperar + Costo de los servidores

$$C_{Total} = L_q * C_w + S * C_s$$

La idea es determinar el número de servidores "s" de forma tal que se minimice el costo total del proceso de colas.

Nótese que la unidad de tiempo puede definirse no solo en horas, también puede definirse en días, semanas o meses dependiendo de la naturaleza del problema.

Es decir, el costo por día, semana o mes también puede describirse con la ecuación:

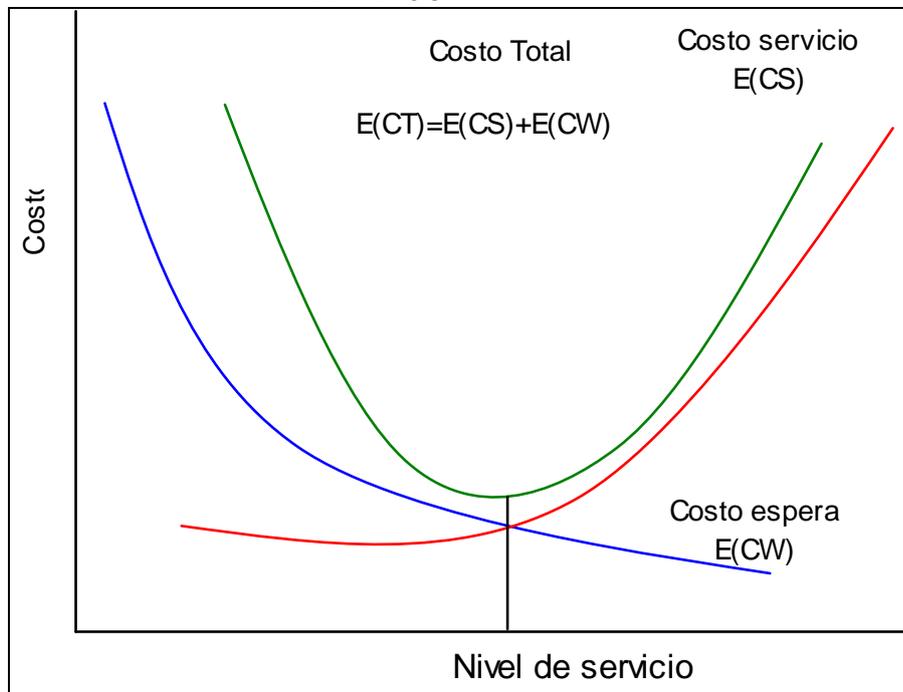
$$C_{Total} = L_q * C_w + S * C_s$$

Solo que los valores de  $C_w$  y  $C_s$  deben tener unidades de dinero por cada día, semana o mes dependiendo del caso.

Una consideración adicional: En caso que los contribuyentes sean personas en un negocio donde al ser atendidos no pueden retirarse se usa  $L_q$ , ya que se considera que si un contribuyente está siendo atendido en una ventanilla es muy difícil que se retire en ese momento (por ejemplo en un Centro de Servicios al Contribuyente); los únicos contribuyentes que pueden retirarse son los formados en la cola de espera, por eso es que se usa  $L_q$  (contribuyentes en la cola) como referencia en la ecuación anterior.

La relación existente entre nivel de servicio que brinda la SUNAT en sus diferentes centros de servicios, y sus costo por el mismo, los costos por el servicio de atención al contribuyente es creciente, los costos de espera es de pendiente negativa, el óptimo se logra en el cruce del costo de espera y el costo del servicio, del concepto se consigue que el costo total es la suma del costo de espera más el costo del servicio, tal como se aprecia en el siguiente gráfico.

GRÁFICO Nº 4: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DEL CONTRIBUYENTE Y LOS TIEMPOS DE ATENCIÓN



## 2.5. HIPÓTESIS GENERAL

- ❖ El número de ventanillas (servidores) tiene influencia en el Valor Actual de los Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Si la primera hipótesis es verdadera, entonces es posible establecer un modelo que muestre esa relación funcional.

CUADRO N° 2.1: MATRIZ DE CONSISTENCIA "MODELO DE COLAS M/M/S EN LOS SERVICIOS DE CONTRIBUCIÓN TRIBUTARIA Y SUS IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN – SUNAT (2011)

PROBLEMAS	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS	Variables	INDICADORES	MÉTODO
<p><b><u>Problema general</u></b></p> <p>¿Qué dependencia existe entre el número de ventanillas al contribuyente en el CSC-Washington y el Valor Actual de Costos Sociales de los Proyecto de operación y mantenimiento en el Centro de Servicios al Contribuyente Washington –SUNAT?</p>	<p><b><u>Objetivo general</u></b></p> <p>Estimar en número servidores de manera que explique sus implicancias en el Valor Actual de Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto.</p>	<p><b>Implicaciones Teóricas.-</b> Explicar la teoría de colas es el estudio matemático de las filas o colas, y se relaciona, en una primera aproximación.</p> <p><b>Implicaciones Prácticas.-</b> La tesis tiene como finalidad realizar una estudio basal de espera, es decir determinar la percepción de los contribuyentes por supuesto vinculo existente continuo con la inversión pública, en otros términos más se pretende realizar una investigación de corte transversal con el cual verificar la incidencia de la inversión pública en la Administración de la recaudación tributaria.</p> <p><b>Implicancias Metodológicas.-</b> Tomando en cuenta los modelo y la ecuación de continuidad, proponemos dos métodos para medir el tiempo promedio de espera del cliente. El primero tiene como variables el número de clientes que llegan a la sucursal y el número de cajeros que atienden; el segundo asocia las velocidades de llegada y salida.</p>	<p>El número de servidores tiene influencia en el Valor Actual de Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto</p>	<p><b><u>Variable dependiente</u></b></p> <p>Valor Actual de Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto</p> <p><b><u>Variable independiente</u></b></p> <p>Número de ventanillas de atención en el sistema del CSC-Washington</p>	<p>Valor Actual de Costos de Operación y Mantenimiento.</p> <p>Costo de la ventanilla por la atención al contribuyente</p> <p>Costo por la espera del contribuyente</p>	<p>Muestreo aleatorio simple</p>

## 2.6. SELECCIÓN DE VARIABLES

El cuadro siguiente permite apreciar la operacionalización de las variables basadas en la hipótesis general, se muestra el resumen principal, la explicación de las variables y el tipo de variable que se está empleando en el proceso de investigación.

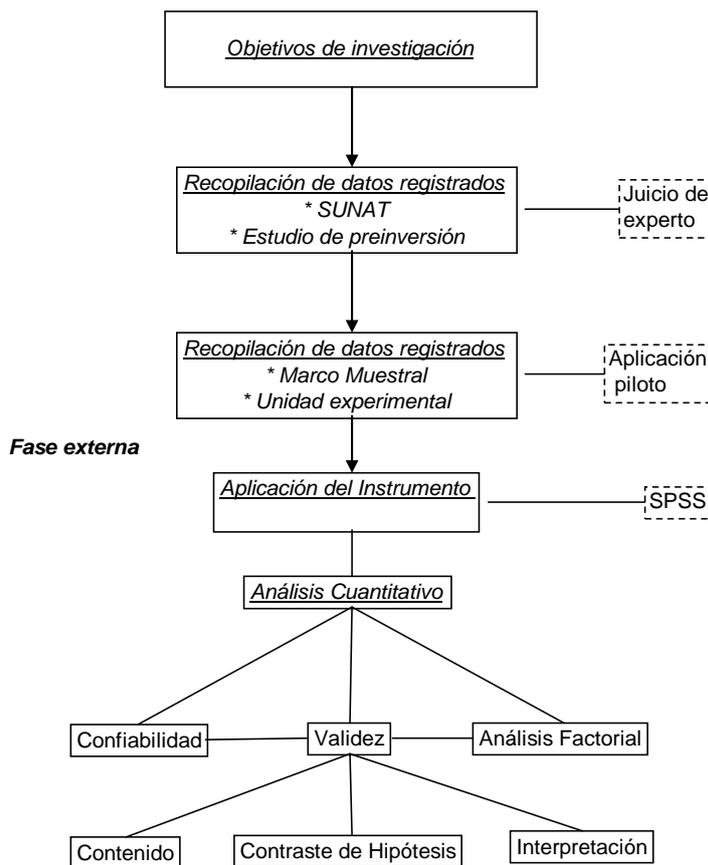
CUADRO N° 2.2: RESUMEN DE VARIABLES

RESUMEN DE VARIABLE	EXPLICACIÓN	TIPO DE VARIABLE	
Tiempo de llegada de cada contribuyente	Tiempo de llegada de cada contribuyente al local que se registra en la ticketera	Independiente	Continua
Tiempo de espera en cola	Tiempo de espera en cola hasta ser atendido por el servidor	Independiente	Continua
Tiempo de atención en la ventanilla	Tiempo de atención en la ventanilla entre dos contribuyentes consecutivos	Independiente	Continua
Diferencia de tiempos de llegada (DIFLLEGADA)	Diferencia de los tiempos de llegada de entre los diferentes contribuyentes	Independiente	Continua
Diferencia de tiempos de atención DIFATENCION	Diferencia entre los tiempos de atención al contribuyente de parte de la ventanilla	Independiente	Continua
Número de ventanillas de servicio en el sistema por día		Independiente	Discreta
Número de contribuyentes en la cola de espera		Independiente	Discreta
VACS	Valor actual de Costos Sociales	Dependiente	Continua

### III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Antes de iniciar con el presente capítulo es necesario presentar las secuencias o etapas del proceso de investigación, para tal efecto es necesario hacerse preguntas en base al planteamiento de problema de las colas de espera, el mismo que se convertirá en objetivos de la investigación vistas en la matriz de consistencia, consecuentemente a la recopilación de datos, aplicación del instrumento, empleándose el SPSS como software de ayuda, de manera que nos permita hacer el análisis cuantitativo, en resumen se presenta en el siguiente gráfico.

GRÁFICO Nº 5: PROCESOS DE LA INVESTIGACIÓN



Elaboración: Propia

### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Se ha planteado el problema de investigación relacionado al número óptimo de ventanillas para la atención al contribuyente de SUNAT, a fin de responder su estimación más aproximada; de manera que la probabilidad que el sistema esté vacío se incremente en el Centro de Servicio al Contribuyente Washington, en tal efecto se pretende explicar la utilidad de los tiempos de llegada entre contribuyentes y tiempos de atención entre servidores o ventanillas de atención, el mismo, que debe ser relacionado con el valor actual de costos del flujo de caja de los estudios de pre inversión vinculados a los servicios donde es necesario aplicar este tratamiento.

Se trata de explicar la razón, por la cual actualmente el centro de servicios al contribuyente de Washington cuenta con 20 ventanillas de servicio, si es consistente o no a la evidencia fáctica.

Cabe destacar que el presente trabajo de investigación abarca el estudio de variables cuantitativas. Para este estudio, se tomó como referencia metodológica las especificaciones de Hernández (2003)<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup>HERNÁNDEZ SAMPIERI ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, BAPTISTA LUCIO, *“Metodología de la Investigación”*, México, tercera edición McGraw-Hill Interamericana

Esta investigación se considera de carácter, explicativo, predictiva y proyectivo; ya que a través de ella se puede conocer e interpretar la situación actual de la administración de los servicios al contribuyente, mediante la descripción e identificación de los diversos aspectos que determinan las actividades y los procesos que realiza la misma, por otro lado, se describieron situaciones y eventos especificando puntos de relevancia concernientes al sistema en estudio, de manera tal que se diseñen y creen propuestas que generen cambios a la situación actual del sistema de contribución en SUNAT.

### **3.1.2. NIVEL DEL ESTUDIO**

El presente trabajo de investigación corresponde a un nivel de estudio comprensivo, se entiende que los modelos de cola MMS demanda el empleo de variables: tiempo de llegada entre contribuyentes y tiempos de atención de manera que aplicar la teoría de colas y ser incorporada en el horizonte de evaluación de los estudios de preinversión de los proyectos Públicos específicamente para el caso del servicio al contribuyente que brinda la SUNAT, constituye un nivel de explicación comprensivo.

La explicación de largas colas de espera, es un fenómeno que nos conduciría a la formulación de principios y leyes básicas para el caso de la evaluación de los Proyectos de inversión Pública que en muchos casos los analistas formuladores, evaluadores y consultores, no considera en el análisis económico de la evaluación de los proyectos.

El planteamiento de hipótesis del trabajo de investigación permite explicar la ocurrencia del efecto que generaría el cálculo del número óptimo de ventanillas, el número esperado de contribuyentes en el sistema de atención, la probabilidad de que el sistema se encuentre vacío y su impacto de variación en el Valor Actual de Costos Sociales. Asimismo, el nivel de investigación puede guardar correspondencia con las investigaciones metodológicas en tanto que el propósito de la investigación sea predecir para proponer métodos del cálculo óptimo del número de llegada de contribuyentes y el número de ventanillas óptimas para la oferta del servicio.

Para comprobar una hipótesis, se necesita utilizar métodos que ayuden a comprobar su validez, este nivel de la investigación tiene como principal propósito realizar este tipo de trabajo, de demostrar la hipótesis vinculada al número óptimo de ventanillas y el costo que se asume respectivamente.

Cabe señalar que, las acciones necesarias para lograr el objetivo general, en base a la integración de las partes del problema identificado, se dice que la presente investigación está en el nivel comprensivo, al proponer las formulas básicas de los modelos de cola para calcular el número óptimo de ventanillas que estarán al servicio de los contribuyentes en el Centro de Atención al Contribuyente de Washington, asimismo al permitir explicar la razón de como el número de servidores y el número de contribuyentes en la cola de espera

sensibiliza el costo social que finalmente recae en valor actual de costos del proyecto<sup>14</sup>

La investigación es de nivel comprensivo y tipo de investigación proyectiva debido a que a través de flujos de caja proyectado a un horizonte planeado de diez años se espera que el indicador de costo efectividad o valor actual de costos del proyecto sea rentable.

Para cada año planeado del horizonte de análisis se predice el valor actual del costo social, por tanto, de manera contundente se califica como una investigación de tipo predictiva, la explicación se sujeta a los criterios que sustenta Hurtado (2000), en su trabajo *“Metodología de la Investigación”* para reforzar la lógica de la teoría se presenta el siguiente cuadro.

---

<sup>14</sup> HURTADO DE BARRERA, JACQUELINE.: *“Metodología de la Investigación”*, 3ra. Edición, Fundación Sypal, Caracas. (2000).

CUADRO N° 3.1: TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

NIVEL	TIPO DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	¿QUÉ BUSCA?	MÉTODOS
Comprensivo	Explicativa	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Explicar:</b> entender, comprender.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Busca relaciones causa-efecto.</li> <li>Responde: <i>por qué</i> y <i>cómo</i>.</li> <li>NO ES UNA DESCRIPCIÓN DETALLADA.</li> <li>Intenta descubrir leyes y principios.</li> <li>No necesariamente implica verificación (paso posterior).</li> <li>Busca las razones y mecanismos por los cuales ocurren los fenómenos.</li> <li>Ejm.: ¿Cuáles son las variables que se relacionan con el proceso enseñanza aprendizaje? ¿qué efectos tienen los programas violentos en el comportamiento de los niños en edades preescolares? (...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observar</li> <li>Registrar</li> <li><b>Describir</b></li> <li>Analizar</li> <li><b>Comparar</b></li> <li><b>Integrar</b></li> </ul>
	Predictiva	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Predecir:</b> prever, pronosticar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Busca establecer el comportamiento futuro o la tendencia del evento.</li> <li>Basa sus predicciones en las explicaciones.</li> <li>Ejm.: ¿Cómo se manifestará el evento A, si se presentan las condiciones x, y, z?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observar</li> <li>Registrar</li> <li><b>Describir</b></li> <li><b>Comparar</b></li> <li><b>Integrar</b></li> </ul>
	Proyectiva	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Proponer:</b> exponer, presentar, plantear, formular, diseñar, crear, proyectar, inventar, programar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propone soluciones o alternativas de cambio para una situación determinada.</li> <li>Ejm.: estudios de factibilidad, diseño o creación de algo: tesis de informática, inventos de maquinaria y artefactos, planes de intervención, etc.</li> <li>Vías diferentes: <i>perspectiva</i> (hoy hacia el futuro), <i>prospectiva</i> (del futuro a hoy) y la <i>planificación</i> (pasado, presente y futuro).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explorar</li> <li>Describir</li> <li>Explicar</li> <li><b>Proponer</b></li> </ul>

Fuente: HURTADO DE BARRERA, Jacqueline, *El proyecto de Investigación. Metodología de la investigación holística*. Caracas: Fundación Sypal, 1ª Ed., 2000, 119 p.

### 3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según Hernández Sampieri (1994)<sup>15</sup>, en su libro “Metodología de la investigación corresponde a la estrategia que se adopta para responder al problema planteado.

El diseño de la presente investigación se caracteriza por ser una combinación de dos diseños, un diseño no experimental y experimental. En una primera etapa se hace un análisis no experimental porque se toma los registros históricos registrados por la SUNAT como un conjunto de observaciones de 5,023 tiempos llegada, así como tiempos de atención registrados en minutos en diferentes momentos del tiempo. La información fue recogida por registros de SUNAT en intervalos regulares medidas en minutos llegada entre contribuyentes o del tiempo de atención que toma las ventanillas, este diseño no experimental permitirá estimar el óptimo de ventanillas, el número de contribuyentes en la cola.

La segunda etapa de la investigación es experimental porque ha permitido tomar decisiones de prueba de hipótesis en el cual se toma un valor referencial de la existencia de 20 ventanillas, del mismo modo se ha proyectado los costos a un horizonte planeado de 10 años tal como lo estipula la normatividad del Sistema

---

<sup>15</sup>M. en C. ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI, Dr. CARLOS FERNÁNDEZ COLLADO, Dra. PILAR BAPTISTA LUCIO “Metodología de la Investigación” McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S. A. de C. V.

Nacional de Inversión Pública, se ha simulado costos para cada número de ventanillas hasta lograr que el sistema se estabilice.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

Está constituida por todos los contribuyentes que acuden al local de la Sunat desde el 1° de enero hasta el 31 de diciembre de 2011, siendo el tamaño poblacional de 60,064 unidades muestrales.

Por lo tanto, la población de contribuyentes está integrada, por todos aquellos contribuyentes que llegaron al CSC de Washington en los meses siguientes:

Enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, *julio*, agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre.

### **3.2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA.**

*Muestreo Aleatorio Simple sin reemplazamiento (M. A. S.):*

Según Tapia en su página de guía docente define que un diseño de muestreo aleatorio simple sin reemplazo es aquel en el que se seleccionan unidades de la población sin reponer los elementos observados, de tal modo que todas las

unidades tienen la misma probabilidad de selección y todas las muestras son equiprobables<sup>16</sup>.

Una característica importante a tomar son las siguientes:

- Tamaño de muestra  $n$ .
- Selección sucesiva e independiente de las unidades con probabilidades

iguales en cada extracción a  $\frac{1}{N-t}; t = 1, 2, \dots, n$

- Las muestras que constan de las mismas unidades obtenidas en distintos órdenes se consideran idénticas;

$$p(S_j) = \frac{1}{\binom{N}{n}} / S_j = [u_1, u_2, \dots, u_n]$$

N: Tamaño de población.

n: Tamaño de muestra.

No obstante, Torres en su página publicada, argumenta con mayor precisión la definición, en el cual se selecciona un tamaño de muestra  $n$  de una población de tamaño  $N$  de tal manera que cada muestra posible de tamaño  $n$  tenga la misma probabilidad de ser seleccionada, el procedimiento de muestreo se denomina muestreo aleatorio simple. A la muestra así obtenida se le denomina muestra aleatoria simple<sup>17</sup> (Torres 2013).

---

<sup>16</sup> **TAPIA JESÚS**, "Material de Asignaturas Grado de Estadística: Modelos Probabilístico Curso I" Departamento de Estadística Universidad de Valladolid, disponible en URL: <http://www.eio.uva.es/~tapia/> fecha de acceso 3 de enero de 2013.

<sup>17</sup> **TORRES CASTRO IMACULADA**, Capítulo "Muestreo Aleatorio Simple", Escuela Politécnica Universidad de Extremadura Departamento de Matemáticas, disponible en URL: <http://matematicas.unex.es/~inmatorres/> fecha de acceso 3 de enero de 2013.

Muestreo aleatorio simple, en vista que la cantidad de llegada de contribuyentes al Centro Servicios al Contribuyentes de Washington entre los diferentes meses es variable, se ha optado por tomar una muestra de un solo mes de manera aleatoria contados del 1 al 12 por la cantidad de meses del año

### *Aleatorios*

Un mes dentro de los 12 meses del año ha sido elegido al azar, de forma que cada mes de la población tuvo igual oportunidad de salir en la muestra, resultando elegido el mes de julio, entonces la muestra está constituida por los 5,023 contribuyentes que asistieron a la Sunat, ese mes.

### **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para realizar la descripción del sistema en estudio, el diagnóstico de la situación actual y el análisis del contexto interno y externo, (aspectos que son de vital importancia conocer para formular las estrategias necesarias para el caso de estudio en particular, es necesario recabar un conjunto de información mediante la utilización de técnicas e instrumentos de recolección.

Las técnicas utilizadas para obtener la información necesaria del sistema de estudio, son las siguientes:

---

En primera instancia, se utilizó como herramienta la **Observación**, para cerciorarnos del sistema de atención la cual implica el uso de nuestros sentidos de esta manera se recabaron información cualitativa a través de la percepción visual para luego apegarnos al modelo M/M/S que se aproxima, a simple inspección se pudo percibir el comportamiento del sistema, como se ejecutan los procesos, para brindar el servicio al contribuyente en el Centro de Servicios al Contribuyente de Washington con el propósito de obtener los datos que previamente han sido definidos de interés para la investigación.

En el caso de este trabajo investigativo, además de frecuentes visitas a los centros de servicios de atención a los contribuyentes en Lima Washington, es fundamental emplear este método para recoger información sobre las tasas de llegadas de las órdenes (de servicio) a una ventanilla de atención, tiempos de procesamiento o duración del servicio registrado por la SUNAT. Con ello ha sido, necesario diseñar instrumentos de recolección para asentar o registrar dichos datos durante un periodo de tiempo de un mes.

### 3.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS (LIMA WASHINGTON)

En el siguiente cuadro se aprecia para ambas situaciones sea para el tiempo de espera en Centro de Servicios al Contribuyente (CSC) de Lima Washington (LW), así como para el tiempo de atención al contribuyente una muestra de 5,022<sup>18</sup> observaciones registradas en el banco de datos de SUNAT para el caso de Lima Washington.

CUADRO N° 3.2: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Estadístico	DIFLLEGADA	DIFATENCION
N	5022	5022
Rango	40.78	453.03
Mínimo	.00	.00
Máximo	40.78	453.03
Suma	11,790.9	92,683.62
Media	2.35	18.46
Desv. tít.	0.04	0.3
Varianza	2.66	21.15

Elaboración: Propia

DIFLLEGADA: Diferencia entre tiempos de llegadas de los Contribuyentes al Centro de Servicios al Contribuyente de Washington (minutos).

DIFATENCION: diferencia entre tiempos de Atención al Contribuyente en Lima Washington (minutos).

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\bar{x}} = \frac{1}{2.3478561} = 0.42592048; \quad \hat{\mu} = \frac{1}{\bar{y}} = \frac{1}{18.454515190} = 0.05418529964$$

En conclusión la tasa de espera de los contribuyentes se ha calculado como 0.42592048 mientras que la tasa atención por parte de los servidores es de 0.05418529964 tal como se aprecia en el cuadro anterior.

<sup>18</sup> Muestra tomada de manera aleatoria, se descarta un dato (outliers).

De la misma manera se presenta el cuadro 3.3, con la distribución de la diferencia entre los tiempos de llegadas, donde se puede apreciar que el 73.2% de las observaciones se concentran en el intervalo 0.00001 - 3.00000 seguido por el intervalo 3.00001 - 6.00000 representando el 18.1% de la muestra, véase en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 3.3: TABLA DE DISTRIBUCIÓN ENTRE LOS  
TIEMPOS DE LLEGADA - TEMW (agrupada)

Diferencias de tiempos de llegadas (min)	N° de contribuyentes	Porcentaje de contribuyentes	Porcentaje acumulado
<= .00000	35	.7	.7
.00001 - 3.00000	3678	73.2	73.9
3.00001 - 6.00000	908	18.1	92.0
6.00001 - 9.00000	246	4.9	96.9
9.00001 - 12.00000	95	1.9	98.8
12.00001 - 15.00000	34	.7	99.5
15.00001 - 18.00000	15	.3	99.8
18.00001 - 21.00000	9	.2	100.0
24.00001 - 27.00000	1	.0	100.0
36.00001+	1	.0	100.0
Total	5022	100.0	

Elaboración: Propia  
TEMW: Tiempo Esperado del Contribuyente en Lima Washington (minutos).

En cuanto a las observaciones tomadas del *tiempo de atención* al contribuyente por parte de los servidores se presenta en el cuadro 3.4, con la distribución de las diferencias entre los tiempos de atención, donde se la tabla de intervalo de frecuencia que un 87.7% de las observaciones se concentran en el intervalo 0.00001 - 34.07000 seguido por el intervalo 34.07001 - 68.14000 representando el 10% de la muestra, véase en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 3.4: TABLA DE DISTRIBUCIÓN ENTRE LOS TIEMPOS DE ATENCIÓN - TAMW (agrupada)

Diferencias de tiempos de atención (min)	N° de contribuyentes	Porcentaje de contribuyentes	Porcentaje acumulado
<= .00000	17	.3	.3
.00001 - 34.07000	4406	87.7	88.1
34.07001 - 68.14000	500	10.0	98.0
68.14001 - 102.21000	50	1.0	99.0
102.21001 - 136.28000	16	.3	99.3
136.28001 - 170.35000	17	.3	99.7
170.35001 - 204.42000	10	.2	99.9
204.42001 - 238.49000	3	.1	99.9
238.49001 - 306.63001	1	.0	100.0
306.63001 - 340.70000	1	.0	100.0
340.70001 - 374.77001	1	.0	100.0
374.77001 - 408.84000	1	.0	100.0
408.84001+	1	.0	100.0
Total	5022	100.0	

Elaboración: Propia

TAMW: Tiempo Atención al Contribuyente en Lima Washington (minutos).

## IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La teoría de colas sirve para analizar las causas de la formación de colas, que es la existencia de momentos en los que hay una mayor demanda de servicios del contribuyente que la capacidad de atención del servicio.

Asimismo, el modelo M/M/S nos permite calcular el número óptimo de ventanillas de atención a los contribuyentes, medir la probabilidad de que el sistema este vacío.

### 4.1. APLICACIÓN DEL MODELO M/M/S PARA COLAS DE SERVICIOS AL CONTRIBUYENTE SUNAT

Para el caculo se ha tomado una base de datos de 5022<sup>19</sup> observaciones de un mes, el mismo que ha arrojado  $\bar{x} = 2.3478561$  promedio de llegadas de los contribuyentes de la población al sistema del CSC Washington, de otro lado el promedio de tiempo de los servicios de las ventanillas existente es  $\bar{y} = 18.454515190$ , de estas dos medias calculadas se deduce entonces la estimación de las tasas correspondientes.

En tal efecto:

---

<sup>19</sup> Presencia de un outliers

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\bar{x}} = \frac{1}{2.3478561} = 0.42592048; \hat{\mu} = \frac{1}{\bar{y}} = \frac{1}{18.454515190} = 0.05418529964$$

$$\Delta t_i = \tau_i;$$

$$\Delta t_i = \tau_i;$$

$d_i$  = tiempo de atención contribuyente por servidor.

$$d_i = t_{final} - t_{inicial}$$

$$\hat{\mu} = \frac{1}{\bar{d}}; \bar{d} = 18.455190 \text{ y } \tau = 2.3478561$$

Los tiempos de interllegadas  $T_i$  se distribuyen en forma exponencial con parámetro  $\lambda$ , también los tiempos de atención por servidor al contribuyente,  $d_i$  se distribuyen en forma exponencial con parámetro  $\mu$ , por lo tanto los estimadores máximos verosímiles son respectivamente:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\bar{T}}; \hat{\mu} = \frac{1}{\bar{d}}$$

Según el modelos M/M/S, el sistema se satura si  $\lambda \geq s\mu$ , esto es el número de contribuyentes en la cola tiempo. Por lo que, la condición de no saturación

ocurre cuando  $\rho < 1$ ,  $\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$  en términos de los estimadores esto significa que

se debe cumplir que: por lo tanto para que el modelo no se sature debe ocurrir

que,  $\frac{\hat{\lambda}}{\hat{\mu}} < s$ , esto es el número de servidores estimados a utilizarse para que el

sistema no se sature  $s > \frac{\hat{\lambda}}{\hat{\mu}}$  que, para el caso del Centro de Servicios al

Contribuyente Washington es  $\hat{S} > \frac{0.42592048}{0.0541852996}$  es decir el modelo M/M/S se

estabiliza cuando el número de servidores estimado,  $\hat{S} > 8$ .

El número de servidores estimado para este estudio y para el modelo MMS

está comprendido entre 9 y 11 servidores esto es  $9 \leq \hat{S} \leq 11$

CUADRO N° 4.1: ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE COLAS M/M/S PARA EL CASO DEL CENTRO SERVICIO CONTRIBUYENTES LIMA-WASHINGTON

Número de servidores $\hat{S}$	Probabilidad que el sistema esté vacío $\hat{P}_0$	Longitud esperada de la cola $\hat{L}_q$	Número esperado en el sistema $\hat{L}$	Tiempo esperado en la cola $\hat{W}_q$	Tiempo total esperado en el sistema $\hat{W}$	Probabilidad que un cliente espere $\hat{P}_n$
9	0.0002451	4	13	9.90	28.35	0.61
10	0.00032656	1	9	3.27	21.72	0.38
11	0.00036077	1	8	1.32	19.77	0.22
12	0.00037529	0	8	0.56	19.02	0.13
13	0.00038143	0	8	0.24	18.70	0.068

Elaboración: Propia

#### 4.1.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DE COLAS DE ESPERA PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN AL CONTRIBUYENTE WASHINGTON

En el cuadro siguiente se inicia planteando que el número de ventanillas es de 9 de acuerdo a los resultados obtenidos al procesar la información de la SUNAT, los mismos que acarrear un costo de S/. 3 Nuevos Soles por minuto<sup>20</sup>, no obstante si el número de ventanillas se incrementa a 10 entonces el costo

<sup>20</sup> ZUBIATE MANUEL, Estudio de preinversión a nivel de Factibilidad del proyecto "Implementación del nuevo centro de servicio al contribuyente y centro de control y fiscalización en la Zona Centro 1 de Lima Metropolitana" Superintendencia Nacional de Administración Tributaria SUNAT Perú-2011 Información tomada de acuerdo a los costos de operación y mantenimiento del estudio de preinversión

de ventanillas se incrementaran; de otro lado el costo por minuto de espera por contribuyente<sup>21</sup> es S/. 0.95.

CUADRO N° 4.2: ANÁLISIS ECONÓMICO DE COLAS DE ESPERA  
PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN AL CONTRIBUYENTE  
WASHINGTON  
( Soles/minuto)

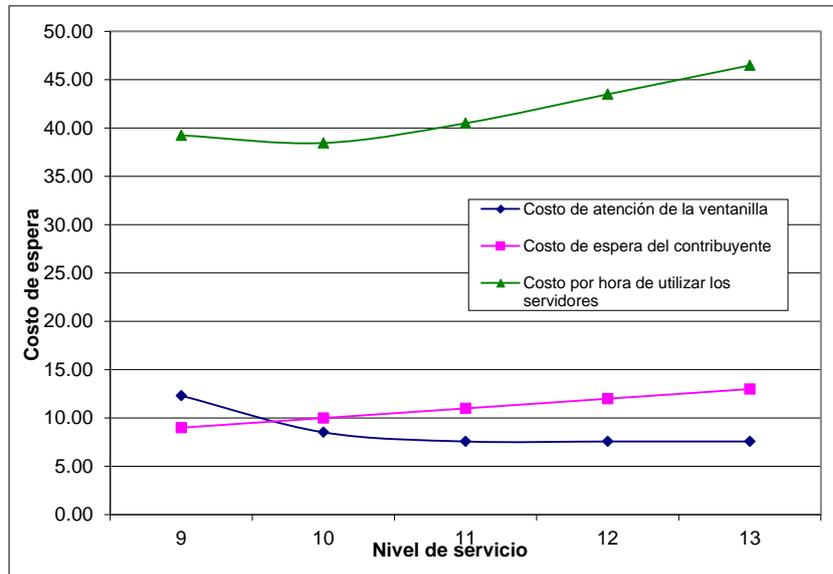
Número de servidores	Número contribuyentes esperado en el sistema	Costo de atención de la ventanilla	Costo de espera del contribuyente	Costo por hora de utilizar los servidores
9	13	27	12.31	39
10	9	30	8.52	38
11	8	33	7.58	41
12	8	36	7.58	43
13	8	39	7.58	46

Elaboración: Propia

Como se aprecia: a medida que el número de ventanillas se incrementa entonces los costos del servicio de ventanilla se incrementan, a medida que el número de ventanillas aumentan entonces el promedio de personas en la cola disminuye, lo cual hace que el costo total de espera del contribuyente disminuya.

<sup>21</sup> Promedio obtenido de las Entrevistas realizadas, en el Centro de Atención al Contribuyente SUNAT Washington

GRÁFICO Nº 6: DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS DE ESPERA Y ATENCIÓN EN FUNCIÓN AL NIVEL DE SERVICIO



Lo que significa en periodos anuales las cifras que se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO Nº 4.3: ANÁLISIS ECONÓMICO DE COLAS DE ESPERA PARA EL CENTRO DE ATENCIÓN AL CONTRIBUYENTE WASHINGTON (Soles/año)

Número de servidores	Número esperado en el sistema	Costo de atención de la ventanilla	Costo de espera del contribuyente	Costo por año de utilizar los servidores	VACS*
9	13	3,413,878	1,560,000	4,973,878	31,920,644
10	9	3,793,197	1,080,000	4,873,197	31,274,512
11	8	4,172,517	960,000	5,132,517	32,938,738
12	8	4,551,837	960,000	5,511,837	35,373,082
13	8	4,931,157	960,000	5,891,157	37,807,426
14	8	5,310,476	960,000	6,270,476	40,241,770
15	8	5,689,796	960,000	6,649,796	42,676,114
16	8	6,069,116	960,000	7,029,116	45,110,458
17	8	6,448,435	960,000	7,408,435	47,544,803
18	8	6,827,755	960,000	7,787,755	49,979,147
19	8	7,207,075	960,000	8,167,075	52,413,491
20	8	7,586,395	960,000	8,546,395	54,847,835
21	8	7,965,714	960,000	8,925,714	57,282,179
22	8	8,345,034	960,000	9,305,034	59,716,524
23	8	8,724,354	960,000	9,684,354	62,150,868
24	8	9,103,674	960,000	10,063,674	64,585,212
25	8	9,482,993	960,000	10,442,993	67,019,556
26	8	9,862,313	960,000	10,822,313	69,453,900
27	8	10,241,633	960,000	11,201,633	71,888,245
28	8	10,620,952	960,000	11,580,952	74,322,589

Elaboración: Propia

\*Tasa Social de descuento de 9% para un horizonte planeado de 10 años

El costo del tiempo de operar con nueve (9) ventanillas de atención al contribuyente anualmente significa, asumir un costo de S/. 4'973,878 para 13 contribuyentes en el sistema, para 10 ventanillas el costo anual ascenderá a S/. 4'873,197, para 11 ventanillas el costo anual seguirá creciendo a S/. 5'132,517 pero el número de contribuyentes en el sistema se habrá estabilizado a 8 aun así siga aumentando el número de ventanillas, lo que significa que el óptimo es contar con 10 servidores, si se empieza operando con ventanillas menores a 9 la cola sería infinita. Tal como se muestra en el cuadro e imagen anterior.

#### 4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

$H_0$  : El número de servidores no tiene influencia en el Valor Actual de Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto.

$H_a$  : El número de servidores tiene influencia en el Valor Actual de Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto.

En tanto que la correlación es estadísticamente significativa, se procede a realizar un análisis de regresión lineal simple entre las variables antes mencionadas cuyos resultados aparecen en el siguiente.

CUADRO N° 4.4: COEFICIENTES

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	7591751.289	602084.016		12.609	0.000
Nº de Servidores en el sistema	2369492.074	31070.778	0.998	76.261	0.000

a. Variable dependiente: Valor Actual de los Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto

Se prueba la hipótesis.

$$H_0 : \beta = 0 \text{ Versus } H_a : \beta \neq 0$$

Es decir, entre la afirmación que la pendiente de la línea de regresión es igual a cero versus que la pendiente es diferente de cero.

De los resultados del cuadro anterior se rechaza la hipótesis nula de acuerdo al criterio P-Valor; ya que este valor es igual a 0.00 que es menor que el nivel de significancia 0.05 y se concluye que la pendiente de la línea regresión es diferente a cero. Es decir; que el número de servidores tiene una fuerte influencia en el costo de operación y de mantenimiento del proyecto, es decir la relación se puede expresar mediante el modelo:

$$VACS = \beta_0 + \beta_1(N^\circ \dots \text{de} \dots \text{ventanilla})$$

donde:

VACS : Valor actual de los costos sociales de operación y mantenimiento del proyecto (Soles/año).

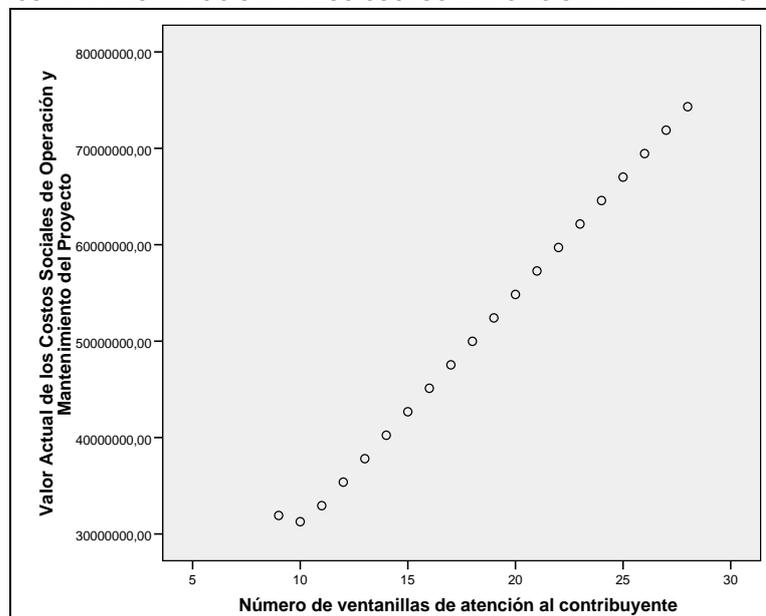
N° de ventanillas : Número de ventanillas de atención al contribuyente en el CSC de Washington-SUNAT.

$$VACS = 7'591,751.289 + 2'369,492.074(N^\circ \dots \text{de} \dots \text{ventanilla})$$

Por cada ventanilla que se implemente el valor actual de los costos sociales de operación y mantenimiento ascenderá en promedio a S/. 2'369,492. Se entiende que, como mínimo el costo de operación ascenderá a S/. 7'591,751.89 tal como se aprecia en la ecuación anterior.

También se presenta una gráfica de dispersión entre las variables número de ventanillas de atención al contribuyente y el Valor Actual de Costos Sociales de Operación y Mantenimiento del Proyecto que muestra una tendencia lineal para el numero de ventanillas mayores a 10 y menores a 10 hay un comportamiento irregular.

GRÁFICO Nº 7: DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS EN FUNCIÓN AL NIVEL DE SERVICIO



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La estimación del número óptimo de ventanillas en el centro de servicios al contribuyente en el local de atención Washington permite dimensionar de manera óptima el proyecto.

El cálculo basado en el modelo MMS de la teoría de colas para el número óptimo de ventanillas ha permitido establecer la relación entre el número de ventanillas y el valor actual de costos sociales de operación y mantenimiento del proyecto SUNAT *“Implementación del nuevo centro de servicio al contribuyente y centro de control y fiscalización en la Zona Centro 1 de Lima Metropolitana”-Washington*, del cual se ha podido determinar que el óptimo de número de ventanillas es 10 las que deben atender todos los días, puesto que a ese número de servidores el número esperado de contribuyentes en el sistema tendría una tendencia decreciente, sobrando un servidor ocioso; a partir de ello la probabilidad de que el sistema esté vacío tiende a aumentar, el mismo que se demuestra al relacionar con las variables número de ventanillas y Valor Actual de Costos Sociales de operación y mantenimiento, (habiéndose calculado un coeficiente de correlación de 0.998).

- El número de ventanillas es directamente proporcional al dimensionamiento del proyecto.

- A medida que aumenta el número de ventanillas para el servicio al contribuyente, de 9 a 12 permaneciendo constante el costo de producir el servicio por cada servidor, entonces, el número de contribuyentes en la cola, varía de 13 hasta 8, estabilizándose en el sistema ese mismo número; no obstante al incrementarse el número de ventanillas el Valor Actual de Costo Social de Operación y Mantenimiento del proyecto se incrementarán.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- El óptimo del número de ventanillas de atención al contribuyente refleja la capacidad de reducir el tiempo de espera, en consecuencia es importante calcular con precisión los tiempos para dimensionar el tamaño del proyecto para una mejor atención.
- Se sugiere incorporar, la teoría de colas como parte de cálculo de los costos sociales ya que permite una cuantificación monetaria de los tiempos de espera como los tiempos de atención a los contribuyentes a SUNAT a proyectos que tengan las mismas características.
- Para el caso de las horas punta se debe contar con personal auxiliar o rotativo que permita atender ventanillas adicionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**AGNER KRARUP ERLANG**, (1901). «*The Theory of Probabilities and Telephone Conversations*». *Nyt Tidsskriftfor Matematik B20*.

**CERVINI I., HÉCTOR; RAMÍREZ V., LILIANA** “*Valor Social del Tiempo*” en México Análisis Económico, Vol. XXIII, Núm. 54, sin mes, 2008, pp. 175-202 Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco México.

**CÓRDOBA RODRÍGUEZ ÓSCAR, DE LA LAMA ZUBIRÁN MARCO A.** ¿Es posible reducir el tiempo en las colas” <http://www.revistaciencias.unam.mx>

**GIESECKE SARA-LAFOSSE CARLOS**, “*Sesión X: Sistema nacional de inversión pública del Perú CEPAL – SERIE*” Seminarios y conferencias N° 18, disponible en [[www.eclac.org/publicaciones/xml/9/12509/10-SESSION.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/12509/10-SESSION.pdf)]

**GRISOLIA SANTOS JOSÉ MARÍA** “*Modelos Teóricos Entorno al Valor Subjetivo del Tiempo*” tiempo <http://www.fulp.ulpgc.es/>

**HERNÁNDEZ SAMPIERI ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, BAPTISTA LUCIO**, “*Metodología de la Investigación*”, México, tercera edición McGraw-Hill Interamericana.

**M. en C. ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI, Dr. CARLOS FERNÁNDEZ COLLADO, Dra. PILAR BAPTISTA LUCIO** “*Metodología de la Investigación*” MCGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S. A. de C. V.

**MARK L. BERENSON, DAVID M. LEVINE 1996** “*Estadística Básica en Administración, Conceptos y Aplicaciones sexta edición*”

**MOORE, JEFFREY H.; WEATHERFORD, LARRY R.** “*Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*” México Prentice Hall (2000)

**OFICINA DE INVERSIONES (ODI)** (2000), *Manual de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Institucional* Ministerio de Economía y Finanzas.

**ORTIZ PEDRO** 2004, *“El Valor Moral del Tiempo”*, Anales de la Facultad de Medicina, año / vol 65, número 004 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima ,Perú pág. 260-266.

**PALLARES HOYOS HERNANDO JOSE, JANNER VLADIMIR BARROS CABALLERO** *“La Historia de la Teoría de Colas”* Universidad de Pamplona Sede Villa del Rosario Facultad de Ingenierías Cucuta, Norte de Cantander 2010.

**VERGARA NAVA LEONARDO** *“Los Alcances y Limitaciones de los Modelos de Investigación de Operaciones”* Universidad del Valle de México, <http://www.colpamex.org/Revista/Art11/54.pdf>

Estudio de preinversión a nivel de Factibilidad del Proyecto *“Implementación del Nuevo Centro de Servicio al Contribuyente y Centro de Control y Fiscalización en la Zona Centro 1 de Lima Metropolitana”* Superintendencia Nacional de Administración Tributaria SUNAT Perú-2011.

# **ANEXOS**



## FÓRMULAS PARA TEORÍA DE COLAS

### Para M/M/1

$$P_0 = \frac{\mu - \lambda}{\mu} = 1 - \rho; \quad P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(\frac{\mu - \lambda}{\mu}\right) = \rho^n (1 - \rho); \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}; \quad L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}; \quad L_q = \lambda W_q;$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}; \quad W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}; \quad P(w > t) = e^{-\mu(1-\frac{\lambda}{\mu})t}$$

### Para M/M/S

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{1}{n!} + \frac{1}{S!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \frac{1}{1 - \frac{\lambda}{S\mu}}}; \quad P_n \begin{cases} \frac{\lambda^n}{\mu^n S! S^{(n-S)}} P_0; & \text{si } n > S \\ \frac{\lambda^n}{\mu^n n!} P_0; & \text{si } n \leq S \end{cases};$$

$$L = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{s+1} P_0}{(S-1)! \left(S - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) = L_q + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right); \quad L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{s+1} P_0}{(S-1)! \left(S - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2}; \quad L = \lambda W; \quad W = \frac{L}{\lambda};$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = W - \frac{1}{\mu}$$

$$P(w > t) = e^{-\mu t} \left[ 1 + \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{S! \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} \left( \frac{1 - e^{-\mu \left(S - 1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) t}}{S - 1 - \frac{\lambda}{\mu}} \right) \right]$$

**Modelo M/M/1/K**

$$P_n \begin{cases} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0; & \text{si } n \leq k \\ 0; & \text{si } n > k \end{cases};$$

$$P_0 = \frac{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}}; \quad L = \frac{\frac{\lambda}{\mu}}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} - \frac{(k+1) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}}; \quad L_q = L - (1 - P_0); \quad W = \frac{L}{\lambda}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}; \quad \bar{\lambda} = \lambda \left( 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k P_0 \right) = \lambda(1 - P_k)$$

**Modelo M/M/S/K (  $\bar{\lambda}$  , W y Wq se calculan como en M/M/1/K)**

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^s \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{1}{n!} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \frac{1}{S!} \sum_{n=S+1}^k \left(\frac{\lambda}{S\mu}\right)^{n-S}}; L = \sum_{n=0}^{S-1} nP_n + L_q + S \left(1 - \sum_{n=0}^{S-1} P_n\right)$$

$$P_n \begin{cases} \frac{\lambda^n}{\mu^n n!} P_0 & ; \text{si } n \leq S \\ \frac{\lambda^n}{\mu^n S! S^{(n-S)}} P_0; & \text{si } S \leq n \leq k; \\ 0 & ; \text{si } n > k \end{cases}$$

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{S+1} P_0}{(S-1)! \left(S - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} \left[ 1 - \left(\frac{\lambda}{S\mu}\right)^{k-S} - (k-S) \left(\frac{\lambda}{S\mu}\right)^{k-S} \left(1 - \frac{\lambda}{S\mu}\right) \right]$$

**Modelo M/M/1/N**

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}$$

$$; P_n = \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0; L_q = \sum_{n=1}^N (n-1)P_n; L = N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0); W = \frac{L}{\lambda}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}; \bar{\lambda} = \lambda(N - L)$$

**Modelo M/M/S/N**

$$P_n \begin{cases} \frac{N!}{(N-n)! n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & ; \text{si } n \leq S \\ \frac{N!}{(N-n)! S! S^{(n-S)}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & ; \text{si } S \leq n \leq N; \\ 0 & ; \text{si } n > N \end{cases}$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{S-1} \frac{N!}{(N-n)! n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \sum_{n=S}^N \frac{N!}{(N-n)! S! S^{(n-S)}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}$$

$$L_q = \sum_{n=s}^N (n-s)P_n; L = \sum_{n=0}^{s-1} nP_n + L_q + s\left(1 - \sum_{n=0}^{s-1} P_n\right); W = \frac{L}{\lambda}; W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

### **FÓRMULAS DE SIMULACIÓN**

Distribución Uniforme  $X_i \sim U(a, b)$   $X_i = a + r_i(b - a)$

Distribución exponencial  $X_i \sim \exp(\alpha)$   $X_i = -\frac{\ln(1 - r_i)}{\alpha}$

Distribución de Weibul  $X_i \sim W(\alpha, \beta)$   $X_i = \frac{1}{\alpha} \sqrt[\beta]{-\ln(1 - r_i)}$

Normal  $X_i \sim N(\mu, \sigma^2)$   $X_i = \mu + \frac{\sigma \left( \left\{ \sum_{i=1}^n r_i \right\} - \frac{n}{2} \right)}{\sqrt{n/12}} = \mu + \sigma \left( \left\{ \sum_{i=1}^n r_i \right\} - 6 \right)$