

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

**“SIMULACIÓN DE MONTECARLO Y PROCESO OPERATIVO DEL
DEPÓSITO FRANCO DE RÉGIMEN SIMPLIFICADO
DE MERCANCÍAS DE ZOFRATACNA,
SEMESTRE I-2013”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Katherine De los Milagros Elías Quispe

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS

TACNA – PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería

JURADO CALIFICADOR Y CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS

TESIS N° _____

TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero en Informática y Sistemas

La Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, por resolución de Facultad N°01844-2013-FAIN/UNJBG, designó Jurado para la sustentación oral de la Tesis titulada: "SIMULACIÓN DE MONTECARLO Y PROCESO OPERATIVO DEL DEPÓSITO FRANCO DE RÉGIMEN SIMPLIFICADO DE MERCANCÍAS DE ZOFRATACNA, SEMESTRE I - 2013".

El mismo que está conformado por

Presidente: Mgr. Erbert Francisco Osco Mamani

Secretario: MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta

Vocal: Ing. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

Para calificar la sustentación de la Tesis en acto público el día 27 de Diciembre del 2013.

Presentado por el Bachiller Katherine De los Milagros Elías Quispe, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas.

El Jurado Calificador en forma secreta e individual emitió su opinión sobre el tema de la tesis expuesta y procedió a obtener el promedio que arrojó el calificativo de aprobado con la nota de Diecisiete (17) - promedio sobresaliente.

Para ratificar lo detallado firman:



Mgr. Erbert Francisco Osco Mamani
Presidente



MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta
Secretario



Ing. Gianfranco Alexey Málaga Tejada
Vocal


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA


FACULTAD DE INGENIERÍA


ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS


"SIMULACIÓN DE MONTECARLO Y PROCESO OPERATIVO DEL DEPÓSITO FRANCO DE
RÉGIMEN SIMPLIFICADO DE MERCANCÍAS DE ZOFRATACNA, SEMESTRE I - 2013"

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 27 DE DICIEMBRE DEL 2013 ESTANDO EL
JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Presidente : 
Mgr. Erbert Francisco Osco Mamani
Presidente

Secretario : 
MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta
Secretario

Vocal : 
Ing. Gianfranco Alexey Málaga Tejada
Vocal

Asesor : 
Ing. Edwin Antonio Hinojosa Ramos

Dedicatoria:

Quiero dedicar esta tesis a Dios por permitirme completar una meta más en mi vida, a mis padres por su apoyo y tenacidad para forjar mi futuro, a mi hermana por su cariño sincero y a todas las personas que me apoyaron en el transcurso de mi vida académica y personal.

CONTENIDO

RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.1 Antecedentes del problema	3
1.1.2 Problemática de la investigación	5
1.2. JUSTIFICACIÓN	7
1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES	9
1.4. OBJETIVOS	10
1.4.1. Objetivo General	10
1.4.2. Objetivos Específicos	10
1.5. VARIABLES	10
1.5.1. Identificación de variables	10
1.5.2. Definición de las variables	11
1.5.3. Operacionalización de variables	11
1.5.4. Clasificación de las variables	11
1.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.6.1. Diseño experimental o no experimental	12
1.6.2. Población y muestra	12
1.6.3. Técnicas e instrumentos para recolección de datos	13
1.6.4. Análisis de datos	13
1.6.5. Selección de pruebas estadísticas	14
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. MARCO REFERENCIAL	15
2.1.1. Sistema	15

2.1.2.	Modelo	16
2.1.3.	Simulación	16
2.1.4.	Simulación de Sistemas	21
2.1.5.	La simulación de Procesos	23
2.1.6.	Ventajas y Desventajas de la simulación	23
2.1.7.	Etapas de un Estudio de Simulación	25
2.1.8.	Software de Simulación Arena 10	29
2.2.	BASES TEÓRICAS	32
2.2.1.	Simulación de Montecarlo	32
2.2.2.	Proceso	35
III.	DESARROLLO	40
3.1.	DESARROLLO DEL SISTEMA	40
3.1.1.	Descripción del sistema a simular	40
3.1.2.	Recolección de Datos	42
3.1.3.	Análisis de Datos	44
3.1.4.	Identificación de entidades, recursos, atributos y variables de estado	63
3.1.5.	Consideración para elaborar el modelo	65
3.1.6.	Diseño y desarrollo del modelo	65
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	78
	CONCLUSIONES	90
	RECOMENDACIONES	91
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Datos Estadísticos por cada servicio	43
Tabla N° 2: Campo de los bloques de la simulación del arribo de usuarios.	69
Tabla N° 3: Campo de los bloques de la simulación de salida de usuarios	70
Tabla N° 4: Campo de los bloques de la simulación de atención a los usuarios	72
Tabla N° 5: Campo de los bloques de la simulación de la culminación del proceso operativo	75
Tabla N° 6: Datos Estadísticos del Proceso Operativo del DFRSM	78
Tabla N° 7: Datos Estadísticos obtenidos de la Simulación	80
Tabla N° 8: Comparación de Resultados reales y simulados	81
Tabla N° 9: Tiempo promedio de espera por servicio (Simulados)	83
Tabla N° 10: Tiempos de espera por cada servicio	84
Tabla N° 11: Duración total del proceso operativo de las 376 corridas de simulación	86
Tabla N° 12: Tabla Resumen de tiempos promedios del proceso operativo	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Etapas de un Estudio de Simulación	27
Figura N° 2: Vista de un Proceso	37
Figura N° 3: Histograma de intervalo de arribo de usuarios	45
Figura N° 4: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	46
Figura N° 5: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado	46
Figura N° 6: Histograma de verificación de documentación	47
Figura N° 7: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	48
Figura N° 8: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado	48
Figura N° 9: Histograma del servicio de digitación	49
Figura N° 10: Reporte del análisis de las pruebas de bondad	50
Figura N° 11: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado	50
Figura N° 12: Histograma del servicio de aforo	51
Figura N° 13: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	52
Figura N° 14: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado	53
Figura N° 15: Histograma del servicio de codificación.	53
Figura N° 16: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	54
Figura N° 17: Reporte del análisis del error al cuadrado	55
Figura N° 18: Histograma del servicio de valoración	55
Figura N° 19: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	56
Figura N° 20: Reporte del análisis del error al cuadrado	57
Figura N° 21: Histograma de tiempo de impresión y verificación	57
Figura N° 22: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	58
Figura N° 23: Reporte del análisis del error al cuadrado	59
Figura N° 24: Histograma de tiempos del servicio de caja	59
Figura N° 25: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	60
Figura N° 26: Reporte del análisis del error al cuadrado	61

Figura N° 27: Histograma de intervalo de arribo de usuarios	61
Figura N° 28: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste	62
Figura N° 29: Reporte del análisis del error al cuadrado	63
Figura N° 30: Diagrama de Flujo del Proceso Operativo	66
Figura N° 31: Número por Ciclo del proceso del DFRSM	67
Figura N° 32: Arribo de usuarios al DFRSM	68
Figura N° 33: Salida de usuarios de la cola de espera	70
Figura N° 34: Simulación de atención de los servicios a los usuarios.	72
Figura N° 35: Culminación del proceso operativo.	75
Figura N° 36: Modelo del Proceso Operativo del DFRSM – en el software de Arena	77
Figura N° 37: Representación de los datos estadísticos del proceso operativo del DFRSM	79
Figura N° 38: Representación de los datos estadísticos simulados del proceso operativo –DFRSM	80
Figura N° 39: Representación de los resultados reales y simulados.	82
Figura N° 40: Tiempos promedio de servicio	83
Figura N° 41: Tiempos de espera por cada servicio.	85

RESUMEN

El presente trabajo de Investigación tiene por objetivo simular el proceso operativo del depósito franco de régimen simplificado de mercancías de ZOFRATACNA utilizando el método de Montecarlo.

Como parte del desarrollo de la investigación, se diseñó un modelo de simulación a efectos de representar el proceso real de estudio, y así poder visualizar el comportamiento del proceso a través del tiempo mediante un computador.

Mediante los resultados obtenidos en el modelo creado, se puede afirmar que un modelo de simulación es la representación de un proceso, el cual nos permite conocer la realidad de este, el cual cuenta con ocho servicios secuenciales, los cuales se efectúan para el cumplimiento del proceso operativo del depósito franco de régimen simplificado de mercancías de ZOFRATACNA.

INTRODUCCIÓN

La simulación es un medio mediante el cual tanto nuevos procesos como procesos ya existentes pueden proyectarse, evaluarse y contemplarse sin correr el riesgo asociado a experiencias llevadas a cabo en un sistema real. Es decir, permite a las organizaciones estudiar sus procesos desde una perspectiva sistemática procurando una mejor comprensión de la causa y efecto entre ellos además de permitir una mejor predicción de ciertas situaciones. La teoría de la simulación permite valorar, replantear y medir, por ejemplo, la satisfacción del cliente ante un nuevo proceso, la utilización de recursos en el nuevo proceso o incluso el tiempo para minimizarle. Todas estas posibilidades hacen de la simulación un instrumento ideal para un esfuerzo de replanteamiento de la empresa.

Las técnicas de simulación pueden ser aplicadas de diferentes maneras, sin embargo con el desarrollo de los sistemas de cómputo es posible utilizar una simulación por computadora, esto quiere decir que con el uso de la tecnología y el software nos permite implementar un modelo de simulación de forma rápida, económica y confiable.

La simulación por computadora es una herramienta interdisciplinaria y tiene aplicaciones en muchos campos de la ciencia y la tecnología, los resultados de los

experimentos obtenidos a través de la simulación influyen cada vez más en las decisiones tomadas en todo los campos del quehacer humano.

En esta investigación se ha elaborado un modelo de simulación para el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA, utilizando el método de Montecarlo. En el Capítulo I se describe los antecedentes del problema, el tipo de investigación, la muestra a utilizar, objetivos; en el Capítulo II describimos la base teórica en la cual se resguarda esta investigación, en el Capítulo III se efectuó el desarrollo, para ello se ha utilizado el software de Arena para la elaboración del modelo de simulación la cual nos permite la representación del proceso operativo; en el Capítulo IV los resultados obtenidos son expuestos mediante figuras en donde se representan las estadísticas obtenidas del modelo de simulación. Para finalizar encontramos las conclusiones, las recomendaciones, bibliografía y anexos del trabajo de investigación.

I. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

1.1.1 Antecedentes del problema

Surge la necesidad de manejar nuevos instrumentos para mejorar la planificación estratégica de las empresas, es por tal motivo que se presenta como alternativa la aplicación de los modelos de simulación en los que se consideren los distintos escenarios posibles en las actividades clave de una empresa. Se trata de permitir a las empresas predecir, comparar y optimizar el comportamiento de sus procesos simulados en un tiempo breve, haciendo posible la representación de los procesos, recursos, productos y servicios en un modelo dinámico.

La simulación es una valiosa herramienta que hace posible conocer mejor el sistema en estudio, ya que permite evaluar diversos escenarios considerando múltiples variables de decisión y visualizar su comportamiento a través del tiempo. Para la simulación de sistemas productivos se han diseñado algunas herramientas o paquetes de simulación, entre ellos podemos citar el software de simulación Arena de Rockwell, la cual es una herramienta de tipo general, es decir, que puede ser usada para realizar cualquier modelo de simulación de cualquier tipo (Bohórquez, 2009).

La complejidad en la operación de los sistemas de producción y servicios en la actualidad requieren de una modelación cada vez más apegada a la realidad, que permita un análisis profundo y detallado; gracias a la computadora es más fácil, rápido y efectivo realizar proyectos de Simulación, utilizándose mejores modelos en todas las áreas de desarrollo y representando así un sistema como un todo y no en forma parcial. La simulación computacional es la respuesta a esta pregunta, actualmente es una de las herramientas con mayor uso en el modelado organizacional (Cortes, Carrillo, & Silva, 2011).

En la mayoría de los procesos que se presentan en las empresas de manufactura y de servicio, aparecen las líneas de espera. Esto debido a que casi siempre, la capacidad de servicio es menor que la capacidad demandada. Este proceso de generación de líneas de espera, trae consigo diferentes tipos de inconvenientes que se reflejan a corto y mediano plazo. Por tal motivo, se cuenta con un conjunto de modelos matemáticos que se enmarcan en el área de la teoría de colas; estos modelos buscan encontrar el equilibrio entre el número de unidades que se encuentran en la línea de espera y la cantidad de servidores que satisfagan la demanda de servicio. Existen ocasiones donde es pertinente que el investigador se apoye en la Simulación para analizar de una manera más flexible e integral el fenómeno de la línea de espera (Arias, Portilla, & Fernández, 2010).

La simulación es ampliamente aceptada en el mundo de los negocios para predecir, explicar y ayudar a identificar soluciones óptimas, así como la aplicación de la simulación Monte Carlo a un proyecto de inversión con el fin de poder estimar el riesgo de un fracaso. La simulación Monte Carlo es básicamente un muestreo experimental cuyo propósito es estimar las distribuciones de las variables de salida que depende de variables probabilísticas de entrada (Azofeifa, 2004).

La simulación de Monte Carlo es una herramienta de investigación y planeamiento, básicamente es una técnica de muestreo artificial, empleada para operar numéricamente sistemas complejos que tengan componentes aleatorios. Gracias a la constante evolución de las microcomputadoras, en lo que se refiere a su capacidad de procesamiento de la información, el método de Monte Carlo es cada vez más frecuentemente utilizado. Para ello se realizan diversas simulaciones donde, en cada una de ellas, son generados valores aleatorios para el conjunto de variables de entrada y parámetros del modelo que están sujetos a incertidumbre. Tales valores aleatorios generados siguen distribuciones de probabilidades específicas que deben ser identificadas o estimadas previamente (Périssé & Pepe, 2006).

1.1.2 Problemática de la investigación

El Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA, está conformado por 2350 usuarios los cuales

comercializan su mercancía en la zona comercial de Tacna, dichas mercancías se encuentran comprendidas en la “Lista actualizada de Sub Partidas Nacionales que pueden ingresar a la Zona Comercial de Tacna, con sujeción al Arancel Especial”.

En las instalaciones del Depósito Franco de Régimen Simplificado de mercancías, que a partir de ahora lo llamaremos, como el DFRSM, se realiza el proceso operativo el cual tiene como finalidad brindar la atención a sus usuarios, desde el ingreso hasta el retiro de su mercancía del recinto, dicho proceso está comprendido por ocho servicios los cuales se realizan en forma de sucesión y para cada uno de estos existiendo un tiempo de espera para su respectiva atención , desde la verificación de la mercancía hasta el levante de la mercancía la cual culmina con el proceso operativo.

Este proceso muestra deficiencias en la atención que se brinda a los usuarios del DFRSM, estas deficiencias están referidas al excesivo tiempo de espera que los usuarios tienen que pasar por cada servicio que forma parte del proceso operativo; es decir el tiempo de espera total está dado por la suma de los tiempos en las ventanillas de servicio por los cuales pasa el usuario desde el inicio hasta el final del proceso de atención, el tiempo de espera por los servicios que se brindan producen molestias y descontentos en los usuarios debido a que el tiempo perdido para ellos son menos

oportunidades de venta de su mercancía en la zona comercial de Tacna así como desventaja de la cartera de clientes y en el mercado comercial.

1.1. Formulación del Problema

General

- ¿Cómo es la Simulación de Montecarlo y el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA?

Específicos

- ¿Cómo es la Simulación de Montecarlo para el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA?
- ¿Cómo es el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA?

1.2. Justificación

La simulación de sistemas nos permite reproducir en el ordenador sistemas reales y a partir de ello aprovechar la potencia de cálculo y velocidad de procesamiento de los ordenadores para efectuar corridas de simulación para estimar el comportamiento futuro del sistema en función a las condiciones reales, tal cual como fueron abstraídas. Luego podemos

modificar los escenarios y condiciones de los parámetros del modelo y efectuar nuevas corridas de simulación que nos permiten analizar comportamientos futuros para diferentes escenarios.

Los problemas que se presentan en el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA pueden ser analizados en el ordenador a partir de la construcción del modelo de simulación que reproduzca este proceso; teniendo el modelo implementado en el ordenador podemos utilizar esta herramienta para obtener diversos resultados los cuales nos permitan conocer y analizar el comportamiento del sistema en estudio.

La aplicación del método de Montecarlo para simular procesos, busca optimizar la operación de los mismos pero investigando y experimentando en el ordenador. La aplicación de la técnica de simulación de sistemas tiene la ventaja de experimentar en el ordenador y no en la realidad antes de aplicar nuevas condiciones o procesos, reduciendo el riesgo y costo de experimentar directamente en la realidad.

Aplicando la técnica de Simulación de Sistemas, podremos predecir el comportamiento de los elementos que conforman el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías en

ZOFRATACNA, aprovechando el cálculo numérico y la potencia de cálculo de los ordenadores.

1.3. Alcances y Limitaciones

Alcance:

Se pretende construir el modelo para la simulación del proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA y efectuar la utilización del modelo en el ordenador utilizando el software Arena, el cual permite modelar procesos para definir, documentar e informar, y así simular la respuesta futura del sistema e identificar posibilidades de mejora al sistema real. Se efectuarán diferentes corridas de simulación para diferentes escenarios posibles de los parámetros del modelo, efectuando en cada caso el análisis de los resultados obtenidos.

Limitaciones:

Consideramos que no hay limitaciones para efectuar la construcción del modelo de simulación para el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Simular el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA, utilizando el método de Montecarlo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Emplear el método de Montecarlo para simular el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA.
- b) Construir el modelo de simulación para el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA.

1.5. Variables

1.5.1. Identificación de variables

a. Variable 1:

Simulación de Montecarlo

b. Variable 2:

Proceso operativo

1.5.2. Definición de las variables

✓ **Simulación de Montecarlo**

Datos generados en cada corrida de simulación del proceso operativo.

✓ **Proceso operativo**

Comprendido por ocho servicios secuenciales, los cuales brinda la atención a los usuarios, existiendo un tiempo de espera por cada servicio que conforma el proceso operativo en el Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA.

1.5.3. Operacionalización de variables

Ver Anexo 02.

1.5.4. Clasificación de las variables

Variables: Simulación de Montecarlo y Proceso Operativo

Criterios:

- Con relación al fin de la Investigación: Asociadas
- Por su naturaleza: Cuantitativa continúa
- Por el método de estudio: Categóricas
- Por su escala de medición: Intervalo

1.6. Diseño de la investigación

1.6.1. Diseño experimental o no experimental

Esta investigación cuenta con un diseño no experimental, de tipo descriptiva, porque no se manipulará las variables, los datos para la investigación se obtendrán de los reportes documentarios generados por el Sistema Integral de la Gerencia de Operaciones (SIGO) de ZOFRATACNA.

La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006).

1.6.2. Población y muestra

Población

En el Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA, en el semestre I del 2013, se han realizado 18303 atenciones a los usuarios de la Zona Comercial de Tacna.

Muestra

La muestra que será seleccionada de la población se tipifica como finita, ya que una población finita es aquella que todos sus integrantes son conocidos y pueden ser identificados y listados por el investigador en su

totalidad. Para proceder a calcular el tamaño de la muestra que se utilizó es el muestreo probabilístico (Ver anexo 03), obteniendo una muestra a trabajar de 376 atenciones realizadas a los usuarios de la Zona Comercial de Tacna.

1.6.3. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

Se utilizó la recolección de la información documentaria sobre los aspectos relacionados con la operación de los procesos operativos que se realizan en el Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías, la recolección de datos y cifras estadísticas son de importancia para establecer las bases de parámetros en el modelo de simulación , asimismo de los reportes que serán obtenidos del Sistema Integral de Gerencia de Operaciones (SIGO), y diversa información documentaria que guarde relación con nuestra investigación.

La construcción del modelo de simulación fue el instrumento para la demostración del proceso operativo, es por ello que dicho modelo responderá de manera similar al sistema real, demostrando ser un instrumento objetivo, válido y confiable.

1.6.4. Análisis de datos

Se hará uso de la estadística descriptiva para el análisis de los datos generados por la simulación en el ordenador. Se aplicará pruebas

estadísticas para verificar la aleatoriedad de las variables del modelo de simulación

1.6.5. Selección de pruebas estadísticas

Por el diseño de investigación utilizado no habrá pruebas estadísticas ni comprobación de la hipótesis.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Sistema

Conjunto de objetos o ideas que están interrelacionados entre sí como una unidad para la consecución de un fin. También se puede definir como la porción del universo que será objeto de la simulación (Shannon, 1992).

Es una colección de elementos organizados que interactúan juntos hacia el logro de un objetivo común. Se circunscribe a un sector de la realidad que es el objeto de estudio o interés (Torres, 2010).

➤ **Relación entre proceso y sistema**

✓ **Proceso**

Es un conjunto de operaciones, actividades o tareas que crean una salida (output), con base en una o más entradas (input).

✓ **Sistema**

Es un conjunto de elementos usados para ejecutar un proceso, para la cual requiere recursos y controles. Así, un sistema comprende un proceso, pero también incluye los recursos y los controles para poder realizar el proceso.

En el diseño de procesos el enfoque está dado en el que está siendo ejecutado en el sistema. En el diseño de sistemas el énfasis está dado en los detalles del cómo, el dónde y el cuándo son ejecutados los procesos (Torres, 2010).

2.1.2. Modelo

Desde la perspectiva de un sistema, un modelo podría definirse como una representación simplificada del sistema y sus relaciones, tales como relaciones causa- efecto, relaciones de flujo y relaciones del espacio. El propósito del modelado de sistemas es entender, predecir, controlar y mejorar el comportamiento o desempeño del sistema.

Los modelos han sido clasificados de muchas maneras; sin embargo, podemos mencionar algunos tipos como los denominados modelos simbólicos representados por los diagramas de flujo, los modelos analíticos o fórmulas matemáticas que producen resultados cuantitativos, y los modelos de simulación capaces de reproducir el mismo comportamiento que ocurre en el sistema actual (Torres, 2010).

2.1.3. Simulación

La creación de nuevos y mejores desarrollos en el área de computación ha traído consigo innovaciones muy importantes tanto en la toma de decisiones como en el diseño de procesos y productos. Una de las técnicas

para realizar estudios piloto, con resultados rápidos y a un bajo costo, se basa en la modelación, la cual se conoce como simulación que se ha visto beneficiada por estos avances (García, García, & Cárdenas, 2013).

La simulación es la mejor alternativa de la observación de un sistema. Nos permite recopilar información pertinente acerca del comportamiento del sistema al paso del tiempo. La simulación no es una técnica de optimización. Más bien se usa para estimar las mediciones del desempeño de un sistema modelado.

La simulación moderna suele manejar situaciones que se pueden describir en el contexto de una línea de espera o cola. La simulación no se limita a eso, porque casi cualquier situación de funcionamiento se puede considerar como alguna forma de línea de espera. Ésta es la razón por la que la simulación ha gozado de aplicaciones tan tremendas en las redes de comunicaciones, manufacturas, control de inventarios, comportamiento del cliente, pronósticos económicos, entre otros.

Un precursor de la simulación, es la técnica de Montecarlo, esquema dirigido hacia la estimación de parámetros estocásticos o determinísticos con base en el muestreo aleatorio. La simulación es un experimento estadístico y en consecuencia sus resultados se deben interpretar con las pruebas estadísticas adecuadas (Taha, 2004).

La simulación se refiere un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado. De hecho, la simulación puede ser un término extremadamente general dado que se utiliza en muchos campos, industrias y aplicaciones. En estos días, la simulación es más popular y poderosa que nunca, ya que las computadoras y el software son mejores de los que nunca han existido (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2008).

La Simulación es una de las herramientas más importantes y más interdisciplinarias. El usuario define la estructura del sistema que quiere simular. Una corrida del programa de simulación correspondiente le dice cuál será el comportamiento dinámico de su empresa o de la máquina que está diseñando. Así podemos ver los pronósticos para la demanda y utilidad de nuestro producto, o ver cuando un mecanismo pueda fallar en las condiciones adversas del ambiente donde funcionará.

Cabe mencionar la creciente importancia de la simulación en la investigación de operaciones y en sus aplicaciones industriales, en los países altamente desarrollados la simulación es una herramienta principal de los procesos de toma de decisiones, en el manejo de empresas y la planeación de la producción.

Los modelos a simular se convierten en la plataforma mínima a desarrollar sustentablemente, al disminuir el riesgo, adelantarse a la competencia, pero sobre todo se justifica al maximizar los recursos con un cliente satisfecho en los niveles de calidad y servicio. Un Modelo puede simular el comportamiento financiero, mide el impacto de las decisiones operativas que se reflejan en la tasa de retorno de la inversión, predice el efecto de una decisión en el largo plazo, el azar tiene cabida en función de efectos externos de un evento fuera de control de la empresa (Olivas, 2011).

Tipos de Simulación

a. Simulación basada en el avance del tiempo:

✓ *Simulación Estática*

El avance del tiempo no se considera en la simulación estática; es decir es la representación del sistema en un instante específico del tiempo. A menudo involucra muestras aleatorias para generar reportes estadísticos.

✓ *Simulación Dinámica*

Incluye el paso del tiempo. Un mecanismo de reloj mueve el avance del tiempo y el estado de las variables del sistema son actualizadas.

b. Simulación basada en el uso de las variables aleatorias:

✓ *Simulación Determinística*

Cuando los modelos tienen entradas y salidas (inputs y outputs) constantes. Estos son construidos de la misma manera que los probabilísticos o estocásticos, excepto que no poseen aleatoriedad.

✓ *Simulación Estocástica o probabilística*

Si los modelos se basan en una o más variables de entrada, cuya naturaleza es aleatoria. Un modelo estocástico tiene entradas aleatorias, entonces puede producir salidas aleatorias.

c. Simulación basada en la continuidad de la ocurrencia de los eventos:

✓ *Simulación Discreta*

Es aquella en la que los eventos se dan en puntos discretos de tiempo, con lo cual se actualizan los valores de las variables de estado del modelo en dichos puntos.

✓ *Simulación Continua*

Es aquella en la que las variables de estado del modelo cambian continuamente respecto al tiempo (Torres, 2010).

2.1.4. Simulación de Sistemas

Es el proceso de diseñar un modelo lógico-matemático de un sistema real y reproducir sus condiciones, su comportamiento operacional y dinámico, para estudiarlo y probarlo, con el objetivo de lograr mayor grado de conocimiento en la toma de decisiones.

La simulación evalúa con precisión el desempeño de un sistema por complejo que este sea. Es evaluadora y no generadora de soluciones, es decir que no produce una solución óptima, sino, por el contrario, es una herramienta de evaluación que nos orienta hacia la mejor solución. La simulación genera un escenario virtual en el que los cambios nos cuestan como en la realidad. Permite validar si se está tomando la mejor decisión o no (Torres, 2010).

La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas del mundo real mediante la evaluación numérica al usar un software diseñado para imitar las operaciones o características del sistema, a menudo en el transcurso del tiempo. Desde un punto de vista práctico, la simulación es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado de un sistema real o propuesto con la finalidad de llevar a cabo experimentos numéricos que den un mejor entendimiento del comportamiento de dicho sistema en un conjunto de

condiciones. Aunque se puede usar para estudiar sistemas sencillos, el poder real de esta técnica surge cuando se usa para estudiar sistemas complejos.

Mientras que la simulación quizá no sea la única herramienta a usar para estudiar el modelo, con frecuencia es el método elegido. La razón es que el modelo de simulación puede permitirse una gran complejidad si se necesita para representar al sistema con exactitud, e incluso seguir haciendo el análisis de la simulación. Otros métodos llegan a requerir suposiciones de simplificación mucho más robustas acerca del sistema, para permitir un análisis, lo cual puede cuestionar la validez del modelo (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2008).

El modelamiento y la simulación consiste en el trabajo con el computador y más específicamente en el trabajo con o el desarrollo de software para, justamente, modelar y simular. En general modelamos o simulamos con tres finalidades:

- Cuando buscamos comprender y explicar procesos fundamentales.
- Cuando queremos que un fenómeno o sistema se comporte como deseamos o desearíamos.
- Cuando queremos lograr ver emergencias, dinámicas, procesos, elementos y demás que no logramos ver o comprender, es decir;

justamente, por fuera de la simulación y el modelamiento (Maldonado & Gómez, 2012).

2.1.5. La simulación de Procesos

La simulación de procesos es una de las más grandes herramientas en la actualidad, la cual se utiliza para representar un proceso mediante otro que lo hace mucho más simple y entendible (Torres, 2010).

2.1.6. Ventajas y Desventajas de la simulación

Como hemos visto hasta ahora, la simulación es una de las diversas herramientas con las que cuenta el analista para tomar decisiones y mejorar sus procesos. Sin embargo, se debe destacar que, como todas las demás opciones de que disponemos, la simulación presenta ventajas y desventajas que se precisa tomar en cuenta al decidir si es apta para resolver un problema determinado. Dentro de las ventajas más comunes que ofrece la simulación podemos citar las siguientes:

- a. Es muy buena herramienta para conocer el impacto de los cambios en los procesos, sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad.
- b. Mejora el conocimiento del proceso actual ya que permite que el analista vea cómo se comporta el modelo generado bajo diferentes escenarios.

- c. Puede utilizarse como medio de capacitación para la toma de decisiones.
- d. Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en los procesos reales.
- e. Permite probar varios escenarios en busca de las mejores condiciones de trabajo de los procesos que se simulan.
- f. En problemas de gran complejidad, la simulación permite generar una buena solución.
- g. En la actualidad los paquetes de software para simulación tienden a ser más sencillos, lo que facilita su aplicación.
- h. Gracias a las herramientas de animación que forman parte de muchos de esos paquetes es posible ver como se comportara un proceso una vez que sea mejorado.

Estas son algunas de las desventajas que la simulación puede presentar:

- a. Aunque muchos paquetes de software permiten obtener el mejor escenario a partir de una a combinación de variaciones posibles, la simulación no es una herramienta de optimización.
- b. La simulación puede ser costosa cuando se quiere emplearla en problemas relativamente sencillos de resolver, en lugar de utilizar soluciones analíticas que se han desarrollado de manera específica para este tipo de casos.

- c. Se requiere bastante tiempo, por lo general meses para realizar un buen estudio de simulación, por desgracia, no todos los analistas tienen la disposición de esperar ese tiempo para obtener una respuesta.
- d. Es preciso que el analista domine el uso del paquete de simulación y que tenga sólidos conocimientos de estadística para interpretar los resultados.
- e. En algunas ocasiones el cliente puede tener falsas expectativas de la herramienta de simulación, a tal grado que le asocia condiciones similares a un video juego o una bola de cristal que le permite predecir con exactitud el futuro.

2.1.7. Etapas de un Estudio de Simulación

La aplicación de la simulación a diferentes tipos de sistemas combinada con las diferentes clases de estudio que se pueden realizar conduce a una gran cantidad de variantes de la manera en que se puede realizar un estudio de simulación. Sin embargo hay determinados pasos básicos del proceso que pueden identificarse como los constituyentes de lo que denominaremos la tecnología de un estudio de simulación, y son los siguientes:

1. Definición del problema y planificación del estudio.
2. Recogida de datos.
3. Formulación del modelo matemático.
4. Construcción y verificación del programa para computador del modelo.

5. Ejecuciones de prueba del modelo.
6. Validación del modelo.
7. Diseño de los experimentos de simulación
8. Ejecución de los experimentos
9. Análisis de los resultados

El proceso no es, en general, secuencial, sino iterativo, en el que algunos de los pasos pueden tener que repetirse en función de los resultados intermedios tal como se muestra en la figura N° 1.

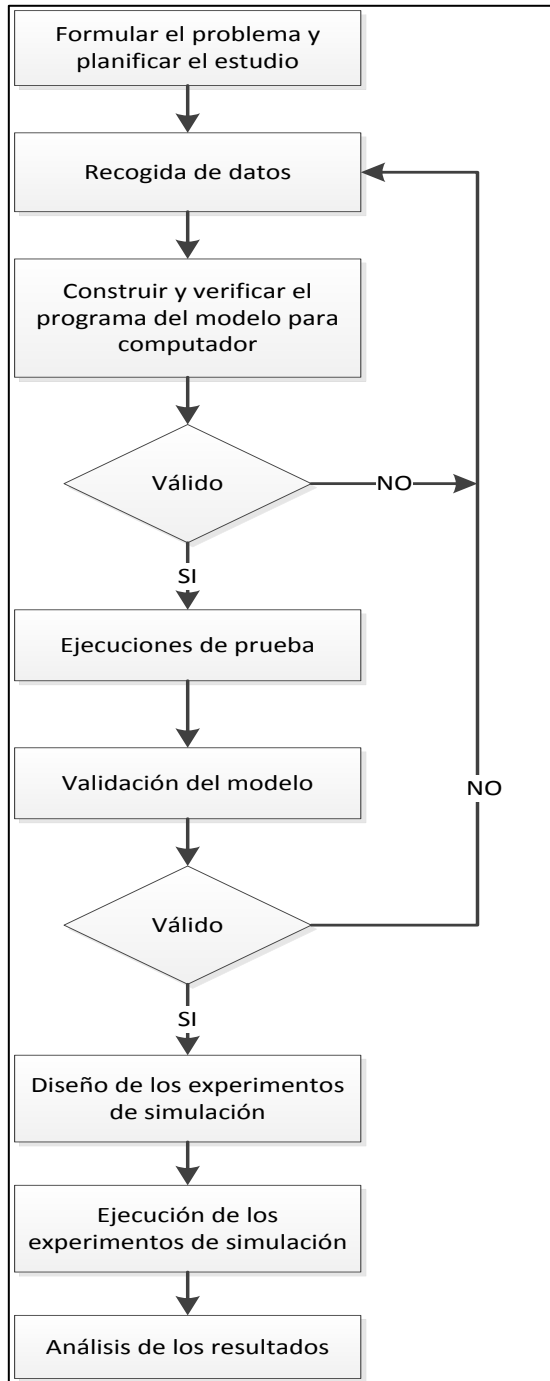


Figura N° 1: Etapas de un Estudio de Simulación

Fuente: Barceló(1996)

Ningún estudio de simulación puede llevarse a cabo sin establecer claramente una definición precisa del problema que se pretende resolver y los objetivos del estudio. Los diseños alternativos del sistema que se han de estudiar han de quedar claramente especificados, así como los criterios para evaluar dichos diseños, criterios que servirán de base al proceso de toma de decisiones para elegir uno de los diseños. Para la formulación del modelo debe establecerse su estructura definiendo cuales son los aspectos del funcionamiento del sistema que son significativos para la resolución del problema que tenemos entre manos, y que datos son necesarios para recoger y proporcionar al modelo la información adecuada.

La construcción del modelo de simulación es en muchos casos más un arte que una ciencia, que combina aspectos matemáticos y lógicos. En general la experiencia recomienda empezar con modelos moderadamente detallados que paulatinamente se van haciendo más sofisticados. El modelo únicamente debe contener el nivel de detalle requerido por los objetivos del estudio. Dado un modelo matemático la construcción del programa para computador es el requisito imprescindible para poder manipular numéricamente el modelo para obtener las soluciones que respondan a las preguntas que el analista se formula sobre el sistema.

La validación del modelo es uno de los pasos cruciales del proceso, suele ser uno de los más difíciles, pero es un requisito indispensable para

establecer si el modelo representa o no adecuadamente el sistema objeto del estudio, de manera que se puedan garantizar las inducciones y extrapolaciones sobre el comportamiento del sistema a partir de lo observado sobre el modelo.

Diseñar los experimentos comporta, como hemos comentado anteriormente, aplicar rigurosamente las técnicas observacionales de la estadística, propias del método científico, que permitan garantizar la significación de las respuestas producidas por la ejecución del programa que implanta el modelo en el computador.

2.1.8. Software de Simulación Arena 10

El Software de Simulación Arena es una aplicación compatible con el sistema Operativo Windows, esto implica que permite trabajar con barras de herramientas, menús y ventanas.

Arena se presenta como una herramienta “Orientada al Proceso”, es decir permite la descripción de un sistema en contraposición con la orientación al evento de cada uno de ellos, y debe mantener un control del manejo de las entidades, variables, eventos, etc. En el software Arena se puede modelar procesos para definir, documentar e informar, simular la respuesta futura del sistema e identificar posibilidades de mejora al sistema real, visualizar las operaciones con gráficos dinámicos animados.

Dada la orientación al proceso, el desarrollo de modelos en el software de Simulación Arena se estructura sobre una base gráfica asociada a la construcción de diagramas de flujo, que describen la serie de pasos que debe seguir una entidad conforme avanza nuestro sistema (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2008).

Elementos de un modelo de Arena

- a. Entidades:** la mayoría de las simulaciones incluyen entidades que se mueven en el modelo, cambian de estado, afectan y son afectados por otras entidades y por el estado del sistema y afectan a las medidas de eficiencia.
- b. Atributos:** es una característica de todas las entidades, pero con un valor específico que puede diferir de una entidad a otra, además se utiliza para individualizar cada entidad. Arena hace un seguimiento de algunos atributos de manera automática, pero siempre es necesario definir, asignar valores, cambiar y usar atributos específicos en cada sistema ser simulado.
- c. Variables:** una variable es un fragmento de información que refleja alguna característica del sistema, se pueden tener diferentes variables en un modelo, pero cada una es única. Existen dos tipos de variables: las variables prefijadas de Arena (número de unidades en una cola, número de unidades ocupadas de un recurso, tiempo de simulación, etc.) y las

variables definibles por un usuario (número de unidades en el sistema, turno de trabajo, etc.).

- d. Recursos:** las entidades compiten por ser servidas por recursos que representan cosas como personal, equipo, espacio en un almacén de tamaño limitado, etc. Una o varias unidades de un recurso libre son asignadas a una entidad, y son liberadas cuando terminan su trabajo.
- e. Colas:** cuando una entidad no puede continuar su movimiento a través del modelo, a menudo porque necesita un recurso que está ocupado, necesita un espacio donde esperar que el recurso quede libre, esta es la función de las colas. En Arena cada cola tendrá un nombre y podría tener una capacidad para representar.
- f. Acumuladores de estadística:** para obtener las medidas de eficiencia finales, podría ser conveniente hacer un seguimiento de algunas variables intermedias en las que se calculan estadísticas.
- g. Eventos:** Un evento es algo que sucede en un instante determinado de tiempo en la simulación, que podría hacer cambiar los atributos, variables, o acumuladores de estadísticas.
- h. Reloj de la Simulación:** El valor del tiempo transcurrido, se almacena en una variable denominada Reloj de Simulación. Este reloj irá avanzando de evento en evento.

Pasos a seguir para simular en arena:

- Crear un modelo básico.
- Refinar el modelo.
- Simular el modelo.
- Obtener estadísticas.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Simulación de Montecarlo

La simulación de Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

Los orígenes de esta técnica están ligados al trabajo desarrollado por Stan Ulam y John Von Neumann a finales de los 40 en el laboratorio de Los Álamos, cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones. En años posteriores, la simulación de Montecarlo se ha venido aplicando a una infinidad de ámbitos como alternativa a los modelos matemáticos exactos o incluso como único medio de estimar soluciones para problemas complejos. Así, en la actualidad es posible encontrar modelos que hacen uso de la simulación de Montecarlo en las áreas informática, empresarial, económica, industrial e incluso social. En otras palabras, la simulación de Montecarlo está presente en todos aquellos ámbitos en los que el comportamiento aleatorio o probabilístico desempeña un papel fundamental, el nombre de

Montecarlo proviene de la famosa ciudad de Mónaco, donde abundan los casinos de juego y el azar, la probabilidad y el comportamiento aleatorio conforman todo un estilo de vida.

La simulación de Montecarlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (por lo general, cuando se trata de sistemas cuyo estado va cambiando con el paso del tiempo, se recurre bien a la simulación de eventos discretos o bien a la simulación de sistemas continuos) (Montenegro, 2011).

La clave de la simulación Montecarlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (*inputs* del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos *inputs* o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en:

- **Generar** con ayuda del ordenador muestras aleatorias para dichos *inputs*.
- **Analizar** el comportamiento del sistema ante los valores generados, tras repetir n veces este experimento, dispondremos de n observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual nos será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo, obviamente nuestro análisis será

tanto más preciso cuanto mayor sea el número n de experimentos que llevemos a cabo.

El método de Montecarlo, estima los índices de confiabilidad simulando el proceso y el comportamiento aleatorio del sistema, el método trata el problema como una serie de experimentos reales. La ventaja propia de este método radica en la factibilidad que ofrece de tener en cuenta teóricamente cada variable aleatoria, cada contingencia y la posibilidad de adoptar políticas de operación similar a las reales. La única desventaja puede llegar a ser el tiempo de computación usado, dependiendo de la capacidad computacional disponible y sus costos.

El procedimiento que se utiliza es modelación cronológica (modelación del sistema en el cual se tiene en cuenta la evolución temporal del mismo), dentro de la cual se encuentra la simulación de Montecarlo secuencial.

Se basa en la generación de múltiples cadenas de estados de período T (período de la simulación del estudio), por ejemplo series anuales, que representan la evolución del sistema a lo largo del tiempo y que son evaluadas posteriormente a objeto de obtener patrones e índices del sistema frente a los distintos requerimientos de sus clientes, considerando adicionalmente sus propias limitaciones e indisponibilidades (mínimos y máximos técnicos, fallas, mantenimientos programados, etc.).

Este método desplaza el momento de análisis al instante que algún componente del sistema cambie de estado, por lo que considera pasos de tiempo muy irregulares. El instante del próximo evento está determinado por el mínimo de los tiempos de cambio de estado de cada uno de los componentes del sistema (Garcés & Gómez, 2003).

2.2.2. Proceso

Un Proceso según la norma ISO 9000:2005 es un “Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados (Norma Internacional ISO 9000, 2005).

Los procesos se consideran actualmente como la base operativa de gran parte de las organizaciones y gradualmente se van convirtiendo en la base estructural de un número creciente de empresas (Zaratiegui, 1999).

Un proceso se podría definir como una serie de actividades lógicas relacionadas secuencialmente que toma un input de un suministrador, le añade valor y produce un output para el cliente. Un proceso generalmente integra más de una función dentro de la estructura organizativa y ello posee un impacto significativo en el curso de las funciones de la organización (Fullana & Urquía, 2009).

Un proceso es una competencia que tiene la organización, otra definición, que viene desde la aplicación del análisis, a través de observar los componentes se define proceso como un conjunto de actividades, interacciones y recursos con una finalidad común: transformar las entradas en salidas que agreguen valor a los clientes.

Modelar los procesos es tomar consciencia de lo que hacemos y cómo lo hacemos. Tiene que ver con detenerse, mirar y escuchar para reflexionar y actuar. No todos los modelos ayudan a comprender el proceso, algunos obstaculizan la visión si son muy complejos. El modelamiento visual de los procesos es la nueva propuesta de la teoría de modelos para lograr la participación de todas las personas de la organización (Bravo, 2011).

Un proceso se caracteriza por tener unas entradas de información y materiales (inputs) y unas salidas (outputs). Se realiza de forma secuencial y hay definidos unos responsables de cada actividad. Es recomendable hacer el estudio del proceso de forma simplificada para facilitar su estudio, pero con suficiente detalle para no dejar en el aire cuestiones significativas. Existen múltiples sistemas para realizar el análisis de un proceso. Uno de los más gráficos y de gran difusión es la realización de un diagrama de flujo, en los que se representa gráficamente cada una de las actividades de un proceso y se dibujan las relaciones entre ellas (CEEI, 2008).

Se puede definir un proceso como cualquier secuencia repetitiva de actividades que una o varias personas (intervinientes) desarrollan para hacer llegar una salida a un destinatario a partir de unos recursos que se utilizan (recursos amortizables que necesitan emplear los intervinientes) o bien se consumen (entradas al proceso). El proceso está constituido por actividades internas que de forma coordinada logran un valor apreciado por el destinatario del mismo.

El proceso tiene capacidad para transformar unas entradas en salidas, esta secuencia de actividades se puede esquematizar en la figura N° 2:

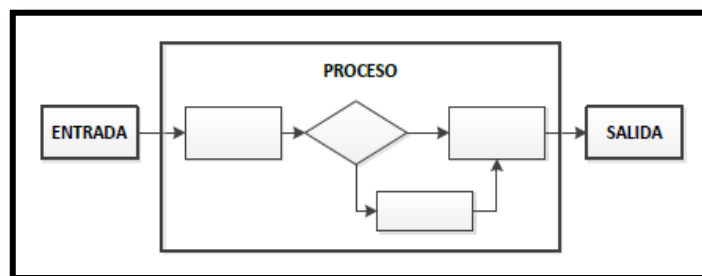


Figura N° 2: Vista de un Proceso

Fuente: Pérez (2007)

Para gestionar y mejorar un proceso es necesario, en primer lugar, describirlo adecuadamente, los elementos que van a permitir describir el proceso son:

- a. **Salida y Flujo de salida:** es una unidad de resultado producida por el proceso. Es lo que genera el proceso, debido al funcionamiento

constante y repetitivo del proceso el resultado se puede visualizar como un “flujo” constante.

- b. Destinatario del flujo de salida:** es la persona o conjunto de personas que reciben y valoran lo que les llega desde el proceso en forma de flujo de salida. Los destinatarios del proceso tienen un conjunto de expectativas respecto a las salidas que reciben del proceso anterior. Se pueden definir las expectativas como las creencias (afirmaciones que el destinatario da por ciertas) relacionadas con cómo debe ser lo que el proceso “le hace llegar”.
- c. Los intervinientes:** Son las personas o grupos de personas que desarrollan la secuencia de actividades del proceso.
- d. La secuencia de actividades:** Es la descripción de las acciones que tienen que realizar los intervinientes para conseguir que al destinatario le llegue lo que se pretende que llegue.
- e. Recursos utilizados en el proceso:** Son todos aquellos elementos materiales o de información que el proceso consume o necesita utilizar para poder generar la salida. Los recursos pueden clasificarse en dos grupos.
- f. Indicadores:** Son mediciones del funcionamiento de un proceso, los indicadores pueden ser de **eficacia**, cuando miden lo bien o lo mal que un proceso cumple con las expectativas de los destinatarios del mismo.

Los indicadores pueden ser de **eficiencia**, cuando miden el consumo de recursos del proceso. Los indicadores de eficacia y los de eficiencia, se pueden aplicar al funcionamiento global del proceso. Estos son los indicadores de resultados del proceso y permiten medir las variaciones habituales que se producen en el proceso y también las acciones de mejora. Además de estos indicadores globales, se pueden establecer dentro del proceso, otros indicadores auxiliares que miden la eficacia o la eficiencia del funcionamiento de una parte del proceso. La utilización simultánea de ambos tipos de indicadores, puede ser conveniente puesto que los indicadores globales dan información del funcionamiento global del proceso y los parciales dan información del funcionamiento de una parte del proceso además de contribuir a explicar el valor que toman los indicadores globales. Un indicador es siempre el resultado de un proceso de medición. Esto significa que es necesario recoger datos y por lo tanto emplear tiempo en hacerlo (Pérez, 2007).

III. DESARROLLO

3.1. Desarrollo del sistema

3.1.1. Descripción del sistema a simular

Como ya se ha mencionado anteriormente este trabajo de investigación tiene como objetivo simular el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA, el cual nos permita representar en el ordenador como es el funcionamiento real del proceso operativo.

El Depósito Franco Público de Régimen Simplificado de Mercancías en la ZOFRATACNA, recibe mercancía de sus usuarios, la cual después de haber cumplido con todo el proceso operativo, podrán retirar del recinto su mercancía para ser trasladada a la Zona Comercial de Tacna. El proceso empieza con la llegada de los usuarios al DFRSM, en donde en la ventanilla de recepción de documentos, personal encargado recibe el expediente presentado por los usuarios verificando la identidad del usuario o su representante, la factura original de las mercancías, Carta Porte o Guía Área o B/L y el Manifiesto Internacional de Carga, de no estar conforme la documentación presentada, se suspende el trámite y se informa al Jefe del Área de Régimen Simplificado a efectos de las acciones que correspondan. Personal de digitación procede a registrar la información del expediente

presentado por el usuario en el sistema informático de Régimen Simplificado de Mercancías, de acuerdo al Sistema de Codificación de mercancías, de no encontrar el registro de la mercancía en el catálogo, se procede a digitar el texto completo de la descripción de la mercancía consignada en la factura, cuando corresponda, se realizara la conversión de las unidades de medida, de acuerdo a las unidades de medida consideradas en el catálogo de mercancías, terminando de ingresar la información, se imprime el pre-ingreso correspondiente.

El personal de aforo asignado para el reconocimiento físico de las mercancías verificara la documentación del expediente presentado por el usuario, de estar conforme a las formalidades de ley y reglamentarias de la ZOFRATACNA, el aforador procederá a realizar el reconocimiento físico de mercancías al 100% de ítems, reconociendo en forma aleatoria la mercancía correspondiente a cada uno de estos, anotando en el pre-ingreso el resultado de lo reconocido físicamente. Terminado el reconocimiento físico de las mercancías y de estar conforme con la documentación presentada por el usuario y a las formalidades de ley, el aforador procede a sellar y firmar el pre-ingreso en señal de conformidad, derivando el expediente al personal de codificación.

Personal de codificación verifica la información consignada por el aforador, terminado el proceso de codificación, se traslada el expediente al

personal de valoración, el procede a verificar los valores de las mercancías declaradas por el usuario, realizando los ajustes cuando corresponda, de acuerdo a las normas de valoración y al procedimiento de valoración de las mercancías de ZOFRATACNA.

Personal de encargado del DFRSM realiza la verificación de la documentación, de ser conforme procede a validar el ingreso en el sistema informático, imprimiendo la Declaración Simplificada de Importación de ZOFRATACNA. La administración del DFRSM, visa y sella la Declaración correspondiente, verificando las conformidades del personal que intervino en el proceso de despacho de las mercancías. El usuario solicita al encargado de plataforma el Levante de la Mercancía para el retiro respectivo de la mercancía del recinto del Depósito Franco de régimen simplificado de mercancías hacia la Zona Comercial de Tacna.

3.1.2. Recolección de Datos

Se procedió a la recopilación de datos del Sistema de Información de Gerencia de Operaciones, comprendido en el I semestre del año 2013, entre los meses de enero a junio, dicha información nos muestra lo siguiente:

- Cantidad de atenciones realizadas a los usuarios del DFRSM.
- Los tiempos por cada servicio en la atención al usuario (Anexo N° 04).

a. Tamaño de la muestra:

Para determinar el cálculo del tamaño de la muestra de atenciones que se han realizado a los usuarios del DFRSM, se procedió a calcular la muestra de una población de 183003 atenciones, las cuales fueron realizadas desde enero a junio, obteniendo una muestra de 376 atenciones (Anexo N° 03).

b. Cálculo de distribución estadísticas:

Se realizó el cálculo de la media aritmética por cada servicio que forma parte del proceso operativo del DFRSM, se trabajó con los datos históricos obtenidos, con los tiempos de atención que brindan a los usuarios. A continuación se puede observar en la tabla N° 1 el valor de la media y la desviación estándar por cada servicio.

Tabla N° 1: Datos Estadísticos por cada servicio

N°	Servicio	Media	Desv. Estándar
1	Verificación de documentación	15,7	3,77
2	Digitación	51,1	6,97
3	Aforo	53,6	5,96
4	Codificación	56,4	5,66
5	Valoración	35,8	3,71
6	Impresión y verificación de documentación	20,9	5,42
7	Caja	14,22	3,00
8	Levante de mercancía	32,4	7,07

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Análisis de Datos

Un modelo de simulación es una abstracción del sistema real, para construir un modelo es necesario visualizar como es el sistema real, y conocer los datos históricos con los cuales se va a trabajar, así como también conocer el tipo de distribución de cada una de las variables y luego poder ser traducido en un modelo de simulación, utilizando los elementos abstractos y las herramientas que provee el software. El software Arena cuenta con una herramienta llamada Input Analyzer el cual nos permite ajustar los datos tomados a una distribución determinada. Se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal como la que mejor se ajusta a los datos para la llegada de los usuarios.

Se procederá analizar los tiempos obtenidos en los datos históricos. Para el análisis se utilizó el complemento Input Analyzer tomando en consideración el valor del p-value y el menor error al cuadrado.

a. Análisis de los tiempos de arribo

Se denomina tiempo de arribo a la frecuencia con la que llega un usuario al DFRSM. Al utilizar el Input Analyzer se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística exponencial como la que mejor se ajusta a los datos.

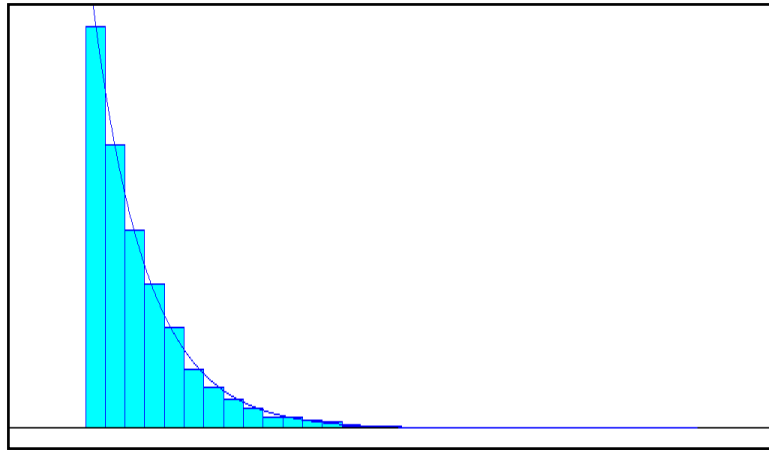


Figura N° 3: Histograma de intervalo de arribo de usuarios

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y Chi^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Exponential
Expression:	-0,001 + EXPO(4,86)
Square Error:	0.000144
Chi Square Test	
Number of intervals	= 12
Degrees of freedom	= 10
Test Statistic	= 3,26
Corresponding p-value	> 0,75
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0,017
Corresponding p-value	> 0,75
Data Summary	
Number of Data Points	= 1000
Min Data Value	= 0
Max Data Value	= 54,7
Sample Mean	= 4,86
Sample Std Dev	= 5,07
Histogram Summary	
Histogram Range	= -0,001 to 55
Number of Intervals	= 31

Figura N° 4: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05. Además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Erlang	0,000144
Exponential	0,000144
Gamma	0,000162
Beta	0,000281
Weibull	0,00117
Lognormal	0,00915
Normal	0,0526
Triangular	0,114
Uniform	0,148

Figura N° 5: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución Exponencial es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística Exponencial.

b. Análisis de los tiempos en verificación de documentación

Para el servicio de verificación de documentación de los usuarios en ventanilla, se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal como la que mejor se ajusta a los datos para atención del respectivo servicio.

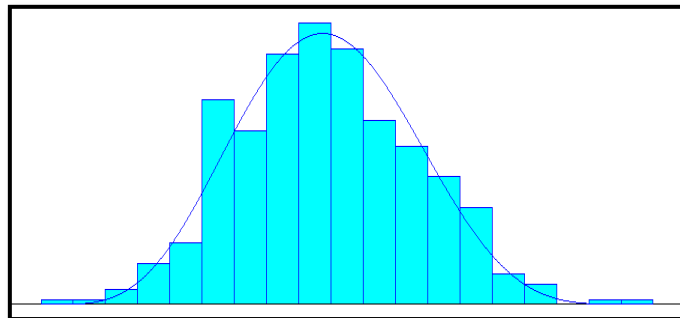


Figura N° 6: Histograma de verificación de documentación

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y χ^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	4+25*Beta(5,58;6,39)
Square Error:	0,000144
Chi Square Test	
Number of intervals	11
Degrees of freedom	8
Test Statistic	15
Corresponding p-value	0,0615
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	0,0417
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 4,77
Max Data Value	= 28,3
Sample Mean	= 15,7
Sample Std Dev	= 3,77
Histogram Summary	
Histogram Range	= 4 to 29
Number of Intervals	= 19

Figura N° 7: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05, además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Beta	0,0023
Normal	0,00251
Weibull	0,00251
Gamma	0,00286
Erlang	0,003
Lognormal	0,00536
Triangular	0,0106
Uniform	0,0478
Exponential	0,0685

Figura N° 8: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística Normal.

c. Análisis de los tiempos en digitación

Para el servicio de digitación, se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal como la que mejor se ajusta a los datos para la atención en el servicio de digitación.

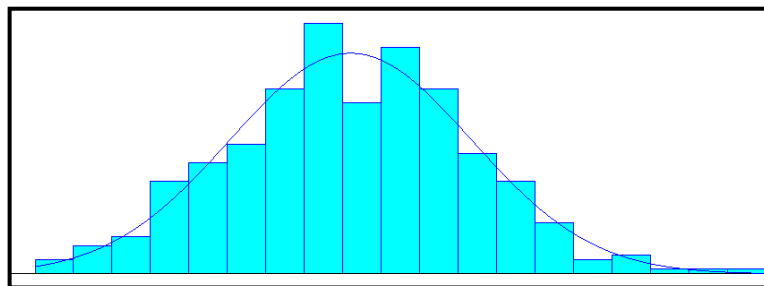


Figura N° 9: Histograma del servicio de digitación

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y Chi^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM(55,2 ; 13,9)
Square Error:	0,001918
Chi Square Test	
Number of intervals	= 13
Degrees of freedom	= 10
Test Statistic	= 8,01
Corresponding p-value	= 0,628
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0,0229
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 19,1
Max Data Value	= 103
Sample Mean	= 55,2
Sample Std Dev	= 13,9
Histogram Summary	
Histogram Range	= 19 to 103
Number of Intervals	= 19

Figura N° 10: Reporte del análisis de las pruebas de bondad

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05, además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Normal	0,00192
Weibull	0,00269
Beta	0,00297
Erlang	0,0073
Triangular	0,00746
Gamma	0,00767
Lognormal	0,0157
Uniform	0,0392
Exponential	0,0556

Figura N° 11: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística normal.

d. Análisis de los tiempos de aforo

Para el servicio de aforo, se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal como la que mejor se ajusta a los datos para la llegada de los usuarios.

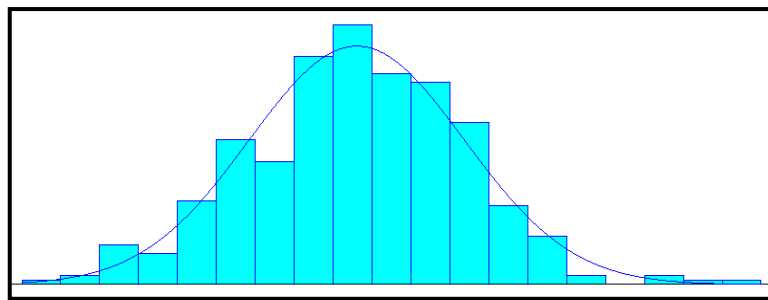


Figura N° 12: Histograma del servicio de aforo

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y Chi^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM (53,6 ; 5,97)
Square Error:	0,002208
Chi Square Test	
Number of intervals	= 11
Degrees of freedom	= 8
Test Statistic	= 7,6
Corresponding p-value	> 0,0477
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0,0283
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 35,6
Max Data Value	= 75,5
Sample Mean	= 53,6
Sample Std Dev	= 5,97
Histogram Summary	
Histogram Range	= 35 to 76
Number of Intervals	= 19

Figura N° 13: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05. Además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Normal	0,00221
Weibull	0,00253
Beta	0,00307
Erlang	0,00705
Gamma	0,00737
Lognormal	0,0129
Triangular	0,0136
Uniform	0,052
Exponential	0,0716

Figura N° 14: Reporte del análisis del error al cuadrado proporcionado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística normal.

e. Análisis de los tiempos de codificación

Para el servicio de codificación se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal como la que mejor se ajusta a los datos para la llegada de los usuarios.

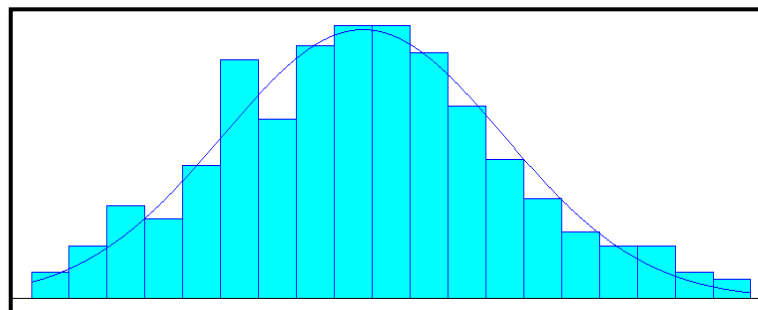


Figura N° 15: Histograma del servicio de codificación.

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y χ^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM (56,4 ; 5,66)
Square Error:	0,001363
Chi Square Test	
Number of intervals	= 14
Degrees of freedom	= 11
Test Statistic	= 12,2
Corresponding p-value	= 0,359
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	0,031
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 43,9
Max Data Value	= 71,5
Sample Mean	= 56,4
Sample Std Dev	= 5,67
Histogram Summary	
Histogram Range	= 43 to 72
Number of Intervals	= 19

Figura N° 16: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05. Además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Normal	0,00136
Weibull	0,00185
Triangular	0,00242
Beta	0,00254
Gamma	0,00493
Erlang	0,00544
Lognormal	0,0101
Uniform	0,0236
Exponential	0,0407

Figura N° 17: Reporte del análisis del error al cuadrado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística normal.

f. Análisis de los tiempos de valoración

Para el servicio de valoración, se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística de distribución como la que mejor se ajusta a los datos para la llegada de los usuarios.

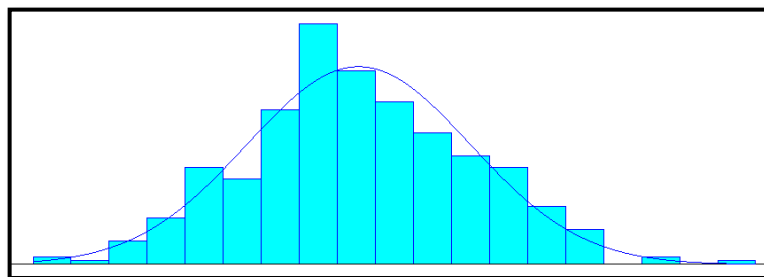


Figura N° 18: Histograma del servicio de valoración

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y χ^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM (35,8 ; 3,71)
Square Error:	0,003057
Chi Square Test	
Number of intervals	= 13
Degrees of freedom	= 10
Test Statistic	= 11,5
Corresponding p-value	= 0,333
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0,0487
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 25,6
Max Data Value	= 48,2
Sample Mean	= 35,8
Sample Std Dev	= 3,72
Histogram Summary	
Histogram Range	= 25 to 49
Number of Intervals	= 19

Figura N° 19: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05. Además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Normal	0,00306
Weibull	0,00315
Beta	0,00332
Erlang	0,00473
Gamma	0,00475
Lognormal	0,00875
Triangular	0,00965
Uniform	0,0455
Exponential	0,0647

Figura N° 20: Reporte del análisis del error al cuadrado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística normal.

g. Análisis de los tiempos de impresión y verificación de documentación

Para el servicio de impresión y verificación de documentación se atención de ventanilla, se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal como la que mejor se ajusta a los datos para la llegada de los usuarios.

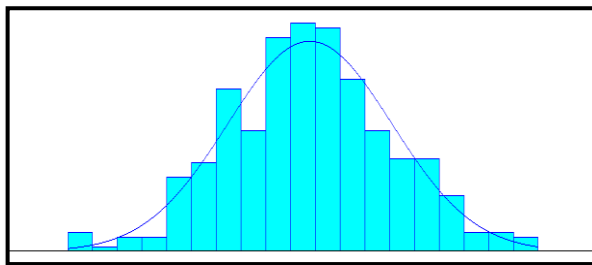


Figura N° 21: Histograma de tiempo de impresión y verificación

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y χ^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM (20,9 ; 5,42)
Square Error:	0,00228
Chi Square Test	
Number of intervals	= 14
Degrees of freedom	= 11
Test Statistic	= 10,5
Corresponding p-value	= 0,485
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0,0276
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 5,97
Max Data Value	= 35
Sample Mean	= 20,9
Sample Std Dev	= 5,42
Histogram Summary	
Histogram Range	= 5 to 36
Number of Intervals	= 19

Figura N°22: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05. Además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Normal	0,00228
Weibull	0,0026
Beta	0,00338
Erlang	0,00453
Gamma	0,00505
Triangular	0,00599
Lognormal	0,00979
Uniform	0,0351
Exponential	0,0579

Figura N°23: Reporte del análisis del error al cuadrado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística normal.

h. Análisis de los tiempos del servicio de caja

Para el servicio de caja, se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal con la que mejor se ajusta a los datos para el servicio que brinda a los usuarios.

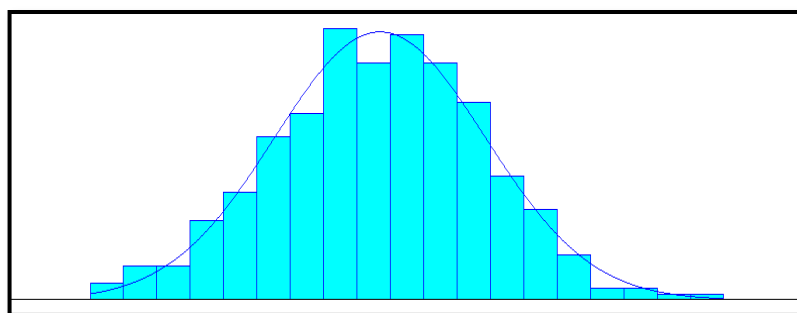


Figura N° 24: Histograma de tiempos del servicio de caja

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y χ^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM (14,2 ; 2,99)
Square Error:	0,000693
Chi Square Test	
Number of intervals	= 13
Degrees of freedom	= 10
Test Statistic	= 4,2
Corresponding p-value	> 0,75
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0,0365
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 6,32
Max Data Value	= 23,6
Sample Mean	= 14,2
Sample Std Dev	= 3
Histogram Summary	
Histogram Range	= 6 to 24
Number of Intervals	= 19

Figura N° 25: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05, además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Normal	0,000693
Beta	0,00109
Weibull	0,00113
Erlang	0,00517
Gamma	0,0057
Triangular	0,00639
Lognormal	0,0116
Uniform	0,0368
Exponential	0,0552

Figura N° 26: Reporte del análisis del error al cuadrado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística normal.

i. Análisis de los tiempos de levante de mercancía

Para el servicio de levante de mercancía se genera un histograma como el que se muestra a continuación que sugiere la distribución probabilística normal como la que mejor se ajusta a los datos.

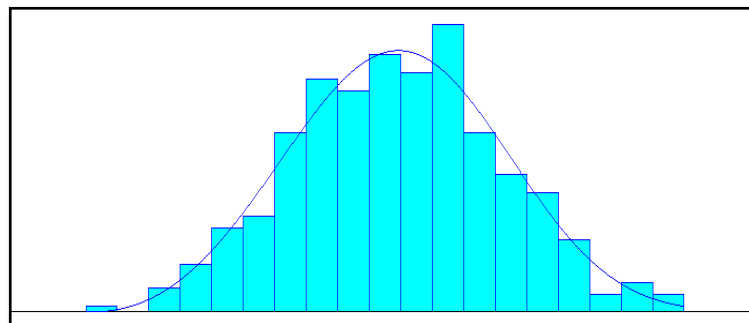


Figura N° 27: Histograma de intervalo de levante de mercancía

Fuente: Input Analyzer.

Para estar seguros de que este es el mejor ajuste se tiene que analizar los resultados con las pruebas de bondad de ajuste. Por tratarse de una muestra grande (datos mayores a 90) el análisis se realiza con las pruebas de KS y χ^2 . Para esto se debe tener la certeza que los valores del p-value sean mayores a 0,05.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORMA (23,8 ; 3,32)
Square Error:	0,001251
Chi Square Test	
Number of intervals	= 14
Degrees of freedom	= 11
Test Statistic	= 4,83
Corresponding p-value	= 0,15
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0,0487
Corresponding p-value	> 0,15
Data Summary	
Number of Data Points	= 376
Min Data Value	= 11,7
Max Data Value	= 51
Sample Mean	= 32,4
Sample Std Dev	= 7,07
Histogram Summary	
Histogram Range	= 11 to 52
Number of Intervals	= 19

Figura N° 28: Reporte del análisis de las pruebas de bondad ajuste

Fuente: Input Analyzer.

Como se observa ambos valores están lejos de acercarse a 0,05. Además de este análisis se tiene que corroborar que la distribución sugerida tenga el menor error al cuadrado.

Function	Sq Error
Normal	0,00125
Weibull	0,00136
Beta	0,00159
Erlang	0,00321
Gamma	0,00333
Traingular	0,00455
Lognormal	0,00642
Uniform	0,0329
Exponential	0,0563

Figura N° 29: Reporte del análisis del error al cuadrado

Fuente: Input Analyzer.

Entonces se puede observar que la distribución normal es la que tiene el menor error al cuadrado, por lo tanto queda demostrado que los datos se comportarán según la distribución probabilística normal.

3.1.4. Identificación de entidades, recursos, atributos y variables de estado

Entidades

En este sistema las entidades vienen a ser los usuarios del DFRSM quienes tienen que hacer el proceso, dicho proceso está comprendido por ocho servicios los cuales se realizan en forma de sucesión y para cada uno de estos existe un tiempo de espera para su respectiva atención.

Recursos

Los ocho servicios que comprenden el proceso del DFRSM vienen a ser los recursos. Para el modelamiento se han denominado a los recursos de la siguiente manera:

1. Llegada de los usuarios
2. Verificación de documentación del usuario
3. Digitación
4. Aforo
5. Codificación
6. Valoración
7. Impresión y verificación de documentación
8. Levante de mercancía

Atributos

Los usuarios, es decir las entidades tienen como atributo el tiempo de llegada expresado en minutos. Para este caso los usuarios tienen un tiempo de llegada que sigue una distribución de probabilidad exponencial con una media de 5 minutos entre llegadas.

Variables de estado

Las variables de estado describen el estatus del sistema en cualquier instante del tiempo, para este caso vienen a ser:

- Número actual de clientes en cola
- Tiempo actual de clientes en cola
- Numero promedio actual de clientes en el sistema
- Tiempo promedio actual de clientes en el sistema

3.1.5. Consideración para elaborar el modelo

Para realizar el modelo se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se simula 376 veces de acuerdo al tamaño de la muestra
- Se considera que no existen fallas ni inconvenientes en los servicios

3.1.6. Diseño y desarrollo del modelo

El simulador inicia con la llegada de los clientes al DFRSM, conjuntamente se procederá a inicializar las variables y contadores propuestos. Se genera la llegada de los usuarios, y se procederá a verificar si el servicio está activo para la atención al usuario, si este está disponible el usuario inmediatamente recibirá la atención respectiva, en caso contrario el usuario pasara a formar la cola de espera, inmediatamente se genera la llegada del siguiente usuario al sistema para su respectiva atención. A continuación en la figura N° 29 se aprecia el diagrama de flujo respectivo del modelo:

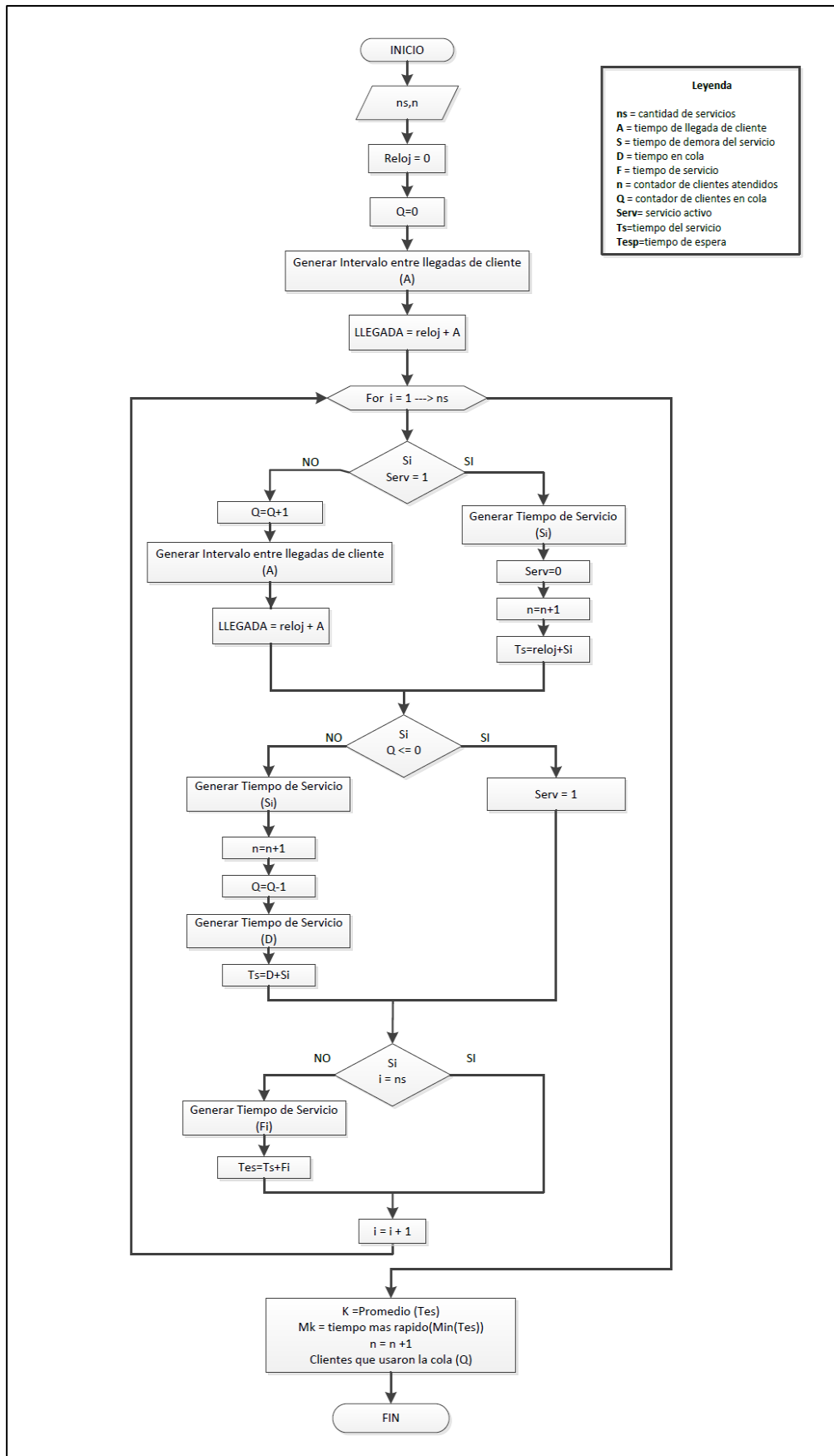


Figura N° 30: Diagrama de Flujo del Proceso Operativo

Fuente: Elaboración Propia

- **Diseño del modelo**

Para el diseño y desarrollo del modelo se ha usado el software de simulación Arena v10 (Versión estudiante).

A continuación se visualiza en la figura la lógica del modelo:

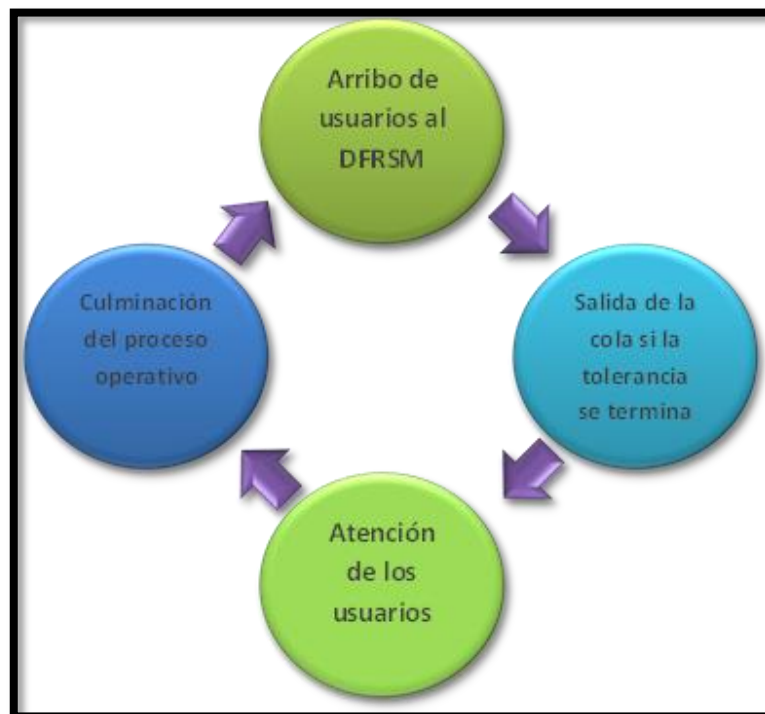


Figura N° 31: Número por Ciclo del proceso del DFRSM

Fuente: Elaboración propia

Para cada una de las etapas se ha desarrollado una secuencia de bloques. Así como se explicaran en detalle a continuación.

a. Simulación del arribo de usuarios al DFRSM

Para simular la llegada de los usuarios al DFRSM se hace uso del bloque **Create (Arribos)** donde se ingresa el tiempo entre llegadas y el máximo número de usuarios que ingresaran al proceso, también se hará uso del bloque **Assign (Incrementa)** el cual nos permite asignar el atributo Cuenta para que cargue y descargue el número actual de usuarios en el sistema, también se hará uso de otro bloque **Assign (Hora de llegada)** el cual permite asignar el atributo Hora de llegada para determinar el tiempo promedio de permanencia en el sistema de los usuarios y el atributo Tolerancia donde se ingresa el tiempo de tolerancia a la cola. Tal como se muestra en la siguiente figura.

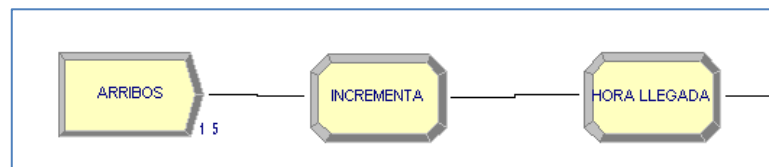


Figura N° 32: Arribo de usuarios al DFRSM

Fuente: Elaboración Propia

Para cada bloque es necesario llenar los campos como se especifican en la siguiente tabla:

Tabla N° 2: Campo de los bloques de la simulación del arribo de usuarios.

BLOQUE	CAMPO / ATRIBUTO	VALOR
CREATE	Name	Arribos
	Entity type	Clientes
	Type	Random(expo)
	Value	5
	Units	Minutes
	Max arrivals	376
ASSIGN	Name	Incrementa
	Type	Variable
	Variable name	Cuenta
	New value	Cuenta + 1
ASSIGN	Name	Hora llegada
	Type	Attribute
	Attribute name	Hora llegada
	New value	Tnow
	Type	Attribute
	Attribute name	Tolerancia
	New value	Unif(60,120)

Fuente: Elaboración Propia

Simulación de la salida de la cola si la tolerancia se termina

Para simular la salida de la cola si la tolerancia se termina se hace uso del bloque Separate (Duplica) para que el usuario decida si debe o no salir de la cola, también se hará uso del bloque Delay (Espera Max) donde se ingresa el máximo de tolerancia, también se hará uso del bloque Search (Buscar 1) así como del bloque Remove (Sacar Clte 1) estos bloques son para remover un usuario de la cola y q no complete el proceso, también se necesitaran 3 bloques Disposes para salir del proceso. Tal como se muestra en la siguiente figura.

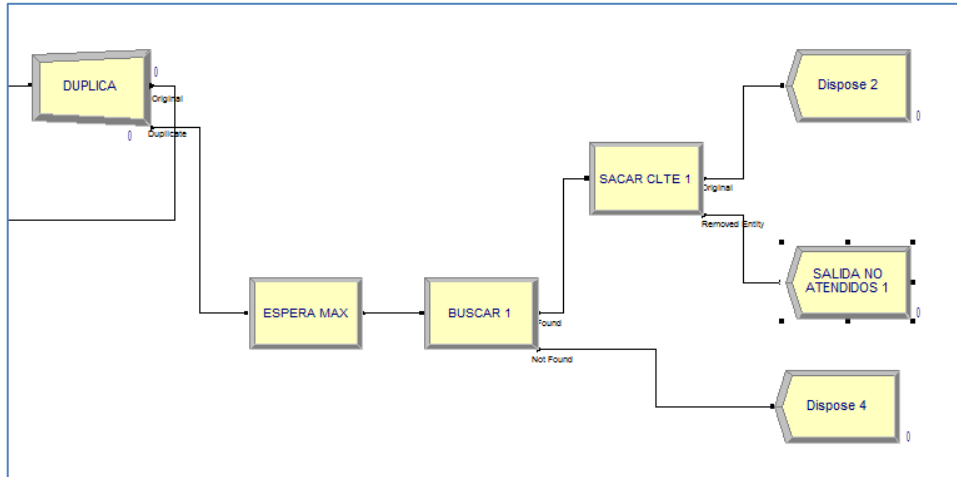


Figura N° 33: Salida de usuarios de la cola de espera

Fuente: Elaboración Propia

Para cada bloque es necesario llenar los campos como se especifican en la siguiente tabla N° 3:

Tabla N° 3: Campo de los bloques de la simulación de salida de usuarios

BLOQUE	CAMPO / ATRIBUTO	VALOR
SEPARATE	Name	Duplica
	Type	Duplicate original
	Percent cost to dupl.	50
	# Of duplicates	1
DELAY	Name	Espera max
	Delay time	Tolerancia
	Units	Minutes
SEARCH	Name	Buscar 1
	Type	Search a queue
	Queue name	Servicio 1.queue
	Starting value	1
	Ending value	Nq
	Search condition	Tnow - hora llegada >= tolerancia
REMOVE	Name	Sacar clte 1
	Queue name	Servicio 1.queue
	Rank of entity	J
DISPOSE	Name	Dispose
DISPOSE	Name	Salida no atendidos 1
DISPOSE	Name	Dispose

Fuente: Elaboración propia

Simulación de la atención de los usuarios

Para simular la atención de los usuarios se hace uso del bloque Process (Servicio1) para simular el proceso de atención por el servicio 1, a continuación sigue otro bloque Process (Servicio2) para simular el proceso de atención por el servicio 2, a continuación sigue otro bloque Process (Servicio3) para simular el proceso de atención por el servicio 3, a continuación sigue otro bloque Process (Servicio4) para simular el proceso de atención por el servicio 4, a continuación sigue otro bloque Process (Servicio5) para simular el proceso de atención por el servicio 5, a continuación sigue otro bloque Process (Servicio6) para simular el proceso de atención por el servicio 6, a continuación sigue otro bloque Process (Servicio7) para simular el proceso de atención por el servicio 7, a continuación sigue otro bloque Process (Servicio8) para simular el proceso de atención por el servicio 8. Tal como se muestra en la siguiente figura:

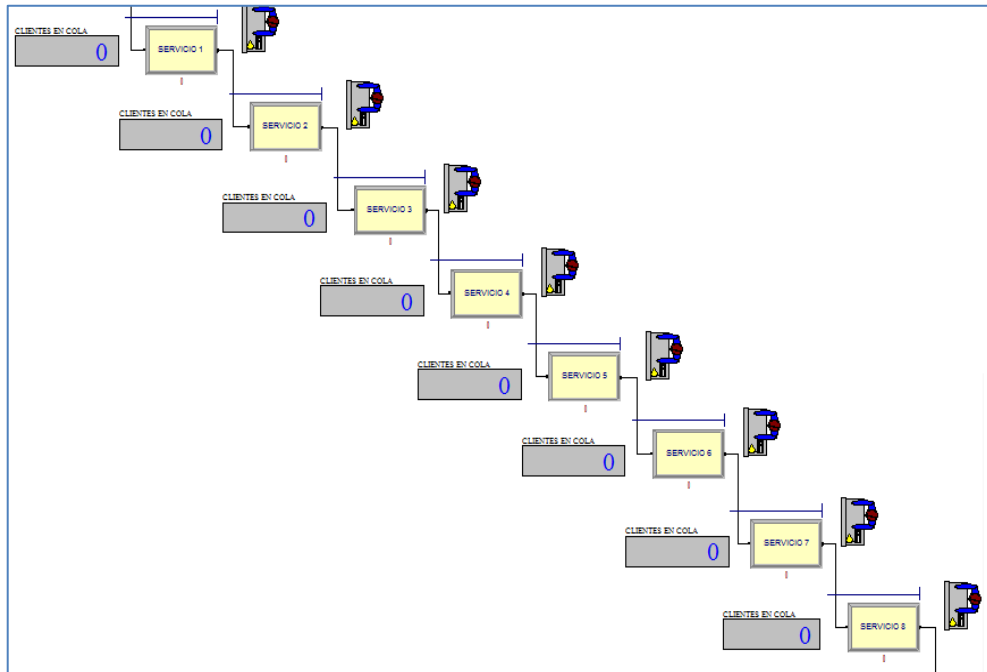


Figura N° 34: Simulación de atención de los servicios a los usuarios.

Fuente: Elaboración Propia

Para cada bloque es necesario llenar los campos como se especifican en la siguiente tabla:

Tabla N° 4: Campo de los bloques de la simulación de atención a los usuarios

BLOQUE	CAMPO / ATRIBUTO	VALOR
PROCESS	Name	Servicio 1
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal
	Units	Minutes
	Value (mean)	15,68
	Std dev	3,77
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 1
	Quantity	1
PROCESS	Name	Servicio 2
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal

	Units	Minutes
	Value (mean)	55,24
	Std dev	13,94
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 2
	Quantity	1
	Name	Servicio 3
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal
	Units	Minutes
PROCESS	Value (mean)	53,55
	Std dev	5,97
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 3
	Quantity	1
	Name	Servicio 4
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal
	Units	Minutes
PROCESS	Value (mean)	56,36
	Std dev	5,67
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 4
	Quantity	1
	Name	Servicio 5
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal
	Units	Minutes
PROCESS	Value (mean)	35,80
	Std dev	3,72
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 5
	Quantity	1
	Name	Servicio 6
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal
	Units	Minutes
PROCESS	Value (mean)	20,93
	Std dev	5,42
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 6
	Quantity	1

PROCESS	Name	Servicio 7
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal
	Units	Minutes
	Value (mean)	14,92
	Std dev	3,00
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 7
	Quantity	1
PROCESS	Name	Servicio 8
	Action	Seize delay release
	Delay type	Normal
	Units	Minutes
	Value (mean)	32,41
	Std dev	7,07
	Type	Resource
	Resource name	Empleado 8
	Quantity	1

Fuente: Elaboración propia

Simulación de la culminación del proceso operativo

Para simular la culminación del proceso operativo se hace uso del bloque Assign (Decrementa) para descargar el número actual de clientes en el sistema. También se hace uso del bloque Record (Tiempo en sistema) para que guarde el tiempo total del usuario en el sistema. También se hace uso de otro bloque Record (Intervalo Entre Salidas) para que guarde el tiempo de intervalo entre salidas, también se hace uso de otro bloque Record (Contar) que servirá para contar los usuarios en cola, también se usa el bloque Dispose (Salida de Atendidos) para finalizar el proceso. Tal como se muestra en la siguiente figura.

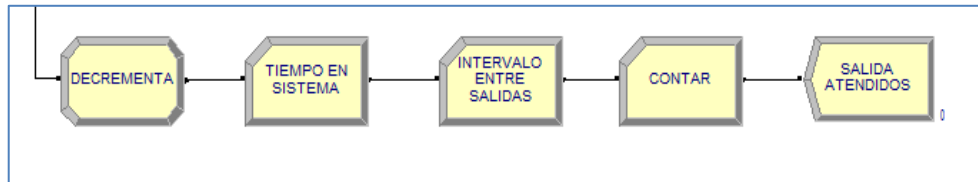


Figura N° 35: Culminación del proceso operativo.

Fuente: Elaboración Propia

Para cada bloque es necesario llenar los campos como se especifican en la siguiente tabla N° 5:

Tabla N° 5: Campo de los bloques de la simulación de la culminación del proceso operativo

BLOQUE	CAMPO / ATRIBUTO	VALOR
ASSIGN	Name	Decrementa
	Type	Variable
	Variable Name	Cuenta
	New Value	Cuenta -1
RECORD	Name	Tiempo En Sistema
	Type	Time Interval
	Attribute Name	Hora Llegada
	Tally Name	Tiempo En Sistema
RECORD	Name	Intervalo Entre Salidas
	Type	Time Between
	Tally Name	Intervalo Entre Salidas
RECORD	Name	Contar
	Type	Count
	Value	Entity.Waittime > 1
	Counter Name	Clientes En Cola
DISPOSE	Name	Salida Atendidos

Fuente: Elaboración Propia

3.1.7. Verificación del modelo

Luego de haber programado cada uno de los bloques se procede a la primera corrida del software. En esta etapa de verificación corroboramos que el flujo de las entidades sea el mismo flujo que realizan en la vida real.

Entonces se aprecia que nuestra entidad (usuario) recorre cada una de las etapas secuencialmente. Primero arriba al DFRSM, luego se incrementa el número de entidades en el sistema, se guarda la hora de llegada de la entidad, y pasa a recorrer todos los servicios, desde el servicio uno hasta el servicio ocho, una vez terminado de realizar este proceso, se guarda el tiempo en el sistema, el intervalo de tiempo entre salidas y se cuenta los clientes en cola. Con lo que concluimos que se ha verificado nuestro modelo y la lógica que sigue es la adecuada.

3.1.8. Validación del modelo

Los resultados que arroje el modelo en la primera corrida deben ser similares al sistema real. En esta etapa se contrasta lo simulado con lo real., dichos resultados se podrán observar en el capítulo de resultados.

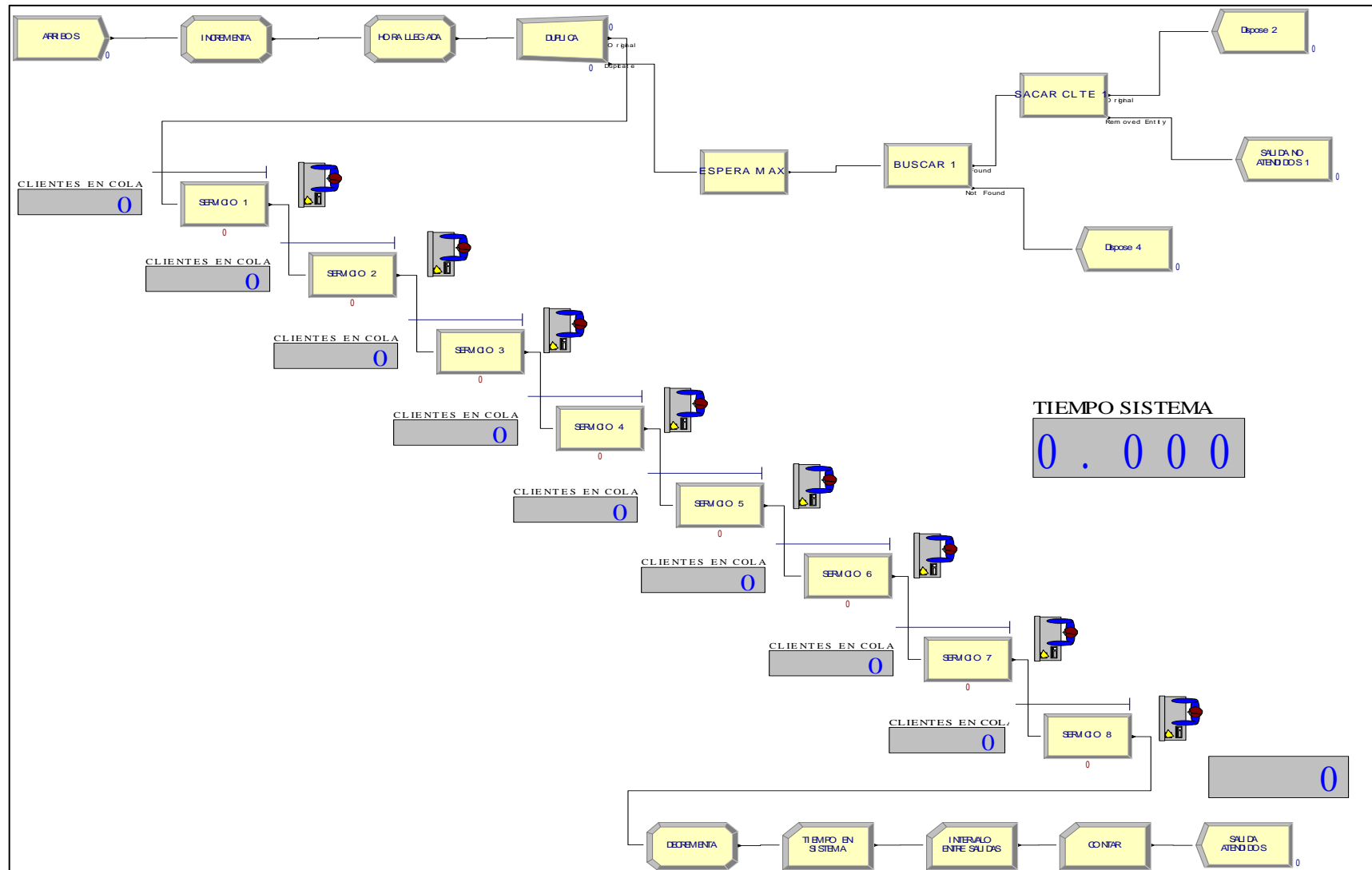


Figura N° 36: Modelo del Proceso Operativo del DFRSM – en el software Arena

Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De los datos históricos, los cuales nos muestran los tiempos de atención por cada servicio que forma parte del proceso operativo, y trabajando con el número de la muestra se procedió a calcular la media y la desviación estándar por cada servicio, con la finalidad de poder utilizar dichos valores en la construcción del modelo de simulación, para el cual se requería conocer la distribución de probabilidad por cada servicio. En la tabla N°6 se puede observar los datos estadísticos de la media y la desviación estándar de los datos reales del sistema en estudio.

Tabla N° 6: Datos Estadísticos del Proceso Operativo del DFRSM

N°	Servicio	Media (min)	Desviación Estándar(min)
1	Verificación y registro de documentación	15,68	3,77
2	Digitación	55,24	13,94
3	Aforo	53,55	5,97
4	Codificación	56,36	5,67
5	Valoración	35,80	3,72
6	Verificación de información e impresión	20,93	5,42
7	Caja	14,22	3,00
8	Levante de mercancía	32,41	7,07

Fuente: Elaboración Propia

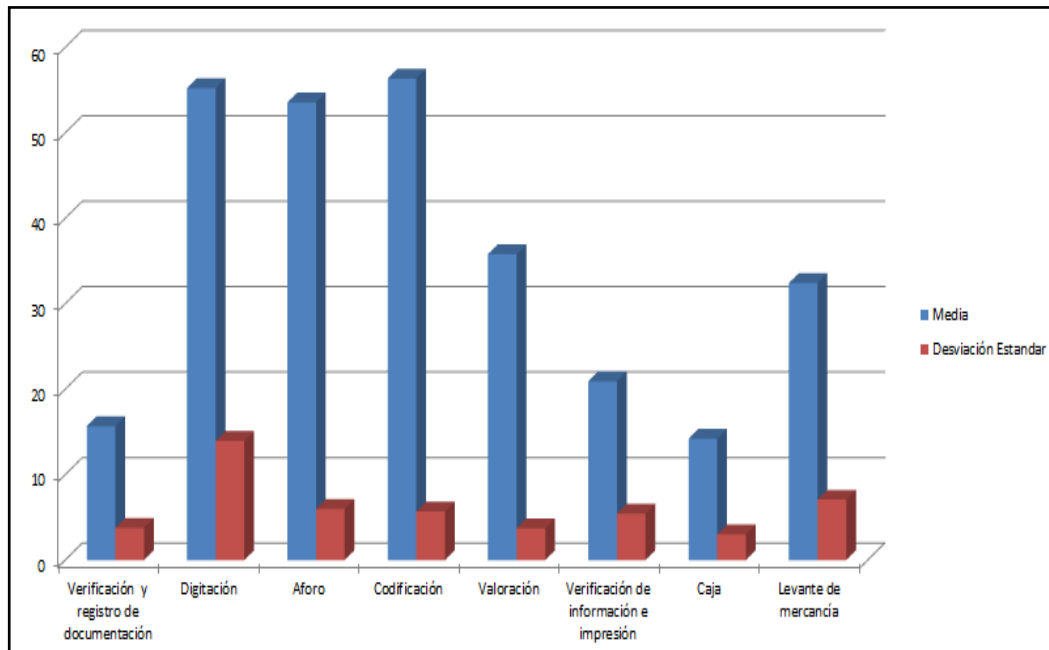


Figura N° 37: Representación de los datos estadísticos del proceso operativo del DFRSM

Fuente: Elaboración Propia

Análisis e interpretación de la figura N° 37:

Se puede apreciar la representación gráfica de los valores obtenidos de la media y desviación estándar por cada servicio que forma parte del proceso operativo del DFRSM.

Tabla N° 7: Datos Estadísticos obtenidos de la Simulación

N°	Servicio	Tiempo Promedio (min)	Desviación Estándar(min)
1	Verificación y registro de documentación	15,58	3,75
2	Digitación	55,66	14,35
3	Aforo	53,67	6,07
4	Codificación	56,29	5,61
5	Valoración	35,78	3,65
6	Verificación de información e impresión	20,89	5,29
7	Caja	14,23	2,99
8	Levante de mercancía	32,37	7,13

Fuente: Elaboración Propia

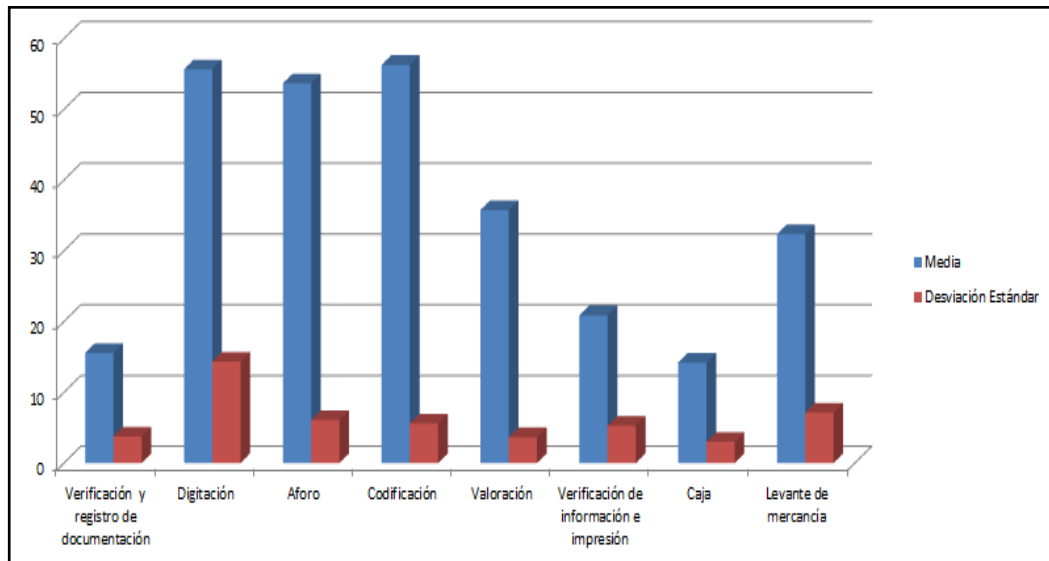


Figura N° 38: Representación de los datos estadísticos simulados del proceso operativo –DFRSM

Figura: Elaboración Propia

Análisis e interpretación de la figura N° 38:

Elaborado el modelo de simulación del proceso operativo y después de haber realizado 376 corridas correspondientes en la simulación de sistemas, se puede obtener los valores de los tiempos de promedio en minutos por cada servicio de atención realizada así como también conocer la desviación estándar de cada servicio, lo mencionado lo podemos observar en la tabla N° 7.

Además se puede apreciar la representación gráfica de los valores obtenidos mediante la simulación, del tiempo promedio en minutos así como también la desviación estándar por cada servicio del proceso operativo.

Tabla N° 8: Comparación de Resultados reales y simulados

N°	Servicio	Resultados Reales	Resultados Simulados
1	Verificación y registro de documentación	15,68	15,58
2	Digitación	55,24	55,66
3	Aforo	53,55	53,67
4	Codificación	56,36	56,29
5	Valoración	35,80	35,78
6	Verificación de información e impresión	20,93	20,89
7	Caja	14,22	14,23
8	Levante de mercancía	32,41	32,37

Fuente: Elaboración Propia

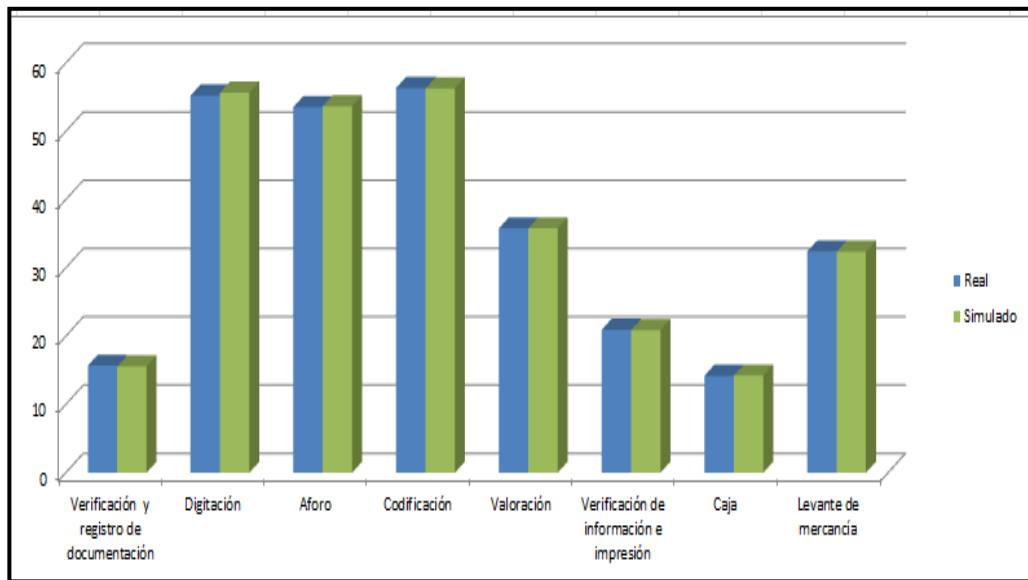


Figura N° 39: Representación de los resultados reales y simulados.

Fuente: Elaboración Propia

Análisis e interpretación de la figura N° 39:

Para la validación del modelo de simulación, se necesita realizar la validación de los resultados obtenidos mediante los datos generados por las corridas realizadas en la simulación, los cuales serán comparados con los datos históricos obtenidos del Sistema Integral de la Gerencia de Operaciones, en la tabla N° 8 se aprecia los datos obtenidos del sistema real así como los datos obtenidos mediante las corridas realizadas en la simulación.

Como se observa en la figura N° 39 los tiempos promedios de atención por cada servicio, tanto en los resultados reales como simulados no difieren,

en su defecto lo hacen por décimas como se aprecia en la tabla N° 8, lo cual muestra un resultado positivo a la hora de realizar la validación del modelo de simulación.

Tabla N° 9: Tiempo promedio de espera por servicio (Simulados)

N°	Servicio	Promedio de Tiempo por servicio (min)
1	Verificación y registro de documentación	15,58
2	Digitación	55,66
3	Aforo	53,67
4	Codificación	56,29
5	Valoración	35,78
6	Verificación de información e impresión	20,89
7	Caja	14,23
8	Levante de mercancía	32,37

Fuente: Elaboración Propia

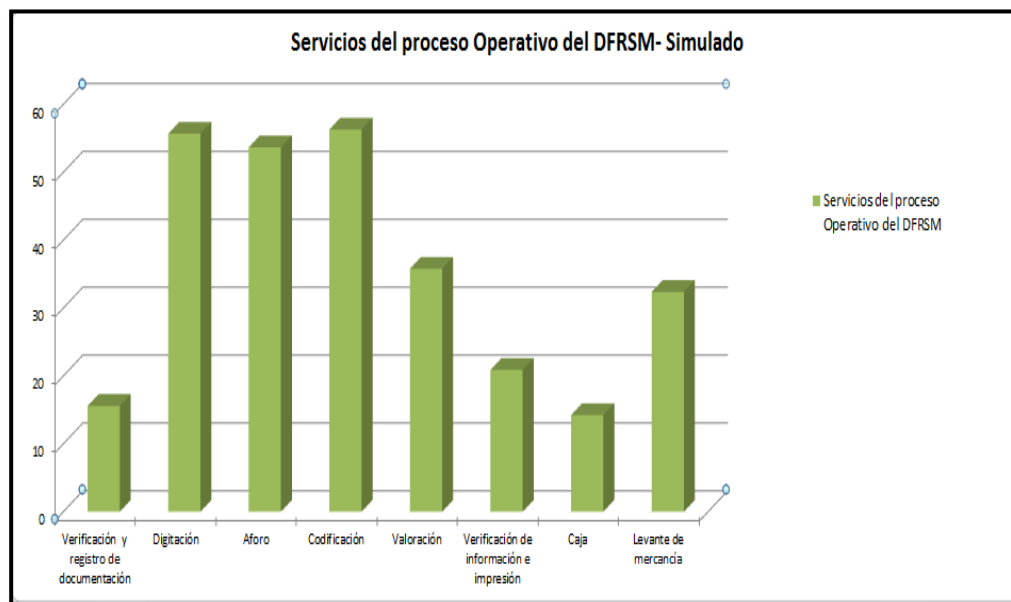


Figura N° 40: Tiempos promedio de servicio

Fuente: Elaboración Propia

Análisis e interpretación de la figura N° 40:

En la figura N° 40 se aprecia los tiempos promedios de servicio expresados en minutos, en el servicio de Verificación y registro de documentación el tiempo máximo de demora es de 15,58; Digitación es de 55,66; Aforo de 53,67; Codificación de 56,29; Valoración de 35,78; Verificación de información e impresión de 20,89; Caja de 14,23 y Levante de mercancía de 32,37. Donde los que obtuvieron mayor tiempo de servicio según la figura N° 40 fueron los servicios de: digitación, aforo y codificación.

Tabla N° 10: Tiempos de espera por cada servicio

N°	Servicio	Tiempo de espera (min)
1	Verificación de documentación	10,32
2	Digitación	21,07
3	Aforo	18,65
4	Codificación	30,55
5	Valoración	16,81
6	Verificación e impresión	12,11
7	Caja	6,92
8	Levante de mercancía	12,04

Fuente: Elaboración propia.

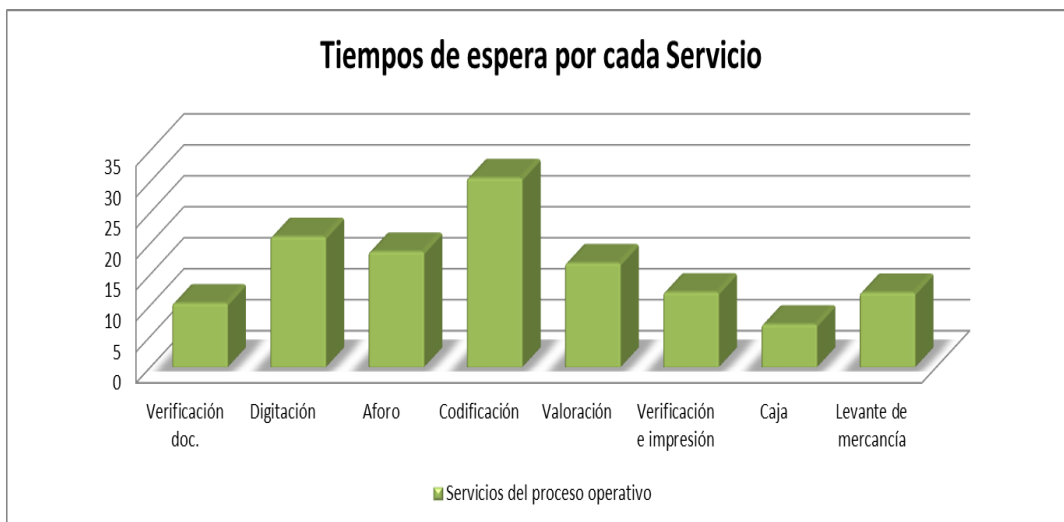


Figura N° 41: Tiempos de espera por cada servicio.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación de la figura N° 41:

En la figura N°41 se aprecia los tiempos promedios de espera por cada servicio expresados en minutos, en el servicio de Verificación y registro de documentación el tiempo máximo de demora es de 10,32, Digitación es de 21,07; Aforo de 18,65, Codificación de 30,55, Valoración de 16,81, Verificación de información e impresión de 12,11, Caja de 6,92 y Levante de mercancía de 12,04. Donde los que obtuvieron mayor tiempo de espera según la figura N°41 fueron los servicios de: digitación, aforo y codificación.

Tabla N° 11: Duración total del proceso operativo de las 376 corridas de simulación

N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)
1	288,89	36	265,12	71	381,45	106	271,35
2	336,70	37	330,78	72	456,41	107	295,10
3	387,97	38	267,71	73	481,90	108	335,55
4	288,24	39	358,55	74	306,65	109	360,24
5	333,45	40	400,66	75	347,57	110	279,93
6	373,69	41	280,73	76	281,88	111	338,06
7	283,53	42	351,37	77	340,91	112	247,70
8	316,21	43	408,30	78	412,49	113	316,73
9	405,70	44	283,61	79	268,79	114	363,87
10	451,02	45	262,50	80	312,75	115	313,56
11	505,09	46	295,15	81	305,71	116	366,84
12	296,03	47	246,37	82	362,28	117	287,39
13	350,37	48	304,26	83	289,38	118	361,42
14	288,68	49	363,54	84	320,89	119	420,19
15	367,17	50	273,45	85	289,30	120	477,07
16	433,55	51	242,46	86	364,90	121	297,33
17	280,40	52	336,02	87	404,02	122	350,13
18	273,59	53	401,38	88	457,86	123	381,01
19	335,65	54	438,84	89	286,62	124	282,62
20	404,80	55	316,43	90	283,94	125	265,40
21	283,49	56	364,67	91	354,20	126	296,80
22	318,11	57	403,41	92	390,79	127	331,68
23	336,67	58	233,26	93	414,36	128	393,62
24	255,70	59	335,08	94	298,66	129	418,21
25	345,55	60	385,38	95	280,45	130	284,86
26	397,45	61	410,92	96	337,02	131	323,16
27	450,97	62	295,28	97	408,17	132	265,25
28	296,60	63	324,52	98	431,23	133	332,06
29	339,29	64	317,79	99	308,91	134	264,71
30	302,12	65	365,21	100	277,54	135	296,94
31	344,42	66	320,85	101	312,67	136	289,25
32	249,71	67	346,84	102	254,92	137	348,05
33	309,42	68	393,59	103	317,03	138	289,02
34	359,61	69	289,49	104	281,57	139	347,01
35	295,22	70	313,94	105	323,91	140	259,96

N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)
141	402,16	141	374,27	176	368,27	197	287,90
142	460,05	142	302,93	177	279,03	198	342,33
143	288,08	143	342,92	178	325,09	199	377,79
144	344,71	144	309,23	179	385,06	200	263,24
145	363,24	145	360,43	180	424,72	201	350,99
146	398,67	146	394,27	181	487,65	202	274,72
147	282,90	147	321,54	182	282,10	203	283,24
148	336,58	148	296,81	183	342,37	204	319,03
149	396,37	149	334,23	184	275,38	205	372,27
150	298,25	150	373,05	185	351,12	206	442,97
151	332,41	151	295,33	186	405,94	207	251,36
152	268,48	152	351,40	187	303,97	208	301,26
153	348,08	153	387,12	188	334,42	209	276,36
154	283,07	154	449,49	189	292,59	210	342,61
155	351,37	155	279,28	190	338,43	211	394,01
156	263,69	156	334,53	191	248,32	212	260,42
157	366,53	157	379,99	192	307,60	213	293,40
158	415,58	158	281,86	193	276,15	214	321,29
159	472,68	159	367,57	194	330,67	215	339,86
160	534,56	160	414,94	195	396,63	216	392,23
161	281,14	161	446,19	196	441,00	217	460,07
162	367,00	253	285,14	197	409,23	267	335,90
163	323,36	254	343,12	198	397,81	268	394,72
164	309,02	255	287,72	199	269,54	269	293,78
165	275,56	256	347,38	200	319,80	270	359,02
166	348,91	257	394,90	201	390,15	271	384,49
167	388,57	258	305,57	202	286,86	272	465,77
168	272,93	259	364,35	203	328,88	273	507,74
169	311,17	260	417,90	204	408,88	274	299,39
170	381,96	261	460,95	205	298,06	275	342,32
171	292,13	262	293,38	206	355,89	276	315,16
172	279,52	263	320,61	207	296,09	277	347,93
173	236,90	264	302,91	208	336,99	278	290,77
174	296,84	265	356,36	209	320,85	279	354,07
175	335,52	266	313,02	210	360,73	280	313,37

N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)	N° Simul.	Duración total (min)
281	275,70	309	287,52	337	338,10	363	357,90
282	340,98	310	320,42	338	299,43	364	288,97
283	403,99	311	266,87	339	356,46	365	326,91
284	476,42	312	357,90	340	389,85	366	276,58
285	298,68	313	288,25	341	277,11	367	352,74
286	356,10	314	341,57	342	343,60	368	244,38
287	282,73	315	390,90	343	366,41	369	293,64
288	348,30	316	284,05	344	277,53	370	375,52
289	397,88	317	352,41	345	335,74	371	270,96
290	451,83	318	278,97	346	395,09	372	330,79
291	509,29	319	340,91	347	429,81	373	322,08
292	294,83	320	275,43	348	261,42	374	266,15
293	365,52	321	357,94	349	361,46	375	284,04
294	293,03	322	427,06	350	242,80	376	338,28
295	321,18	323	308,22	351	321,42		
296	281,00	324	332,19	352	271,76		
297	329,42	325	368,29	353	342,92		
298	384,73	326	320,69	354	271,17		
299	268,40	327	271,24	355	328,03		
300	346,56	328	314,79	356	259,97		
301	362,82	329	413,79	357	318,25	Total	331,92
302	263,49	330	455,33	358	293,70	promedio	min
303	288,81	331	485,68	359	342,51		
304	323,96	332	273,82	360	386,51		
305	344,24	333	332,27	361	253,13		
306	286,99	334	381,76	362	303,67		
307	328,29	335	442,56	363	357,90		
308	405,09	336	277,00	364	288,97		

Fuente Software de simulación ARENA.

Análisis e interpretación de la tabla N° 11:

Se realizaron las 376 corridas obteniendo una duración total del proceso para cada número de simulación realizada, obteniéndose que el promedio de duración del proceso es de 331,92 minutos

A continuación se expone una tabla con los tiempos promedios obtenidos del proceso operativo del DFRSM.

Tabla N° 12: Tabla Resumen de tiempos promedios del proceso operativo

Descripción	Valores
Media	331,92
Desv. Estándar	54,31
Valor Máximo	586,59
Valor Mínimo	223,15
Nivel de Significancia (95%)	0,05
Amplitud de intervalo de confianza	3,37
IC 95% para promedio esperado	328,56 - 331,92 - 335,29

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se logró simular satisfactoriamente el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA, utilizando el método de Montecarlo, permitiendo conocer los tiempos de atención por cada servicio y los tiempos de espera, los cuales forman parte del proceso operativo.
- Se logró emplear el método de Montecarlo para nuestro sistema utilizando datos cuantitativos, mediante variables aleatorias, que permitieron simular el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías.
- Se logró construir el modelo de simulación para el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías, el cual debido a la similitud de los datos reales y simulados se concluye que el modelo de simulación elaborado es un instrumento confiable que nos proporciona información semejante a la realidad de este.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda elaborar un modelo de simulación sobre el mejoramiento del proceso operativo actual que se viene ejecutando en el Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA.
- Se recomienda mejorar la atención que se brinda a los usuarios de la Zona Comercial de Tacna, con relación al tiempo que se emplea para la atención de todo el proceso operativo.
- Se recomienda un estudio detallado sobre los servicios que forman parte del proceso operativo actual, para poder así conocer que servicios son los que presentan deficiencias y demoras en la atención al usuario y simular el nuevo proceso con los cambios respectivos para poder simular y ver los resultados que se pueden obtener a favor del servicio que brinda a los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Norma Internacional ISO 9000. (2005). *ISO 9000:2005*. SUIZA: ISO.
- Alvarado, I. (2010). *Simulación y Control de Procesos con Programación Gráfica*. Kansas State University.
- Arias, L., Portilla, L., & Fernández, S. (2010). *Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación*. *Scientia et Technica*, 3(46), 56-61.
- Arrache, R. (2005). *El uso de simuladores para la mejora rápida y continua de las organizaciones productivas*,. México.
- Azofeifa, C. (2004). *Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel*. *Tecnología en Marcha*, 17(1), 97.
- Barceló, J. (1996). *Simulación de Sitemas Discretos*. España: Publicaciones de Ingeniería de Sistemas.
- Barrera, V. & Ramírez, Á. (2010). *Aplicación de simulación Monte Carlo en un sistema de Inventarios Dinámicos*.
- Bohórquez, P. (2009). *Simulación de Líneas de Producción y servicios mediante el uso de Python-Simpy*. Venezuela: Universidad de los Andes Mérida.
- Bravo, J. (2011). *Gestión de Procesos*. Santiago de Chile: Evolución S.A.
- CEEI. (2008). *Reingeniería de Procesos*. Valencia: IMPIVA.
- Cortes, G., Carrillo, W., & Silva, A. (2011). *La Simulación como herramienta en la toma de decisiones en las organizaciones*. México: Universidad Autónoma de Coahuila.
- Eppen, G., & Gould, F. (1987). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. Prentice-Hall Hispanoamericana SA.
- Escobar, D. (2008-2009). *Simulación del servio de trolebus*. Quito, Ecuador.
- Fullana, C., & Urquía, E. (2009). *Los modelos de simulación:Una Herramienta multidisciplinar de Investigación*. *Encuentros multidisciplinares*, 37.

- Garcés, L., & Gómez, O. (2003). *Análisis de confiabilidad del sistema de transmisión regional*.
- García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con promodel*. México: PEARSON.
- Gordon, G. (1989). *Simulación de Sistemas*. DF, México: Diana.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw -Hill.
- Kelton, D., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2008). *Simulación con software Arena*. México: Mc Graw - Hill Interamericana.
- López, C. (2005). *Uso de la Simulación como estrategia de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje en las universidades*.
- Lopez, M. & Domínguez, C. (2008). *Simulación digital*. México.
- Maldonado, C. & Gómez, N. (2012). *Modelamiento y Simulación de sistemas complejos*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Mancilla, A. (2011). *Simulación Herramienta para el estudio de sistemas reales*. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, 6, 104-112.
- Meza, J. (Agosto de 2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de Simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Montenegro, R. (2011). *Diseño e implementación de un sistema de inventarios, aplicando simulación montecarlo, en una empresa de servicios petroleros*. Quito, Ecuador.
- Muñoz, D. (2009). *“Aplicación de simulación discreta para un sistema de logística militar basado en casos históricos*.”.
- Olivas, N. (2011). *La importancia de la simulación de procesos en la industria*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería-UNI-R.U.A.C.S.
- Paz, N. (2006). *“Sistema de Simulación del funcionamiento y uso de Transformadores de Distribución Eléctrica”*.

- Pérez, J. (2007). *Gestión por Procesos*. ESIC Editorial.
- Périsse, M. & Pepe, M. (2006). *Una Aplicación del Método de Monte Carlo en el Análisis de Riesgos de Proyectos*. *Técnica Administrativa*, 5(28), 5.
- Piera, M., Guasch, T., Casanovas, J., & Ramos, J. (2006). *Cómo mejorar la logística de su empresa mediante simulación*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Ramírez, V. & Ramírez, Á. (2010). *Aplicación de Simulación Monte Carlo en un sistema de Inventarios Dinámicos*.
- Shannon, R. (1992). *Simulación de Sistemas, diseño, desarrollo e implementación*. México: Trillas.
- Taha, H. (2004). *Investigación de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Tarifa, E. (2001). *Teoría de Modelos y Simulación*. Facultad de Ingenierías, Universidad de Jujuy, 1.
- Thierauf, R. (1976). *Toma de decisiones por medio de Investigación de operaciones*. México: Limusa.
- Torres, P. (2010). *Simulación de sistemas con el software Arena*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.
- Urquía, A. (2008). *Simulación*. Madrid: Departamento de Informática y Automática.
- Vanalle, R., Lucato, W., & Vieira, M. (2012). *Uso de la Simulación Monte Carlo para la Toma de Decisiones en una Línea de Montaje de una Fábrica*. *SCIELO*, 33-44.
- Vazquez, V. (2010). *El rol de la simulación en los procesos*.
- Zaratiegui, J. (2006). *La gestión por procesos. su papel e importancia en la empresa*, págs. 81-88.

Referencias bibliográficas web

Gestión de la Calidad. (2009). Recuperado el 01 de AGOSTO de 2013, de <http://www.gestión-calidad.com/gestión-procesos.html>

Emprendística. (2013). Recuperado el 02 de AGOSTO de 2013, de <http://www.emprendística.com/es/index.php/component/content/article/15-notas/55-la-simulación-de-monte-carlo>

Palisaden Corporation. (2013). *PALISADE*. Recuperado el 03 de AGOSTO de 2013, de http://www.palisade-lta.com/risk/simulación_monte_carlo.asp

Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá. (s.f.). *Dirección Nacional de Innovación Académica*. Recuperado el 30 de JULIO de 2013, de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/economicas/2008551/lecciones/cap2-4-1.htm>

ANEXOS

ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	<p>VARIABLE 1: Simulación de Montecarlo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de la información • Confiabilidad • Replicabilidad <p>VARIABLE 2: Proceso Operativo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efectividad del servicio • Eficiencia • Eficacia
<p>¿Cómo es la Simulación de Montecarlo y el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA?</p>	<p>Simular el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA, utilizando el método de Montecarlo.</p>	
PROBLEMA DERIVADO 1:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1:	
<p>¿Cómo es la Simulación de Montecarlo para el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA?</p>	<p>Emplear el método de Montecarlo para simular el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA.</p>	
PROBLEMA DERIVADO 2:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2:	
<p>¿Cómo es el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA?</p>	<p>Construir el modelo de simulación para el proceso operativo del Depósito Franco de Régimen Simplificado de Mercancías de ZOFRATACNA.</p>	

ANEXO 02
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
VARIABLE N° 1:			
Simulación de Montecarlo	La simulación de Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.	Datos generados en cada corrida de simulación, confiabilidad de la información generada.	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de la información • Confiabilidad • Replicabilidad
VARIABLE N° 2:			
Proceso Operativo	Son procesos que permiten generar el producto/servicio que se entrega al cliente, por lo que inciden directamente en la satisfacción del cliente final	Número de usuarios atendidos, los cuales esperan para su atención un tiempo determinado por cada servicio que forma parte el proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad del servicio • Eficiencia • Eficacia

ANEXO 03

TAMAÑO DE LA MUESTRA

La fórmula para hallar la muestra de la población es:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{E^2 (N-1) + Z^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Dónde:

- ✓ n: Representa el tamaño de muestra
- ✓ Z: Representa el nivel de confianza
- ✓ E: Constituye el error de muestreo.
- ✓ p: Es la probabilidad a favor
- ✓ q: es la probabilidad en contra
- ✓ N: Es el tamaño total de la población.

Sustituyendo los valores se tiene lo siguiente:

- ✓ n = ?
- ✓ N = 18303
- ✓ p = 50% = 0,50
- ✓ q = 50% = 0,50
- ✓ E = 5% = 0,05
- ✓ Z = 1,96

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5 \times 18303}{0,05^2 (18303 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

$$n = 376$$

La muestra a trabajar es de 376 atenciones realizadas a los usuarios de la Zona Comercial de Tacna.

ANEXO 04: TIEMPOS DE LOS SERVICIOS DEL PROCESO OPERATIVO DEL DFRSM

N° DE ATENCION	ARRIBO	SERVICIO 01	SERVICIO 02	SERVICIO 03	SERVICIO 04	SERVICIO 05	SERVICIO 06	SERVICIO 07	SERVICIO 08
		VER DOC- USUARIOS	DIGITACIÓN	AFORO	CODIFICA- CIÓN	VALORA- CIÓN	IMPR.Y VERF.	CAJA	LEVANTE DE MERC.
1	1,76	19,99	36,89	46,92	70,41	34,41	27,81	14,60	23,56
2	39,61	11,24	29,88	44,85	51,59	40,19	20,05	20,72	29,59
3	7,69	18,03	50,38	57,04	55,15	32,86	21,41	17,10	20,90
4	10,24	15,22	53,63	59,38	60,58	39,57	18,18	11,85	39,39
5	5,68	19,66	67,41	55,87	47,79	36,05	34,61	12,52	28,15
6	5,65	12,57	62,16	52,36	59,22	38,81	28,95	15,72	35,15
7	0,14	14,84	58,64	59,51	60,60	38,88	14,89	13,58	31,11
8	0,00	19,41	44,63	57,05	59,23	37,60	22,14	17,95	39,50
9	0,84	10,96	47,82	47,42	54,04	31,11	22,42	15,40	31,09
10	10,51	18,38	50,77	56,43	64,55	35,68	23,27	14,50	34,53
11	19,13	16,22	61,19	60,21	58,13	39,71	15,96	15,82	31,08
12	36,54	21,90	44,11	56,43	55,26	33,91	29,50	17,46	32,79
13	0,89	17,42	54,21	56,59	53,11	39,28	17,52	13,70	25,81
14	4,65	18,46	32,72	45,77	58,91	36,14	24,99	16,24	31,48
15	5,83	16,55	73,04	55,38	58,31	33,83	23,82	16,13	30,27
16	18,39	17,87	60,52	47,44	62,44	39,85	15,99	15,24	32,22
17	3,06	13,10	50,16	58,59	48,61	32,71	18,78	16,20	28,13
18	0,17	15,77	45,57	41,28	53,55	41,64	22,92	14,21	34,69
19	6,69	15,24	41,74	55,10	50,80	35,61	23,67	7,63	42,82
20	3,65	13,83	67,19	53,39	57,68	40,05	25,48	10,61	24,09

21	5,32	14,77	57,48	51,23	54,51	37,09	21,68	14,66	30,18
22	0,65	16,04	52,63	55,25	55,46	30,80	15,44	18,19	31,23
23	2,73	12,00	37,91	53,97	68,58	34,55	23,06	15,13	20,90
24	24,43	18,57	49,82	53,57	56,84	30,66	20,48	15,30	29,76
25	18,04	12,58	49,84	53,16	54,96	30,85	12,95	12,22	25,45
26	6,50	13,82	24,00	47,51	56,47	37,73	28,64	18,72	34,71
27	8,06	18,14	70,70	61,52	48,86	33,46	19,31	16,22	36,02
28	16,61	12,96	47,47	59,77	62,85	33,66	28,47	13,95	26,13
29	8,43	16,03	56,18	46,56	55,91	42,02	17,66	13,43	37,22
30	4,21	14,02	64,07	54,07	59,11	34,93	19,47	18,12	26,66
31	4,76	15,63	71,40	53,62	57,20	36,37	24,26	12,01	24,86
32	7,45	20,22	48,24	58,84	54,75	35,39	24,25	13,43	35,23
33	6,02	21,54	46,19	51,32	68,32	33,41	21,59	15,50	22,47
34	5,63	16,10	54,25	53,21	64,21	32,63	12,08	19,25	34,98
35	4,65	14,68	55,53	60,97	51,92	31,28	22,29	11,98	37,84
36	11,87	17,83	95,55	56,03	58,72	32,70	15,63	14,94	31,11
37	9,72	13,67	74,29	58,03	45,31	40,88	15,86	13,11	45,06
38	18,61	20,19	57,21	51,10	51,05	28,22	17,14	14,62	33,41
39	3,98	17,45	76,31	65,09	53,89	33,46	15,82	10,40	42,22
40	3,77	15,09	29,61	50,57	51,51	36,99	15,50	14,58	37,44
41	4,95	16,00	47,45	49,64	66,34	29,28	27,35	14,28	36,56
42	4,56	15,88	65,73	44,19	45,30	36,34	20,03	14,11	24,67
43	5,76	12,91	73,03	56,24	60,62	37,01	20,17	21,92	16,43
44	6,32	10,30	66,92	51,52	49,80	33,59	21,38	11,83	36,81
45	13,09	13,84	72,56	53,21	59,76	32,11	19,10	15,25	26,44

46	8,43	18,81	68,68	58,82	55,25	30,13	25,31	13,28	27,68
47	9,10	16,57	34,62	54,79	64,21	38,45	23,39	10,29	40,70
48	24,24	12,80	62,49	48,89	51,81	40,35	23,22	17,09	38,56
49	4,70	14,21	47,98	47,09	58,46	35,48	20,21	15,08	34,57
50	2,94	16,80	50,66	48,55	61,82	38,86	33,32	15,76	38,00
51	3,01	15,07	37,93	62,08	51,02	31,50	22,10	12,58	34,05
52	5,72	17,43	50,83	51,82	44,29	29,54	13,63	12,27	30,04
53	2,69	15,71	59,53	56,56	51,18	34,43	20,59	13,72	34,99
54	6,32	20,70	60,60	54,53	60,83	41,25	14,65	21,20	39,54
55	4,86	18,81	57,76	53,75	60,73	32,36	21,47	14,65	27,47
56	11,43	5,74	78,38	56,88	50,10	39,42	18,90	16,03	31,91
57	12,16	15,69	50,00	49,38	56,74	34,08	26,14	13,18	37,60
58	8,93	11,76	37,78	65,75	60,26	39,61	10,03	12,52	31,76
59	5,32	10,69	35,78	42,86	70,73	41,03	18,14	14,46	31,43
60	8,94	14,99	49,15	55,10	63,62	34,96	21,19	15,70	29,59
61	3,04	18,39	70,98	54,45	52,67	37,33	22,63	13,16	30,53
62	12,22	15,88	44,08	57,90	55,05	35,02	22,57	9,39	35,81
63	1,47	13,00	71,91	53,52	59,56	41,72	33,87	14,21	44,99
64	15,99	17,67	50,60	64,89	61,26	37,09	24,54	14,49	41,64
65	4,76	14,65	50,98	59,15	55,77	33,73	25,80	10,86	45,62
66	7,16	18,08	51,90	40,67	55,49	31,33	20,69	9,29	27,75
67	9,55	19,07	86,36	62,10	63,63	35,33	21,06	13,53	42,32
68	6,24	16,59	36,51	39,25	47,24	38,22	20,48	6,77	39,87
69	2,96	14,22	71,08	66,69	45,89	35,55	12,03	17,92	24,50
70	1,90	10,72	60,64	61,41	59,25	38,81	24,43	15,20	22,23

71	2,67	19,67	42,89	51,88	55,67	41,07	22,09	11,07	29,23
72	8,71	11,29	52,86	52,91	54,29	42,76	20,57	12,26	35,18
73	6,03	13,65	80,68	54,29	61,89	32,53	21,90	17,78	36,76
74	1,60	15,68	65,12	51,24	67,59	37,92	5,97	13,34	34,37
75	1,73	16,99	50,56	51,64	60,82	40,68	12,14	16,34	28,51
76	14,84	16,11	43,17	53,91	51,62	36,27	15,86	15,19	39,43
77	0,38	15,11	35,80	51,26	52,42	34,14	19,80	22,54	29,13
78	4,05	17,18	58,88	57,39	53,94	30,28	20,11	13,19	30,51
79	2,86	16,87	90,94	51,99	54,31	29,87	24,33	13,90	30,10
80	23,77	14,34	51,21	47,71	51,92	35,83	24,41	9,20	44,14
81	6,21	12,02	51,38	53,52	66,06	34,93	15,41	16,16	44,81
82	10,20	16,56	33,55	51,90	62,29	31,68	14,77	19,00	36,07
83	3,79	19,00	48,59	47,22	48,32	36,57	30,06	15,29	44,62
84	13,02	19,68	47,53	58,75	56,85	41,38	15,93	10,70	36,84
85	5,36	11,77	39,50	58,24	57,85	38,95	23,17	18,73	26,29
86	8,21	19,19	28,77	50,69	49,35	34,45	21,85	14,11	34,50
87	1,89	14,47	51,41	62,07	52,64	43,21	19,33	14,61	35,55
88	11,01	20,31	52,58	47,21	57,07	31,51	17,83	12,92	38,88
89	3,65	15,86	53,31	58,43	57,44	34,65	23,71	17,18	46,69
90	4,13	17,05	45,47	44,61	54,71	40,42	34,25	15,72	38,15
91	3,54	23,70	38,92	55,23	51,66	38,03	35,01	14,20	18,22
92	11,43	13,31	65,90	51,17	57,66	35,05	14,50	11,44	28,35
93	2,48	16,69	33,13	46,69	54,87	36,11	19,68	18,69	24,78
94	8,08	14,88	80,56	48,26	51,66	35,42	16,16	19,36	35,50
95	0,25	22,72	62,10	42,96	54,85	36,94	25,35	15,91	43,32

96	6,07	13,04	61,48	43,27	53,91	37,70	13,24	12,32	34,50
97	13,33	15,42	68,32	59,58	54,87	33,48	14,20	12,80	31,57
98	5,00	16,97	74,24	44,29	71,45	34,58	21,23	15,58	39,21
99	5,32	13,71	64,10	75,50	65,71	32,59	16,12	14,75	36,69
100	9,65	4,77	41,97	54,72	59,83	37,94	24,20	11,54	31,93
101	8,69	19,77	54,99	54,02	51,37	36,49	17,86	13,52	41,75
102	19,87	17,05	70,61	56,51	50,33	33,83	19,31	16,51	23,92
103	1,67	16,71	70,58	55,18	56,47	32,87	19,34	11,41	24,37
104	19,28	11,82	66,46	59,40	52,04	34,81	22,15	13,02	31,77
105	2,56	19,48	52,41	49,18	65,16	38,13	25,00	12,30	40,23
106	6,14	15,62	56,43	47,28	67,47	38,29	20,37	11,39	23,74
107	7,17	17,51	59,17	51,96	52,06	36,01	25,16	12,56	31,50
108	6,81	10,03	61,89	47,07	50,25	38,61	26,54	8,82	35,28
109	9,10	16,30	88,81	54,82	58,02	36,69	21,33	17,51	29,05
110	6,59	11,22	52,93	51,14	55,95	42,71	26,91	12,69	39,41
111	10,48	10,21	61,23	62,99	44,91	33,20	28,44	11,70	28,62
112	0,36	16,89	39,02	55,48	62,70	40,83	21,60	11,08	42,57
113	10,02	15,66	56,09	49,12	53,98	38,58	18,08	18,88	31,30
114	16,27	13,31	69,86	56,79	61,74	30,55	30,16	10,27	21,06
115	1,68	14,58	49,84	47,81	61,29	39,38	22,36	18,17	26,91
116	0,22	18,56	39,53	50,59	58,24	38,31	24,21	13,83	36,68
117	0,52	18,28	58,45	47,94	51,63	34,80	19,16	13,17	36,00
118	10,42	12,90	39,23	53,04	62,64	33,24	25,77	17,19	51,05
119	0,30	13,59	28,17	49,21	56,23	35,87	20,41	10,78	48,78
120	6,23	14,95	53,00	55,76	63,20	41,10	24,48	8,08	36,52

121	6,82	16,91	60,56	61,24	53,65	39,15	21,61	10,98	50,78
122	0,48	20,94	57,95	50,52	54,00	35,33	20,20	7,26	25,29
123	14,49	14,37	64,08	49,02	51,18	30,31	22,32	11,55	47,69
124	7,66	13,45	61,18	53,17	60,50	35,09	17,98	14,76	31,62
125	5,27	20,63	49,47	62,62	58,04	35,78	15,15	15,49	38,62
126	5,11	14,29	52,13	58,40	48,58	28,19	8,41	13,57	40,60
127	1,08	20,69	58,93	53,16	62,11	34,74	27,52	16,38	26,18
128	4,73	12,06	56,67	50,37	57,31	35,89	25,80	12,17	36,83
129	0,53	14,73	35,72	60,19	54,09	39,27	23,08	14,26	23,36
130	3,54	19,93	36,87	53,50	53,14	34,63	34,03	19,66	21,68
131	1,39	10,67	78,07	57,32	59,14	34,64	20,58	11,65	31,03
132	1,76	14,16	70,42	58,63	68,45	34,31	23,80	16,67	48,49
133	4,03	21,54	33,51	49,88	58,22	39,24	26,11	17,16	32,94
134	8,11	16,44	55,79	50,27	55,56	46,16	26,82	12,50	25,45
135	2,61	11,34	54,28	43,44	50,65	33,24	13,31	15,33	24,59
136	5,06	12,40	45,89	52,11	46,47	29,12	18,64	15,94	43,32
137	23,26	15,62	59,18	56,59	62,17	36,40	14,16	9,23	25,81
138	2,38	21,38	43,38	55,24	58,89	30,96	12,41	16,21	35,45
139	7,85	13,75	58,19	54,44	56,22	34,81	17,28	12,86	32,83
140	0,26	11,35	72,69	35,61	49,43	35,78	23,95	16,17	28,96
141	4,53	15,38	47,51	45,25	57,31	35,84	16,93	17,70	23,93
142	7,51	10,96	67,30	46,40	60,78	33,69	21,97	11,58	21,16
143	1,63	14,54	65,71	69,94	53,62	40,37	22,78	15,51	31,56
144	4,71	20,75	24,89	53,48	53,27	37,34	11,93	14,74	32,91
145	10,23	21,38	59,99	60,75	57,38	28,66	18,94	10,42	45,10

146	1,95	10,81	47,60	58,43	58,05	34,37	15,84	17,18	32,61
147	2,93	20,78	31,72	50,28	69,10	40,54	18,84	12,68	33,30
148	5,28	13,66	58,93	49,49	56,64	37,49	22,34	19,81	25,32
149	3,31	10,41	41,31	45,26	59,01	41,76	14,57	13,52	17,11
150	28,34	12,41	71,97	55,54	53,72	36,44	23,68	9,88	35,22
151	25,32	15,75	65,66	59,45	60,55	31,16	19,88	15,72	26,22
152	5,45	21,04	52,03	50,16	56,15	35,58	29,20	10,94	28,79
153	9,42	24,89	33,47	53,91	47,65	41,30	29,40	16,56	36,12
154	0,76	18,27	45,14	45,49	65,25	39,40	15,27	11,30	24,81
155	0,42	11,54	30,05	62,22	51,31	34,75	17,91	14,17	39,39
156	25,19	20,47	37,97	47,23	64,27	35,23	30,03	14,65	34,61
157	15,06	19,59	57,46	57,14	59,21	38,47	20,23	14,21	30,93
158	0,85	19,39	43,50	54,51	67,43	38,31	19,14	14,74	32,86
159	10,16	18,42	63,57	40,31	57,22	36,63	19,28	12,68	27,46
160	16,51	16,41	70,06	49,88	51,61	34,62	23,87	16,52	43,69
161	5,63	11,80	55,40	53,67	54,46	33,91	16,06	7,56	20,96
162	0,10	18,51	65,33	57,14	53,91	32,63	23,57	11,70	34,98
163	24,44	15,88	40,04	46,14	50,25	29,05	13,04	10,33	23,81
164	1,87	20,12	32,46	62,10	63,90	38,66	20,49	16,21	28,40
165	0,13	21,19	53,13	57,71	56,15	30,79	22,88	16,24	31,36
166	5,23	10,25	46,27	51,44	53,59	34,84	16,19	16,93	26,91
167	0,61	11,34	38,88	44,17	54,83	36,61	21,27	16,12	34,06
168	8,73	13,76	53,61	52,17	52,00	34,76	19,41	18,73	33,22
169	9,00	13,33	60,95	52,69	57,96	35,01	35,02	17,05	30,19
170	0,20	21,71	63,98	51,98	47,14	40,91	8,27	16,87	30,75

171	0,42	14,88	53,68	45,38	59,25	35,36	14,30	17,06	31,82
172	16,59	11,21	56,97	56,22	65,12	32,74	18,06	18,67	26,23
173	3,04	12,47	102,84	52,73	63,62	41,11	17,35	13,20	37,66
174	4,24	17,69	62,51	54,89	49,66	38,92	25,16	13,89	20,43
175	1,15	15,99	68,20	49,63	62,26	29,01	25,16	17,13	22,70
176	7,65	15,90	69,31	64,17	61,65	38,43	29,99	13,41	30,02
177	1,06	19,79	61,75	47,07	66,65	35,71	20,35	10,02	11,70
178	10,23	13,10	60,55	59,39	55,96	34,32	24,79	16,32	39,83
179	0,11	13,47	56,59	48,90	50,05	39,64	28,32	11,59	18,82
180	7,56	11,52	59,59	57,67	46,91	38,75	12,10	16,68	23,49
181	13,82	10,65	51,60	51,68	58,88	35,26	21,09	13,26	23,58
182	3,45	22,45	65,76	52,94	59,72	35,19	22,68	15,23	42,67
183	7,67	16,01	63,41	38,28	59,20	37,09	18,79	12,42	37,41
184	2,15	12,65	51,45	53,08	61,32	36,19	27,73	14,57	31,86
185	8,05	16,25	62,98	57,82	59,09	39,52	32,55	11,95	35,61
186	5,36	16,37	40,16	51,57	65,01	41,67	26,60	16,64	29,74
187	4,25	13,43	47,59	47,01	52,67	31,18	14,30	14,03	18,25
188	6,44	15,87	50,42	50,77	51,58	34,70	15,33	6,64	38,72
189	17,19	16,95	40,84	61,09	55,42	38,87	13,91	19,91	24,65
190	6,05	16,29	53,57	54,27	59,22	35,05	16,89	6,32	30,94
191	19,02	18,70	78,77	59,13	53,71	29,45	28,46	16,41	19,45
192	5,87	22,95	47,27	58,51	50,55	45,46	19,02	16,67	35,86
193	2,78	15,48	58,84	54,06	46,85	41,95	16,56	13,29	24,88
194	5,82	13,86	68,48	56,68	58,04	36,50	20,99	13,37	29,63
195	26,56	21,37	85,80	54,38	51,84	33,11	22,76	13,20	37,72

196	3,34	19,71	59,08	64,35	50,33	48,19	19,56	10,16	34,84
197	24,12	15,46	23,04	47,74	66,43	36,75	32,47	11,23	26,63
198	16,26	15,17	43,00	54,54	55,65	33,15	14,69	14,01	38,83
199	12,19	19,75	64,46	60,79	55,16	34,01	7,64	14,14	25,94
200	0,51	22,01	67,09	51,54	53,26	34,65	15,20	12,72	34,55
201	15,70	23,26	61,11	47,73	61,82	38,96	18,65	7,81	40,17
202	8,62	13,54	41,86	57,05	58,31	41,01	21,44	8,29	31,58
203	18,72	7,11	60,90	55,63	60,52	37,26	26,30	9,07	24,97
204	21,64	14,25	54,56	53,15	48,06	33,63	20,26	11,37	45,17
205	10,44	10,36	68,00	60,78	55,70	42,05	20,38	10,22	33,11
206	27,50	12,36	52,47	50,28	53,37	34,11	13,45	17,34	29,48
207	27,68	9,76	38,77	50,53	57,27	34,19	21,86	14,84	38,02
208	1,81	11,68	34,50	53,62	63,69	36,66	23,68	13,76	38,20
209	0,52	15,05	60,75	59,91	55,23	32,76	19,22	16,90	36,19
210	5,09	15,62	47,72	54,26	47,21	31,37	21,01	13,25	38,57
211	2,59	13,76	45,76	44,36	56,17	38,58	25,46	12,78	33,36
212	2,33	21,87	44,59	57,16	60,83	29,18	21,86	19,21	42,90
213	5,69	10,25	54,43	54,61	63,38	33,14	18,10	9,57	24,93
214	11,16	23,67	57,82	55,77	50,73	31,96	21,34	11,56	33,41
215	0,08	14,69	62,52	63,63	49,46	35,20	24,43	16,86	33,24
216	1,60	14,90	37,22	59,71	56,15	32,87	19,68	16,49	42,08
217	6,16	9,13	65,53	60,42	56,33	35,06	21,05	7,71	23,87
218	9,49	15,24	43,34	55,24	55,95	34,56	16,97	14,28	31,57
219	17,09	18,42	37,16	56,92	51,59	37,96	5,97	14,60	38,50
220	27,30	14,44	71,36	57,12	55,33	30,82	19,90	10,13	29,28

221	1,86	17,81	76,63	53,80	59,28	34,37	11,65	12,31	27,71
222	3,64	14,09	62,70	58,84	64,80	28,13	9,63	17,49	39,90
223	5,72	18,36	79,34	62,38	51,73	32,03	18,57	13,19	40,07
224	1,99	13,46	80,96	64,96	55,90	35,21	16,26	17,99	27,72
225	0,34	21,13	71,07	60,23	57,13	37,39	26,81	17,82	40,66
226	2,29	10,66	24,54	61,05	67,86	40,08	18,94	14,15	44,54
227	6,43	17,98	59,52	60,39	56,76	30,99	23,40	12,45	29,57
228	4,77	14,54	61,85	57,23	47,45	42,50	14,63	10,30	33,01
229	0,84	15,55	62,53	51,52	53,47	38,81	15,12	15,91	33,07
230	6,89	12,41	66,60	55,05	55,20	34,76	26,37	15,90	19,46
231	7,72	12,03	41,97	56,17	60,24	31,13	15,66	15,55	43,31
232	23,95	21,64	51,48	45,34	66,22	34,09	26,26	15,62	27,00
233	13,53	13,57	64,82	56,92	58,63	42,64	27,89	12,66	34,88
234	20,17	14,08	46,13	50,55	51,36	36,15	32,30	7,54	47,58
235	0,81	11,28	79,76	49,04	55,17	42,99	24,99	14,95	28,76
236	7,88	8,82	62,79	54,10	59,16	25,61	16,45	9,04	33,41
237	29,31	17,99	74,78	50,39	47,40	26,16	27,16	14,17	38,94
238	1,20	20,80	60,91	59,21	66,67	42,21	24,61	15,40	20,92
239	3,12	24,03	60,24	55,91	58,77	41,70	23,74	14,04	34,51
240	8,55	19,76	61,99	60,04	50,50	42,88	22,01	10,39	44,33
241	4,15	16,19	57,86	40,57	53,30	29,49	22,06	11,60	43,37
242	0,22	13,80	50,09	47,71	56,15	34,65	19,26	10,07	26,08
243	3,76	20,27	66,97	51,28	45,48	38,85	21,20	15,27	21,55
244	1,97	14,19	56,63	59,99	61,97	34,24	29,17	17,15	28,29
245	1,93	16,55	36,45	59,50	48,43	41,73	20,26	17,98	31,13

246	1,34	18,80	54,28	61,07	59,68	32,24	27,53	20,75	42,42
247	7,90	16,94	50,11	58,07	52,17	35,23	19,87	19,08	38,93
248	14,16	11,77	70,38	51,53	53,27	29,66	14,64	9,66	22,46
249	2,12	21,24	51,79	50,01	55,28	34,48	11,63	16,89	39,76
250	3,37	11,58	43,02	58,80	47,83	34,76	16,09	17,03	24,22
251	0,99	17,31	49,94	60,63	58,30	37,75	24,95	13,39	31,28
252	7,08	16,71	49,10	60,04	44,79	33,78	20,30	18,82	37,74
253	4,34	19,77	53,73	50,36	53,87	35,90	18,91	17,84	27,81
254	21,03	11,40	73,55	52,84	54,34	37,23	23,22	13,98	35,23
255	1,02	28,34	44,00	50,33	57,62	39,78	13,55	9,54	32,12
256	21,13	18,25	72,52	48,50	53,53	32,97	18,80	13,39	35,26
257	2,20	19,32	70,99	54,96	56,24	32,61	26,38	9,07	30,43
258	3,25	14,71	74,48	50,81	60,22	31,29	15,96	13,34	27,53
259	7,81	13,87	49,88	50,26	56,11	38,55	23,03	14,24	34,94
260	0,91	15,11	56,97	58,42	58,81	35,67	21,68	10,74	37,73
261	8,09	12,14	78,60	59,92	60,37	34,69	24,14	14,06	29,49
262	17,10	21,30	33,31	48,32	59,58	40,19	6,45	13,84	31,01
263	9,84	13,90	67,24	52,96	51,11	31,41	15,31	17,22	29,04
264	4,43	19,53	68,29	56,00	48,55	42,86	18,93	15,05	26,49
265	0,48	16,07	39,99	44,02	59,96	43,68	28,00	11,18	30,69
266	5,40	12,29	64,25	52,62	43,93	40,04	22,19	12,29	25,00
267	2,22	18,29	52,05	50,81	49,78	35,12	16,68	11,48	34,73
268	3,33	13,67	53,78	57,79	56,73	36,20	31,16	13,59	27,56
269	5,93	10,28	21,46	49,14	58,62	38,72	22,50	13,10	25,17
270	8,39	15,55	58,72	58,58	59,90	39,55	20,01	13,75	36,81

271	5,21	20,86	48,36	56,61	58,47	35,85	16,07	17,96	19,53
272	18,10	12,98	55,19	44,22	54,51	30,58	23,27	14,70	37,10
273	2,45	21,86	54,94	58,62	56,89	36,97	14,97	11,96	24,75
274	13,75	18,48	75,11	53,23	51,23	35,74	18,47	12,63	38,41
275	0,35	24,24	46,47	70,91	58,36	29,77	21,05	13,56	28,10
276	7,58	18,10	78,56	55,50	46,60	35,56	15,05	17,18	23,60
277	5,31	15,64	52,71	40,75	45,52	34,81	11,22	15,95	31,23
278	14,24	11,67	36,55	64,23	53,13	30,81	22,59	15,69	39,47
279	3,93	14,26	33,15	53,12	55,82	30,45	24,95	11,63	27,33
280	0,84	14,58	65,22	49,64	51,15	42,90	19,29	13,25	26,75
281	5,65	16,08	63,52	54,32	63,49	31,02	23,90	10,55	30,81
282	4,58	7,25	66,42	53,59	60,02	40,73	21,24	11,71	21,14
283	6,56	8,21	44,35	50,47	63,62	36,70	15,50	18,91	21,01
284	14,25	14,02	51,58	41,46	50,28	37,19	16,96	18,81	19,13
285	0,65	11,42	58,68	55,39	52,64	36,57	18,26	23,59	37,70
286	9,61	10,29	52,39	55,13	56,50	36,42	23,40	15,33	26,74
287	2,62	14,25	69,77	58,24	46,57	36,25	29,28	16,01	21,92
288	3,56	12,03	59,21	47,24	46,62	33,50	25,14	10,83	36,61
289	13,43	13,79	42,69	62,82	47,20	30,70	22,33	13,48	32,35
290	17,12	12,13	41,16	53,98	57,40	28,73	30,90	17,36	23,08
291	19,44	11,09	63,94	52,71	53,07	34,64	28,96	18,03	30,41
292	17,87	22,30	59,02	53,79	57,51	34,12	27,69	15,96	30,84
293	0,22	20,41	64,77	58,51	57,79	35,19	18,00	10,11	34,99
294	14,27	15,76	45,36	46,33	59,65	39,99	28,15	19,07	25,37
295	18,70	12,32	33,30	49,03	61,43	30,14	20,05	13,32	26,90

296	33,81	10,01	56,61	52,58	59,61	35,05	21,76	12,63	26,35
297	1,43	21,34	75,40	51,57	52,84	37,64	18,30	12,45	32,39
298	8,16	16,10	49,76	61,23	60,93	36,98	25,19	9,42	26,46
299	14,25	17,64	46,35	58,19	51,15	30,75	19,97	19,54	36,14
300	2,02	11,74	27,34	59,20	45,72	26,65	17,82	10,74	32,74
301	3,18	13,34	48,38	60,77	48,69	32,94	12,44	10,37	27,30
302	4,90	16,46	64,81	59,90	46,75	34,11	20,22	12,07	33,32
303	3,76	21,98	61,50	57,59	52,86	33,39	21,86	8,30	39,46
304	0,91	11,68	68,81	52,50	55,95	36,47	25,06	14,10	42,30
305	10,89	11,63	54,60	53,66	57,52	34,18	26,73	18,09	31,41
306	2,25	27,43	35,01	58,20	47,99	35,60	18,44	11,27	32,68
307	12,55	16,13	65,75	51,24	62,02	38,58	12,19	11,54	41,53
308	8,19	16,14	85,05	50,03	64,56	31,52	22,45	15,01	33,92
309	9,78	20,34	46,03	55,24	57,00	39,05	17,73	18,13	37,80
310	3,47	19,68	53,10	55,57	60,03	37,57	17,79	11,46	36,62
311	2,68	11,92	23,91	64,06	56,57	34,04	19,53	16,28	40,61
312	2,75	15,88	54,07	41,23	52,49	33,73	18,57	10,76	29,65
313	1,99	20,67	28,12	52,23	62,91	40,24	17,42	15,33	49,06
314	10,61	11,89	60,95	57,69	61,12	35,26	13,44	19,28	50,09
315	8,12	20,78	39,58	42,77	51,07	43,80	28,10	14,38	34,91
316	6,67	15,53	25,87	50,35	57,10	37,44	12,72	15,32	26,87
317	13,11	18,75	72,12	53,65	55,13	32,12	18,31	13,17	33,79
318	13,16	15,46	73,91	52,38	61,49	32,59	12,79	15,28	30,65
319	8,01	12,26	88,52	47,21	57,18	33,08	6,35	16,90	24,35
320	2,34	16,56	49,16	58,00	51,69	40,57	15,15	16,42	21,27

321	4,14	12,64	49,68	50,54	71,05	37,02	17,04	13,40	35,19
322	8,32	24,47	38,16	54,70	57,03	42,14	22,79	15,11	29,48
323	11,27	16,62	63,54	51,39	64,32	32,09	24,31	15,99	27,10
324	2,92	18,75	53,90	43,05	49,49	31,62	21,78	14,48	38,75
325	8,76	18,36	59,09	71,73	50,05	33,04	25,02	16,79	35,10
326	13,22	19,33	33,08	47,60	59,89	37,80	17,82	19,89	40,51
327	0,22	11,81	74,23	59,47	66,89	32,23	29,66	13,37	41,75
328	0,32	18,41	54,75	44,65	66,99	33,22	30,62	15,31	34,51
329	3,83	15,13	53,80	63,12	69,18	37,84	26,53	12,49	43,11
330	7,99	18,94	56,79	41,39	56,85	32,56	27,91	16,72	30,40
331	1,22	8,29	38,28	59,83	58,28	29,11	20,75	13,17	17,45
332	10,34	15,84	73,44	48,47	54,23	34,73	15,60	13,27	26,22
333	22,50	18,29	57,42	46,23	54,64	36,91	23,85	16,12	43,96
334	5,41	10,68	38,93	56,27	54,43	41,98	21,92	14,40	25,78
335	4,57	18,07	44,20	42,15	58,11	42,52	23,57	17,51	29,12
336	0,71	20,70	66,58	54,31	56,95	35,15	20,85	12,55	42,90
337	1,00	14,41	60,75	55,27	55,15	34,75	12,79	12,52	35,27
338	4,61	15,11	59,64	61,58	55,72	27,85	19,38	17,63	27,14
339	18,16	16,12	77,56	46,79	44,26	31,34	18,88	16,98	32,50
340	3,23	8,64	47,66	59,94	57,69	41,15	28,72	17,43	27,44
341	1,34	12,82	66,84	57,57	55,22	36,59	22,72	14,07	27,10
342	5,77	7,98	76,28	56,73	61,32	39,56	31,07	18,78	32,34
343	4,74	12,56	44,72	44,47	54,77	37,55	20,69	15,29	26,78
344	5,12	14,43	47,13	52,90	60,17	39,00	29,55	15,11	28,71
345	2,24	20,47	55,68	57,71	62,37	37,60	16,41	19,86	29,84

346	4,94	13,21	47,40	47,43	43,94	33,25	25,57	13,32	35,87
347	3,15	15,56	66,82	54,41	55,27	35,30	20,43	14,72	25,94
348	4,96	22,38	47,83	53,99	58,60	39,43	20,75	15,60	38,50
349	5,55	15,70	51,76	55,80	60,35	32,13	30,39	8,78	34,58
350	6,53	18,43	59,38	45,85	58,41	31,65	19,72	9,21	35,57
351	2,57	14,71	51,56	44,58	52,67	35,16	28,45	15,98	34,71
352	29,60	16,51	71,22	50,26	55,58	39,01	10,59	14,13	17,30
353	6,35	12,74	19,13	49,38	57,32	40,42	21,13	15,00	48,33
354	15,81	11,56	42,22	44,41	50,63	40,28	17,37	11,82	42,59
355	7,40	13,75	54,68	53,32	50,20	34,29	16,94	13,36	35,70
356	5,82	17,26	67,30	50,52	52,94	35,42	19,10	13,69	34,13
357	2,92	15,68	56,96	63,78	60,37	34,51	12,03	12,38	36,33
358	5,38	9,76	60,58	47,40	65,63	40,37	21,31	15,39	37,28
359	3,23	11,47	49,15	44,06	53,75	32,76	29,31	16,50	21,62
360	9,83	15,60	49,71	53,59	52,04	34,80	26,67	10,52	35,66
361	10,04	18,36	73,37	49,50	50,79	35,13	23,56	17,46	29,27
362	4,49	8,08	68,22	56,35	60,06	37,23	18,44	15,09	18,27
363	13,55	20,03	67,46	48,70	52,99	34,62	19,53	19,00	42,85
364	3,73	13,23	66,17	46,70	51,52	36,82	25,60	13,18	29,04
365	5,89	13,98	38,57	52,60	55,95	35,41	15,14	15,50	28,28
366	7,25	8,12	81,69	64,03	65,72	34,08	14,13	9,52	37,76
367	0,47	15,20	30,34	56,33	69,27	39,87	26,13	9,15	24,82
368	3,18	13,77	34,94	50,29	61,68	30,95	17,25	8,35	21,40
369	4,62	17,60	43,38	57,48	57,37	38,50	28,99	13,62	26,84
370	5,63	11,31	53,48	49,26	68,72	35,21	21,84	14,00	39,57

371	0,37	7,16	57,90	53,53	54,41	34,61	21,68	13,51	34,27
372	0,83	14,57	59,91	47,72	61,80	34,12	30,29	14,88	39,15
373	5,86	11,55	75,51	49,23	57,05	35,50	22,26	17,25	36,35
374	17,38	18,69	54,22	39,64	50,32	37,19	15,30	16,69	34,41
375	13,67	12,07	51,70	53,86	54,57	32,03	21,00	15,40	24,89
376	8,07	11,36	43,37	55,41	47,15	36,93	26,87	15,16	35,10

Fuente: Sistema Integral de Gerencia de Operaciones - ZOFRATACNA