UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,
DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LÍNEAS DE ESPERA GENERADAS EN EL CENTRO DE SERVICIOS DE SUNAT – CHICLAYO, DURANTE EL PERIODO 2012 – 2013.

AUTOR:

Bach. ESTRADA CUETO MARÌA ISABEL

Lambayeque, Junio del 2014

PRESENTACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO:

Cumpliendo con el reglamento del Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas; presento ante ustedes para su evaluación, el informe de ingeniería denominado:

Implementación de un modelo de simulación para la gestión de líneas de espera generadas en el centro de servicios de SUNAT – Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013.

Asesor Ing. Arteaga Lora Roberto Carlos	Bach. Estrada Cueto María Isabel

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

Trabajo de Suficiencia Profesional denominado:

Implementación de un modelo de simulación para la gestión de líneas de espera generadas en el centro de servicios de SUNAT – Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013.

Aprobado por:

Ing. Alberto Enrique Samillán Ayala
Presidente del Jurado

M. SC. Ing. Luis Alberto Dávila Hurtado
Miembro del Jurado

Ing. José Ramón Sandoval Jiménez
Miembro del Jurado

Asesor:

Ing. Roberto Carlos Arteaga Lora
Asesor

Responsable:

Bach. María Isabel Estrada Cueto

INDICE

DATOS INFORMATIVOS……. 6

INTRODUCCIÓN…… 10

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO…… 11

1.1. Descripción de SUNAT……. 11

1.2. Formulación del Problema…… 18

1.3. Justificación e Importancia del Proyecto……. 18

1.4. Objetivos…….. 18

1.5. Limitaciones a la investigación…… 18

2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO …….…… 19

2.1. Definición de “modelo”……. 19

2.2. Principios utilizados en el modelado …… 24

2.3. Definición de simulación …….. 26

2.4. Ventajas y desventajas en el uso de la simulación…… 29

2.5. Etapas para realizar un estudio de simulación …….…….. 31

2.6. Definición de Líneas de Espera…….…….….34

3. CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN……..…. 37

3.1. Identificar el proceso que se realiza en la Gestión de líneas de espera en SUNAT-Chiclayo ……..……. 37

3.2. Analizar el dominio del problema en SUNAT-Chiclayo …….. 41

3.3. Definir correctamente el modelo de diseño para la optimización del proceso de atención de SUNAT-Chiclayo …… 47

3.4. Probar el modelo de simulación …… 51

3.5. Evaluar el costo de beneficio, que determine su flexibilidad de uso. ……. 61

4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones……. 61

4.2. Recomendaciones…… 62

5. CAPÍTULO V: FUENTES DE INFORMACIÓN…….. 63

6. CAPÍTULO VI: ANEXOS…….…….. 64

DATOS INFORMATIVOS

- **TÍTULO:**

  IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LÍNEAS DE ESPERA GENERADAS EN EL CENTRO DE SERVICIOS DE SUNAT – CHICLAYO, DURANTE EL PERIODO 2012 – 2013.

- **DATOS DEL AUTOR:**

Nombre: Bach. Estrada Cueto María Isabel.

Dirección: Av. Santa Victoria – Chiclayo

Teléfono: 967260507 - 925856202

E-mail: marisolec8@hotmail.com

- **DATOS DEL ASESOR:**

Asesor: Ing. Roberto Carlos Arteaga Lora

Teléfono: 979779953

E-mail: rocalor27@hotmail.com

- **TEMA RELACIONADO:**

Módulo: Simulación de sistemas

- **FECHA DE PRESENTACIÓN:**

Fecha: Mayo 2014

T Í T U L O

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LÍNEAS DE ESPERA GENERADAS EN EL CENTRO DE SERVICIOS DE SUNAT – CHICLAYO, DURANTE EL PERIODO 2012 – 2013.

PRESENTADO POR:

Estrada Cueto María Isabel

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico …

*A la memoria de mi **mamá María***

por asumir su rol de madre con

inagotable esmero, cuidado y amor

desplegado desde mis primeros

años de vida y a los 5 años de haber

partido a la eternidad sonríe satisfecha

por la culminación del presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

Debo destacar mi agradecimiento a …

*A mi **abuelo Oscar**, a mis **padres***

*y **tíos** por su apoyo y estímulo para*

formarme como persona y profesional.

RESUMEN

El enfoque investigador es desarrollar un modelo de simulación en SUNAT – CHICLAYO, con la finalidad de mejorar el funcionamiento de las líneas de espera en el centro de servicio de esta institución, utilizando para ello un modelo de simulación de la situación que permita dimensionar el nivel necesario de servidores programados en SUNAT - CHICLAYO, para evitar demoras, que ocasionen que muchos de los usuarios sientan que no están recibiendo un buen servicio. Es por ello que se tendrá que analizar la información con la que cuenta SUNAT - CHICLAYO y en base a eso poder obtener información que describa de forma más clara lo que está sucediendo y de qué manera poder hallar una solución.

ABSTRACT

The research approach is to develop a simulation model in SUNAT-CHICLAYO, in order to improve the operation of the waiting lines at the center of service of this institution, using an simulation model of the situation dimensioned to allow the necessary level of servers scheduled in SUNAT-CHICLAYO, to avoid delays, that cause many users feel they are not getting good service. That is why we will have to analyze the information that has SUNAT-CHICLAYO and on that basis to obtain information that describes more clearly what is happening and how to find a solution.

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de espera son muy habituales en la vida diaria. Es muy común tener que esperar en una cola para ser atendidos en todo tipo de actividades: compra en un supermercado, sacar una entrada de cine, operar en una entidad bancaria, etc. Su formación se produce porque en un momento determinado la demanda de un servicio es superior a la oferta disponible del mismo con los medios con los que éste cuenta.

Sin embargo, la formación de colas de espera no se produce sólo en la prestación de servicios “comerciales” sino que éstas se constituyen también en la prestación de servicios más fundamentales como los servicios médicos, tributarios. El contenido de este trabajo se centra en la formación de líneas de espera generadas en SUNAT CHICLAYO durante el período 2012 – 2013

La “teoría de colas” se encarga del estudio de los fenómenos de espera y aporta

soluciones para, prácticamente, todas las situaciones posibles ayudando a dimensionar los diferentes servicios en los que se producen estos fenómenos con el fin de evitar la pérdida de clientes sin incurrir en costes excesivos que ocasionan que los recursos permanezcan ociosos en gran parte del tiempo.

Una particularidad muy importante al definir los sistemas de colas hace referencia a las "prioridades", que indican de qué forma son atendidos los usuario una vez que ingresan en la cola. La disciplina más habitual de prioridades suele ser la de primero en llegar, primero en ser servido, FIFO (utilizada en supermercados, entidades bancarias, estaciones de servicio, etc.).

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. DESCRIPCIÓN DE SUNAT

La Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria – SUNAT, de acuerdo a su Ley de creación N° 24829, Ley General aprobada por Decreto Legislativo Nº 501 y la Ley 29816 de Fortalecimiento de la SUNAT, es un organismo técnico especializado, adscrito al Ministerio de Economía y Finanzas, cuenta con personería jurídica de derecho público, con patrimonio propio y goza de autonomía funcional, técnica, económica, financiera, presupuestal y administrativa que, en virtud a lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 061-2002-PCM, expedido al amparo de lo establecido en el numeral 13.1 del artículo 13° de la Ley N° 27658, ha absorbido a la Superintendencia Nacional de Aduanas, asumiendo las funciones, facultades y atribuciones que por ley, correspondían a esta entidad.

Tiene domicilio legal y sede principal en la ciudad de Lima, pudiendo establecer dependencias en cualquier lugar del territorio nacional.

Finalidad

La Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria – SUNAT con las facultades y prerrogativas que le son propias en su calidad de administración tributaria y aduanera, tiene por finalidad:

- Administrar, aplicar, fiscalizar y recaudar los tributos internos del Gobierno Nacional, con excepción de los municipales, desarrollar las mismas funciones respecto de las aportaciones al Seguro Social de Salud (ESSALUD) y a la Oficina de Normalización Previsional (ONP), facultativamente, respecto de obligaciones no tributarias de

ESSALUD y de la ONP, que de acuerdo a lo que por convenios interinstitucionales se establezca.

- Dictar normas en materia tributaria, aduanera y de organización interna.
- Implementar, inspeccionar y controlar la política aduanera en el territorio nacional, aplicando, fiscalizando, sancionando y recaudando los tributos y aranceles del gobierno central que fije la legislación aduanera y los tratados y convenios internacionales.
- Facilitar las actividades aduaneras de comercio exterior.
- Inspeccionar el tráfico internacional de personas y medios de transporte.
- Desarrollar las acciones necesarias para prevenir y reprimir la comisión de delitos aduaneros y tráfico ilícito de bienes.
- Proponer al Ministerio de Economía y Finanzas la celebración de acuerdos y convenios internacionales referidos a materia tributaria y aduanera y participar en la elaboración de los proyectos de dichos acuerdos y convenios.
- Liderar las iniciativas y proyectos relacionados con la cadena logística del comercio exterior, cuando tengan uno o más componentes propios de las actividades aduaneras.
- Proveer servicios a los contribuyentes, responsables y usuarios del comercio exterior a fin de promover y facilitar el cumplimiento de sus obligaciones tributarias.
- Las demás que señale la ley.
- Reglamento de Organización y Funciones DS 115-2002-PCM.
- Modifican Reglamento de Organización y Funciones de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria DS 029-2012-EF (NUEVO)
- Ley 29816 – Ley de Fortalecimiento de la SUNAT (NUEVO)

Misión

Promover el cumplimiento tributario y aduanero mediante su facilitación, el fortalecimiento de la conciencia tributaria y la generación de riesgo; a través de la gestión de procesos integrados, el uso intensivo de tecnología y con un equipo humano comprometido, unificado y competente que brinde servicios de excelencia.

Visión

Ser aliado de los contribuyentes y usuarios del comercio exterior para contribuir al desarrollo económico y la inclusión social.

Valores

- Integridad

Expresada como el desempeño institucional e individual en concordancia con la verdad, la rectitud, la confianza. Se evidencia mediante la coherencia total entre el pensamiento, el discurso y la acción. En la perspectiva organizacional, grupal y personal supone no sólo lo que se dice que se hará, sino que también involucra decir todo aquello que no se está dispuesto a hacer.

- Compromiso

Expresada como el grado en que un colaborador se identifica con la institución, sus metas y desea mantener su relación con ella. Implica cumplir con las obligaciones laborales haciendo más de lo esperado para lograr los objetivos. Supone encaminar nuestros actos para fortalecernos como personas en el plano profesional y moral.

- Vocación de Servicio

Expresada como la actitud permanente de dar un servicio de calidad orientado a comprender y satisfacer las necesidades de los contribuyentes, usuarios y operadores del comercio exterior, ciudadanía, así como de los clientes internos de la institución; utilizando eficientemente los recursos y optimizando la calidad de nuestros servicios.

- Mejora Continua

Expresada como una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio que permita el logro de resultados en cada actividad que se realiza: fijando metas desafiantes por encima de los estándares (promedio), mejorando y manteniendo altos niveles de rendimiento en el marco de las estrategias de la institución.

Funciones y atribuciones de SUNAT

Son funciones y atribuciones de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria:

- Administrar, recaudar y fiscalizar los tributos internos del Gobierno Nacional, con excepción de los municipales, así como las aportaciones al Seguro Social de Salud (ESSALUD) y a la Oficina de Normalización Previsional (ONP), y otros cuya recaudación se le encargue de acuerdo a ley.

- Proponer al Ministerio de Economía y Finanzas la reglamentación de las normas tributarias y aduaneras.
- Expedir, dentro del ámbito de su competencia, disposiciones en materia tributaria y aduanera, estableciendo obligaciones de los contribuyentes, responsables y/o usuarios del servicio aduanero, disponer medidas que conduzcan a la simplificación de los regímenes y trámites aduaneros, así como normar los procedimientos que se deriven de éstos.
- Sistematizar y ordenar la legislación e información estadística de comercio exterior, a fin de brindar información general sobre la materia conforme a Ley, así como la vinculada con los tributos internos y aduaneros que administra.
- Proponer al Poder Ejecutivo los lineamientos tributarios para la celebración de acuerdos y convenios internacionales, así como emitir opinión cuando ésta le sea requerida.
- Celebrar acuerdos y convenios de cooperación técnica y administrativa en materia de su competencia.
- Promover, coordinar y ejecutar actividades de cooperación técnica, de investigación, de capacitación y perfeccionamiento en materia tributaria y aduanera, en el país o en el extranjero.
- Otorgar el aplazamiento y/o fraccionamiento para el pago de la deuda tributaria o aduanera, de acuerdo con la Ley.
- Solicitar, y de ser el caso ejecutar, medidas destinadas a cautelar la percepción de los tributos que administra y disponer la suspensión de las mismas cuando corresponda.
- Controlar y fiscalizar el tráfico de mercancías, cualquiera sea su origen y naturaleza a nivel nacional.
- Inspeccionar, fiscalizar y controlar las agencias de aduanas, despachadores oficiales, depósitos autorizados, almacenes fiscales, terminales de almacenamiento, consignatarios y medios de transporte utilizados en el tráfico internacional de personas, mercancías u otros.

- Prevenir, perseguir y denunciar al contrabando, la defraudación de rentas de aduanas, la defraudación tributaria, el tráfico ilícito de mercancías, así como aplicar medidas en resguardo del interés fiscal.
- Desarrollar y aplicar sistemas de verificación y control de calidad, cantidad, especie, clase y valor de las mercancías, excepto las que estén en tránsito y transbordo, a efectos de determinar su clasificación en la nomenclatura arancelaria y los derechos que le son aplicables.
- Desarrollar y administrar los sistemas de análisis y fiscalización de los valores declarados por los usuarios del servicio aduanero.
- Resolver asuntos contenciosos y no contenciosos y, en este sentido, resolver en vía administrativa los recursos interpuestos por los contribuyentes o responsables; conceder los recursos de apelación y dar cumplimiento a las Resoluciones del Tribunal Fiscal, y en su caso a las del Poder Judicial.
- Sancionar a quienes contravengan las disposiciones legales y administrativas de carácter tributario y aduanero, con arreglo a Ley.
- Ejercer los actos y medidas de coerción necesarios para el cobro de deudas por los conceptos indicados en el inciso precedente.
- Mantener en custodia los bienes incautados, embargados o comisados, efectuando el remate de los mismos cuando ello proceda en el ejercicio de sus funciones.
- Adjudicar directamente, como modalidad excepcional de disposición de mercancías, aquellas que se encuentren en abandono legal y en comiso administrativo. La adjudicación se hará a las entidades estatales y a aquellas a las que oficialmente se les reconozca fines asistenciales o educacionales, sin fines de lucro.
- Desarrollar programas de información, divulgación y capacitación en materia tributaria y aduanera.
- Editar, reproducir y publicar oficialmente el Arancel Nacional de Aduanas actualizado, los tratados y convenios de carácter aduanero, así como las normas y procedimientos aduaneros para su utilización general.

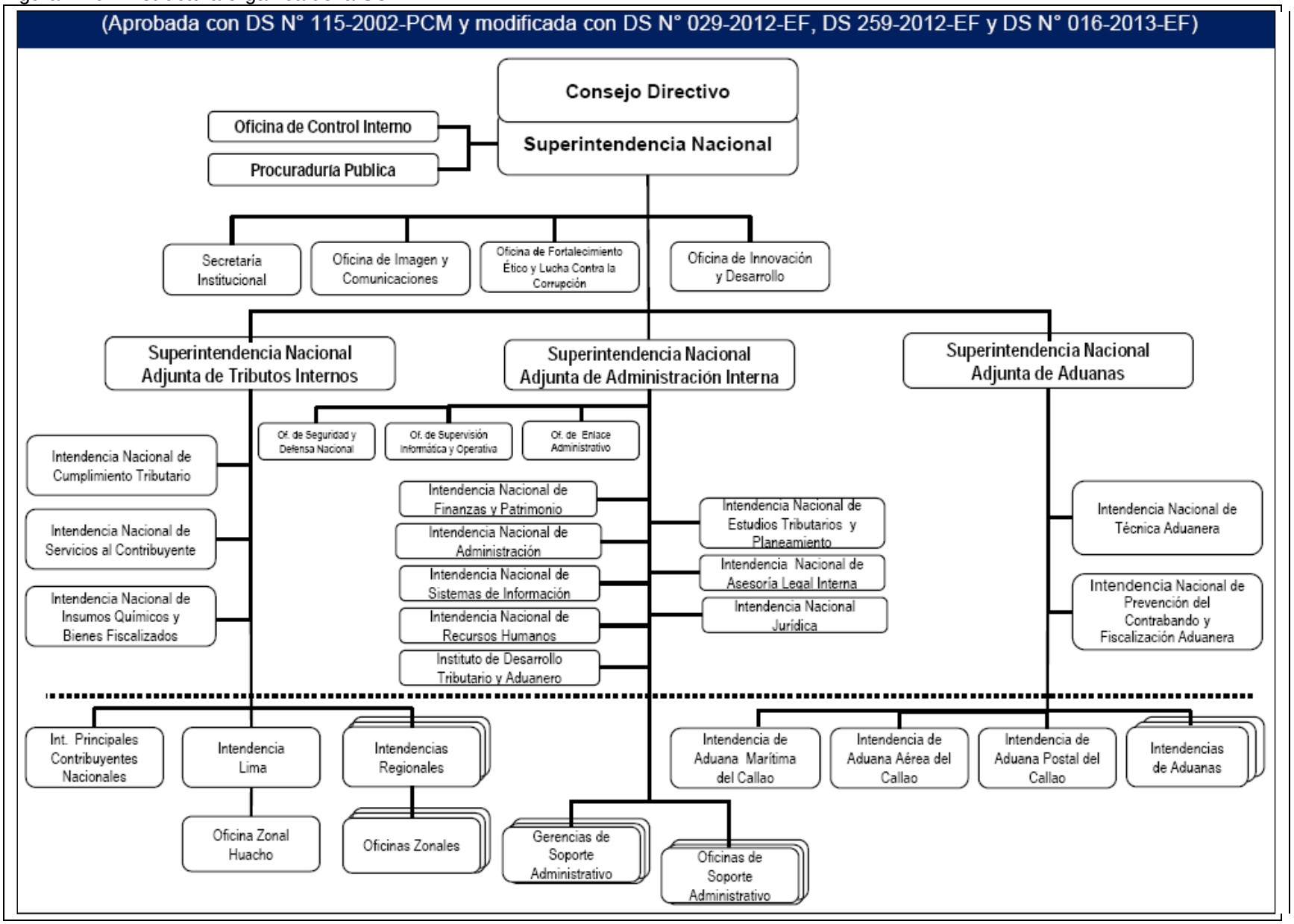
- Determinar la correcta aplicación y recaudación de los tributos aduaneros y de otros cuya recaudación se le encargue de acuerdo a ley, así como de los derechos que cobre por los servicios que presta.
- Participar en la celebración de Convenios y Tratados Internacionales que afecten a la actividad aduanera nacional y colaborar con los Organismos Internacionales de carácter aduanero.
- Crear, dentro de su competencia, administraciones aduaneras y puestos de control, así como autorizar su organización, funcionamiento, suspensión, fusión, traslado o desactivación cuando las necesidades del servicio así lo requiera.
- Ejercer las demás funciones que sean compatibles con la finalidad de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria.
- La Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) ejercerá las funciones antes señaladas respecto de las aportaciones al Seguro Social de Salud (ESSALUD) y a la Oficina de Normalización Previsional (ONP), a las que hace referencia la Norma II del Título Preliminar del Texto Único Ordenado del Código Tributario, aprobado por el Decreto Supremo Nº 135-99-EF.
  La SUNAT también podrá ejercer facultades de administración respecto de otras obligaciones no tributarias de ESSALUD y de la ONP, de acuerdo a lo que se establezca en los convenios interinstitucionales correspondientes.

  (Artículo 15° del Reglamento de Organización y Funciones de la SUNAT, aprobado mediante D.S. 115-2002-PCM publicado el 28-10-02).

Estructura orgánica de SUNAT

La Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria cuenta con la siguiente estructura orgánica:

Figura Nº 01: Estructura orgánica de la SUNAT



Fuente: Portal web SUNAT

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué Modelo de simulación se utilizará para la gestión de las líneas de espera generadas en el centro de servicios de SUNAT – Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El crecimiento económico de nuestro país y la capacidad emprendedora de los peruanos ha permitido el incremento de empresas y de esta forma gozar de los beneficios de la formalización.

La atención que brinda SUNAT a los usuarios, requiere en algunos casos de paciencia, debido a que muchos de los usuarios tienen que esperar más de lo debido al querer ser atendidos; ya que la cantidad de personal de atención en el centro de servicio al contribuyente en SUNAT-CHICLAYO, para los servicios de Orientación y Trámite no es suficiente.

Finalmente, el presente trabajo servirá como un indicador de la gestión, a través de un reporte creado por el software a utilizar para la simulación, como por ejemplo: cuantos usuarios han sido atendidos en el tiempo estimado.

1.4. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseño de un modelo de simulación, para la gestión de líneas de espera generadas en el centro de servicios de SUNAT-Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013.

Objetivos específicos

- Identificar el proceso que se realiza en la gestión de líneas de espera en SUNAT-CHICLAYO
- Analizar el dominio del problema en SUNAT-CHICLAYO.
- Definir correctamente el modelo de diseño para la optimización del proceso de atención de SUNAT-CHICLAYO.
- Probar el modelo de simulación en su entorno de ejecución final.
- Evaluar el costo de beneficio, que determine su flexibilidad de uso.

1.5. LIMITACIONES A LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación solo considera el análisis de los servicios en la sección de Orientación y Trámite que realizan los usuarios o contribuyentes, ***no se***

considera el servicio brindado en la sección de mesa de partes, cabinas y tickets.

Los únicos datos obtenidos para el presente proyecto fueron recopilados para 05 días hábiles y para estos días es que se realizo la simulación. Para los meses de enero del 2012 hasta agosto del 2013, solo se evaluó estadísticamente la distribución de probabilidad para estos datos. Existiendo en SUNAT Chiclayo la reserva estricta de la información.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Definición de "modelo"

Un modelo es una representación de un objeto, sistema, o idea, de forma diferente a la de la identidad misma. Usualmente, su propósito es ayudarnos a explicar, entender o mejorar un sistema. Un modelo de un objeto puede ser una réplica exacta de éste (aunque en un material diferente y a escala diferente), o puede ser una abstracción de las propiedades dominantes del objeto. Debido a que la simulación es solamente un tipo de modelación, aunque muy importante, preparemos el escenario para un comentario sobre modelación en términos generales.

Se considera que las funciones de un modelo son la predicción y la comparación para proporcionar una manera lógica de predecir los resultados que siguen las acciones alternativas, e indicar una preferencia entre ellas. Aunque este uso de los modelos es importante, éste no es de ninguna manera su único propósito. La construcción de modelo proporciona una manera sistemática, explícita y eficiente para que un grupo de expertos y aquellos que toman las decisiones centren su juicio e intuición. Al introducir una estructura precisa, un modelo también puede servir como un efectivo medio de comunicación, así como una ayuda para el pensamiento.

Mucha gente piensa que el uso de modelos es algo reciente; sin embargo, modelación no es nueva; la conceptualización y el desarrollo de modelos han tenido un papel muy importante en la actividad intelectual de la humanidad, desde que el hombre empezó a tratar de entender y manipular su medio. Éste siempre ha usado la idea de los modelos para tratar de representar y expresar ideas y objetos. El modelado incluye desde formas de comunicación, tales como pinturas murales y la fabricación de ídolos, hasta la escritura de complejos sistemas de ecuaciones matemáticas para el vuelo de un cohete en el espacio. De hecho, el progreso y la historia de la ciencia y la ingeniería se reflejan con mayor precisión en el progreso de la habilidad del hombre para desarrollar modelos de fenómenos naturales, ideas y objetos.

Casi sin excepción, los escritores de ciencia afirman que uno de los principales elementos para resolver un problema es la construcción y el uso de un modelo. Dicho modelo puede tomar muchas formas, pero una de las más útiles, y ciertamente la que más se usa, es la matemática, la cual expresa por medio de un conjunto de ecuaciones las características esenciales del sistema o los fenómenos en estudio. Lamentablemente, no siempre es posible crear un modelo matemático en un sentido riguroso y estricto. Al estudiar la mayoría de los sistemas militares e industriales, podemos definir objetivos, especificar restricciones y discernir que el diseño sigue las leyes de ingeniería y/o economía. Las relaciones esenciales se pueden descubrir y representar matemáticamente, de una manera u otra. Contrario a esto, abordar problemas como contaminación ambiental, prevención de delitos, remodelación urbana o atención médica, implica trabajar con objetivos vagos e incompatibles, así como con alternativas determinadas por factores políticos y sociales. Por tanto, nuestra definición debe incluir y permitir modelos cualitativos y cuantitativos.

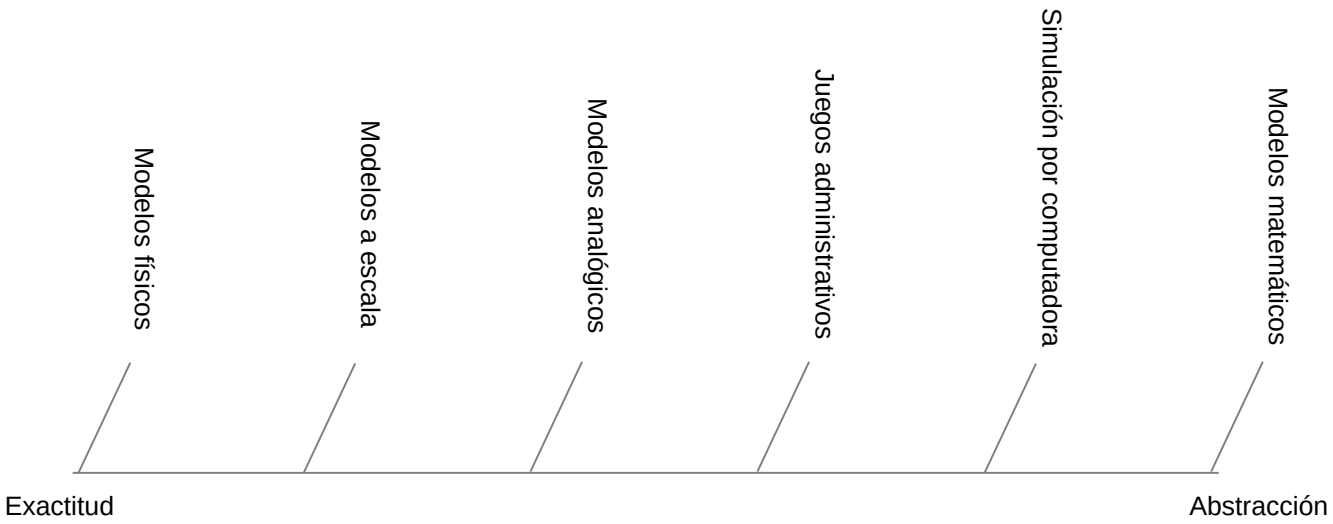
Clasificación de los modelos de simulación

Los modelos pueden clasificarse de manera general y los modelos de simulación de manera particular, de diversas formas. Por desgracia ninguna es completamente satisfactoria, a pesar de que cada una sirve a un propósito particular. Algunos de estos esquemas de clasificación son los siguientes:

a) Estático (de corte seccional) vs. Dinámico (de series de tiempo).
b) Determinístico vs. Estocástico
c) Discreto vs. Continuo.
d) Icónico o físico vs. Analógico vs. Simbólico.

Con base en la sugerencia de A. J. Rowe, agrada pensar que los modelos de simulación son como un espectro continuo, empezando con los modelos exactos o modelos reales a escala y siguiendo con los modelos matemáticos completamente abstractos (ver figura).

Figura Nº 02: Clasificación de modelos



Fuente: Simulación de sistemas – Robert E. Shannon

Los modelos al principio del espectro, comúnmente se les denomina físicos o icónicos, debido a que se asemejan al sistema en estudio. Durante muchos años, los ingenieros han usado modelos de tamaño natural y han reducido o puesto a escala a los mismos para probarlos. Las fuerzas armadas, la National Aeronautics and Space Administration (NASA), y líneas aéreas comerciales, han utilizado modelos de tamaño natural para propósitos de entrenamiento. Los modelos físicos estáticos, tales como los modelos arquitectónicos o los modelos de diseño de plantas, ayudan a visualizar las relaciones espaciales. Un ejemplo de un modelo físico dinámico sería el de una planta piloto (a escala reducida) para estudiar un nuevo proceso químico antes de proceder a la producción en gran escala, o el del modelo a escala de un avión probado en un túnel aerodinámico para examinar su estabilidad dinámica. La característica distintiva de un modelo físico (algunas veces llamado icónico) es que de alguna manera “se asemeja” a la entidad que se está modelando. Los modelos físicos pueden ser modelos de tamaño natural (tales como los aparatos de entrenamiento), de menor escala (como un modelo del sistema solar), o de mayor escala (como el modelo de un átomo). Estos también pueden ser bi o tridimensionales. Pueden usarse para demostración (por ejemplo, un globo terráqueo) o para experimentación indirecta. Las maquetas a escala usadas en los estudios de diseño de plantas son un ejemplo de un modelo físico bidimensional, a menor escala, utilizado para la experimentación.

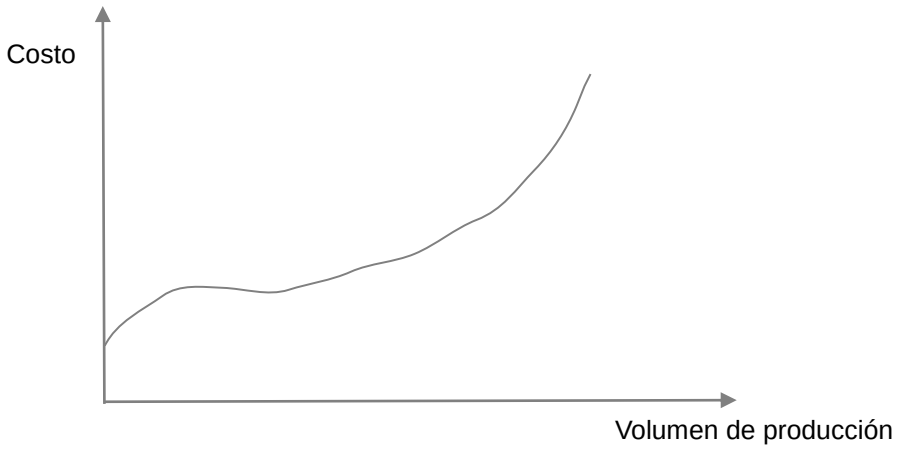
Los modelos analógicos son aquellos en los que una propiedad del objeto real está

representada por una propiedad sustituida, que por lo general se comporta de manera similar. Algunas veces, el problema se resuelve en el estado análogo y la respuesta se traslada a las propiedades originales. Una computadora electrónica análoga en la que el voltaje a través de una red podría representar el flujo de productos a través de un sistema, es un excelente ejemplo de un modelo analógico de simulación. Otro es la regla de cálculo, en la cual la propiedad medida se representa por las longitudes logarítmicas a lo largo de una regla.

Una gráfica es otro modelo analógico, en la cual la distancia representa las propiedades tales como tiempo, edad, número, etc.

Una gráfica también puede mostrar la relación entre diferentes variables, y predecir cambios en algunas de ellas cuando se cambian otras cantidades. Por ejemplo en la siguiente figura.

Figura Nº 03: Curva de costo de producción



Fuente: Simulación de sistemas – Robert E. Shannon

Se muestra cómo el costo de producción de cierto producto puede estar relacionado con el volumen de producción. En consecuencia, observamos cómo el costo está relacionado con el volumen, y podemos predecir qué ocurrirá con el costo si incrementamos o disminuimos el volumen. Para ciertos problemas relativamente simples una gráfica puede resolver el problema. Con base en la figura anterior, podemos derivar la curva marginal de costos.

Si el problema es determinar el volumen de producción óptima para un precio determinado (es decir, el volumen que maximiza la utilidad neta), se hace insertando el precio unitario en la misma gráfica. El volumen óptimo corresponde al punto donde se

intersecan el costo marginal y el precio. Las soluciones gráficas también son posibles para ciertos problemas de la teoría de juegos y de programación lineal. Algunas veces, las gráficas se emplean junto con los modelos matemáticos, donde uno le proporciona la salida al otro.

Además de las gráficas, existen otros modelos esquemáticos que también son modelo análogos útiles; el diagrama de organización es un ejemplo común. Con cuadrados y líneas, representa las líneas formales de autoridad y comunicación que existen entre los miembros de una organización, en el momento en que se dibuja el diagrama. Los diagramas de flujo de proceso en los cuales se representan varias actividades – tales como operaciones, demoras, inspecciones, almacenamiento, etc. - mediante líneas de flujo y símbolos; también tienen uso generalizado en estudios de sistemas.

Conforme avanzamos a través del espectro, encontramos aquellos modelos en los cuales interactúan el factor humano y la computadora. En general, dichas simulaciones se conocen como juegos (de administración, de estrategia militar y de planeación). Debido a que los procesos de decisión del personal administrativo o de los oficiales militares son difíciles de modelar, usualmente se observa que no es conveniente tratar de hacerlos. En los llamados juegos administrativos, el hombre interactúa con la salida de computadora (la cual simula todos los otros aspectos del sistema) y toma de decisiones acerca de la información recibida. Después sus decisiones se retroalimentan a la computadora como entradas al sistema. Ampliando un poco más, alcanzamos las simulaciones totalmente computarizadas que la gente visualiza por lo general cuando se usa el término simulación. La computadora puede formar parte de todos los modelos de simulación hasta esta parte del espectro, pero no necesariamente.

Los modelos matemáticos o simbólicos son aquellos en los que se usa un símbolo, en vez de un dispositivo físico, para representar una entidad. En consecuencia, en un modelo matemático, podríamos usar símbolos como “x” e “y” para representar el volumen de producción y el costo, en vez de una escala de medida o alguna entidad física. Representar sistemas mediante un conjunto de ecuaciones diferenciales es un ejemplo muy común. Debido a que estos modelos son los más abstractos y, lo tanto, los más generales, son los de uso más generalizado en estudios de sistemas. Sin embargo, serios riesgos y peligros latentes son inherentes al uso de los modelos matemáticos. Los modelos simbólicos siempre son una idealización abstracta del problema en el cual se requieren suposiciones que simplifiquen, si es que el modelo ha de resolverse. Por tanto, se debe tener mucho cuidado para asegurarse de que el modelo sea una representación

válida del problema.

Por lo general, al tratar de modelar un sistema complejo, el investigador utilizará una combinación o más de uno de los tipos individuales que se acaban de presentar. Cualquier sistema o subsistema puede representarse de varias maneras, las cuales varían ampliamente en complejidad y detalle. La mayoría de los estudios de sistemas resultarán en varios modelos diferentes del mismo sistema. Usualmente los modelos simples llevan a modelos más complejos, conforme el investigador analiza y comprende mejor el problema.

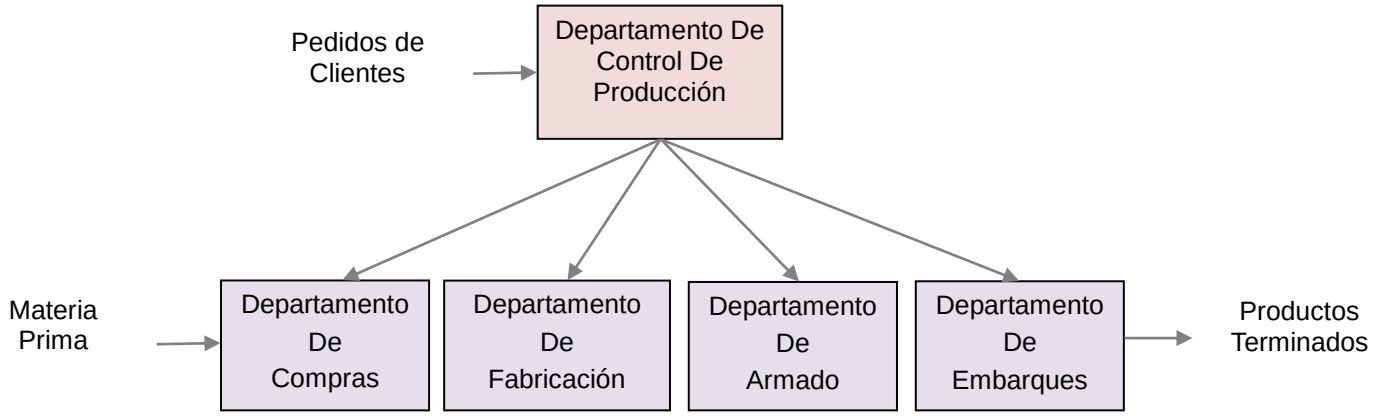
2.2. Principios utilizados en el modelado

No es posible suministrar reglas según las cuales se construyan modelos matemáticos, aunque sí se puede expresar una diversidad de principios de guía. No describen los pasos claros que se realizan en la construcción de un modelo, sino que describen los distintos puntos de vista desde los cuales se puede juzgar la información a incluir en el modelo.

- Formación de bloques

La descripción del sistema se debe organizar en una serie de bloques, o subsistemas. El propósito de formar los bloques es simplificar la especificación de las interacciones dentro del sistema. Cada bloque describe parte del sistema que depende de pocas, preferiblemente una, variables de entrada y produce unas pocas variables de salida. Luego puede describirse al sistema como un todo en términos de las interconexiones entre los bloques. En forma correspondiente, se puede representar gráficamente al sistema como un diagrama simple de bloques.

Figura Nº 04: Sistema de fábrica



Fuente: Simulación de sistemas – Geoffrey Gordon

- Relevancia

El modelo sólo debe incluir los aspectos del sistema relevantes a los objetivos del estudio. A manera de ejemplo, si el estudio del sistema de la fábrica pretende comparar los efectos de distintas reglas de operación en la eficiencia, no es relevante considerar la contratación de los empleados como una actividad. Aunque la información irrelevante en el modelo no perjudica, se debe excluir debido a que aumenta la complejidad del modelo y genera más trabajo en la solución del modelo.

- Exactitud

Debe de tenerse en cuenta la exactitud de la información que se recabe. Por ejemplo, en el sistema de una aeronave, la exactitud con que se describe el movimiento de la misma depende de la representación de la estructura. Puede bastar considerar a la estructura como un cuerpo rígido y deducir una relación muy simple entre el movimiento de la superficie de control y la dirección a dónde va la aeronave, o puede ser necesario reconocer la flexibilidad de la estructura y dar cabida a las variaciones en la misma. El ingeniero responsable de estimar el consumo de combustible se sentirá satisfecho con la representación simple. En cambio, otro ingeniero, responsable de tomar en cuenta la comodidad de los pasajeros, necesita tomar en cuenta las vibraciones, por lo que querrá la descripción detallada de la estructura.

- Agregación

Un factor adicional que debe de considerarse es el grado con que pueden agruparse las distintas entidades individuales en entidades más grandes. El gerente general de la fábrica estará satisfecho con la descripción que se ha dado. Sin embargo, el gerente de control de la producción querrá considerar los talleres de los departamentos como entidades individuales.

En algunos estudios puede ser necesario construir entidades artificiales mediante el proceso de agregación. Por ejemplo por lo general un estudio económico o social considera a una población como una cantidad de clases sociales y realiza un estudio como si cada una de estas fuera una entidad distinta.

A la representación de actividades se debe de dar consideraciones semejantes de agregación. Por ejemplo, al estudiar un sistema de defensa con proyectiles, puede no necesitarse incluir los detalles del cómputo de una trayectoria de proyectiles para cada

disparo. Será suficiente con representar el resultado de muchos disparos mediante una función de probabilidad.

2.3. Definición de simulación

Thomas H. Naylor la define así

Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo.

La definición anterior está en un sentido muy amplio pues puede incluir desde una maqueta, hasta un sofisticado programa de computadora.

H. Maisel y G. Gnugnoli definen simulación como:

Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos períodos de tiempo.

Robert E. Shanon define simulación como:

Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema.

Definición de simulación de sistemas

Dado un modelo matemático de un sistema, a veces es posible obtener información relativa al mismo por medios analíticos. Cuando no es posible, es necesario utilizar métodos de cómputos numéricos para resolver las ecuaciones. Se ha desarrollado una rica diversidad de métodos de cómputo numérico para resolver ecuaciones del modelo con valores continuamente crecientes del tiempo.

Por tanto se define la simulación de sistemas como la técnica de resolver problemas siguiendo los cambios en el tiempo de un modelo dinámico de un sistema. La definición es suficientemente amplia para que incluya el uso de modelos físicos dinámicos, en cuyo caso se evalúan las variables del modelo a través de mediciones físicas en vez de a

través de cómputos numéricos. No se pretende estudiar aquí el uso de los modelos físicos, de manera que las referencias futuras a la simulación serán en términos de modelos matemáticos.

Ya que la técnica de simulación no pretende resolver analíticamente las ecuaciones de un modelo, por lo general un modelo matemático construido para fines de simulación es de naturaleza distinta a uno formado para técnicas analíticas. Al formar un modelo para la solución analítica, es necesario tener presente las restricciones impuestas por la técnica analítica y evitar complicar el modelo global. Se tienen que hacer muchas suposiciones generales para satisfacer estas restricciones.

Sin embargo, se puede construir con mayor libertad un modelo de simulación. Típicamente, se forma en una serie de secciones que corresponden al método de diagrama de bloques. Se puede describir matemáticamente a cada sección en forma directa y natural sin dar demasiada consideración a la complejidad que se introduce por tener muchas de esas secciones. Sin embargo, es necesario formar y organizar las ecuaciones de tal manera que se pueda utilizar un procedimiento rutinario para resolverlas simultáneamente.

En los sistemas continuos, en que el interés primordial es en cambios suaves, generalmente se utilizan conjuntos de ecuaciones diferenciales para describirlos. Se dice que las simulaciones basadas en esos modelos son simulaciones continuas. Los computadores analógicos, pueden resolver conjuntos de ecuaciones diferenciales lineales en forma simultánea, y se utilizan extensamente para la simulación continua. Los computadores digitales pueden realizar la misma función utilizando pequeños incrementos de intervalos para integrar las ecuaciones.

Para los sistemas discretos en que el interés primario está en los eventos, las ecuaciones son esencialmente ecuaciones lógicas que expresan las condiciones para que ocurra un evento. La simulación consiste en seguir cambios en el estado del sistema resultados de la sucesión de eventos. Se dice que esas simulaciones son discretas. Es posible avanzar el tiempo en pequeños incrementos y verificar en cada paso si ya es necesario ejecutar cualesquiera eventos. Sin embargo, por regla general la simulación discreta se realiza decidiendo una secuencia de eventos y avanzando el tiempo al evento siguiente más inminente.

Naturaleza experimental de la simulación

La técnica de la simulación no intenta específicamente aislar las relaciones entre determinadas variables; en vez de ello, observa la manera en que cambian todas las

variables del modelo con el tiempo. Las relaciones entre las variables deben deducirse de esas observaciones. Un estudio de simulación del sistema de suspensión de rueda de auto se desarrollaría siguiendo el movimiento de la rueda bajo distintas condiciones. La relación entre D, K, y M para impedir la oscilación, que antes se describió analíticamente, tendría que descubrirse observando los valores que hacen que el movimiento no sea oscilatorio. Se tienen que realizar muchas corridas de simulación para comprender las relaciones que participan en el sistema, por lo que debe de planearse la simulación en un estudio como una serie de experimentos.

La manera en que se desarrollan los experimentos de simulación depende de la naturaleza del estudio. Por lo general, los estudios de sistemas son de tres tipos principales: análisis de sistemas, diseño de sistemas y lo que llamaremos postulación de sistemas.

En realidad, muchos estudios combinan dos o tres de estos aspectos o los alternan según avanza el estudio. Con frecuencia se utiliza el término ingeniería de sistemas para describir estudios de sistemas en los casos en que se pretende que una combinación de análisis y el diseño comprenda primero la manera como trabaja un sistema existente y luego prepare modificaciones al sistema para cambiar el comportamiento del mismo.

El análisis de sistemas pretende comprender la manera en que opera un sistema existente o propuesto. La situación ideal sería que el investigador pudiera experimentar con el propio sistema, pero lo que realmente se hace es construir un modelo del sistema y mediante simulación se investiga el comportamiento del modelo. Los resultados obtenidos se interpretan en términos del comportamiento del sistema.

En los estudios de diseño del sistema, el propósito es producir un sistema que satisfaga algunas especificaciones. El diseñador puede elegir o planear determinados sistemas de componentes, y conceptualmente elige una combinación determinada de componentes para construir un sistema. El sistema propuesto se modela y se predice su comportamiento a partir del conocimiento del comportamiento del modelo. Si el comportamiento predicho se compara favorablemente con el comportamiento deseado, se acepta el diseño. En caso contrario, se rediseña el sistema y se repite el proceso.

La postulación del sistema es característica de la manera en que se emplea la simulación en estudios sociales, económicos, políticos y médicos, en que se conoce el comportamiento del sistema pero no así con los procesos que producen dicho comportamiento. Se establecen hipótesis de un conjunto probable de entidades y actividades que pueden explicar el comportamiento. El estudio compara la respuesta del

modelo con base en esas hipótesis contra el comportamiento conocido.

Una comparación razonablemente buena conduce en forma natural a la suposición de que la estructura del modelo semeja el sistema real, y permite postular una estructura del sistema. Con mucha seguridad, el comportamiento del modelo da una mejor percepción del sistema, que posiblemente ayude a formular un conjunto refinado de hipótesis.

2.4. Ventajas y desventajas en el uso de la simulación

Aunque la técnica de simulación generalmente se ve como un método de último recurso, recientes avances en las metodologías de simulación y la gran disponibilidad de software que actualmente existe en el mercado, han hecho que la técnica de simulación sea una de las herramientas más ampliamente usadas en el análisis de sistemas. Además de las razones antes mencionadas. Thomas H. Naylor ha sugerido que un estudio de simulación es muy recomendable porque presenta las siguientes ventajas:

- A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
- Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
- La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadístico, análisis teórico, etc.
- La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.
- La técnica de simulación puede ser usada para experimentar con nuevas situaciones, sobre las cuales se tiene poca o ninguna información. A través de esta experimentación se puede anticipar mejor a posibles resultados no previstos.
- La técnica de simulación se puede utilizar también para entrenamiento de personal. En algunas ocasiones se puede tener una buena representación de un sistema (como por ejemplo los juegos de negocios), y entonces a través de él es posible entrenar y dar experiencia a cierto tipo de personal.
- Cuando nuevos elementos son introducidos en un sistema, la simulación puede ser usada para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que puede surgir en

el comportamiento del sistema.

A diferencia de las ventajas mencionadas, la técnica de simulación presente el problema de requerir equipo computacional y recursos humanos costosos. Además, generalmente se requiere bastante tiempo para que un modelo de simulación sea desarrollado y perfeccionado. Finalmente, es posible que la alta administración de una organización no entienda esta técnica y esto crea dificultad en vender al idea.

Ejemplos de uso de la simulación

Existe una gran variedad de áreas donde la técnica de simulación puede ser aplicada. Algunos ejemplos podrían ser los siguientes:

- Simulación de un sistema de colas. Con la técnica de simulación es posible estudiar y analizar sistemas de colas cuya representación matemática sería demasiado complicada de analizar. Ejemplos de estos sistemas serían aquellos donde es posible la llegada al sistema en grupo, la salida de la cola del sistema, el rehusar entrar al sistema cuando la cola es excesivamente grande, etc.

- Simulación de un sistema de inventarios. A través de simulación se puede analizar más fácilmente sistemas de inventarios donde todos sus parámetros (tiempo de entrega, demanda, costo de llevar inventario, etc), son estocásticos.
- Simulación de un proyecto de inversión. Existen en la practica una gran cantidad de proyectos de inversión donde la incertidumbre con respecto a los flujos de efectivo que el proyecto genera a las tasas de interés, a las tasas de inflación, etc., hacen difícil y a veces imposible manejar analíticamente este tipo de problemas. Para este tipo de situaciones el uso de simulación es ampliamente recomendado.
- Simulación de sistemas económicos. La técnica de simulación puede ser utilizada para evaluar el efecto de cierto tipo de decisiones (devaluación de la moneda, el impuesto al valor agregado, etc.), en las demás variables macroeconómicas como: producto nacional bruto, balanza comercial, inflación, oferta monetaria, circulante, etc.
- Simulación de estados financieros. La expansión y diversificación de una organización a través de la adquisición y establecimiento de nuevas empresas, repercuten significativamente en posición y estructura financiera. Por consiguiente, el uso de simulación permite analizar cuál de las estrategias de crecimiento son las

que llevarán a la organización al logro de sus objetivos y metas de corto, mediano y largo plazo.

2.5. Etapas para realizar un estudio de simulación

La mayoría de los autores opinan que los pasos necesarios para llevar a cabo un experimento de simulación son:

- Definición del sistema

Para tener una definición exacta del sistema que se desea simular, es necesario hacer en primer lugar un análisis preliminar del mismo, con el fin de determinar la interacción del sistema con otros sistemas, las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro del sistema y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.

- Formulación del modelo

Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa al modelo.

- Colección de datos

Es posible que la facilidad de obtención de algunos datos o la dificultad de conseguir otros, pueda influenciar el desarrollo y formulación del modelo. Por consiguiente, es muy importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados. Normalmente, la información requerida por un modelo se puede obtener de registros contables, de órdenes de trabajo, órdenes de compra, opiniones de expertos y si no hay otra opción por experimentación.

- Implementación del modelo en la computadora

Con el modelo definido, el siguiente paso es definir si se utiliza algún leguaje de programación como fortran, basic, etc., o se utiliza algún paquete como GPSS, arena, simula, simscript, etc., para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados.

- Validación

Una de las principales etapas de un estudio de simulación es la validación. A través de esta etapa es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo o en los datos “alimentados” al modelo. Las formas más comunes de validar un modelo son:

La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación

La exactitud con que se predicen los datos históricos

La exactitud en la predicción del futuro

La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar los datos que hacen fallar al sistema real

La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación

- Experimentación

La experimentación con el modelo se realiza después de que éste ha sido validado. La experimentación consiste en generar los datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos.

- Interpretación

En esta etapa del estudio, se interpretan los resultados que arroja la simulación y en base a esto se toma una decisión. Es obvio que los resultados que se obtienen de un estudio de simulación ayudan a soportan decisiones del tipo semi-estructurado, es decir, la computadora es sí no toma la decisión, sino que la información que proporciona ayuda a tomar mejores decisiones y por consiguiente a sistemáticamente obtener mejores resultados.

- Documentación

Dos tipos de documentación son requeridos para hacer un mejor uso del modelo de simulación. La primera se refiere a la documentación de tipo técnico, es decir, a la documentación que el área de procesamiento de datos debe tener del modelo. La segunda se refiere al manual de usuario, con el cual se facilita la interacción y el uso del modelo desarrollado. A través de una terminal de computadora.

Factores a considerar en el desarrollo del modelo de simulación

Puesto que la simulación está basada fuertemente en la teoría de probabilidad y estadística, matemáticas, en ciencias de la computación, etc., es conveniente decir algunas ideas de cómo intervienen estas áreas en el desarrollo y formulación del modelo de simulación.

- Generación de variables aleatorias no uniformes

Si el modelo de simulación es estocástico, la simulación debe ser capaz de generar variables aleatorias no uniformes de distribuciones de probabilidad teóricas o empíricas. Lo anterior puede ser obtenido si se cuenta con un generador de números uniformes y una función que transforme estos números en valores de la distribución de probabilidad deseada. A este respecto, se han desarrollado una gran cantidad de generadores para las

distribuciones de probabilidad más comunes como: la distribución normal, la distribución exponencial, la distribución de Poisson, la distribución de Earlang, la distribución binomial, la distribución gamma, la distribución beta, la distribución F, la distribución t, etc.

- Lenguajes de programación

Las primeras etapas de un estudio de simulación se refieren a la definición del sistema a ser modelado y a la descripción del sistema en términos de sus relaciones lógicas de sus variables y diagramas de flujo. Sin embargo, llega el momento de describir el modelo en un lenguaje de programación que sea aceptado. En esta etapa se tienen dos cursos de acción a seguir sino se tiene nada de software sobre simulación: 1) Desarrollar el software requerido para estudios de simulación, ó 2) Usar software libre o comprar software (lenguajes de programación de propósito específico). Para esta alternativa es necesario analizar y evaluar varios paquetes de simulación antes de tomar la decisión final.

- Condiciones iníciales

La mayoría de los modelos de simulación estocástica se corren con la idea de estudiar al sistema en una situación de estado estable. Sin embargo, la mayoría de estos modelos presentan en su etapa inicial estados transientes los cuales no son típicos del estado estable. Por consiguiente es necesario establecer claramente las alternativas o cursos de acción que existen para resolver este problema. Algunos autores piensan que la forma de atacar este problema sería a través de:

Usar un tiempo de corrida lo suficientemente grande de modo que los períodos transientes sean relativamente insignificantes con respecto a la condición de estado estable.

Excluir una parte apropiada de la parte inicial de la corrida.

Utilizar simulación regenerativa.

Obviamente, de las tres alternativas presentadas, la que presenta menos desventajas es el uso de simulación regenerativa. Las otras alternativas presentan las desventajas de ser prohibitivamente excesivas en costo.

- Tamaño de la muestra

Uno de los factores principales a considerar en un estudio de simulación es el tamaño de la muestra (número de corridas en la computadora).

La selección de un tamaño de muestra apropiado que asegure un nivel deseado de precisión y a la vez minimice el costo de operación del modelo, es un problema algo difícil pero muy importante. Puesto que la información proporcionada por el experimento de simulación sería la base para decidir con respecto a la operación del sistema real, esta información deberá ser tan exacta y precisa como sea posible o al menos el grado de

imprecisión presente en la información proporcionada por el modelo deber ser conocida. Por consiguiente, es necesario que un análisis estadístico sea realizado para determinar el tamaño de muestra requerido.

El tamaño de muestra puede ser obtenido de dos maneras:

Previa e independientemente de la operación del modelo, o

Durante la operación del modelo y basado en los resultados arrojados por el modelo. Para la última alternativa se utiliza la técnica estadística de intervalos de confianza.

- Diseño de experimentos

El diseño de experimentos es un tópico cuya relevancia en experimentos de simulación ha sido reconocida pero raramente aplicada. El diseño de experimentos en estudios de simulación puede ser de varios tipos, dependiendo de los propósitos específicos que se hayan planteado. Existen varios tipos de análisis que pueden ser requeridos. Entre los más comunes e importante se pueden mencionar lo siguiente:

Comparación de las medias y varianzas de las alternativas analizadas.

Determinación de la importancia y el efecto de diferentes variables en los resultados de la simulación.

Búsqueda de los valores óptimos de un conjunto de variables.

Para realizar el primer tipo de análisis, al cual se le denomina comúnmente diseño de experimentos de un factor simple, es necesario tomar muy en cuenta el tamaño de la muestra, las condiciones iníciales y la presencia o ausencia de autocorrelación. Para el segundo tipo de análisis, existe una gran cantidad de literatura, puesto que la gran mayoría de los libros de texto de diseño de experimentos, explican o tratan el tema de análisis de varianza y técnicas de regresión como medios para evaluar la importancia y el efecto de varias variables en los resultados de operación de un sistema. Para el tercer tipo de análisis generalmente se requiere utilizar algoritmos heurísticos de búsqueda como por ejemplo el algoritmo de Hooke y Jeeves.

2.6. Definición de Líneas de Espera

Línea de espera es el efecto resultante en un sistema cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de proporcionar dicho servicio. Este sistema está formado por un conjunto de entidades en paralelo que proporcionan un servicio a las transacciones que aleatoriamente entran al sistema. Dependiendo del sistema que se trate, las entidades pueden ser cajeras, máquinas, médicos, semáforos, grúas, etcétera. Mientras que las transacciones pueden ser: clientes, piezas, pacientes, autos, barcos, etcétera. Tanto el

tiempo de servicio como las entradas al sistema son fenómenos que generalmente tienen asociadas fuentes de variación que se encuentran fuera del control del tomador de decisiones, de tal forma que se hace necesaria la utilización de modelos estocásticos que permitan el estudio de este tipo de sistemas.

Una línea de espera puede modelarse como un proceso estocástico en el cual la variable aleatoria se define como el número de transacciones en el sistema en un momento dado; el conjunto de valores que puede tomar dicha variable es {O, 1, 2,. . ., N\ y cada uno de ellos tiene asociada una probabilidad de ocurrencia.

En las líneas de espera, existen dos costos perfectamente identificados: el costo de las transacciones, que representa la cuantificación monetaria de la pérdida de tiempo al esperar recibir un servicio o la pérdida de clientes por abandono del sistema. Y el costo de proporcionar el servicio, que representa la cantidad de dinero que hay que pagar por cuestión de sueldos y salarios, energía, mantenimiento y depreciación del personal o equipo.

De tal forma que en un estudio de líneas de espera el objetivo es determinar qué nivel de servicio, ya sea por cantidad de entidades o por la velocidad de ellas, proporcionar para minimizar el costo total del sistema.

Este costo está formado tanto por costo de servicio como por el que causa la espera.

En cuanto a su estructura podemos ver que el sistema de espera se representa mediante la llegada de transacciones a un sistema con el fin de recibir un servicio por cualquiera de una o más entidades dispuestas para ello, conocidas como servidores. En caso de que todas las entidades se encuentren ocupadas, la transacción permanece en espera en la fila hasta que decide abandonar la fila sin ser atendido, o bien, es seleccionado de acuerdo con cierta regla para recibir atención. Una vez que el servicio ha sido completamente proporcionado, la transacción sale del sistema y se convierte de nuevo en una transacción potencial.

Los elementos básicos de un modelo de espera dependen de los siguientes factores:

- Distribución de llegadas (llegadas individuales o masivas en grupo)

- Distribución del tiempo de servicio (servicio individual o masivo)
- Diseño de la instalación de servicio (estaciones en serie, en paralelo o en red)
- Disciplina de servicio (FIFO, LIFO, aleatorio) y prioridad de servicio
- Tamaño de la línea de espera (finita o infinita)
- Fuente de llamadas (finita o infinita)
- Conducta humana (cambios, elusión y renuncia)

Existen tantos modelos de espera como variaciones de los factores citados. Entre los cuales podemos mencionar:

- Modelo de nacimiento puro
- Modelo de muerte pura
- Modelo de líneas de espera con llegadas y salidas combinadas
- *Modelo de líneas de espera especializadas de Poisson*

  Mención especial a estos modelos, que están en términos de la notación extendida de Kendall.

  - ✓ Modelo (M / M / 1) : (DG / ∞ / ∞)
  - ✓ Modelo (M / M / 1) : (DG / N / ∞)
  - ✓ *Modelo (M / M / C) : (DG / ∞ / ∞)*
  - ✓ Modelo (M / M / C) : (DG / N / ∞), C <= N
  - ✓ Modelo (M / M / ∞) : (DG / ∞ / ∞) – Modelo de autoservicio
  - ✓ Modelo (M / M / R) : (DG / K / K), R < K – Modelo de servicio de máquinas

- Modelo de líneas de espera que no obedecen la distribución de Poisson
- Modelo de líneas de espera con prioridades de servicio
- Modelo de líneas de espera sucesivas o en serie

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.1 IDENTIFICAR EL PROCESO QUE SE REALIZA EN LA GESTIÓN DE LÍNEAS DE ESPERA EN SUNAT-CHICLAYO

Entidades que participan en el proceso denominado: Atención en el centro de servicio al contribuyente SUNAT-CHICLAYO.

1. **Usuarios/Contribuyente**

- **Usuarios:** Persona natural con o sin negocio, persona jurídica que aún no cuenta con RUC.

- **Contribuyente:** persona natural con o sin negocio, persona jurídica, sucesiones indivisas, sociedades conyugales y asociaciones de hecho de profesionales y similares, que cuenten con RUC. El RUC consta de un número de 11 dígitos. Este número es de carácter único y permanente y debe utilizarse en todo trámite que se realiza ante la SUNAT.

  - **Personas naturales sin negocio:** Personas que realizan actividades de manera independiente y personal como por ejemplo: contador, médico, dentista, gasfitero, entre otros, generan rentas consideradas como Rentas de Cuarta Categoría del Impuesto a la Renta. También se incluyen en esta categoría a los ingresos percibidos por el ejercicio de otros cargos como director, regidor, consejero regional, síndico, albacea.

  - **Personas naturales con negocio (empresa unipersonal):**

    Son personas físicas e individuales, con capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones y que desarrollan actividades empresariales a título personal.

- **Persona Jurídica:**

  Es toda entidad distinta a la persona física o natural que está capacitada por el ordenamiento jurídico para adquirir derechos y contraer obligaciones como las de carácter tributario. Así tenemos: las Sociedades Anónimas, las Sociedades de Responsabilidad Limitada, las Empresas Individuales de Responsabilidad Limitada constituidas en el país, así como las sociedades irregulares (es decir aquéllas que no se han constituido e inscrito conforme a la Ley General de Sociedades); también las sucursales, agencias o cualquier otro establecimiento permanente en el país de empresas unipersonales, sociedades y entidades de cualquier naturaleza constituidas en el exterior.

- **Sucesiones Indivisas:**

  Están compuestas por todos aquellos que comparten una herencia que no ha sido repartida, principalmente por ausencia de testamento o porque aún no se dicta la declaratoria de herederos. Para los fines del Impuesto a la Renta, se le brinda el tratamiento de una persona natural.

- **Sociedades Conyugales:**

  Para fines tributarios, cada uno de los cónyuges, es contribuyente del impuesto a título personal por sus propias rentas y por la mitad de las rentas comunes. Sin embargo, pueden decidir que las rentas comunes sean atribuidas a uno solo de ellos, debiendo comunicar tal hecho a la SUNAT al inicio de cada año.

- **Asociaciones de hecho de profesionales y similares:**

  Son agrupaciones de personas que se reúnen con la finalidad de ejercer cualquier profesión, ciencia, arte u oficio.

2. Tickets

En esta sección se encuentra la persona encargada de generar los tickets de atención de acuerdo a la llegada de los usuarios/contribuyentes.

Los tickets contienen la siguiente información:

- Número de DNI/RUC del usuario/contribuyente.
- Orden de atención que puede ser: T (trámite), O (orientación), C (cabinas), M (mesa de partes),

- Fecha y hora de generación de ticket.

3. **Trámites**

   Sección encargada de realizar los trámites referentes al RUC, como son algunos de ellos:

   - Inscripción al RUC (persona natural o jurídica).
   - Reactivación de RUC.
   - Suspensión de RUC.
   - Baja de RUC (definitiva o por término de actividades).
   - Alta de establecimientos anexos.
   - Cambio de representantes legales.
   - Confirmación de domicilio.

4. **Orientación**

   Sección encargada de absolver las consultas realizadas por los usuarios/contribuyentes.

5. **Cabinas**

   Sección encargada de realizar de orientar a los contribuyentes en la presentación de las declaraciones, solicitud de fraccionamiento, actualización de datos, etc.

6. **Mesa de partes**

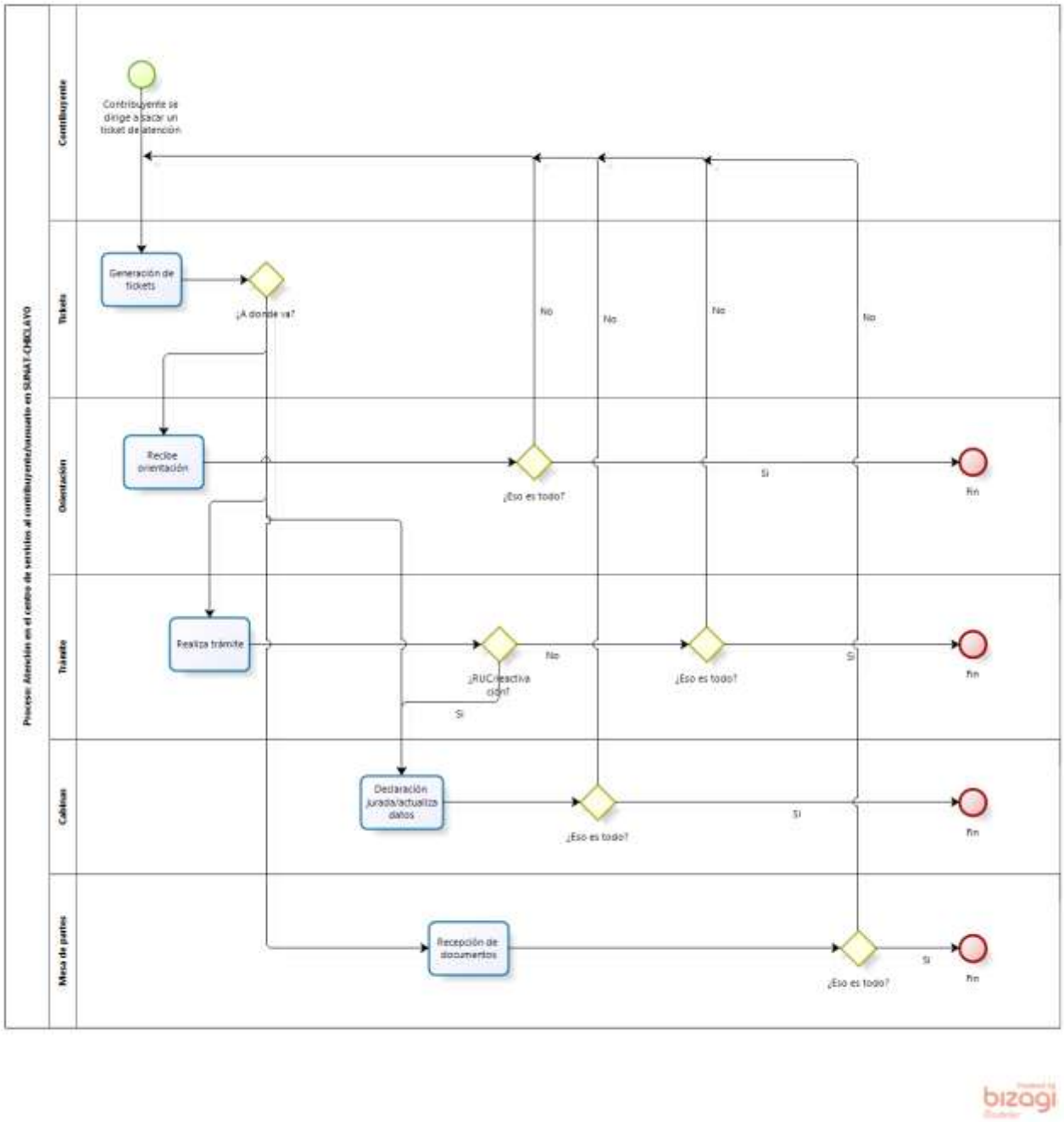
   Sección encargada de la recepción de documentos (solicitudes, quejas, reclamos, apelaciones, etc.), que presentan los contribuyentes, para luego derivarlos al área correspondiente.

Para la atención a los contribuyentes de los servicios en SUNAT, se debe realizar lo siguiente:

- El contribuyente se dirige a la ventanilla de tickets y solicita un ticket de atención (número, RUC/DNI, fecha y hora).
- La servidora entrega un ticket al contribuyente para según sea lo requerido sea atendido en: orientación, trámite, cabinas, mesa de partes.
- El contribuyente / usuario espera su turno.
- El contribuyente / usuario es atendido.

- Si eso fuera todo sale del sistema.
- Caso contrario solicita otro ticket de atención.
- Si eso fuera todo sale del sistema.

Figura Nº 05: Diagrama del proceso de la situación actual



Fuente: Elaboración propia

3.2 ANALIZAR EL DOMINIO DEL PROBLEMA EN SUNAT-CHICLAYO.

Características del sistema actual.

Actualmente en la sección orientación y trámite de SUNAT Chiclayo, trabajan en el horario de 8:30 AM a 5:30 PM, la siguiente cantidad de personas:

- 06 personas en Orientación
- 06 personas en Trámite

Proceso de llegada

Las llegadas en una instalación de servicios se pueden considerar desde dos puntos de vista:

En primer lugar, se puede analizar el tiempo transcurrido entre las llegadas sucesivas para comprobar si los tiempos siguen algún tipo de distribución estadística.
En segundo lugar, se puede establecer algún período de tiempo (T) e intentar determinar cuántas llegadas podrían ingresar al sistema en T.

La forma en que los usuarios llegan a solicitar el servicio al Centro de servicio al Contribuyente se realiza de manera aleatoria, el tiempo entre llegadas sucesivas es incierto y variable, considerándose probabilístico. La determinación de la distribución de probabilidad real, a menudo, resulta difícil. La distribución exponencial ha probado ser confiable en muchos casos prácticos. Si el tiempo entre llegadas tiene una distribución exponencial con parámetro λ, entonces en un período especificado (digamos T) el número de llegadas tendrá una distribución de Poisson, con parámetro λT

Una propiedad de la distribución exponencial que ayuda a identificarla es la carencia de memoria: En un proceso de llegadas esta propiedad implica que la probabilidad de una llegada ocurra en los siguientes minutos no está influida por cuándo ocurrió la última llegada; es decir el sistema no tiene memoria de lo que acaba de ocurrir. Esta situación se presenta cuando:

- Hay muchos individuos que en potencia podrían llegar al sistema
- Cada persona decide llegar independientemente de los demás individuos
- Cada individuo selecciona su tiempo de llegada completamente al azar.

Se ha realizado un muestreo durante 05 días de atención, contando el número de usuarios que llegan durante cada hora de atención para poder estimar las llegadas por unidad de tiempo (una hora) y determinar qué tipo de distribución sigue. Ello se puede apreciar en el Anexo 01.

Para este muestreo se ha considerado:

- Clientes que llegan a solicitar servicio y no salen del sistema hasta ser atendidos.
- Consultas telefónicas realizadas por clientes durante todo el día.

No se está considerando en el cálculo los clientes que llegan a solicitar servicio y salen del sistema sin ser atendidos por el tiempo de espera largo o longitud de la cola, que en promedio son 1 ó 2 usuarios por hora.

Por los resultados obtenidos, la tasa de llegadas λ es variable considerándose, el promedio de usuarios por cada media hora, en el horario de atención al público de 8:30 am hasta las 5:00 pm.

Cuadro Nº 01: Promedio de Llegada de usuarios / contribuyentes
Para Orientación y Trámite en SUNAT.

HORARIO	USUARIOS
08:30 AM - 09:00 AM	59
09:00 AM - 09:30 AM	58
09:30 AM - 10:00 AM	40
10:00 AM - 10:30 AM	39
10:30 AM - 11:00 AM	60
11:00 AM - 11:30 AM	75
11:30 AM - 12:00 PM	65
12:00 PM - 12:30 PM	86
12:30 PM - 01:00 PM	25
01:00 PM - 01:30 PM	15
01:30 PM - 02:00 PM	35
02:00 PM - 02:30 PM	15
02:30 PM - 03:00 PM	53
03:00 PM - 03:30 PM	51
03:30 PM - 04:00 PM	47
04:00 PM - 04:30 PM	40
04:30 PM - 05:00 PM	44
05:00 PM - 05:30 PM	----
8 HORAS 30 MINUTOS	**807**

Fuente: Elaboración propia

Horario de salida de 03 personas en orientación y 03 personas en trámite por almuerzo
Horario de salida de 03 personas en orientación y 03 personas en trámite por almuerzo

A las 5:00 PM, se cierra la puerta de atención en SUNAT, teniendo que atenderse a aquellos usuarios que se encuentren dentro.

Del análisis de los datos se comprobó, que cuando los usuarios van a la sección tickets, inicialmente el 53% solicita ser atendido en Orientación, mientras que un 47% solicita ser atendido en la sección Trámite de SUNAT.

Se ha observado que no todos los usuarios llegan a solicitar una sola transacción, hay usuarios que llegan a realizar hasta dos o tres transacciones.

Del muestreo realizado tenemos que inicialmente en la sección de Orientación, el 40% de los usuarios o contribuyentes, llega por 1 transacción, mientras que el 60% llega por 2 o más transacciones, así tenemos:

Cuadro Nº 02: Transacciones realizadas en la sección Orientación de SUNAT

Porcentaje del total	Número de usuarios	Número de transacciones por usuario	Número mínimo de transacciones
40	40	01	40
60	60	02 ó más	120
100	**100**		**160**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro Nº 03: Transacciones realizadas en la sección Trámite de SUNAT

Porcentaje del total	Número de usuarios	Número de transacciones por usuario	Número mínimo de transacciones
95	95	01	95
05	05	02 ó más	10
100	**100**		**105**

Fuente: Elaboración propia

Proceso de colas (características de la fila que espera)

La longitud de la fila puede ser infinita o de capacidad limitada al horario de atención. En este caso, la longitud de la fila se considera infinita, ya que resulta muy prolongada en términos de la capacidad del sistema de servicios, contándose con espacios de espera amplios (ver foto en anexos).

Los usuarios o contribuyentes se dirigen a la sección tickets, indicando al personal que servicio requiere, una vez que obtiene el ticket de atención espera del lado de la sección que le corresponde: orientación o trámite. Observando en el monitor que servidor lo atenderá.

La atención es en una sola fase, una vez atendidos por uno de los servidores se retiran del sistema, salvo casos especiales que son derivados por el servidor o van nuevamente a tickets.

En cuanto a la disciplina de la cola, la atención se realiza en orden de llegada, los clientes

de la fila se atienden con base en el momento de llegada: el primero que llega es el primero en ser atendido, Se entregan ticket numerados para tener el control del orden de atención.

Tiempo de servicio

Otra característica importante de la estructura de espera es el tiempo que el usuario o contribuyente pasa con el servidor una vez iniciado el servicio.

En este caso los tiempos de servicio son aleatorios, ya que cada usuario requiere una cantidad distinta e incierta de tiempo de servicio, dependiendo del tipo de transacción a realizar.

Del análisis de los tiempos, se obtuvo que la distribución de probabilidad que mejor justifica, sea la triangular.

Por los datos recolectados se estimó el porcentaje de ocurrencia de cada tipo de transacción y el tiempo aproximado que se toma el personal de atención dependiendo del tipo de transacción. Los datos que se muestran en el siguiente cuadro y gráfico

Cuadro Nº 04: Transacciones realizadas en la sección de Trámite

Transacción / operación	**Tiempo (minutos)**	**Trámites de ocurrencia diaria**	**Porcentaje de ocurrencia diaria**
Clave SOL	03	190	41.85
Ficha RUC	01	20	4.41
Inscripción persona natural	06	90	19.82
Inscripción persona jurídica	15	12	2.64
Baja RUC	05	30	6.61
Suspensión RUC	05	12	2.64
Vector fiscal	07	05	1.10
Confirmación de domicilio	04	20	4.41
Cambio de domicilio	06	20	4.41
Cambio de régimen	05	05	1.1
Reactivación de RUC	08	50	11.01
TOTAL		454	100%

Fuente: Elaboración propia

La diferencia con el número de tickets, se explica por trámites truncos, debido a que no se cuenta mayormente con todos los requisitos. Así como usuarios que deciden no esperar y se retiran.

Cuadro Nº 05: Transacciones realizadas en la sección de Orientación

Transacción	**Tiempo (minutos)**	**Orientación de ocurrencia diaria**	**Porcentaje de ocurrencia diaria**
Requisitos para inscripción de RUC como persona natural	02	90	25.42
Requisitos para inscripción de RUC como persona jurídica	04	20	5.65
Requisitos para dar de baja al RUC	06	90	25.42
Requisitos para suspender el RUC	06	15	4.24
Requisitos para reactivar el RUC	08	80	22.60
Requisitos para cambiar de régimen	05	20	5.65
Requisitos para solicitar Vector fiscal	07	04	1.13
Confirmación de domicilio	03	30	8.47
Diversas	05	05	1.41
TOTAL		354	100%

Fuente: Elaboración propia

Siendo las transacciones que se realizan con mayor frecuencia, para el caso de Trámite: Clave SOL, Inscripción persona natural, Reactivación de RUC.

Siendo las transacciones que se realizan con mayor frecuencia, para el caso de Orientación: Requisitos para inscripción de RUC como persona natural, Requisitos para dar de baja al RUC, Requisitos para reactivar el RUC.

Las transacciones que requieren mayor tiempo de servicio, en el caso de Trámite son: Inscripción persona jurídica, Reactivación de RUC, Vector fiscal.

Las transacciones que requieren mayor tiempo de servicio, en el caso de Orientación son: Requisitos para reactivar el RUC, Requisitos para solicitar Vector fiscal.

Estos tiempos pueden sufrir variaciones por diversos factores como son:

- Rapidez del servidor en el momento de realizar la transacción
- Posibilidad de generarse errores en el sistema al momento de realizar las transacciones, lo cual implica realizar transacciones adicionales para corregir el problema.

Cuando se tiene una gran cantidad de trabajo, es decir la cola es larga, es muy probable que el servidor tienda a trabajar más rápido que cuando el trabajo por hacer es reducido. Este aumento en la tasa de servicio puede ser el resultado del aumento en el esfuerzo que realiza el servidor cuando se encuentra bajo la presión de una larga cola.

Proceso de salida

Una vez atendido el usuario o contribuyente existen dos posibilidades de salida:

- El usuario puede regresar a la sección ticket y volverse de inmediato un candidato que compite nuevamente por el servicio.
- El usuario se retira.

3.3 DEFINIR CORRECTAMENTE EL MODELO DE DISEÑO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ATENCIÓN DE SUNAT-CHICLAYO.

SELECCIÓN DEL MODELO A UTILIZAR

La aplicación de la teoría de colas en la práctica implica dos aspectos principales:

Selección del modelo matemático adecuado que representará al sistema real en forma apropiada con el objetivo de determinar las medidas de desempeño del sistema.
Implantación de un modelo de decisión basado en las medidas de desempeño del sistema con el fin de diseñar la instalación del servicio.

Después de la selección optima del modelo de espera, el siguiente paso consiste en utilizar los resultados del modelo para tomar decisiones referentes al diseño del sistema real. Esto puede ocasionar que se utilicen directamente las medidas de desempeño del sistema para determina la forma en que debe operar.

En forma alternativa, se puede implantar un modelo de optimización de costos a fin de determinar la operación óptima del sistema real.
Antes de la aplicación de los modelos se debe tener en cuenta lo siguiente:

Restricciones de los modelos matemáticos y de la investigación de operaciones

Aunque la teoría de colas ha evolucionado, los modelos matemáticos no representan exactamente las condiciones reales del sistema. Lo que necesita es un reconocimiento claro de las limitaciones de los modelos de espera disponibles desde el punto de vista de su aplicación a situaciones reales.
El sistema que se está modelando es un sistema humano, donde el servidor y el cliente son seres humanos. Estos sistemas en general son los más difíciles de modelar en términos matemáticos, debido a la impredecibilidad de la conducta del ser humano.
Los modelos de espera estándar con resultados utilizables suelen formularse y resolverse con la suposición que el comportamiento del cliente y del servidor se pueden predecir y cuantifica (en la forma de una función de densidad de probabilidad).
Por los datos obtenidos en los muestreos realizados estamos suponiendo el comportamiento de las llegadas y salidas del sistema para así aplicar el modelo matemático adecuado y posteriormente aplicar un modelo de decisión en base a los resultados obtenidos.

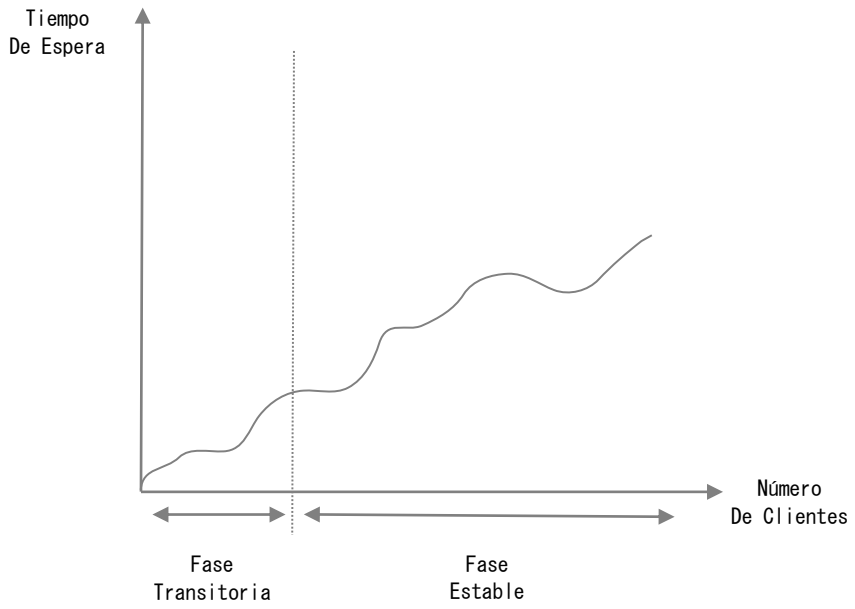
Estados del sistema

Cualquier sistema de colas pasa por dos fases básicas.
Cuando la ofician abre en la mañana, no hay nadie en el sistema, de modo que el primer cliente es atendido de manera inmediata. Conforme van llegando más clientes, lentamente se va formando la cola y la cantidad de tiempo que tienen que esperar empieza a aumentar. A medida que avanza el día el sistema llega a una condición en la que el efecto de la falta inicial de clientes ha sido eliminado y el tiempo de espera de cada cliente ha alcanzado un nivel bastante estable.
Como se puede apreciar en la siguiente figura, la fase inicial que conserva los efectos de las condiciones iníciales se conoce como fase transitoria. Después de que los efectos de las condiciones iníciales son eliminados, el sistema entra en un estado estable.

Los modelos a aplicar se basan en el comportamiento en estado estable, pues el estado

transitorio es analíticamente complejo y además la mayor parte de las situaciones de colas ocurren en estado estable. En nuestro caso el sistema está en estado transitorio desde las 8:30 am hasta las 8:45 am. A partir de esa hora ya podremos considerarlo en estado estable.

Figura Nº 06: Estados de un sistema

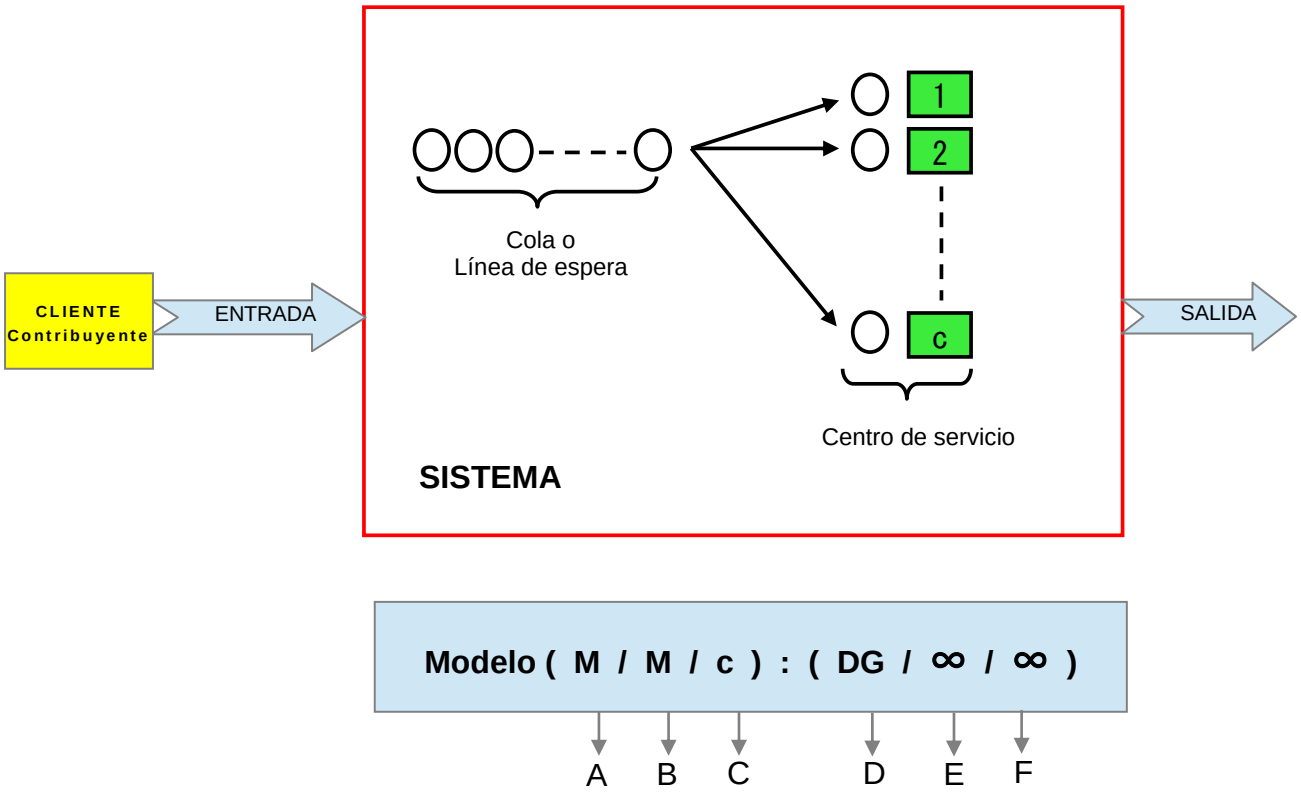


Fuente: Elaboración propia

MODELO DE SERVIDORES MÚLTIPLES

Teniendo en cuenta las características del sistema descritas anteriormente, vamos a aplicar el modelo de colas con una cola, una sola fase y servidores múltiples:

Figura Nº 07: Modelo (M/M/C) : (DG/∞ /∞)



Fuente: Investigación de operaciones Hamdy A. Taha.

Donde:

A : Distribución de las llegadas es de Poisson
B : Distribución de las salidas es de Poisson
C : Hay c servidores paralelos
D : Para cualquier disciplina en general
E : Número infinito permitido en el sistema
F : Tamaño de la fuente infinita

Para la aplicación del modelo se considera un cliente por una transacción como lo explicado en las tasas de llegada y salida.

En este modelo las llegadas ocurren a la tasa "λ" y se pueden atender a un máximo de "c" clientes en forma simultánea. El tiempo de servicio promedio por cliente es de 1 / μ. Las llegadas y las salidas ocurren según la distribución de Poisson.

El efecto de usar "c" servidores en paralelo es un aumento proporcional en la tasa de servicio. Por lo tanto, si el número de clientes en el sistema, "n" es cuando menos "c", la tasa de servicio combinada es nμ.

3.4 PROBAR EL MODELO DE SIMULACIÓN.

Indicadores a evaluar:

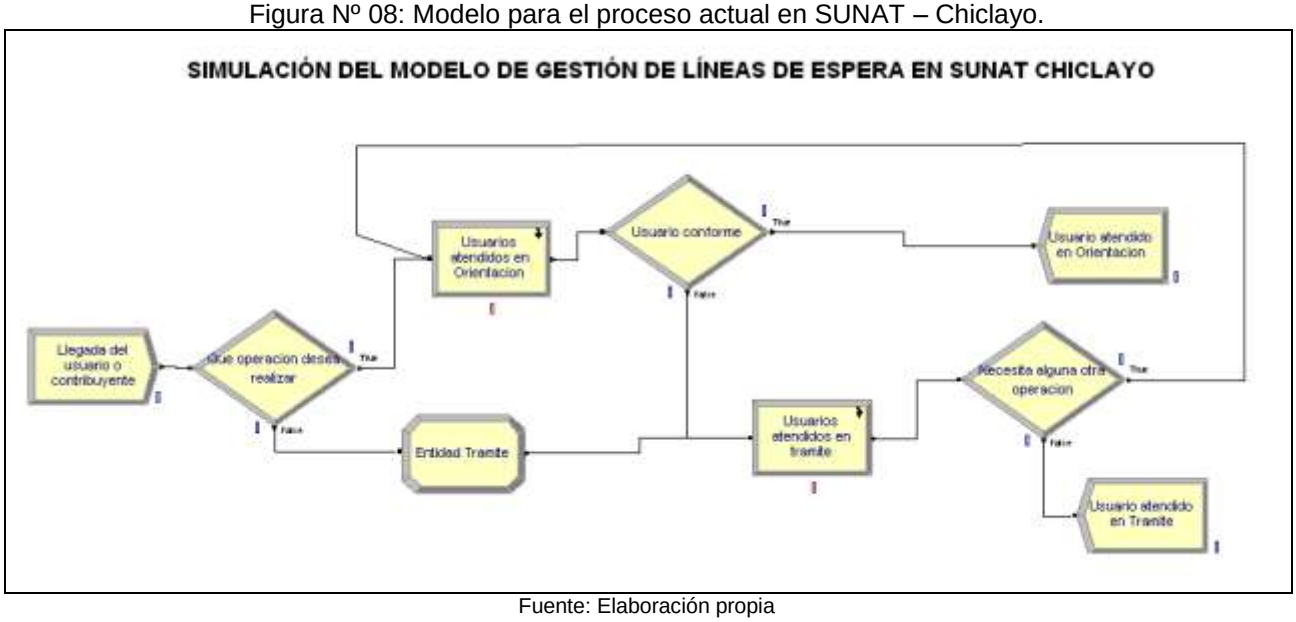
- I01: Tiempo promedio en que la entidad usuario o contribuyente ha pasado en el sistema.
- I02: Cantidad de entidades que entraron en el sistema
- I03: Cantidad de entidades que salieron del sistema
- I04: Promedio de entidades que estuvieron en cola esperando
- I05: Número total de veces que una unidad de recurso fue capturada

A partir de estos indicadores es que se evalúa la situación actual.

SITUACIÓN ACTUAL

De forma esquemática, el modelo que se plantea para el proceso principal de *"Gestión de Líneas de espera generadas en el Centro de Servicios de SUNAT – Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013"*, es de la forma siguiente:

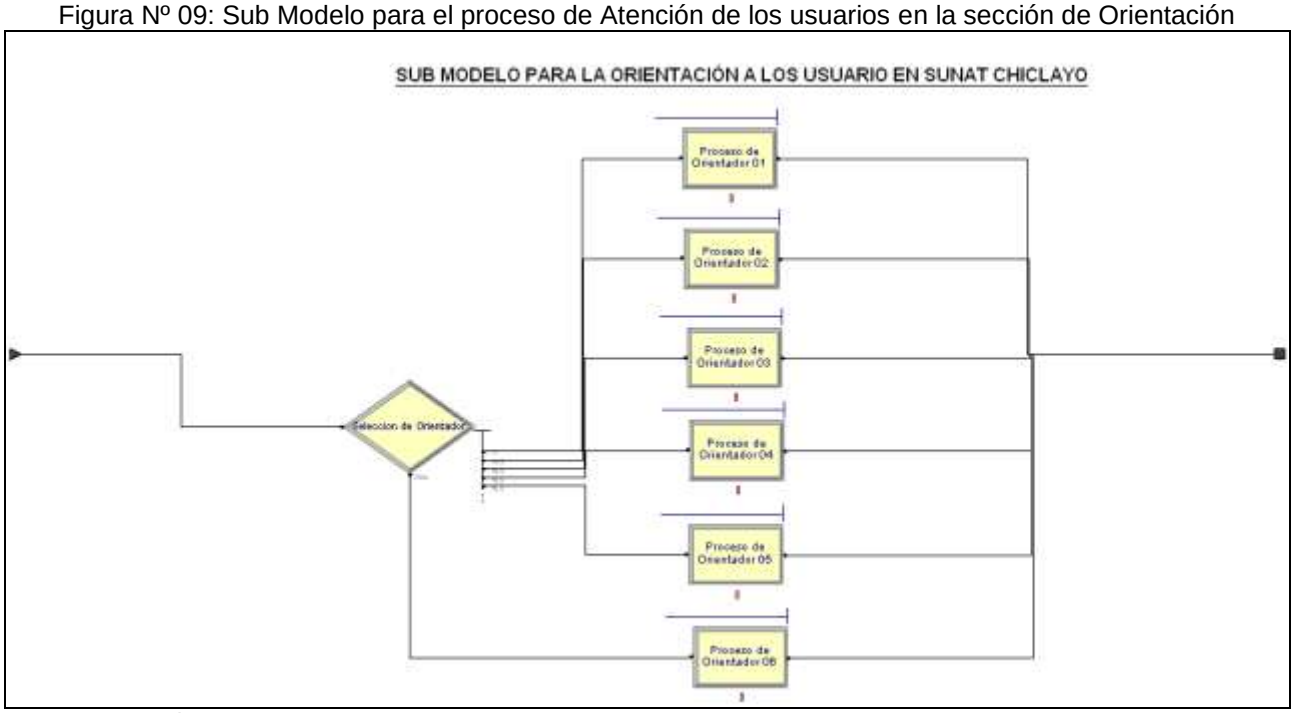
Figura Nº 08: Modelo para el proceso actual en SUNAT – Chiclayo.



Fuente: Elaboración propia

Para el modelo principal (*"Gestión de Líneas de espera generadas en el Centro de Servicios de SUNAT – Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013"*), se tiene un sub modelo denominado: "*Atención de los usuarios o contribuyentes en la sección de Orientación*".

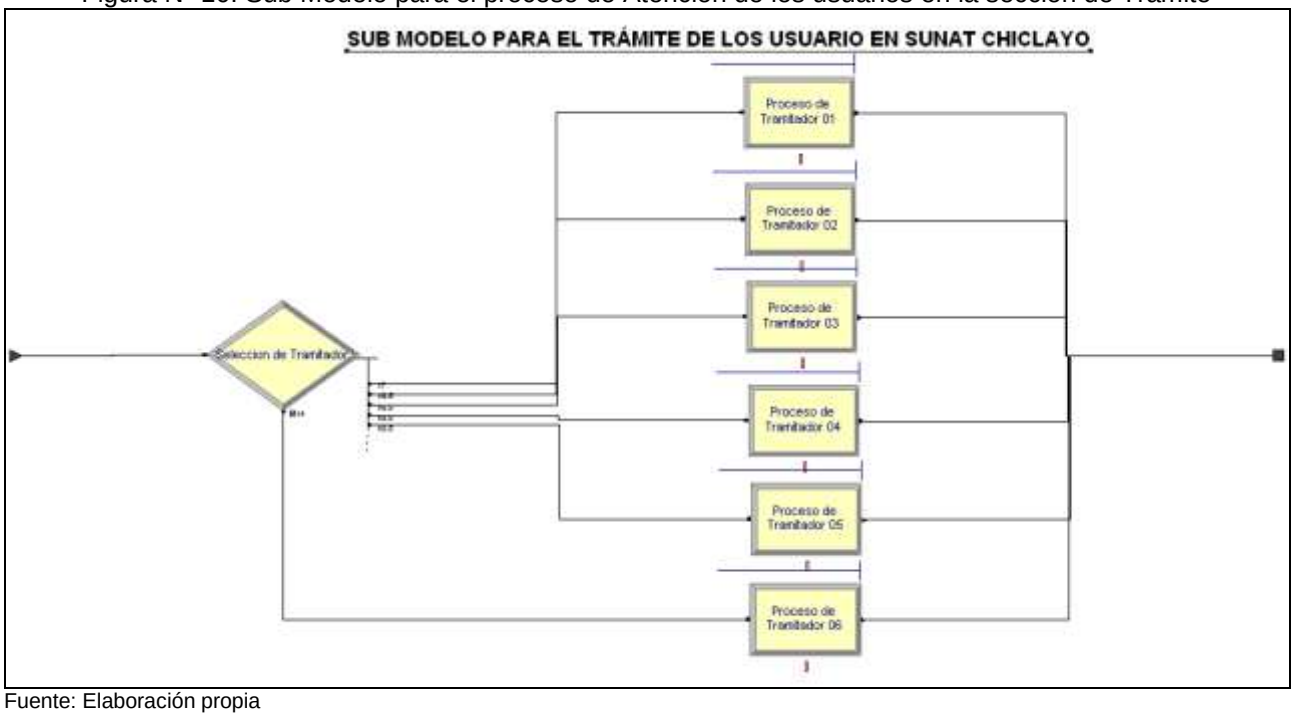
Figura Nº 09: Sub Modelo para el proceso de Atención de los usuarios en la sección de Orientación



Fuente: Elaboración propia

Para el modelo principal (*"Gestión de Líneas de espera generadas en el Centro de Servicios de SUNAT – Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013"*), también se tiene un sub modelo denominado: "*Atención de los usuarios o contribuyentes en la sección de Trámite*".

Figura Nº 10: Sub Modelo para el proceso de Atención de los usuarios en la sección de Trámite



Fuente: Elaboración propia

A partir de la situación actual se puede observar los siguientes recursos: 06 orientadores y 06 tramitadores, para cada uno de los cuales se ha creado un programa que refleje el horario de trabajo.

Figura Nº 11: Relación de recursos definidos para la simulación

Resource - Basic Process

	Name	Type	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statisti
1	Orientador1	Based on Schedule	Programa de Orientador 01	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
2	Orientador2	Based on Schedule	Programa de Orientador 02	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
3	Orientador3	Based on Schedule	Programa de Orientador 03	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
4	Orientador4	Based on Schedule	Programa de Orientador 04	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
5	Orientador5	Based on Schedule	Programa de Orientador 05	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
6	Orientador6	Based on Schedule	Programa de Orientador 06	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
7	Tramitador1	Based on Schedule	Programa de Tramitador 01	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
8	Tramitador2	Based on Schedule	Programa de Tramitador 02	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
9	Tramitador3	Based on Schedule	Programa de Tramitador 03	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
10	Tramitador4	Based on Schedule	Programa de Tramitador 04	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
11	Tramitador5	Based on Schedule	Programa de Tramitador 05	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
12	Tramitador6	Based on Schedule	Programa de Tramitador 06	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑

Fuente: Elaboración propia

Los recursos para un uso más adecuado se organizan en conjuntos según la sección donde laboran: orientación y tramitación.

Figura Nº 12: Modelo

Set - Basic Process

	Name	Type	Members
1	Orientadores	Resource	6 rows
2	Tramitadores	Resource	6 rows

Double-click here to add a new row.

Members

	Resource Name
1	Tramitador1
2	Tramitador2
3	Tramitador3
4	Tramitador4
5	Tramitador5
6	Tramitador6

Double-click here to add a new row.

Fuente: Elaboración propia

Relación de programas creados tanto para cada uno de los recursos como para la llegada de los usuarios o contribuyentes a SUNAT. De acuerdo a los horarios establecidos en SUNAT, según correspondan.

Figura Nº 13: Relación de Programas creados según horarios SUNAT

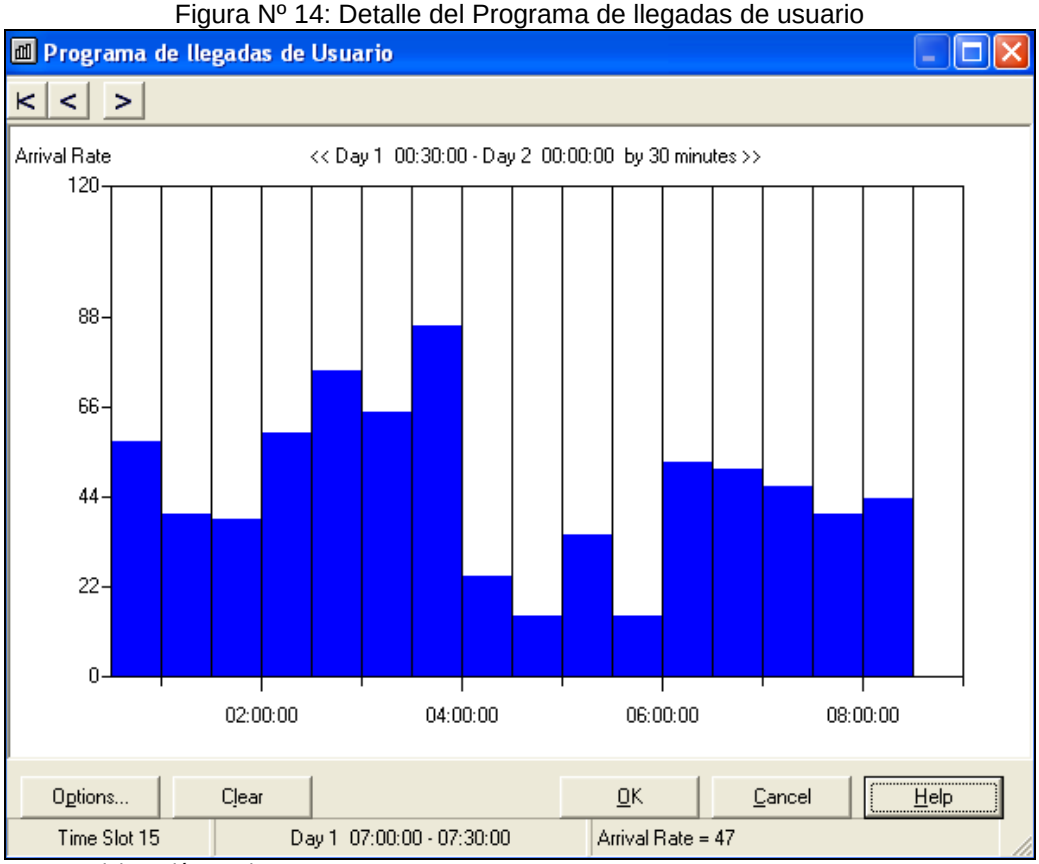
Schedule - Basic Process

	Name	Format Type	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1	Programa de llegadas de Usuario	Duration	Arrival	Halfhours	2	17 rows
2	Programa de Orientador 01	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
3	Programa de Orientador 02	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
4	Programa de Orientador 03	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
5	Programa de Orientador 04	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
6	Programa de Orientador 05	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
7	Programa de Orientador 06	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
8	Programa de Tramitador 01	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
9	Programa de Tramitador 02	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
10	Programa de Tramitador 03	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
11	Programa de Tramitador 04	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
12	Programa de Tramitador 05	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows
13	Programa de Tramitador 06	Duration	Capacity	Hours	1.0	3 rows

Fuente: Elaboración propia

Detalle del "*Programa de llegadas de Usuario*", de los usuarios o contribuyentes a SUNAT Chiclayo. Se aprecia la cantidad de usuarios por cada media hora que llegan a SUNAT, para la prestación de servicios de: Orientación y Trámite.

Figura Nº 14: Detalle del Programa de llegadas de usuario

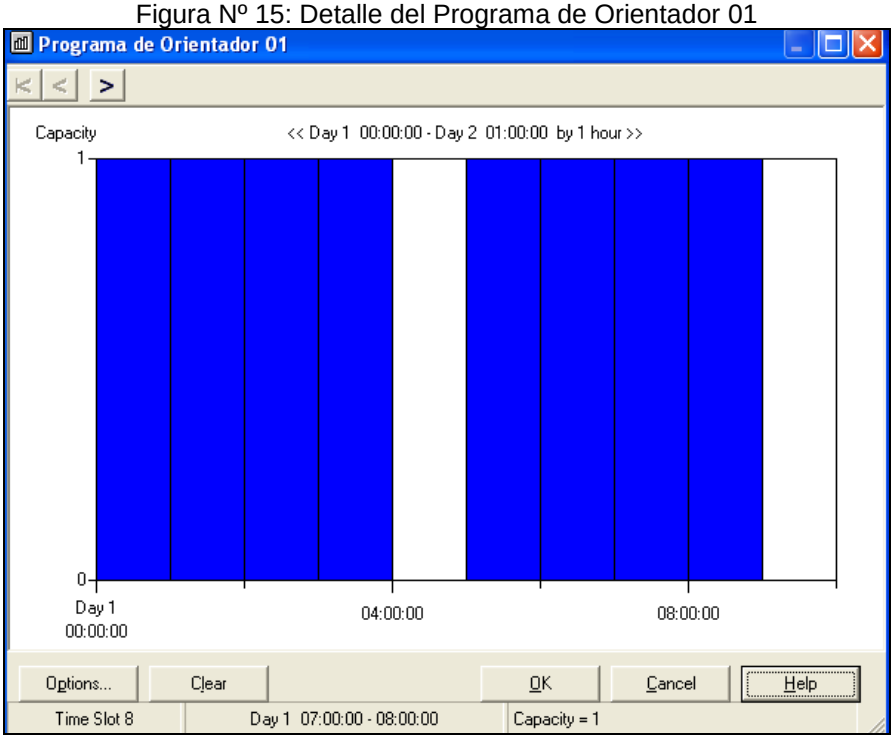


Fuente: Elaboración propia

Detalle del "*Programa de Orientador 1*", para el recurso denominado *Orientador1*, que representa a la persona que trabaja en la sección de Orientación de SUNAT Chiclayo, se puede apreciar que el servidor labora desde 8:30 AM hasta 12:30 PM, teniendo una hora para salir almorzar y regresando a la 01:30 PM hasta 5:30 PM.

Dicho horario, se aplica a 03 servidores en Orientación y 03 servidores en Trámite.

Figura Nº 15: Detalle del Programa de Orientador 01

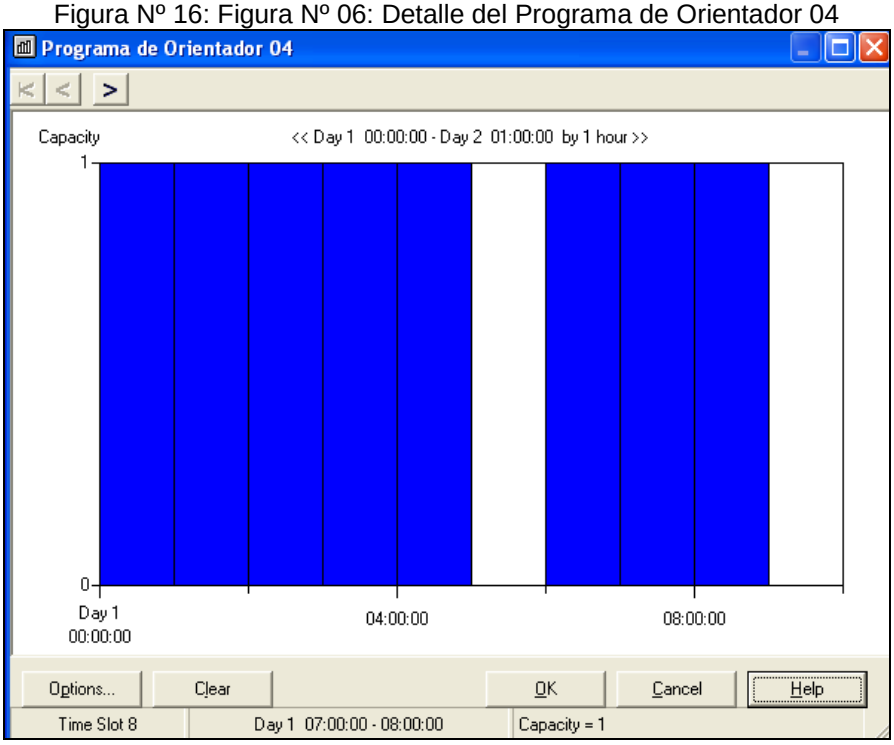


Fuente: Elaboración propia

Detalle del "*Programa de Orientador 4*", para el recurso denominado *Orientador 4*, que representa a la persona que trabaja en la sección de Orientación de SUNAT Chiclayo, se puede apreciar que el servidor labora desde 8:30 AM hasta 01:30 PM, teniendo una hora para salir almorzar y regresando a la 02:30 PM hasta 5:30 PM.

Dicho horario, se aplica a 03 servidores en Orientación y 03 servidores en Trámite.

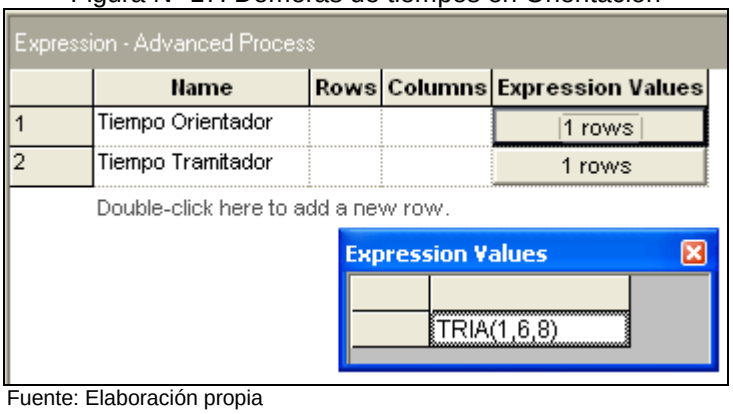
Figura Nº 16: Figura Nº 06: Detalle del Programa de Orientador 04



Fuente: Elaboración propia

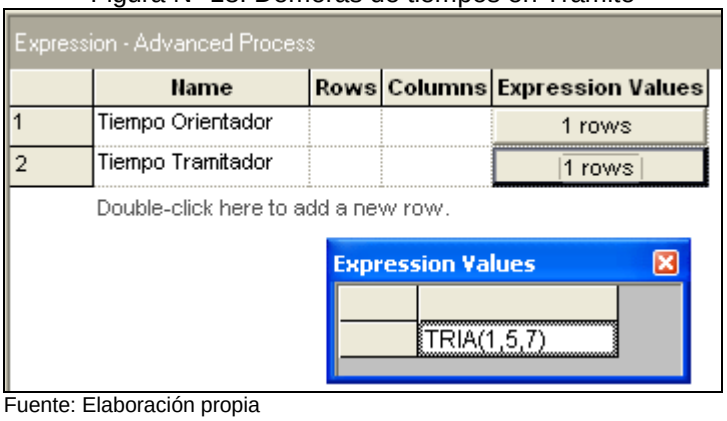
Detalle de los tiempos que le toma al servidor atender a los usuarios o contribuyentes que visitan SUNAT, por un servicio en la sección de Orientación y Trámite.

Figura Nº 17: Demoras de tiempos en Orientación



Fuente: Elaboración propia

Figura Nº 18: Demoras de tiempos en Trámite



Fuente: Elaboración propia

De los resultados se puede ver que actualmente existe un déficit de servidores, en la sección de Trámite, que permita a los usuarios o contribuyentes que visitan SUNAT para realizar algún trámite. Dicho déficit es cubierto por servidores de la sección de Orientación.

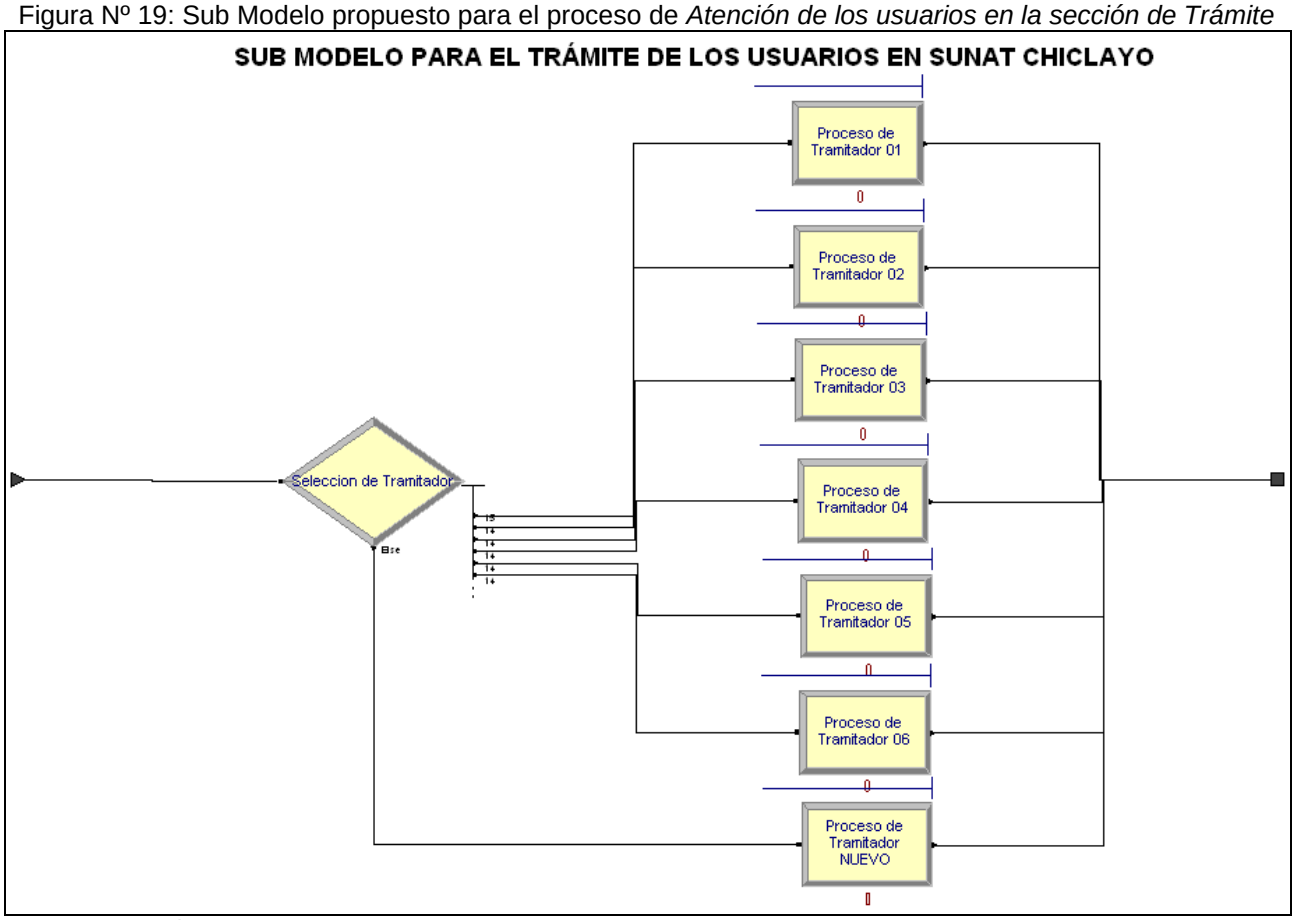
SITUACIÓN PROPUESTA

A partir de la situación actual, se plantea como solución para el proceso principal de *"Gestión de Líneas de espera generadas en el Centro de Servicios de SUNAT – Chiclayo, durante el periodo 2012 – 2013"*, lo siguiente:

- Incluir un servidor en la sección de Trámite, en el horario de 8:30 AM hasta 01:30 PM, teniendo una hora para salir almorzar y regresando a la 02:30 PM hasta 5:30 PM.
- Trabajar con los servidores a fin de mejorar los tiempos de atención a los usuarios o contribuyentes, pasando de tiempos según una distribución triangular para Orientación y Trámite de TRIA(1,6,8) y TRIA(1,5,7) a TRIA(1,5,8) y TRIA(1,5,7).

Se toma está decisión a la luz de lo resultados obtenido luego de la inclusión del servidor.

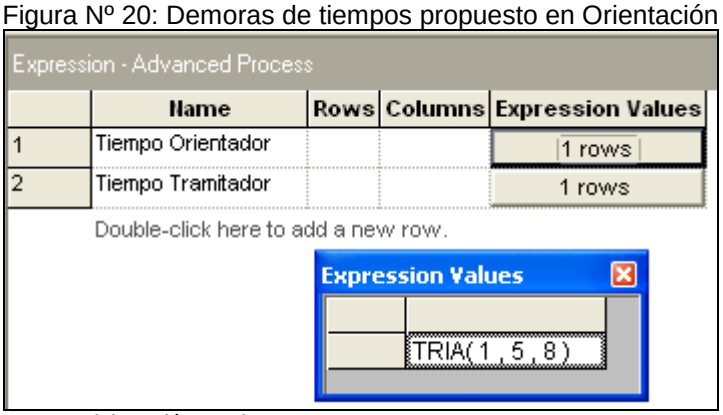
Figura Nº 19: Sub Modelo propuesto para el proceso de *Atención de los usuarios en la sección de Trámite*



Fuente: Elaboración propia

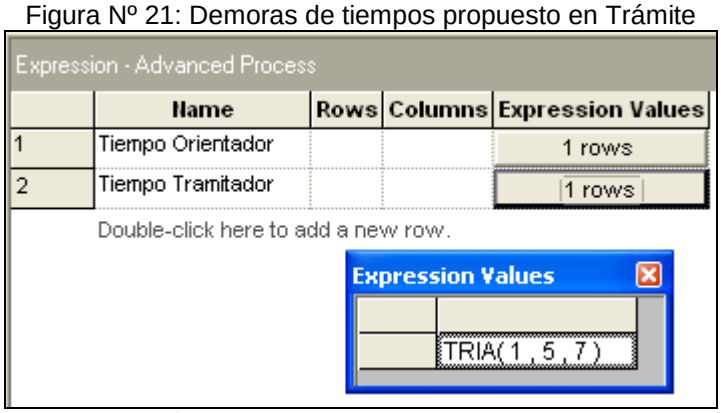
Detalle de los tiempos que le tomaría al servidor atender a los usuarios o contribuyentes que visitan SUNAT, por un servicio en la sección de Orientación y Trámite. Resalta aquí la mejora en el tiempo de atención en la sección de Orientación, lo cual es perfectamente viable, como una medida interna de gestión.

Figura Nº 20: Demoras de tiempos propuesto en Orientación



Fuente: Elaboración propia

Figura Nº 21: Demoras de tiempos propuesto en Trámite



Fuente: Elaboración propia

Resumen evaluativo de la situación actual versus la situación propuesta, a la luz de los resultados de la simulación.

Cuadro Nº 06: Resultados de la simulación

Indicador	Situación Actual	Situación Propuesta
I01	39.0448 minutos	25.2388 minutos
I02	807	807
I03	782	807
I04	Para Orientador 01 es 1.9116 Para Orientador 02 es 1.7731 Para Orientador 03 es 1.8879 Para Orientador 04 es 1.5483 Para Orientador 05 es 1.1330 Para Orientador 06 es 1.8766 Para Tramitador 01 es 7.1808 Para Tramitador 02 es 5.6897 Para Tramitador 03 es 5.7154 Para Tramitador 04 es 7.8175 Para Tramitador 05 es 6.5045 Para Tramitador 06 es 6.6215	Para Orientador 01 es 2.8463 Para Orientador 02 es 3.6180 Para Orientador 03 es 2.9649 Para Orientador 04 es 2.5440 Para Orientador 05 es 2.7684 Para Orientador 06 es 3.0348 Para Tramitador 01 es 1.3464 Para Tramitador 02 es 1.3109 Para Tramitador 03 es 1.2424 Para Tramitador 04 es 1.4817 Para Tramitador 05 es 1.7568 Para Tramitador 06 es 1.0230 Para Tramitador 07 es 1.8008
I05	Orientador 01 es 87 Orientador 02 es 84 Orientador 03 es 83	Orientador 01 es 94 Orientador 02 es 84 Orientador 03 es 89

	Orientador 04 es 83 Orientador 05 es 83 Orientador 06 es 80 Tramitador 01 es 110 Tramitador 02 es 107 Tramitador 03 es 107 Tramitador 04 es 107 Tramitador 05 es 113 Tramitador 06 es 109	Orientador 04 es 87 Orientador 05 es 84 Orientador 06 es 80 Tramitador 01 es 102 Tramitador 02 es 104 Tramitador 03 es 103 Tramitador 04 es 100 Tramitador 05 es 99 Tramitador 06 es 91 Tramitador 07 es 93

Fuente: Elaboración propia

3.5 EVALUAR EL COSTO DE BENEFICIO, QUE DETERMINE SU FLEXIBILIDAD DE USO.

Los fines de SUNAT, por ser una institución pública del estado, hacen que el proyecto no permita ingresos monetarios directos.

Para tener un empleado adicional en servicio se tendrían los siguientes costos:

- Salario mensual de un CAS en Trámite: es de S/. 2,500.00

- Computadora y mobiliario: no se incurriría en gasto adicional para la adquisición del equipo de cómputo y su respectivo mobiliario ya que se tiene disponible en el almacén de SUNAT.

COSTO TOTAL: S/. 2,500.00

Estos costos se contrastarían con los beneficios que se tendría por la disminución del tiempo de espera de los usuarios:

- Se evitaría la deserción de los usuarios.
- Satisfacción de los usuarios al recibir un servicio público rápido que no les generaría pérdida de tiempo. Con ello se mejoraría la imagen de la institución.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

Aunque los modelos matemáticos no representan exactamente las condiciones reales del sistema, sobre todo porque el sistema que se está modelando es un sistema humano, los datos obtenidos nos permiten crear escenarios para tomar decisiones y optimizar la calidad del servicio.

La simulación utilizando el Software ARENA permite, de manera práctica y sencilla, comprender y ejemplificar las relaciones que se establecen en los sistemas, tanto dinámicos como estocásticos, brindando herramientas para la construcción de modelos que representan problemas en las distintas áreas del conocimiento humano donde la experimentación no es factible.

Arena es un software de simulación orientado a las entidades, es decir, toda la ejecución gira en torno a éstas; Para ello utiliza un flujograma, en base a distintos módulos para representar los sistemas que se modelan.

Los modelos creados con un software de simulación como Arena no difieren por mucho de la realidad; por lo tanto, es posible tomar como referencia los datos y conclusiones que se generan de un modelo simulado para evitar riesgos y gastos en una situación real.

Al familiarizarse con la utilización del software ARENA, al investigador le es posible la implementación de conceptos y conocimientos adquiridos durante la carrera profesional, y de igual forma mantenerse actualizado con la tecnología de toma de decisiones.

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

Para la comprensión de un software de simulación, la mejor forma es basar su implementación en situaciones reales con el propósito de demostrarle al usuario como esto puede ser una ventaja en un ambiente laboral.

Es imprescindible el contar con equipo suficiente y capaz para los modelos de simulación, y, de igual forma, el mantenerlo actualizado ya que los cambios y mejoras en la tecnología actual son cada vez más frecuentes.

CAPÍTULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

LIBROS

- Simulación de sistemas con el software Arena, Pedro J. Torres Vega, Editorial Universidad de Lima, Perú 2010.
- Simulación un enfoque práctico, de Raúl Coss Bu, Editorial LIMUSA, S.A., México 1997.
- Simulación de sistemas, de Geoffrey Gordon, Editorial DIANA, México 1991.
- Simulación de sistemas Diseño, desarrollo e implantación de Robert E. Shannon, Editorial trillas, México 1988.
- Investigación de operaciones 5a. Edición, de Hamdy A. Taha, Editorial Alfaomega, México 1994.
- Introducción a la Simulación, Miguel Ángel Villarroel Salguerio, Febrero 2010.
- Teoría de colas de espera. Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte, Rodriga Barbosa, Alfredo Rojas, 1995.
- Simulación Y Análisis De Modelos Estocásticos, Azarang M., García E., Mc. Graw Hill. México.
- Normas de Gestión de Listas de Espera, José Ballesta Germán. Universidad de Murcia, 15 de diciembre de 2004.

SITIOS WEB

- http://www.bizagi.com/productos/bizagi-process-modeler#freeware
- http://www.arenasimulation.com/support

CAPÍTULO VI: ANEXOS

Anexo 01
Número de llegadas observadas durante 05 días

Se ha realizado un muestreo durante 05 días de atención, contando el número de usuario o contribuyentes que llegan durante media hora de atención para poder estimar las llegadas por unidad de tiempo (media hora). Ello se puede apreciar en el siguiente cuadro

Cuadro Nº 07: Número de llegadas promedio observadas durante 05 días

HORARIO	Número de llegadas según el horario					USUARIOS PROMEDIO
	Día 01	Día 02	Día 03	Día 04	Día 05	
08:30 AM - 09:00 AM	49	27	80	70	68	59
09:00 AM - 09:30 AM	40	85	68	55	47	58
09:30 AM - 10:00 AM	92	25	39	71	68	40
10:00 AM - 10:30 AM	50	35	42	50	20	39
10:30 AM - 11:00 AM	63	65	55	53	65	60
11:00 AM - 11:30 AM	72	72	85	68	76	75
11:30 AM - 12:00 PM	67	81	63	57	59	65
12:00 PM - 12:30 PM	55	92	98	90	95	86
12:30 PM - 01:00 PM	15	20	29	30	31	25
01:00 PM - 01:30 PM	18	23	15	13	8	15
01:30 PM - 02:00 PM	29	49	33	40	25	35
02:00 PM - 02:30 PM	21	19	12	16	8	15
02:30 PM - 03:00 PM	51	49	58	50	57	53
03:00 PM - 03:30 PM	47	53	65	51	39	51
03:30 PM - 04:00 PM	39	52	55	50	39	47
04:00 PM - 04:30 PM	48	42	37	38	36	40
04:30 PM - 05:00 PM	42	39	43	41	53	44
05:00 PM - 05:30 PM	----	----	----	----	----	----
8 HORAS 30 MINUTOS						**807**

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02
Distribución triangular

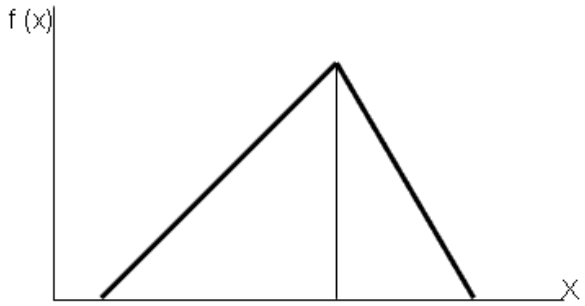
La Distribución triangular es habitualmente empleada como una descripción subjetiva de una población para la que sólo se cuenta con una cantidad limitada de datos muéstrales y, especialmente en casos en que la relación entre variables es conocida pero los datos son escasos (posiblemente porque es alto el costo de recolectarlos). Está basada en un conocimiento del mínimo y el máximo y un valor modal.

Figura Nº 22: Distribución triangular

$$\text{Densidad}: \begin{cases} \dfrac{2(x-a)}{(c-a)(b-a)} \; si\, a \le x \le b \\[2ex] \dfrac{2(c-x)}{(c-a)(c-b)} \; si\, b \le x \le c \end{cases}$$

$$\text{Media}: \frac{a+b+c}{3}$$

$$\text{Varianza}: \frac{a^2+b^2+c^2+ac-ab-bc}{18}$$



Fuente: Sitio web de la Universidad Nacional de Colombia

Anexo 03

Análisis de datos mensuales entre enero 2012 hasta agosto 2013 en SUNAT

Los datos obtenidos en SUNAT se pueden apreciar en los cuadros de datos indicados a continuación:

Cuadro Nº 08: Tiempo de atención promedio en minutos entre el 2012 y 2013

AÑO	MES	TRÁMITE	ORIENTACIÓN
2012	ENERO	4,73	6,95
	FEBRERO	4,75	6,77
	MARZO	4,68	6,67
	ABRIL	4,55	6,20
	MAYO	4,52	6,02
	JUNIO	4,62	5,80
	JULIO	4,55	5,48
	AGOSTO	4,62	5,52
	SEPTIEMBRE	4,03	5,55
	OCTUBRE	4,32	5,22
	NOVIEMBRE	4,35	5,28
	DICIEMBRE	4,60	5,17
2013	ENERO	4,23	5,00
	FEBRERO	4,13	5,32
	MARZO	4,17	5,17
	ABRIL	4,55	6,20
	MAYO	4,52	6,02
	JUNIO	4,62	5,80
	JULIO	4,55	5,48
	AGOSTO	4,62	5,52

Fuente: SUNAT

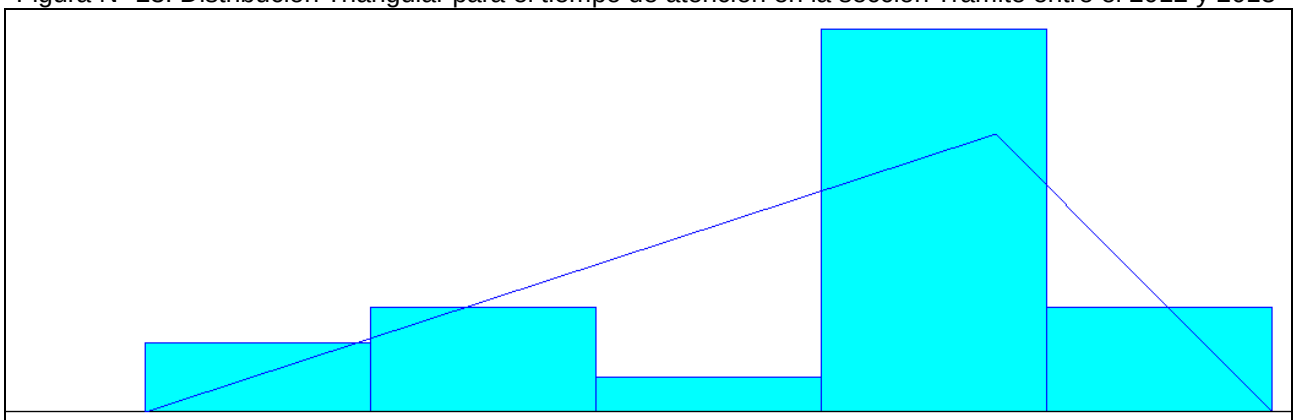
Cuadro Nº 09: Demanda de servicios en ticket entre el 2012 y 2013

AÑO	MES	TRÁMITE	ORIENTACIÓN
2012	ENERO	9.746,00	8.525,00
	FEBRERO	8.896,00	8.112,00
	MARZO	10.353,00	9.250,00
	ABRIL	9.424,00	8.399,00
	MAYO	10.719,00	9.925,00
	JUNIO	10.136,00	9.766,00
	JULIO	11.794,00	12.053,00
	AGOSTO	12.558,00	13.804,00
	SEPTIEMBRE	13.449,00	12.338,00
	OCTUBRE	13.218,00	13.474,00
	NOVIEMBRE	13.052,00	12.766,00
	DICIEMBRE	10.117,00	10.088,00
2013	ENERO	12.888,00	13.417,00
	FEBRERO	12.095,00	11.031,00
	MARZO	11.517,00	10.540,00
	ABRIL	9.424,00	8.399,00
	MAYO	10.719,00	9.925,00
	JUNIO	10.136,00	9.766,00
	JULIO	11.794,00	12.053,00
	AGOSTO	12.558,00	13.804,00

Fuente: SUNAT

A continuación haciendo uso de la herramienta “Input Analizer”, funcionalidad del software Arena, obtenemos la distribución de probabilidad que mejor ajusta los datos descritos en los cuadros indicados arriba.

Figura Nº 23: Distribución Triangular para el tiempo de atención en la sección Trámite entre el 2012 y 2013



```
        Distribution Summary

Distribution:   Triangular
Expression:     TRIA(4, 4.63, 4.83)
Square Error:   0.084803

Chi Square Test
  Number of intervals   = 2
  Degrees of freedom    = 0
  Test Statistic        = 4.52
  Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.22
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 20
Min Data Value          = 4.03
Max Data Value          = 4.75
Sample Mean             = 4.49
Sample Std Dev          = 0.207
```

Fuente: Elaboración propia

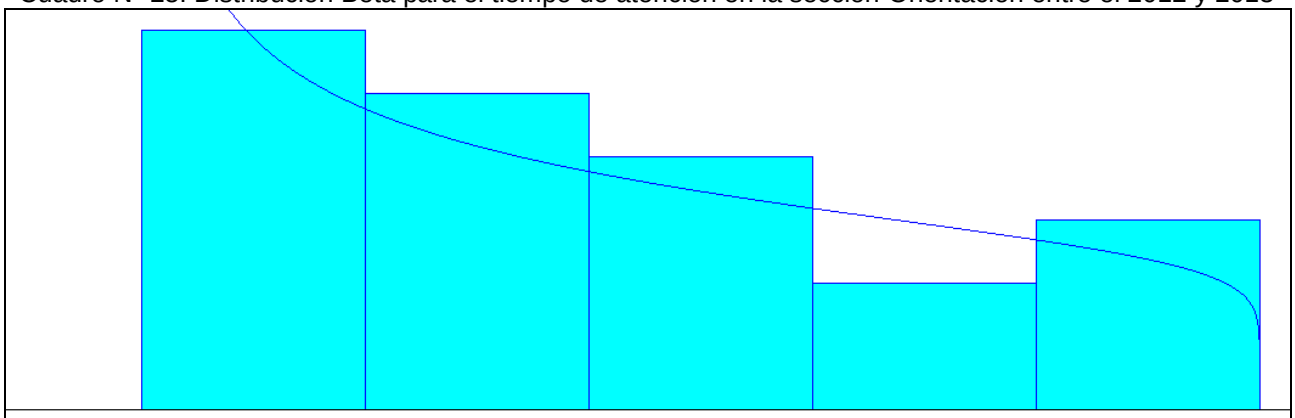
La herramienta “Input Analizer”, permite definir de entre varias distribuciones, cual es la que para los datos (tiempos de atención en Trámite) se ajusta mejor.

Figura Nº 24: Error en las distribuciones

Function	Sq Error
Triangular	0.0848
Beta	0.124
Normal	0.135
Weibull	0.156
Uniform	0.16
Erlang	0.19
Gamma	0.191
Lognormal	0.219
Exponential	0.253

Fuente: Elaboración propia

Cuadro Nº 25: Distribución Beta para el tiempo de atención en la sección Orientación entre el 2012 y 2013



```
        Distribution Summary

Distribution:   Beta
Expression:     5 + 2 * BETA(0.716, 1.13)
Square Error:   0.008614

Chi Square Test
  Number of intervals   = 3
  Degrees of freedom    = 0
  Test Statistic        = 0.406
  Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.139
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 20
Min Data Value          = 5
Max Data Value          = 6.95
Sample Mean             = 5.76
Sample Std Dev          = 0.566
```

Fuente: Elaboración propia

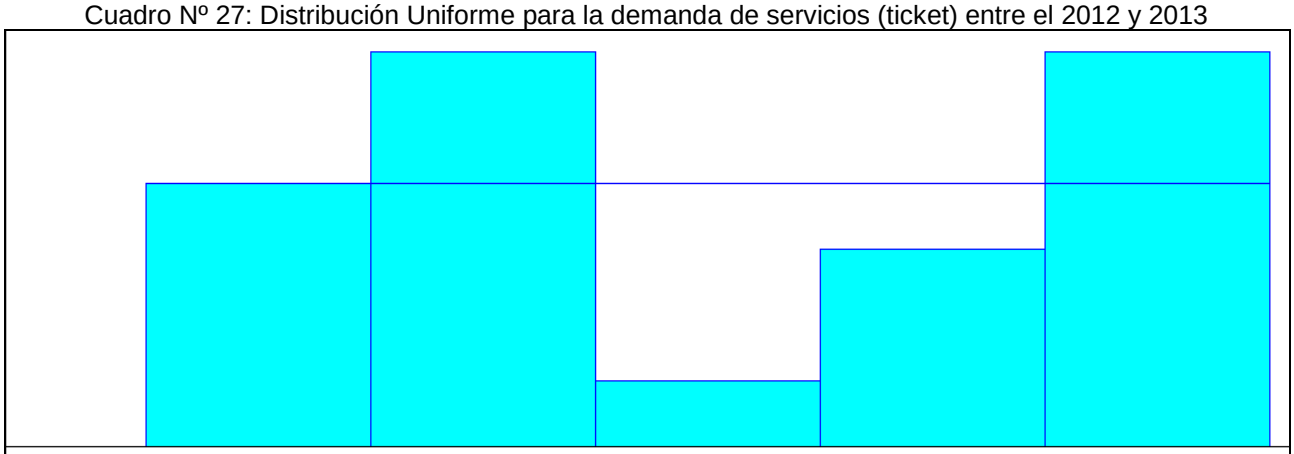
La herramienta “Input Analizer”, permite definir de entre varias distribuciones, cual es la que para los datos (tiempos de atención en Orientación) se ajusta mejor.

Figura Nº 26: Error en las distribuciones

Function	Sq Error
Beta	0.00861
Weibull	0.0155
Triangular	0.0166
Gamma	0.0201
Uniform	0.025
Erlang	0.0258
Exponential	0.0258
Normal	0.0319
Lognormal	0.0611

Fuente: Elaboración propia

Cuadro Nº 27: Distribución Uniforme para la demanda de servicios (ticket) entre el 2012 y 2013



```
        Distribution Summary

Distribution:   Uniform
Expression:     UNIF(1.7e+004, 2.67e+004)
Square Error:   0.045000

Chi Square Test
  Number of intervals   = 2
  Degrees of freedom    = 1
  Test Statistic        = 2.83
  Corresponding p-value = 0.0944

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.207
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 20
Min Data Value          = 1.7e+004
Max Data Value          = 2.67e+004
Sample Mean             = 2.21e+004
Sample Std Dev          = 3.33e+003
```

Fuente: Elaboración propia

La herramienta “Input Analizer”, permite definir de entre varias distribuciones, cual es la que para los datos (demanda de servicios) se ajusta mejor.

Figura Nº 28: Error en las distribuciones

Function	Sq Error
Uniform	0.045
Beta	0.0453
Exponential	0.0858
Erlang	0.0858
Normal	0.0876
Weibull	0.103
Gamma	0.115
Triangular	0.122
Lognormal	0.168

Fuente: Elaboración propia

Anexo 04
Hardware y software utilizado en la simulación

Características del equipo de cómputo utilizado para la simulación.

- Sistema operativo: Windows XP Profesional Versión 2002 Service Pack
- Procesador: Intel Pentium D CPU 3.00GHZ
- Memoria RAM: 1 GB
- Disco duro: 80 GB
- Tarjeta de red: Intel PRO 10 / 100 Mbps
- Audio y vídeo: integrado

Características del software utilizado para la simulación.

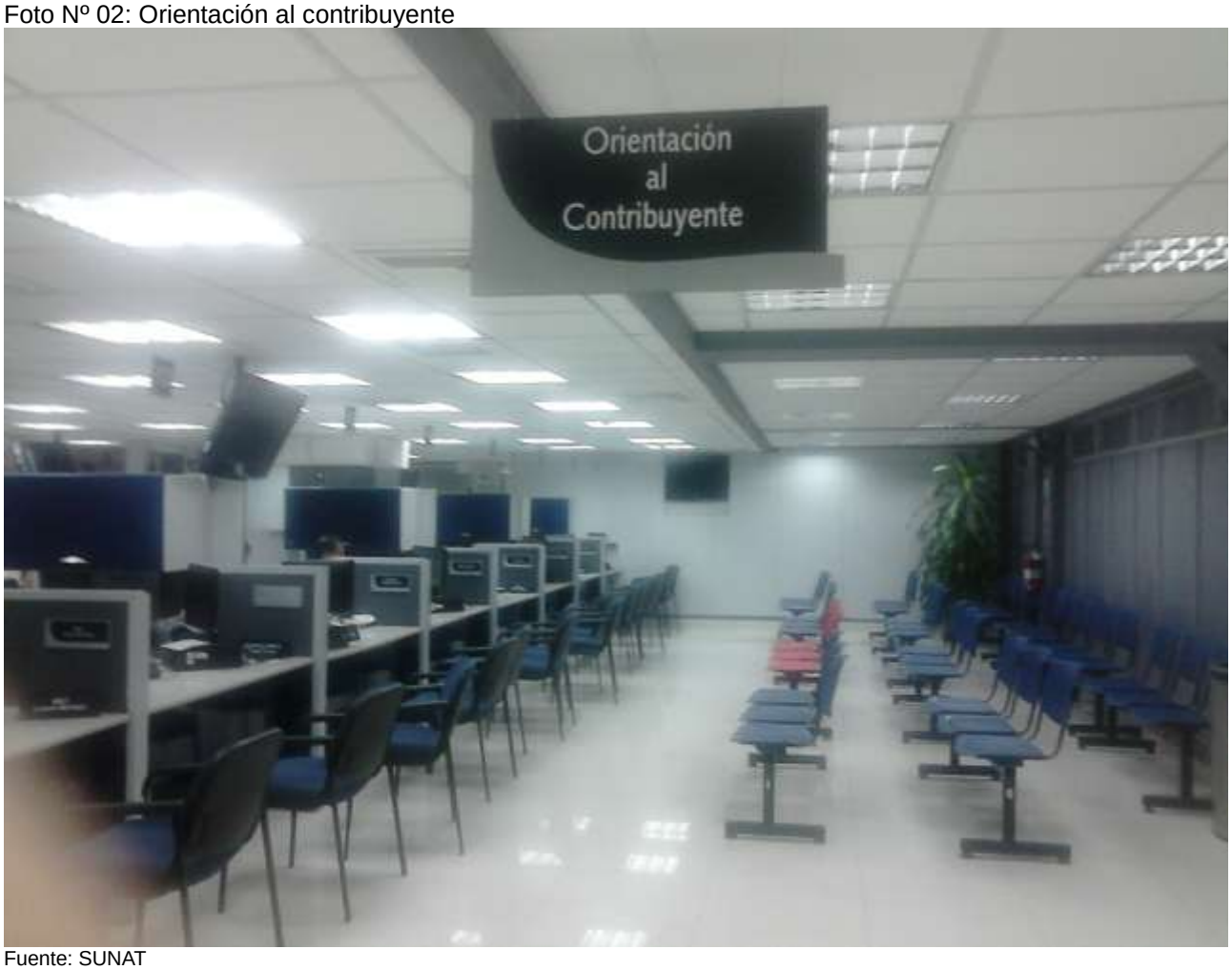
- Software: Arena versión 10.00 –CPR7
- Licencia: Estudiantil
- Derechos reservados: Rockwell Software, Inc.

Anexo 05
Fotos

Foto Nº 01: Sección tickets

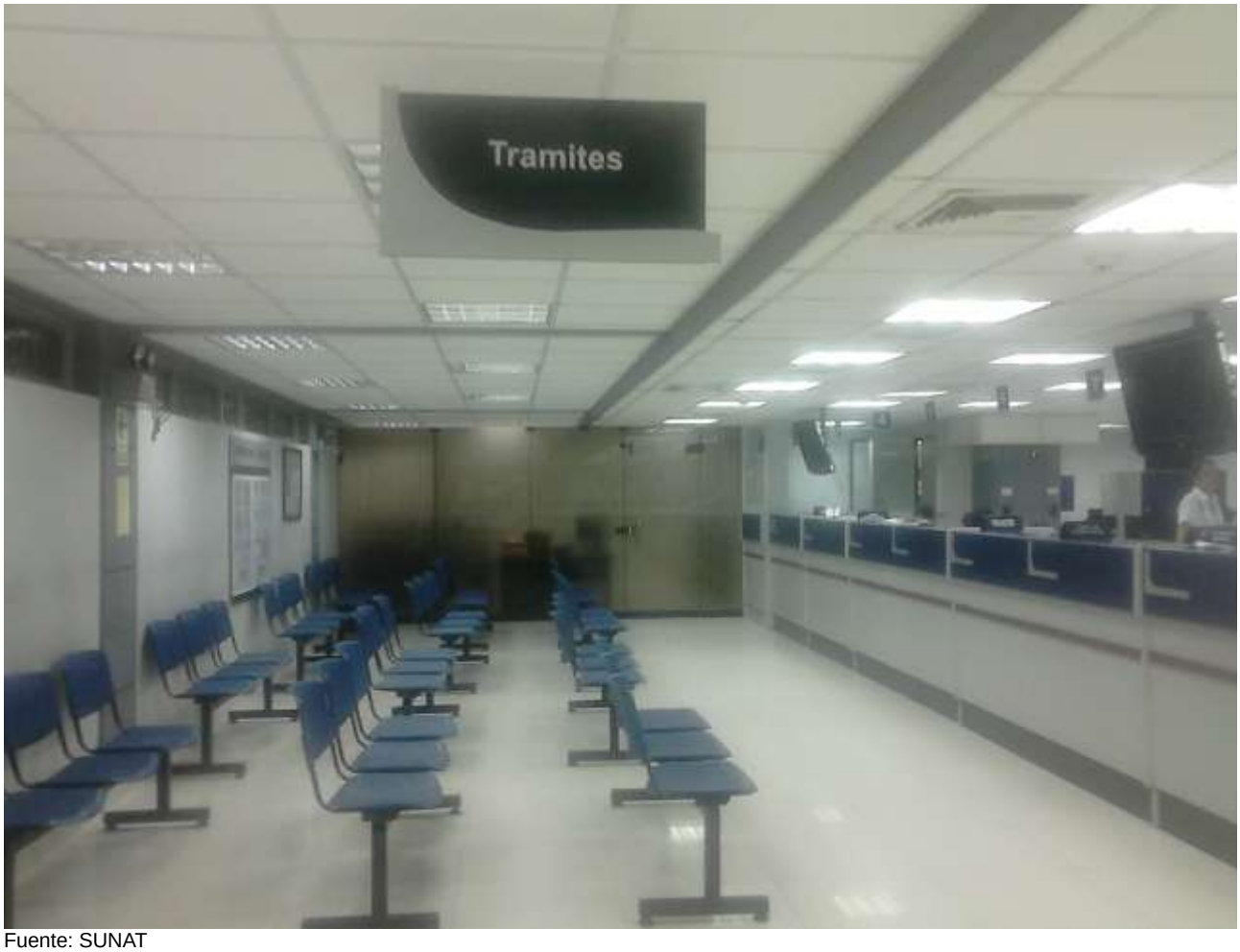
Fuente: SUNAT

Foto Nº 02: Orientación al contribuyente



Fuente: SUNAT

Foto Nº 03: Trámites



Fuente: SUNAT

Anexo 06
Ticket de atención

Figura Nº 29: Ticket Orientación

Fuente: SUNAT

Figura Nº 30: Ticket Trámite

Fuente: SUNAT