

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA



TESIS

TÍTULO:

**“USO DE SOFTWARE ARENA PARA LA SIMULACIÓN DE COLAS DE LAS
OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA DEL ÁREA DE ALMACÉN DEL OPERADOR
LOGÍSTICO ALCOSA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN MATEMÁTICA
APLICADA**

PRESENTADO POR:

Nazario Angelo Silva Chiroque

ASESOR:

Ma. Flor Eonice Ramírez Mundaca

HUACHO - 2020

ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO



RIOS PÉREZ ISIDRO ..
LIC. EN MATEMÁTICAS

Mo. Isidro Javier Ríos Pérez
PRESIDENTE



Héctor Alexis Herrera Vega
Lic. en Matemática Aplicada
COMAP N° 1357

Mo. Héctor Alexis Herrera Vega
SECRETARIO



Cristian Milton Mendoza Flores
Licenciado en Física
C.F.P 0824

Mo. Cristian Milton Mendoza Flores
VOCAL



FLOR EONICE RAMÍREZ MUNDACA
Lic. en Matemática Aplicada
COMAP 1343

Ma. Flor Eonice Ramírez Mundaca
ASESOR

DEDICATORIA

A mi padre que es mi ejemplo a seguir.

A mi madre que es el pilar de apoyo en mi vida.

A mis hermanos por su cariño y apoyo a lo largo
de mi carrera

A mi pareja por la motivación y ayuda en todo
momento.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, por ser parte de mi desarrollo profesional en el sendero de la educación superior; que, junto a mis profesores y sus enseñanzas brindadas fueron la base de mi crecimiento profesional.

A mi asesora, Ma. Flor Eonice Ramírez Mundaca por sus consejos, apoyo, conocimiento, motivación y comprensión en el desarrollo del presente trabajo de Investigación.

A mis padres, hermanos y todas las personas que de alguna forma contribuyeron, apoyaron y estuvieron a mi lado a lo largo de mi carrera académica.

A todos mis compañeros de trabajo, que, con su apoyo en el ámbito laboral pudieron contribuir en el avance de esta investigación.

ÍNDICE

ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Delimitación del estudio	4
1.6. Viabilidad del estudio	4

Capítulo II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas	10
2.3. Definiciones conceptuales	30
2.4. Formulación de la hipótesis	32
2.4.1. Hipótesis general	32
2.4.2. Hipótesis específicas	32
Capítulo III: METODOLOGÍA	33
3.1. Diseño metodológico	33
3.1.1. Tipo de investigación	33
3.1.2. Nivel de investigación	33
3.1.3. Diseño	33
3.1.4. Enfoque	33
3.2. Población y muestra	33
3.3. Operacionalización de variables e indicadores	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.4.1. Técnicas a emplear	36
3.4.2. Descripción de los instrumentos	36
3.5. Técnicas para el procesamiento de la información	36
Capítulo IV: RESULTADOS	38

4.1.	Descripción de la operación de carga y descarga del área de almacén.....	38
4.2.	Recolección de datos.....	39
4.3.	Análisis de Datos	40
4.3.1.	Análisis de los tiempos de arribo, horario de 8am a 2pm	40
4.3.2.	Análisis de los tiempos de arribo (horario de 2pm a 5:30pm), servicio, traslado, demora en balanza y demoras antes y después de servicio.....	42
4.3.3.	Análisis de datos adicionales para el modelo.....	43
4.4.	Identificación de entidades, recursos, atributos y variables de estado.....	44
4.4.1.	Entidades	44
4.4.2.	Recursos	45
4.4.3.	Atributos.....	45
4.4.4.	Fila o Cola.....	45
4.4.5.	Disciplina de Cola.....	45
4.4.6.	Actividades.....	45
4.4.7.	Demoras	45
4.5.	Consideraciones para la elaboración del modelo.....	46
4.6.	Diseño y desarrollo del modelo	46
4.6.1.	Simulación de llegada de unidades de transporte, asignación de atributos y toma de recursos	47
4.6.2.	Simulación del traslado a la zona de operaciones o balanza.....	50

4.6.3.	Simulación del proceso de servicio de carga y descarga	51
4.6.4.	Simulación del traslado de la UT a la salida del sistema	53
4.7.	Verificación del modelo.....	54
4.8.	Validación el modelo	55
4.9.	Resultados del escenario actual	56
4.10.	Escenarios alternativos.....	57
4.11.	Análisis de Escenarios	59
Capítulo V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		61
5.1.	Discusión.....	61
5.2.	Conclusiones	63
5.3.	Recomendaciones	65
Capítulo VI: FUENTES DE INFORMACIÓN.....		66
6.1.	Fuentes Bibliográficas	66
6.2.	Fuentes Documentales	67
6.3.	Fuentes Electrónicas	68
ANEXOS.....		70
ANEXO 1: Análisis de datos de los tiempos entre llegadas		70
ANEXO 2: Análisis de datos de los Tiempos de servicio		82
ANEXO 3: Análisis de datos de los tiempos de traslados		89
ANEXO 4: Análisis de datos de los tiempos de demora en balanza		92

ANEXO 5: Análisis de datos de los tiempos de demora antes y después del servicio.	94
ANEXO 6: Análisis de datos de la cantidad de arribos diarios	99
ANEXO 7: Modelado en Arena.....	100
Descripción de los módulos usados para el modelo.....	100
Descripción de la configuración de réplicas y lógica de terminación de simulación.	124
ANEXO 8: Cálculo del Costo de Servicio.....	126
ANEXO 9: Cálculo del Costo de espera	127
ANEXO 10: Fotografías	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias discretas.....	11
Tabla 2 Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias continuas.	13
Tabla 3 Posibles situaciones al realizar una prueba de hipótesis.	15
Tabla 4 Casos de prueba de hipótesis para una población normal.....	16
Tabla 5 Casos de prueba de hipótesis para una población desconocida.	17
Tabla 6 Unidades de transporte registradas a nivel nacional por año	34
Tabla 7 Operacionalización de variables e indicadores.	35
Tabla 8 Resumen del análisis de los tiempos de arribo (horario de 2pm a 5:30pm), servicio, traslado, demora en balanza y demoras antes y después de servicio.	42
Tabla 9 Resumen de información obtenida del input analyzer para la cantidad de arribos diarios.....	43
Tabla 10 Porcentaje de usar solo un tipo de recurso o ambos	44
Tabla 11 Porcentaje de llegadas de UT por tipo de régimen y operación.....	44
Tabla 12. Descripción resumida de cada módulo de la etapa de llegada de UT, asignación de atributos y toma de recursos.....	48
Tabla 13 Descripción resumida de cada módulos de la etapa de traslado a zona de operaciones y balanza.	51
Tabla 14 Descripción resumida de los módulos usados en la etapa de proceso de servicio de carga y descarga.	52
Tabla 15 Descripción resumida de los módulos usados en la etapa de traslado de la UT a la salida del sistema.	54
Tabla 16 Promedio de valores de indicadores del sistema real.....	55

Tabla 17 Resumen de los resultados de los indicadores para 100 réplicas.....	56
Tabla 18 Resultados de utilización de recursos del modelo simulado.....	57
Tabla 19 Resultados de tiempos de espera en cola del modelo simulado.....	57
Tabla 20 Resultados de la simulación de escenarios alternativos para los tiempos de espera y costos.....	58
Tabla 21 Resultados de la simulación de escenarios alternativos para los porcentajes de utilización.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta, en este caso una distribución Poisson.....	12
Figura 2. Distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua, en este caso una distribución Gamma.	14
Figura 3. Región de aceptación y rechazo (crítica) para el estadístico Z de una prueba bilateral. Con media 0, desviación estándar 1, nivel de significación $\alpha=0.05$	16
Figura 4. Proceso básico de colas.	20
Figura 5. Sistema de una cola, un servidor.	22
Figura 6. Sistema de una cola, múltiples servidores.	22
Figura 7. Sistema de múltiples colas, múltiples servidores.	22
Figura 8. Sistema de una cola con servidores secuenciales.	23
Figura 9. Ventana del software de simulación Arena versión estudiante.	26
Figura 10. Ventana del Input Analyzer. Prueba de ajuste de bondad para 1000 datos observados.	30
Figura 11. Histograma de los datos de tiempos entre llegadas de las UT, horario de 8am a 2pm.	40
Figura 12. Resumen de la distribución que mejor se ajusta a los datos de los tiempos entre llegada, horario de 8am a 2pm.....	41
Figura 13. Reporte del análisis del error cuadrado proporcionado por el input analyzer de los tiempos entre llegadas.	41
Figura 14. Procesos del sistema de operaciones de carga y descarga.	47

Figura 15. Modelo en Arena de la etapa de llegada de UT, asignación de atributos y toma de recursos.....	48
Figura 16. Modelo en Arena de la etapa de traslado de entidades a zona de operaciones y balanza.....	50
Figura 17. Modelo en Arena de la etapa de procesos de servicio de carga y descarga.....	53
Figura 18. Modelo en Arena de la etapa de traslado de la UT a la salida del sistema.	53

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar si la simulación de colas de las operaciones del área de almacén del operador logístico ALCOSA permite analizar el comportamiento del sistema y obtener un modelo que optimice sus recursos y procesos.

La investigación fue del tipo aplicada, de nivel descriptivo, su diseño fue no experimental-transversal con un enfoque cuantitativo.

Se consideró como población a las unidades de transporte que brindaron servicios a todos los clientes de la empresa ALCOSA y como muestra por conveniencia a todas las unidades de transporte que llegaron a la empresa en un lapso de 2 semanas.

Para simular las colas se usó el software de simulación Arena en su versión estudiante creando un modelo del área de carga y descarga. Los datos obtenidos de los formatos de recolección de datos y de la inspección de registros, se procesaron en el complemento Input Analyzer para realizar las pruebas de bondad y ajuste, los resultados obtenidos se introdujeron en el modelo en Arena. Luego se hizo la verificación y validación del modelo y con un total de 100 réplicas se dispuso realizar la búsqueda del escenario alternativo que permitirá cumplir el objetivo planteado.

Se llegó a la conclusión que el escenario 5 sería el óptimo, el cual usa una configuración de 4 recursos de cada tipo (estiba y montacarga) en el horario de 8am a 1pm y de 1 pm a 5.30pm se usan solo 1 recurso de cada uno. Esto da una disminución del costo total en S/7 424.79 mensual y alrededor del 50% menos en el tiempo de espera en cada cola en comparación con el modelo actual. Respecto a la utilización de recursos, los tiempos muertos disminuyen cuando lo hacen los recursos, pero esto eleva el tiempo de espera de los clientes.

Palabras clave: Colas, Simulación, optimación, Software Arena.

INTRODUCCIÓN

La simulación permite recrear sistemas reales o hipotéticos de manera que su funcionamiento pueda ser estudiado, evaluado y permita predecir su comportamiento, sin la necesidad de realizar modificaciones prematuras en el sistema real que involucren costos elevados u otro tipo de resultados no deseados.

Los modelos con eventos discretos son muy utilizados en la actualidad en el estudio de problemas de procesos de fabricación, logística, transporte comunicaciones y servicios. Facultad de Informática de Barcelona (s.f., párr. 3) nos dice “Estos problemas se caracterizan por centrar su interés en los cambios que hay en el sistema como consecuencia de los acontecimientos y en su capacidad para modelar los aspectos aleatorios del sistema”.

La presente investigación trata de abordar los problemas que surgen en las operaciones del área de almacén de la empresa Alcosa y sus posibles soluciones. Entre los problemas más resaltantes destacan los tiempos de espera de las unidades de transporte y el costo que implica realizar las operaciones para que estas unidades sean atendidas. Además, se debe resaltar que en esta empresa no se ha realizado investigaciones en este campo de estudio, por ello la información y resultados obtenidos servirán de bases para futuros estudios.

El sistema conformado por las operaciones del área de almacén es modelado en el software de simulación Arena (versión estudiante), para estudiar su comportamiento y predecirlos al introducir posibles cambios en dicho modelo.

En el capítulo I: Planteamiento del problema, se describirá por qué se realizará la investigación. Se plantearán los objetivos que se persiguen, además si está justificado el estudio, donde se realizará y si es viable su ejecución.

En el capítulo II: Marco Teórico, se plasma los conceptos bibliográficos que servirán de bases para el desarrollo de la investigación. Se presentarán estudios similares que busquen objetivos en común con el presente trabajo. Por último, se plantearán las hipótesis de la investigación.

En el capítulo III: Metodología, se describe el diseño metodológico que seguirá la investigación, la población y muestra con la que se trabajará, además de la operacionalización de las variables e indicadores.

En el capítulo IV: Resultados, se describe el proceso de realización del modelo de simulación, ejecución y evaluación (pronóstico).

En el capítulo V: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones, se presentan las hipótesis específicas que deben ser probadas y que en conjunto sustenten la hipótesis general (discusión), además del resumen de los resultados de la investigación luego de la demostración de las hipótesis (conclusiones). También las sugerencias de acciones que deberían adoptarse para obtener resultados más favorables (recomendaciones).

En el capítulo VI: Fuentes de Información, se presentan todas las fuentes bibliográficas usadas para el desarrollo de la presente investigación.

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Toda empresa debe considerar fundamental optimizar sus recursos para obtener una mayor rentabilidad, ya sea humano, material, intangible o financiero, para ser competitivo siendo líderes en innovación, tecnología, recursos, costos, entre otros, teniendo como meta posicionarse como la mejor en su rubro. Logrando esto se podrá brindar servicios de calidad que permitan una mayor aceptación por parte del mercado, ya que la búsqueda de mejoras en los servicios es requerida cada vez más por los clientes.

En referencia breve a la empresa Cía. Almacenera La Colonial S.A. (nombre comercial ALCOSA, como la llamaremos en adelante), esta se encuentra ubicada en la Av. Oscar R. Benavides (ex-Colonial) N° 6121, Callao, la cual es una ubicación estratégica y de fácil acceso a terminales aéreo portuarios, terminales de almacenamiento y sobre todo un costo de transporte en zona 1. La empresa ofrece diversos servicios, entre ellos encontramos: al alquiler de almacenes físicos y de depósitos aduaneros, a la administración y gestión de almacenes, transporte de carga general, servicios de operadores COMEX, distribución física, mensajería y paquetería door to door, y operaciones logísticas on-line. Cuenta con un área total de 22,000 ² distribuidas en 7 naves, con 8,300 ² para almacenes exclusivos, 9,000 ² de almacenes techados y 4,700 ² para la zona de operaciones que incluyen balanza, estacionamiento, áreas de carga y descarga, zona de tránsito, oficinas y áreas comunes.

Se ha identificado que en la empresa ALCOSA no se ha realizado estudios referentes al sistema de manejo de operaciones en el área de almacén como los tiempos de cargas y descargas, tiempos de espera, manejos de recursos (personal de estiba y uso de montacargas). De tal forma se busca plantear un modelo de simulación del sistema de operaciones del área de almacén que

describa su comportamiento y permita tomar las mejores decisiones respecto al uso de recursos en base a los resultados obtenidos.

1.2. Formulación del problema

Para poder definir los objetivos a lograr, la investigación se basará en las siguientes interrogantes:

1.2.1. Problema general

¿Aplicar simulación de colas de las operaciones del área de almacén del operador logístico ALCOSA permitirá analizar el comportamiento del sistema y obtener un modelo que optimice sus recursos y procesos?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se determinará y obtendrá la información necesaria de los principales elementos del sistema que aseguren la elaboración del modelo?
- ¿Cómo se obtendrá la distribución de probabilidad a la que se ajusten mejor los datos recolectados?
- ¿Cómo se comprobará y validará el sistema simulado para la obtención del modelo correcto?
- ¿Cómo se determinará el escenario adecuado que optimice las operaciones del sistema simulado?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar si la simulación de colas de las operaciones del área de almacén del operador logístico ALCOSA permite analizar el comportamiento del sistema y obtener un modelo que optimice sus recursos y procesos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar y obtener la información necesaria de los principales elementos del sistema que aseguren la elaboración del modelo.
- Obtener la distribución de probabilidad a la que se ajusten mejor los datos recolectados.
- Comprobar y validar el sistema de simulación para la obtención del modelo correcto.
- Determinar el escenario adecuado que optimice las operaciones del sistema simulado.

1.4. Justificación de la investigación

ALCOSA es una empresa que ofrece diferentes tipos de servicios logísticos a distintas empresas entre los que destacan el almacenaje, alquiler de montacargas y estiba. Estos 3 servicios son fundamentales ya que componen más del 95% de sus ganancias, por ello es necesario un estudio enfocado en estos 3 aspectos. Cabe señalar que en el operador logístico no existen precedentes que describan las operaciones del área en estudio. Con la información resultante se pretende sentar las bases para futuros análisis como los tiempos de operación, costos de recursos usados, además de la elaboración de posibles escenarios representativos que permitan, su optimización. Se creará un modelo de simulación del sistema mediante el uso de conceptos básicos de teorías de colas con los datos obtenidos de los clientes (cantidad de arribos por día, tiempos entre arribos, tiempos de espera, tiempo de servicios usados para cada recurso, demoras por tiempo muerto, tiempos de traslado, etc.) para luego hacer uso del software ARENA y obtener las medidas de rendimiento. Los beneficios que se obtendrían para la empresa serían 2, el primero es teórico ya que aporta nuevos conocimientos que podrán servir como guía para implementarlos en procesos futuros, y segundo se obtendría beneficio financiero al implementar el modelo y optimizar recursos y procesos.

1.5. Delimitación del estudio

La investigación se realizará en los meses junio-julio del 2019 en la empresa ALCOSA ubicada en la Av. Oscar R. Benavides (ex-colonial) 6121, Callao. Se utilizarán los conceptos principales de la simulación y teoría de colas recopilados de una vasta colección de libros, tesis y revistas obtenidos de sitios web diversos. Las unidades de análisis serán todas las unidades de transporte que soliciten el servicio de la empresa durante el tiempo de recolección de datos.

1.6. Viabilidad del estudio

Para la realización de la investigación se dispone del tiempo y los recursos financieros para solventarlas. El investigador será quien realice la recolección de datos y el procesamiento de éstos con materiales accesibles y suficientes. El acceso y los permisos necesarios para el ingreso al lugar de la investigación serán concedidos por el jefe de operaciones de la empresa.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Bermeo y Seni (2017) en la tesis de pregrado “Propuesta de mejora para reducir el tiempo de ciclo de manufactura en una empresa de producción de calzado en la ciudad de Cali, integrando métodos de modelación estocástica de operaciones”, de la Pontificia universidad Javeriana de Cali-Colombia, se fijaron como objetivo proponer acciones de mejoramiento de la productividad enfocadas en la reducción del tiempo de ciclo del proceso de manufactura de calzado, mediante la simulación estocástica del sistema aplicando conocimientos de investigación de operaciones, simulación, herramienta VSM y un modelo estocástico. El tipo de investigación fue aplicada, descriptiva, no experimental. Al comparar el modelo de simulación con el estocástico se identificaron las variables críticas que inciden sobre el tiempo de ciclo del sistema concluyendo que el primero puede asemejarse mejor a la realidad estudiada, pero es más costoso en tiempo al momento de evaluar cambios que se apliquen pues se tendrían que generar nuevos algoritmos informáticos y corridas, sucediendo todo lo contrario en el modelo estocástico. Además, concluyen que la reducción de la variabilidad en los procesos impacta directamente en la reducción de sus tiempos sin necesidad de aumentar la capacidad de producción dando como resultado un aumento del 17,37% en la productividad.

Arias y Correa (2016) en su tesis de pregrado “Estudio de la teoría de colas como una metodología en la optimización de tiempo del departamento de control en la municipalidad de San Nicolás, provincia de Ñuble” apoyados por la Universidad del Bio-Bio de Chile, se fijaron como objetivo estudiar la Teoría de Colas como una metodología de optimización del tiempo utilizado para la entrega de tareas en el Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás provincia de Ñuble. El tipo de investigación fue aplicada, descriptiva, no experimental

cuantitativa. El proceso consistió en muestrear cuatro semanas el comportamiento en la ejecución de las tareas de revisión de documentos del Jefe del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás. Con estas muestras calcularon los indicadores de eficiencia de acuerdo a la teoría de colas. Estos resultados fueron comparados con el software de simulación FlexSim, en dos escenarios: el primero consta de un servidor (M/M/1) que era el escenario actual del Departamento y el segundo, se agrega otro servidor (M/M/C) para conocer el comportamiento del sistema en el caso de incorporar un funcionario más. Se concluyó que con la implementación del modelo de Teoría de Colas y el modelo de Simulación en FlexSim, se logró identificar la oportunidad de mejora, es decir, contratando a una persona que apoye las labores del Jefe del Departamento en cuanto al tiempo de trabajo que está al alcance de la organización, para lograr que el proceso de gestión en el servicio sea más eficiente.

Pacheco (2017) en su tesis de pregrado “Estudio de la teoría de colas y su incidencia en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental”, de la Universidad Tecnológica Indoamérica en Ambato-Ecuador, se plantea como objetivo estudiar la teoría de colas y su incidencia en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental. La autora plantea que la investigación sigue un enfoque cuantitativo y cualitativo a la vez, y que aplican la investigación exploratoria y descriptiva. Para la muestra tomaron a 3 personas que equivalen al 10 % de la totalidad de empleados de boletería de la empresa, por otro lado, se tomó la muestra con 43 usuarios que equivalen al 2% de pasajeros fieles que utilizan el medio de transporte San Francisco. Una vez realizada la simulación de la teoría de colas en la boletería de la Cooperativa san Francisco de Puyo, se llegó a determinar que es aplicable el modelo por cuanto arroja

información relevante para la toma de decisiones tal como la longitud de la cola, los tiempos de espera, los clientes en espera, entre otros. En cuanto al tiempo de espera en base a los datos del muestreo obtenido se pudo determinar que es de aproximadamente 24,42 minutos que es un tiempo bastante alto y el tiempo haciendo cola es de aproximadamente de 21,42 minutos para la muestra de 43 individuos.

Un antecedente nacional lo encontramos en la tesis de pregrado de Sucasaire (2016) con título: “Aplicación de simulación de sistemas con el software Arena para la mejora de la toma de decisiones en los servicios de ecografía de una clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima Metropolitana”, en la Universidad Nacional mayor de San Marcos, donde se propone determinar cómo construir una propuesta de solución que permita tomar la mejor decisión para la mejor distribución de los clientes en el horario establecido, sin demoras en la atención y con la mejor rentabilidad para la empresa. La investigación fue del tipo aplicada, siguió un diseño no experimental con un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo/exploratorio. Desarrolló un modelo matemático haciendo uso de teoría de colas y simulación aplicándolas en el software comercial Arena. Se plantearon 4 escenarios teniendo en cuenta la rentabilidad de la compra de un nuevo ecógrafo quedando en evidencia que el cuarto escenario sería el que mejores utilidades netas reporta a la empresa como consecuencia de una mejor mezcla de servicios de ecografía. Sin embargo, la mayor utilidad no fue relevante considerando el número de clientes que se quedarían sin atender y el mayor tiempo de espera, por lo que se recomendó trabajar con el tercer escenario porque no quedarían clientes sin ser atendidos y los ingresos serían casi similares al cuarto escenario (S/. 14 050.00 vs. S/. 14 950.00). Adicionalmente se demostró que la inversión en el nuevo ecógrafo se recuperaría en el mes 17.

Nicho (2017) en su tesis de pregrado “Rediseño de procesos para la disminución de tiempos de espera en el servicio de un comedor administrado por un concesionario dentro de una empresa del sector financiero”, apoyado por la Universidad Mayor de San Marcos, Lima-Perú, establece la comprobación de dos hipótesis específicas, planteándose como primer punto un aumento en los servidores de la línea de atención y midiendo dicho impacto en tiempos por medio de la simulación de eventos en el software Simio, lográndose de esa forma la disminución de tiempos de espera en las líneas de atención. Por otro lado, planteó una redistribución de las mesas en los ambientes del comedor, aplicándose la metodología de combinación de mesas desarrollada por Thompson (2003), con ello se logró redistribuir las mesas con la combinación más óptima y ampliando la capacidad de los ambientes del comedor, lográndose de esa forma, una reducción de tiempos en el proceso de búsqueda de mesas disponibles. La investigación es de tipo aplicada, no-experimental longitudinal, explicativo, de enfoque cuantitativo. Se tomaron como muestra 149 personas de la población diaria en el comedor.

Otro antecedente interesante lo encontramos en la investigación hecha por Meza (2011) en su tesis de pregrado que lleva por nombre “Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto” en la Pontificia Universidad Católica del Perú, que tuvo por objetivo desarrollar y dar a conocer un modelo que sirva como guía, el cual detalle los pasos a seguir para la aplicación de las técnicas de la simulación de sistemas discretos a un sistema de carguío y acarreo en una operación minera a tajo abierto. Hace uso de los conceptos fundamentales de simulación de sistemas, teoría de colas y conceptos estadísticos, modelando y aplicándolo en el software de simulación Arena. Propone 6 escenarios y tomando en cuenta los indicadores \$/Tn, costo por tiempo muerto y tonelaje (en ese orden) concluye que el escenario óptimo es el 4 que logra

reducir a 0.45 \$/Tn el costo de carguío y acarreo de desmonte, aumenta la utilización de los cargadores 1 y 2 en 2.81% y 11.56% respectivamente, además que se incrementa la producción en 1659.9 Tn/día transportadas de desmonte y se reduce a \$ 610.04 el costo por tiempos improductivos de los equipos, lo cual significa una mejora de 23.3% con respecto a su escenario actual.

Por ultimo podemos mencionar la tesis de pregrado local “Modelo de línea de espera y optimización del servicio de despacho de combustible en la empresa Consorcio Terminales GMP Oiltanking-supe puerto, 2014”, de Rosazza y Rosazza (2015) de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión donde el objetivo de la investigación fue determinar el modelo de línea de espera que permita la optimización del servicio de despacho de combustible en la empresa Consorcio Terminales GMP OIL TANKING- Supe Puerto, 2014, para resolver demoras y la insatisfacción del cliente. La población fue de 345 clientes y la muestra fue de 120 clientes. Se realizó en análisis de las dimensiones: Distribución de arribos, servidores, capacidad del sistema, para optimizar el servicio de despacho de combustible, lo que permitió desarrollar un modelo de línea de espera que elevo la satisfacción del cliente, posicionándolo en un nivel diferenciado. El modelo de línea de espera que permitió comprobar que se optimizó el servicio, fue plasmado en la simulación de 200 horas equivalente a 1 mes, al simular con 2 servidores se obtuvo S/. 17 235 725,00 de ingresos con un total de ventas de 2 149 000 galones, al simular con 3 servidores se obtuvo S/. 25 320 600,00 de ingresos con un total de 3 095 000 galones vendidos, y al simular con 4 servidores se obtuvo que se genera S/. 27 530 460,00 de ingresos con un total de 3 541 000 galones vendidos. El modelo de regresión lineal múltiple que describió a la investigación fue el siguiente modelo que explica dicha relación en la siguiente ecuación: $Y(\text{Optimización del servicio}) = 20,437 + 0,106 * (\text{Distribución de arribos}) + 0,200 * (\text{Servidores}) + 0,349 * (\text{Capacidad})$

del sistema), con un 78,6% de correlación; por último se acepta la hipótesis: El modelo de línea de espera se relaciona con la optimización del servicio de despacho de combustible. Se concluye que el modelo de línea de espera se relaciona con la optimización de servicio de despacho de combustible, lo que permitió mejorar los ingresos de la empresa, el número de clientes atendidos, la cantidad de galones de combustibles vendidos, y también el índice de percepción del cliente.

2.2. Bases teóricas

1. Conceptos básicos de estadística y probabilidad

Variable aleatoria

Las variables aleatorias son aquellas que tienen un comportamiento no determinístico en la realidad. Por ejemplo, el número de clientes que llegan a un establecimiento de comida, depende de varios factores, como la hora del día, la demanda es más alta al mediodía o en la tarde que por las mañanas, o de lunes a viernes es más concurrido que los fines de semana, etc. (García, García y Cárdenas, 2013, p. 60). Estas variables aleatorias al ser cuantitativas se dividen en 2 tipos, variable aleatoria discreta y variable aleatoria continua.

Variable aleatoria discreta: “es aquella cuyo rango es un conjunto finito o infinito numerable de valores” (Córdova, 2003, p. 202). Por ejemplo, si hablamos de la cantidad de pacientes en un consultorio en un periodo determinado de tiempo, podrían ser 0, 1, 2, 3, ..., n pacientes. Este tipo de variables tienen asociada una distribución de probabilidad con las siguientes propiedades:

1. $\sum_{i=0}^n P(X=i) = 1$
2. $P(X=0) = 1 - P(X=1) - P(X=2) - \dots - P(X=n)$
3. $P(X=i) = P(X=i-1) + P(X=i+1)$

Algunas distribuciones discretas de probabilidad que podemos considerar son: la Bernoulli, geométrica, hipergeométrica, Poisson, binomial, etc. Por ejemplo, si lo que queremos es modelar el número de usuarios por unidad de tiempo que llegarían a un banco, el comportamiento de las llegadas puede ser descrito por una distribución de Poisson.

En la tabla 1 se muestran algunas distribuciones discretas:

Tabla 1

Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias discretas.

Distribución	Función de Probabilidad	Parámetros
Poisson	$P(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}, \quad x = 0, 1, 2, \dots$	“ λ ” número promedio de eventos por unidad de tiempo.
Geométrica	$P(x) = (1 - p)^{x-1} p, \quad x = 1, 2, \dots$	“ p ” es la probabilidad de éxito.
Hipergeométrica	$P(k) = \frac{\binom{K}{k} \binom{N-K}{n-k}}{\binom{N}{n}}; \quad k = 0, 1, \dots, n$	“ N ” total de objetos de la población finita. “ n ” tamaño de muestra de la población. “ k ” número éxitos.
Binomial	$P(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$ con $x = 0, 1, 2, \dots, n$ y $p \in [0, 1]$	“ n ” representa el número de repeticiones. “ p ” es la probabilidad de éxito.

Fuente: elaboración propia.

Se muestra gráficamente en la figura 1 el histograma de una distribución discreta.

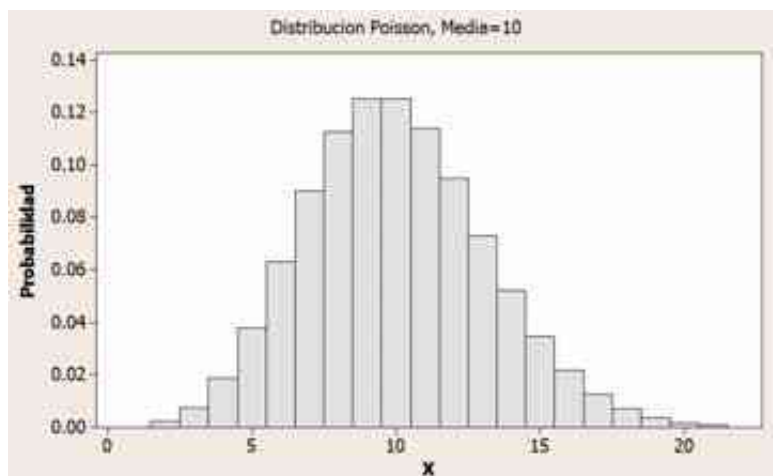


Figura 1. Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta, en este caso una distribución Poisson.

Fuente: elaboración propia.

Variable aleatoria continua: “es aquella cuyo rango es un intervalo en \mathbb{R} o conjunto infinito no numerable de valores reales” (Córdova, 2003, p. 202). Por ejemplo, el tiempo que demora una maquina en realizar un trabajo de manufactura. Este tipo de variables se representan mediante una función de densidad de probabilidad y tienen asociada una distribución de probabilidad con las siguientes propiedades:

1. $f(x) \geq 0$
2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$
3. $F(a) = P(X \leq a) = \int_{-\infty}^a f(x) dx$

Entre las distribuciones continuas de probabilidad tenemos la uniforme, exponencial, normal, Weibull, Chi-Cuadrada, Erlang, etc. un ejemplo práctico sería el tiempo que transcurre entre cada llegada de clientes a un establecimiento que puede modelarse como una distribución exponencial.

En la tabla 2 se muestran las distribuciones de probabilidad continua más comunes:

Tabla 2

Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias continuas.

Distribución	Función de densidad	Parámetros
Uniforme	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$	“a” valor mínimo. “b” valor máximo.
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right],$ $\mu, \sigma > 0$	“ μ ” es la media. “ σ ” es la desviación estándar.
Gamma	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(k)\theta^k} x^{k-1} e^{-x/\theta} & x > 0 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$ <p>con $\Gamma(k) = \int_0^\infty t^{k-1} e^{-t} dt$; $k, \theta > 0$</p>	“ k ” parámetro de forma. “ θ ” parámetro de escala.
Beta	$f(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(k+l)}{\Gamma(k)\Gamma(l)} x^{k-1} (1-x)^{l-1} & 0 < x < 1 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$ $k, l > 0$	“ k ” parámetro de localización. “ l ” parámetro de escala.
Weibull	$f(x) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k\right] & x > 0 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$ $k, \lambda > 0$	“ k ” parámetro de forma. “ λ ” parámetro de escala.
Exponencial	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\mu} e^{-x/\mu} & x > 0 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$ $\mu > 0$	“ μ ” es la media
Triangular	$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(c-a)} & c \leq x \leq b \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$	“a” es el valor mínimo. “b” es la moda. “c” es el valor máximo.

Fuente: elaboración propia.

La grafica de una distribución continua se muestra en la figura 2.

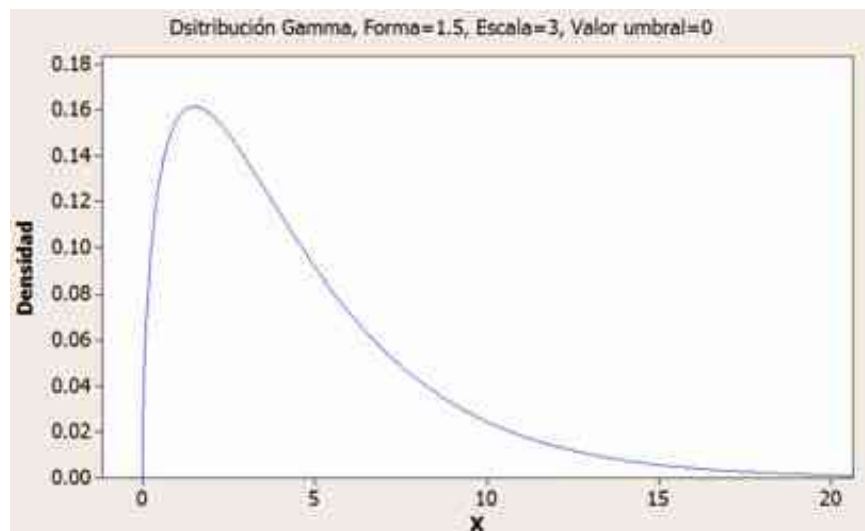


Figura 2. Distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua, en este caso una distribución Gamma.

Fuente: elaboración propia.

Intervalo de confianza

Un intervalo de confianza proporciona una forma de cuantificar la imprecisión de los estimadores puntuales debido a la variabilidad de ellos. El procedimiento consiste en formar un intervalo cerrado $[,]$ que contenga al parámetro estimado con una probabilidad especificada llamada nivel de confianza, donde los extremos del intervalo son determinadas por la muestra (Kelton, Sadowski y Sturrock, 2008, p. 581).

El intervalo de confianza del $100(1 - \alpha)\%$ para la media está dado por:

$$\bar{x} \pm t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde \bar{x} y s son la media y desviación estándar estimadas de una muestra aleatoria de tamaño n , además $t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}$ es el punto que tiene debajo la probabilidad $1 - \frac{\alpha}{2}$ para la distribución t de Student con $n - 1$ grados de libertad.

Pruebas de hipótesis

Según Córdova (2003) nos dice que una hipótesis estadística es:

Cualquier afirmación o conjetura que se hace acerca de la distribución de una o más poblaciones. La afirmación o conjetura puede referirse bien a la forma o tipo de distribución de probabilidad de la población o bien referirse al valor o valores de uno o más parámetros de la distribución conocida su forma. (p. 432)

Dicha afirmación puede nombrarse hipótesis nula o H_0 , siendo la negativa u opuesta la que es llamada hipótesis alternativa denotada por H_1 .

La prueba de hipótesis estadística es un proceso que permite aceptar o rechazar la hipótesis nula basándose en los resultados de una muestra aleatoria seleccionada. Hay que tener claro que la aceptación de una hipótesis indica que los datos de la muestra no proporcionan evidencia suficiente para tener que rechazarla.

Existen 4 tipos de situaciones posibles al momento de realizar una prueba de hipótesis las cuales se muestran en la tabla 3:

Tabla 3

Posibles situaciones al realizar una prueba de hipótesis.

Decisión	H_0 verdadera	H_0 falsa
Rechazar H_0	Error tipo I Probabilidad:	Decisión correcta Probabilidad: 1-
Aceptar H_0	Decisión correcta Probabilidad: 1-	Error tipo II Probabilidad:

Fuente: Córdova (2003, p. 435).

Como se puede apreciar el error tipo I es la probabilidad de rechazar H_0 cuando esta es verdadera denotada por α , mientras que el error tipo II es la probabilidad de aceptar H_0 cuando en realidad es falsa, denotado por β . Cabe resaltar que estas dos probabilidades son inversamente proporcionales, es decir, si sube el valor de α , entonces el valor de β disminuye.

Esta probabilidad α es conocida como nivel de significación e la prueba de hipótesis, generalmente este valor se fija previamente en 0.05 o 0.01.

La regla de decisión para aceptar o rechazar H_0 implica dividir la distribución muestral del estadístico escogido en dos partes que son mutuamente excluyentes, las que serán llamadas región de aceptación (R.A.) y región de rechazo o región crítica (R.C.), que dependerán de H_1 , y la distribución muestral del estadístico elegido.

En la figura 3 se muestran dichas regiones:

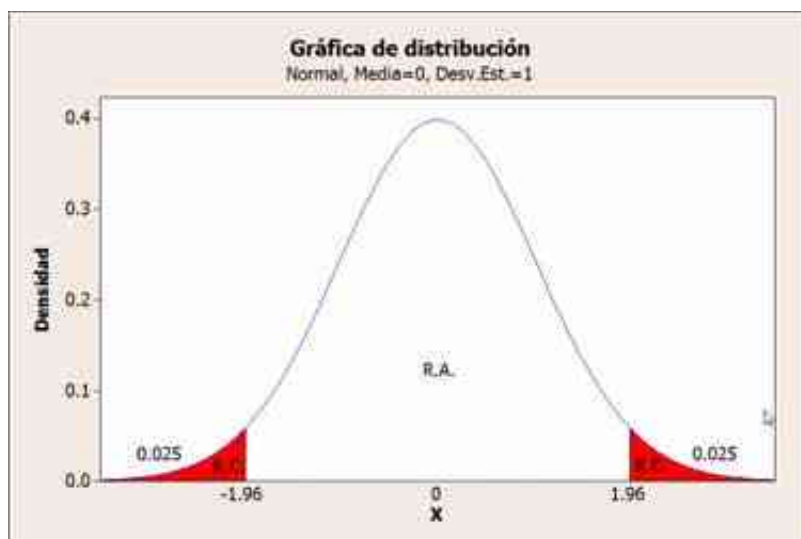


Figura 3. Región de aceptación y rechazo (crítica) para el estadístico Z de una prueba bilateral. Con media 0, desviación estándar 1, nivel de significación $\alpha=0.05$.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4

Casos de prueba de hipótesis para una población normal.

Caso	Estadístico de prueba	Alternativa
Población normal con conocida	$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \sim N(0,1)$ Válido solo 2	$1: \mu > \mu_0$, cola a la derecha.
		$1: \mu < \mu_0$, cola a la izquierda.
		$1: \mu \neq \mu_0$, prueba bilateral.
Población normal con desconocida	$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s / \sqrt{n}} \sim (n-1)$ Válido solo 2	$1: \mu > \mu_0$, cola a la derecha.
		$1: \mu < \mu_0$, cola a la izquierda.
		$1: \mu \neq \mu_0$, prueba bilateral.

Fuente: Sevilla y Poma (2016, p. 15).

Se toman en cuenta 4 casos para la prueba de hipótesis de la media de una población, los primeros dos casos son para una población muestral que se observa en la tabla 4, y los otros dos son para una población desconocida, mostrada en la tabla 5:

Tabla 5

Casos de prueba de hipótesis para una población desconocida.

Caso	Estadístico de prueba	Alternativa
Forma de población desconocida con conocida	$= \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \sim (0,1)$ Válido solo 30	- $> 1 - \alpha$ - $< 1 - \alpha$ - $ t < 1 - \frac{\alpha}{2}$ 1: $> \mu_0$, cola a la derecha. 1: $< \mu_0$, cola a la izquierda. 1: μ_0 , prueba bilateral.
Forma de población desconocida con no conocida	$= \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \sim (0,1)$ Válido solo 30	- $= [>]$, cola derecha o izquierda. - $= 2 [>]$, prueba bilateral.

Fuente: Sevilla y Poma (2016, p. 16).

Prueba de bondad de ajuste

Con esta prueba se pretende determinar a qué distribución de probabilidad se ajustan mejor los datos observados, tratando así de comprobar si la hipótesis nula es correcta (H_0 : los datos se ajustan a la distribución X). Para la presente investigación se considerarán 2 tipos de prueba de bondad, la prueba Chi cuadrado (χ^2) y la prueba de Kolmogorov-Smirnov las cuales se definen a continuación.

Prueba χ^2 : esta prueba de hipótesis compara un valor llamado estadístico de prueba con un valor conocido como valor crítico el cual se obtiene de tablas estadísticas. Se puede utilizar para datos discretos y continuos, además no es recomendable utilizarla para muestras pequeñas. Si al seleccionar una muestra existen frecuencias esperadas menores a 5 se puede combinar clases vecinas, pero, para cada par de clases combinadas, se reduce en 1 los grados de libertad (Canavos, 1988, p. 365). El procedimiento general de la prueba es el siguiente:

1. Se debe tener al menos 30 datos (n) de la variable aleatoria que se analiza.

2. Se calcula la media μ y la varianza σ^2 .
3. Se crea un histograma con $h = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ intervalos o utilizando la fórmula de Sturges $h = 1 + 3.322 \log(n)$ y obtener la frecuencia observada en cada intervalo O_i .
4. Establecer explícitamente la hipótesis nula, proponiendo una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.
5. Calcular la frecuencia esperada, E_i , a partir de la función de probabilidad propuesta.
6. Calcular el estadístico de prueba:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

7. Definir el nivel de significancia de la prueba, α , y determinar el valor crítico de la prueba, $\chi^2_{\alpha, k-1}$ (k es el número de parámetros estimados en la distribución propuesta).
8. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba χ^2 es menor que el valor crítico $\chi^2_{\alpha, k-1}$ no se puede rechazar la hipótesis nula.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov: este test fue desarrollado en la década de los 30 en el siglo XX, permite obtener una distribución de probabilidad de un conjunto de datos, al igual que la prueba Chi-cuadrada, pero una limitante es que solo se puede aplicar a datos continuos, pero puede ser utilizado con cualquier tamaño de muestra. El procedimiento general de prueba es el siguiente:

1. Se debe tener al menos 30 datos ($n \geq 30$) de la variable aleatoria que se analiza.
2. Se calcula la media μ y la varianza σ^2 .
3. Se crea un histograma con $h = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ intervalos o utilizando la fórmula de Sturges $h = 1 + 3.322 \log(n)$ y obtener la frecuencia observada en cada intervalo O_i .

4. Calcular la probabilidad observada en cada intervalo $= \frac{f_i}{n}$, esto es, dividir la frecuencia observada f_i entre el número total de datos (n).
5. Acumular las probabilidades para obtener la probabilidad observada hasta el i -ésimo intervalo, F_i .
6. Establecer explícitamente la hipótesis nula, proponiendo una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.
7. Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada intervalo, F_{ij} , a partir de la función de probabilidad propuesta.
8. Calcular el estadístico de prueba:

$$T = \sum_{j=1}^k \frac{(f_j - F_{ij})^2}{F_{ij}} = 1, 2, 3, \dots, \dots,$$
9. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar el valor crítico de la prueba T_{α} .
10. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

2. Teoría de colas (Teoría de Líneas de espera)

Proceso básico de Colas

Un proceso básico de colas consiste en lo siguiente: conforme transcurre el tiempo el cliente o entidad se genera desde una fuente e ingresa al sistema, se coloca en una cola a esperar su turno, en algún momento un servidor toma un cliente de la cola (según el tipo de regla o disciplina con que opere: por orden de llegada, prioridad, aleatorio, etc.) y se le da el servicio que requiere para luego retirarse del sistema de cola (Hillier y Lieberman, 2010, p. 709).

La definición que nos da Hillier y Lieberman (2010) es la siguiente:

La teoría de colas es el estudio de la espera en las distintas modalidades. Utiliza los modelos de colas para representar los tipos de sistemas de líneas de espera (sistemas que involucran colas de algún tipo) que surgen en la práctica. Las fórmulas de cada modelo indican cuál debe ser el desempeño del sistema correspondiente y señalan la cantidad promedio de espera que ocurrirá en diversas circunstancias. (p. 708)

La figura 4 muestra el proceso básico de colas.

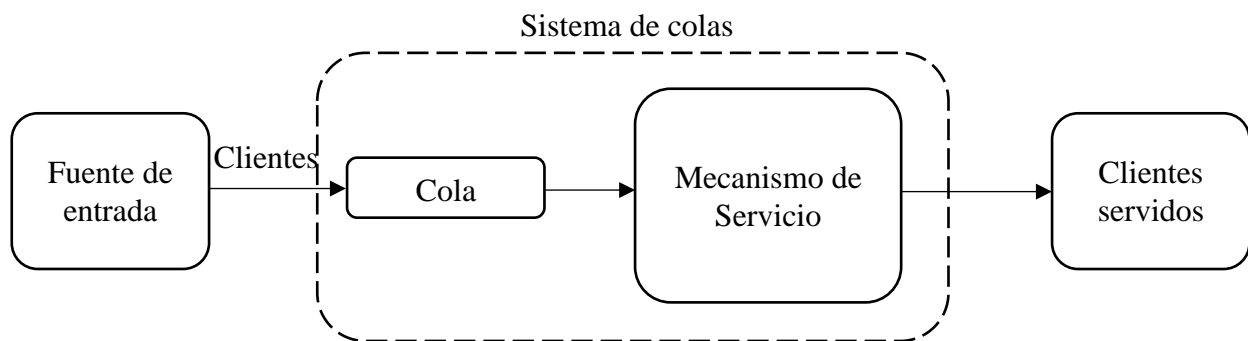


Figura 4. Proceso básico de colas.

Fuente: Hillier y Lieberman (2010, p. 709).

Fuente de entrada: se define como la población donde se generan los clientes o entidades que requieren el servicio en un determinado momento, en pocas palabras, el número total de clientes potenciales distintos, pudiendo ser esta población finita o infinita, por ejemplo, máquinas que necesitan servicio de mantenimiento o llamadas que ingresan a una central telefónica (Hillier y Lieberman, 2010, p. 709).

Cola: es el lugar en donde los clientes esperan a ser atendidos, se caracteriza por su capacidad de ser finita o infinita, aunque en la mayoría de sistemas se supone capacidad infinita (Hillier y Lieberman, 2010, p. 710).

Disciplina de cola: se refiere a la regla que indica el orden con el que serán seleccionados los clientes para recibir el servicio. Se definen 4 reglas principales: FCFS que significa First Come First Served (primero en llegar, primero en servirse), LCFS que significa Last Come First Served

(último en llegar, primero en servirse), SIRO que es Service In Random Order (servicio en orden aleatorio) y por último el mecanismo de Prioridad, que atiende a clientes desde mayor nivel de importancia al menor (Taha, 2004, p. 581).

Mecanismo de Servicio: de acuerdo a Hillier y Lieberman (2010) el mecanismo de servicio consiste en:

Una o más estaciones de servicio, cada una de ellas con uno o más canales de servicio paralelos, llamados servidores. Si existe más de una estación de servicio, el cliente puede recibirlo de una secuencia de ellas (canales de servicio en serie). En una estación dada, el cliente entra en uno de estos canales y el servidor le presta el servicio completo. Los modelos de colas deben especificar el arreglo de las estaciones y el número de servidores (canales paralelos) en cada una de ellas. (...). El tiempo que transcurre desde el inicio del servicio para un cliente hasta su terminación en una estación se llama tiempo de servicio (o duración del servicio). Un modelo de un sistema de colas determinado debe especificar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio de cada servidor (y tal vez de los distintos tipos de clientes), aunque es común suponer la misma distribución para todos los servidores. (p. 710)

Notación Kendall-Lee: es la terminología que se utiliza para describir las colas y sus características y es de la forma $(A,B,S) : (D,E,F)$, donde A representa la distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas, B es la distribución de probabilidad del tiempo de servicio, S es la cantidad de servidores disponibles, D es la capacidad máxima de clientes que puede albergar el sistema, E es la disciplina de cola, F se refiere al tamaño de la fuente o población de entrada. Los valores posibles de la distribución del tiempo entre llegadas y de los tiempos de servicio pueden ser:

M = los tiempos son exponenciales

D = los tiempos son deterministas

G = los tiempos son generales (cualquier distribución)

Ejemplo: (/ 2/8) (/10/)

Una clínica con **ocho** médicos, tiempos entre llegadas **exponenciales**, tiempos de servicio **Erlang** de dos fases, una disciplina de líneas de espera **FIFO**, una capacidad de **10** pacientes e **infinitos** pacientes potenciales.

Tipos de sistemas: se consideran 4 tipos de sistemas teniendo en cuenta el número de colas y servidores. Se muestran los tipos en las figuras 5, 6, 7 y 8:

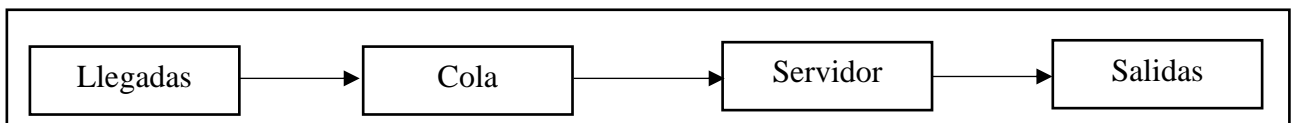


Figura 5. Sistema de una cola, un servidor.
Fuente: Gámez (2018, p. 18).

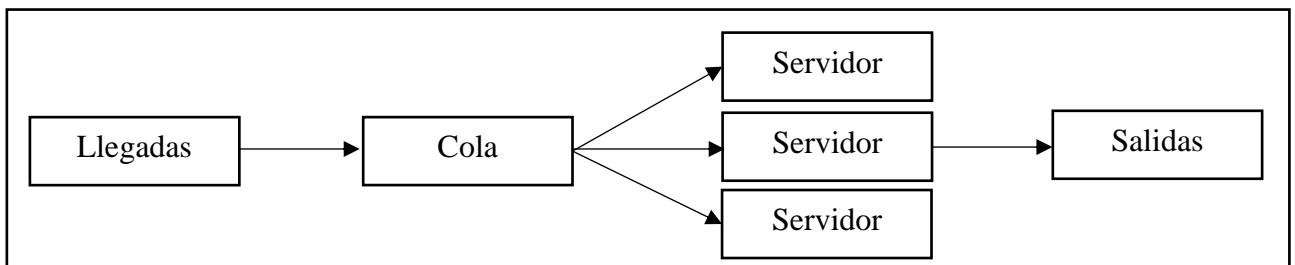


Figura 6. Sistema de una cola, múltiples servidores.
Fuente: Gámez (2018, p. 18).

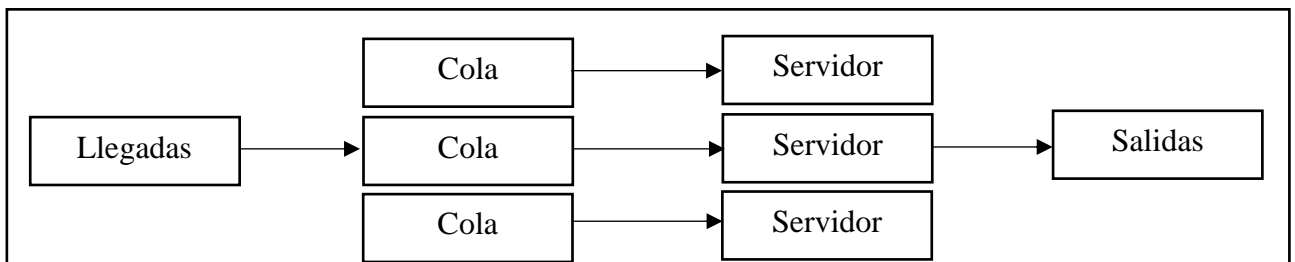


Figura 7. Sistema de múltiples colas, múltiples servidores.
Fuente: Gámez (2018, p. 19).

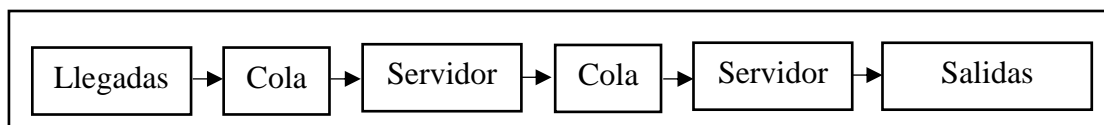


Figura 8. Sistema de una cola con servidores secuenciales.

Fuente: Gámez (2018, p. 19).

Costos en teoría de colas

En teoría de colas, se trata de balancear 2 costos específicos:

1. De espera: es el costo que se incurre por la espera del cliente para ser atendido por unidad de tiempo
2. De servicio: que se obtiene al ofrecer el servicio para la atención de los clientes por unidad de tiempo.

Los dos tipos de costos son inversamente proporcionales, ya que al aumentar una, la otra disminuye, por lo tanto se necesita minimizar el costo total dado por:

$$= \cdot + \cdot$$

Donde:

es el costo de espera por unidad de tiempo.

es el costo de servicio por unidad de tiempo.

es el número de clientes en la de cola.

es el número de servidores disponibles.

3. Simulación

La simulación puede tener definiciones tan amplias ya que puede incluir desde una maqueta, hasta un sofisticado programa de computadora, por ello veamos la siguiente definición dada por Kelton et al. (2008):

La simulación se refiere a 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. (p. 1)

Para tener un concepto más claro acerca de la simulación, podemos basarnos en la definición de Eppen, Gould, Schmidt, Moore y Weatherford (2000) que nos dice “la idea básica de la simulación es la construcción de un dispositivo experimental, o simulador, que actuará como (simulará) el sistema de interés en ciertos aspectos importantes, de una manera rápida y redituable” (p. 507).

Las definiciones anteriores no especifican si los modelos son de eventos discretos o continuos, entendiéndose como evento discreto aquel en el que los cambios de estado en el sistema ocurren de manera aleatorizada en distintos lapsos de tiempo, mientras que en los eventos continuos sus cambios ocurren de forma permanente en el tiempo, siendo mayormente usado el modelo de eventos discretos en las distintas aplicaciones como el de la presente investigación.

Hay que tener en cuenta que un modelo de optimización no es lo mismo que un modelo de simulación, esto lo plantea Eppen et al. (2000):

En un modelo de optimización, los valores de las variables de decisión son resultados. Esto es, el modelo proporciona un conjunto de valores para las variables de decisión que maximiza (o minimiza) el valor de la función objetivo. En un modelo de simulación, los valores de las variables de decisión son entradas. El modelo evalúa la función objetivo en relación con un conjunto particular de valores. (p. 507)

En los modelos de simulación existen 2 tipos: modelo continuo y modelo discreto. Los modelos continuos describen sistemas cuyo comportamiento es cambiante conforme transcurre el tiempo. Puede ser representada por ecuaciones diferenciales, por ejemplo, los estudios de la

dinámica demográfica mundial. Los modelos discretos describen generalmente procesos de colas y solo cambian cuando un cliente ingresa o sale del sistema; debido a que los cambios ocurren en lapsos discretos en el tiempo se le da el nombre de modelo discreto (Taha, 2004, p. 644).

Etapas para realizar un estudio de simulación: los pasos necesarios para llevar a cabo un experimento con simulación es el siguiente:

- a. *Definición del sistema.* Interacción del sistema, restricciones del sistema, medidas de efectividad, resultados esperados.
- b. *Formulación del modelo.* Aquí se definen todas las variables que forman parte del modelo, las relaciones lógicas y los diagramas de flujo que lo describen.
- c. *Colección de datos.* Aquí se deben definir los datos necesarios que se deben coleccionar para que el modelo sea representativo.
- d. *Implementación del modelo en la computadora.* Con el modelo ya definido, se debe escoger un lenguaje de programación o algún paquete de simulación para procesarlo en computadora y obtener los resultados deseados. En este caso se usará el software Arena.
- e. *Validación.* Esta etapa permitirá determinar las deficiencias del modelo, basándose en aspectos como: opinión de expertos, exactitud de predicción de datos históricos, comprobación de fallas al introducir cambios que provoquen fallas al sistema real, Aceptación y confianza, en el modelo, de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.
- f. *Experimentación.* Luego de la validación se generan los datos deseados para someterlos a un análisis de sensibilidad.
- g. *Interpretación.* En base a los datos obtenidos se interpreta y se toman decisiones.

- h. Documentación.** Se obtienen 2 tipos de documentación, un informe técnico y un manual del usuario.

4. Software Arena

Arena es un software de simulación perteneciente a Rockwell Automation, que permite simular procesos con eventos discretos, analiza las medidas de desempeño y evalúa posibles cambios para encontrar el escenario que optimice el modelo. El software Arena está basado en lenguaje SIMAN y permite escribir código en tal lenguaje además del uso de animaciones, análisis de entrada o salida de datos y verificación del modelo implementado. La versión usada para el presente trabajo de investigación es la versión estudiante (Student en Arena). La ventana de trabajo de Arena se muestra en la figura 9.

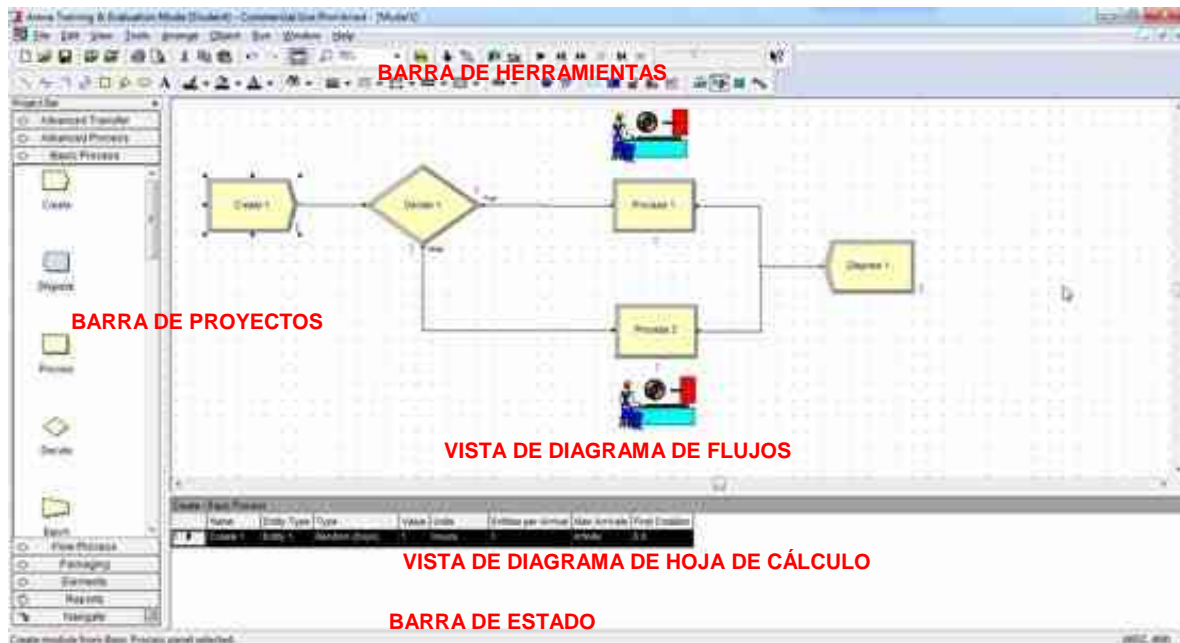


Figura 9. Ventana del software de simulación Arena versión estudiante.
Fuente: elaboración propia.

a. Módulos de Arena

Los módulos en arena son los elementos básicos del modelo, se determinan 2 tipos, los *diagramas de flujo* que pueden verse como nodos donde las entidades ingresan y realizan una

determinada tarea, y los *módulos de datos* que definen las características de los elementos del proceso, como entidades, recursos y colas, además aquí se definen variables o expresiones numéricas (Kelton et al. 2008, p. 60).

Módulos Basic Process

De flujo:

- Create: aquí es donde se crean las entidades que ingresan al sistema de acuerdo a una distribución de probabilidad de tiempos y cantidad de llegadas.
- Dispose: permite disponer de una entidad, es decir por este módulo es que la entidad sale del sistema.
- Process: en este módulo se definen los parámetros para procesar la entidad, como distribución de probabilidad del tiempo de servicio, cantidad y tipos de recursos a usar. El modulo toma la entidad, le da servicio, y libera la entidad para que siga su ruta por el sistema.
- Decide: este módulo permite decidir qué camino debe tomar la entidad dentro del sistema, en base a una probabilidad o una condición.
- Assign: aquí se asignan características o propiedades a las entidades, como tipo de entidad, alguna imagen para animación, una variable o atributo.
- Record: permite grabar estadísticas de las entidades, como tiempo en cola o en servicio, también graba el conteo de entidades que salen del sistema.

De datos:

- Attribute: se utiliza para definir el tipo, dimensión o valor inicial de un atributo de entidad.
- Entity: define los distintos tipos de entidades y sus imágenes iniciales (que se usaran en la animación), también se define aquí costos iniciales de la entidad.

- Queue: se usa para determinar la cola donde esperaran las entidades, además de la regla de atención (según el orden de llegada o alguna prioridad).
- Resource: este módulo define los recursos que darán servicio en el sistema de simulación, incluido los costos y disponibilidad de recursos. Se pueden definir recursos con capacidad fija o de acuerdo a un programa de horario.
- Variable: se usa para definir dimensiones o valores de una variable, esta puede ser en matriz 1-D o en 2-D.
- Schedule: se usa de la mano con el módulo resource para crear un horario de servicio o con el módulo create para definir un horario de llegadas.
- Set: aquí se pueden definir distintos tipos de conjuntos, como recursos, tipo de entidad, tipo de imagen de la entidad.
- Picture: se usa para definir la imagen de animación que se asociará a una entidad, esta imagen se almacena en el atributo de la entidad Entity.Picture.

Módulos Advanced Process

De flujo:

- Módulo Seize: éste módulo asigna unidades de un recurso a alguna entidad que ingresa a éste, colocándolo en una cola hasta que todos los recursos especificados estén disponibles simultáneamente.
- Módulo Release: libera unidades de un recurso que fue asignado a alguna entidad previamente o libera recurso dentro de un conjunto de recursos.
- Módulo Hold: éste módulo retiene en una cola interna la entidad que ingresa en él hasta que la libera mediante una señal o una condición verdadera.

De datos:

- **Expression:** El módulo de expresión define expresiones y sus valores asociados, puede contener cualquier lógica de expresión compatible con Arena, como valores reales, distribuciones probabilidad, variables del sistema definidas por el usuario o por Arena, y combinaciones de estas. Pueden ser matrices en 1-D o 2-D.
- **Statistic:** se usa para recopilar estadísticas adicionales durante la simulación. Aquí se pueden definir estadísticas de tiempos, recuento, salidas y frecuencias.

Módulos Advanced Transfer

De flujo

- **Route:** éste módulo transfiere una entidad a una estación específica. Se puede definir un tiempo de demora para la transferencia.
- **Station:** El módulo define una estación (o un conjunto de estaciones) correspondiente a una ubicación física o lógica donde se produce el procesamiento de la entidad.

b. Input Analyzer

Es una herramienta del software Arena que permite realizar la prueba de bondad de ajuste de los datos observados y determinar la distribución de probabilidad que se ajuste mejor a dichos datos. Utiliza el método Chi-cuadrado y Kolomogorov-Smirnov, obteniendo el p-value, si éste es mayor al nivel de confianza (0.05) podemos indicar que los datos observados se ajustan a la distribución de probabilidad. En la figura 10 se muestra la ventana del Input Analyzer:

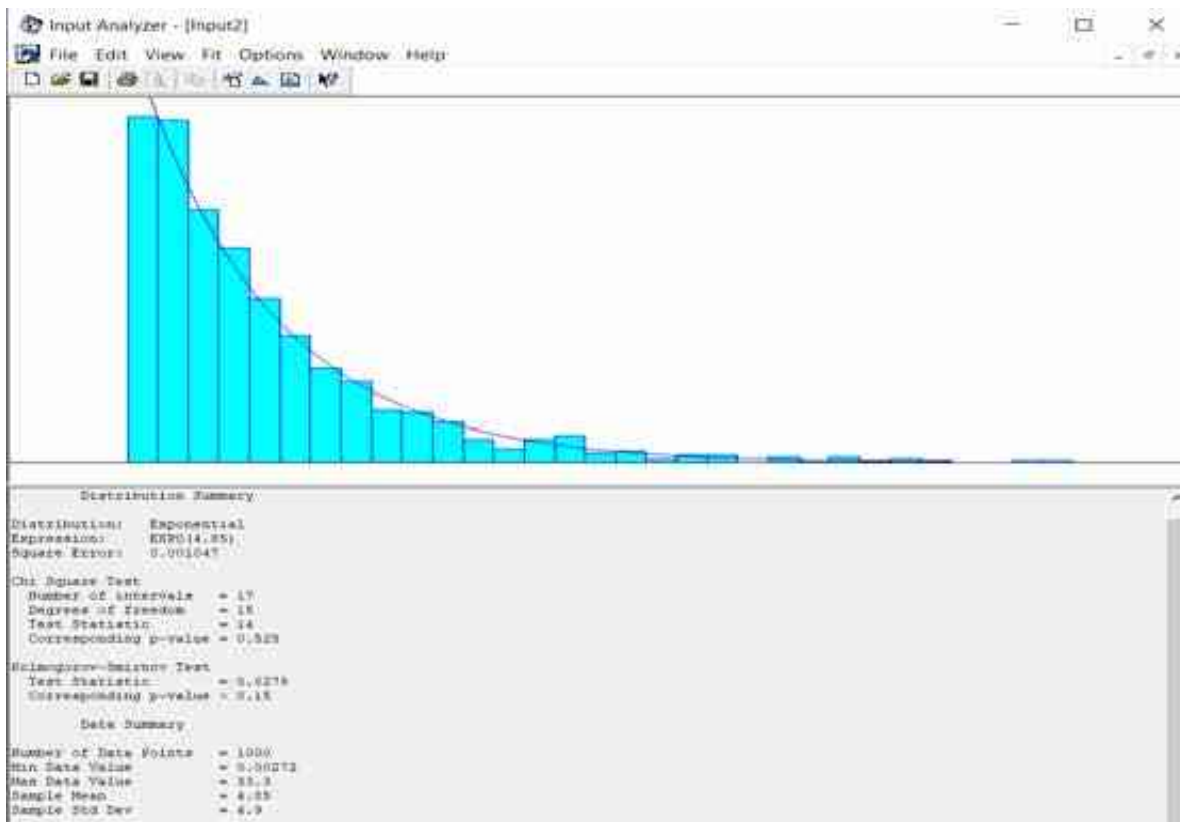


Figura 10. Ventana del Input Analyzer. Prueba de ajuste de bondad para 1000 datos observados. Se obtiene con el método Chi-cuadrado un $p = 0.525 > 0.05$, y con el método de Kolmogorov-Smirnov se obtiene un $p > 0.15 > 0.05$. Por lo tanto, podemos aceptar la hipótesis nula y concluir que los datos se ajustan a una distribución de probabilidad exponencial con media 4.85.
Fuente: Elaboración propia.

2.3. Definiciones conceptuales

Teoría de colas (teoría de líneas de espera)

- Cliente: Son los elementos que llegan a un establecimiento solicitando un servicio. Los clientes no solo son personas, también pueden ser, aviones que esperan aterrizar en un aeropuerto, cartas que esperan ser procesadas en una oficina de correo, materia prima para procesar, etc.
- Servidor: Es el que ofrece el servicio a los clientes.
- Tiempo entre llegadas: Es el tiempo que transcurre desde la llegada de un cliente, hasta la llegada del siguiente. Y este puede ser probabilístico o determinístico.

- Tiempo entre servicios: Es el tiempo que transcurre desde el inicio del servicio para un cliente, hasta su terminación en una instalación. Y este puede ser probabilístico o determinístico.
- Tamaño de la cola: Es la cantidad máxima permitida de clientes que pueden permanecer en una cola, pudiendo ser finito o infinito.
- Canal: Hace referencia al número de servidores que hay en el sistema. Estos canales pueden ser: Canales de servicio en serie o en paralelo.
- Estado estable: Se da cuando el estado del sistema (número de clientes en el sistema) se vuelve, en esencia, independiente del estado inicial y del tiempo transcurrido desde el inicio. Así se puede decir que el sistema ha alcanzado su condición de estado estable y en esta situación es donde la teoría de colas tiende a dedicar su análisis.

Simulación

- Sistema: Es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera que el arreglo se pueda comandar, dirigir o regular así mismo o a otro sistema.
- Estado del sistema: Condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado, es como una fotografía de lo que está pasando en el sistema en cierto instante.
- Recursos: Dispositivos diferentes a las localizaciones necesarios para llevar a cabo una operación (un montacargas que traslada una pieza de un lugar a otro).
- Localización: Lugares donde el proceso puede detenerse para ser transformado o esperar serlo (almacenes, bandas transportadoras, maquinas, etc.).
- Entidad: Es la representación de los flujos de entrada a un sistema (clientes, piezas).
- Evento: Cambio en el estado actual del sistema (la entrada o salida de una entidad).

- Atributos: Se refiere a las características que posee una entidad (si la entidad es un motor, sus atributos serían color, peso, tamaño o cilindraje).
- Reloj de simulación: Es el Contador de tiempo de la Simulación.
- Distribución de probabilidad: Conjunto de valores que son contabilizados a partir de una frecuencia relativa, que equivale a la probabilidad de ocurrencia de un evento.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Aplicar simulación de colas en las operaciones del área de almacén del operador logístico ALCOSA permitirá analizar el comportamiento del sistema y obtener un modelo que optimice sus recursos y procesos.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Determinar y obtener la información necesaria de los principales elementos del sistema asegurarán la elaboración del modelo.
- La distribución de probabilidad obtenida se ajusta a los datos recolectados.
- Al comprobar y validar el sistema de simulación se obtendrá el modelo correcto.
- Determinar el escenario adecuado permitirá optimizar las operaciones del sistema simulado.

Capítulo III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, es decir se va a “actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (Carrasco, 2005, p. 43) además se usarán conceptos básicos de teoría de colas, conceptos estadísticos y de simulación para estudiar escenarios que optimicen el modelo.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación es descriptiva, es decir, pretende describir la situación del sistema del área de carga y descarga del operador logístico ALCOSA, describir su comportamiento en base a sus procesos, recursos y datos recolectados, las cuales se organizarán e introducirán en el modelo para luego analizar los resultados que contribuyan al conocimiento.

3.1.3. Diseño

El tipo de diseño es no experimental-transversal porque no se manipulará la variable independiente y el estudio se realizará en un tiempo determinado.

3.1.4. Enfoque

La investigación posee un enfoque cuantitativo ya que se realizarán mediciones numéricas en base a datos recolectados, además del uso de análisis estadístico y modelado matemático.

3.2. Población y muestra

Población:

La población está compuesta por todas las unidades de transporte que utilicen todos los clientes de la empresa ALCOSA. Para conocer una cantidad aproximada, se muestra a

continuación un registro histórico las cantidades de unidades de transporte registradas desde el año 2002 al 2012, según el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo:

Tabla 6

Unidades de transporte registradas a nivel nacional por año

N°	Año	cantidad	N°	Año	cantidad	N°	Año	cantidad
1	2002	22 547	5	2006	80 519	9	2010	145 525
2	2003	54 697	6	2007	96 297	10	2011	153 411
3	2004	61 270	7	2008	124 872	11	2012	176 979
4	2005	71 367	8	2009	142 662			

Fuente: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2015, p. 36).

Utilizando técnicas de aproximación podemos calcular que para el año 2019 se tendría registrados a nivel nacional 286 425 unidades de transportes, además, de acuerdo a Ayala (2007): “Para problemas en donde el número de clientes potenciales es bastante grande (cientos de miles), el tamaño de la población se asume, para fines prácticos, como si fuera infinita” (citado por Vitery y Saldivar, 2017, p. 40). Por lo tanto, asumimos a la población como infinita.

Muestra:

Se realizará el muestreo no probabilístico: muestreo por conveniencia, tomando la información de todas las unidades de transporte que lleguen al operador logístico durante 2 semanas, de lunes a sábado. Se obtuvo la cantidad de 182 unidades para los tiempos de servicio; para los tiempos entre llegadas se utilizó el registro que se maneja en la garita de ingreso con un total de 975 unidades.

3.3. Operacionalización de variables e indicadores

La operacionalización de las variables e indicadores de la investigación se describen en la tabla 7:

Tabla 7
Operacionalización de variables e indicadores.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Líneas de espera	Las líneas de espera o colas trata del análisis de varios procesos, tales como la llegada de los datos al final de la cola, la espera en la cola, entre otros (Pacheco, 2017, p. 11).	En el estudio de las líneas de espera los clientes se crean desde una fuentes de entrada y se posicionan en una cola de capacidad determinada para ser atendido, según alguna disciplina de cola , por un servidor o grupo de ellos de acuerdo al mecanismo de servicio . Los clientes también pueden incurrir en tiempos de demora que no se consideran en las colas.	Fuente de entrada Capacidad de cola Disciplina de cola Mecanismo de servicio Demora	- Tiempo entre arribos - Cantidad de arribos - Cantidad de clientes en cola - Tiempo de espera en cola. - Orden de selección de entidades - Prioridad de atención - Cantidad de servidores o recursos - Tiempo de servicio - Tiempo de traslado - Tiempo en balanza - Tiempo antes y después del servicio
Optimización de recursos y procesos	La optimización busca determinar, de un conjunto de procesos de sistemas, aquel que presente la mejor solución de rendimiento a algún problema específico, causándole un efecto correcto (Carrillo, 2014).	En la simulación de colas, la optimización busca entre un conjunto de escenarios posibles aquel que satisfaga mejor los objetivos planteados.	Escenarios posibles	- Porcentaje de utilización de recursos - Costos

Fuente: elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas a emplear

Inspección de registros:

Se utilizan los registros y documentos pertinentes que cuente la empresa para el propósito de la investigación.

Observación directa:

Se realizará una recopilación de los tiempos entre llegadas de los clientes, tiempo de servicio (carga o descarga), tiempo de traslado, tiempo de demora en balanza (solo aduaneros) y de demora antes y después de ser servidos. Para ello se hará uso de formatos de registros de elaboración propia.

3.4.2. Descripción de los instrumentos

Formatos de registro

Son los documentos necesarios para la recolección de datos apropiados que servirán para el desarrollo del modelo de simulación.

3.5. Técnicas para el procesamiento de la información

Procesamiento Manual

De la colección de datos obtenida mediante las técnicas de recolección de datos se determinarán las distribuciones de probabilidad de los tiempos entre llegadas, de procesamiento, de demora y tiempo de traslado, además de la lógica del flujo de las entidades dentro del sistema, para su posterior inserción en el modelo e implementación en el software Arena.

Técnicas de optimización matemática

- Simulación del modelo: Se implementará el modelo en el software Arena y se realizará la simulación del mismo para un determinado tiempo, con un determinado número de corridas o réplicas.
- Análisis de escenarios: Se realizará un análisis de las distintas opciones de solución del modelo, cambiando algunos parámetros o variables de forma individual, observando los cambios que sufre el sistema, eligiendo la mejor opción.

Capítulo IV: RESULTADOS

4.1. Descripción de la operación de carga y descarga del área de almacén.

Las unidades de transporte (UT) que llegan a ALCOSA para ser servidas lo hacen de manera aleatoria ya sea para carga (despacho de mercadería) o descarga (recepción de mercadería).

Se identifican 2 tipos de mercadería que influyen en el desplazamiento de las UT a través del modelo, mercadería en régimen simple (UT_sim) y mercadería en régimen aduanero (UT_adua).

La primera se trata de mercadería que ha sido producida en territorio nacional o ha sido importada del extranjero pero que los tributos correspondientes ya han sido pagados a la Sunat Aduanas; la segunda se trata de mercadería que ha sido importada pero que aún no han sido cancelados los derechos tributarios y por consiguiente se encuentra bajo potestad de la Sunat Aduanas y el importador no la puede disponer hasta cancelar los impuestos correspondientes.

Las UT pueden requerir 2 tipos de recursos, solo montacarga, solo estiba, o montacarga y estiba a la vez. ALCOSA cuenta con 3 montacargas permanentes que son alquilados por hora, y 3 cuadrillas de estiba compuestos por 4 personas c/u. La UT al ingresar toma su recurso de estar disponible, de lo contrario espera su disponibilidad.

Las UT_adua requieren un servicio adicional que es el pesaje de la mercadería, por ello al ingresar a servirse se dirigen directamente hacia la balanza, luego proceden con la operación correspondiente y al terminar regresan a balanza para el destare. Mientras que la UT_sim al ingresar al almacén se dirige directamente hacia su operación de carga o descarga.

Se debe resaltar que antes y después de cada operación se generan tiempos de demoras, entre ellos tenemos:

Antes de servicio u operación:

- Tiempo de demora de cuadro o posicionamiento de la UT para que se coloque en la respectiva zona de carga/descarga.
- Tiempo de demora en la revisión de la guía de remisión.
- Para operación de carga: tiempo de demora en ubicación de mercadería solicitada en guía de remisión.
- Para operación de descarga: tiempo de demora para la verificación de documentación de recepción correspondiente (packing list, facturas, hojas de seguridad).

Después de servicio u operación:

- Para operación de carga: tiempo de demora en la verificación de carguío correcto, tiempo de demora para asegurar los productos a la UT, tiempo de demora en la realización de la constancia de despacho.
- Para operación de descarga: tiempo de demora en la verificación final del estado y cantidad de mercadería, tiempo de demora para el sellado y visto bueno en la documentación de recepción.

4.2. Recolección de datos

Esta etapa se realizó durante 2 semanas, de lunes a sábado (12 días), de 8am a 6pm aproximadamente, dependiendo de la hora de término de operaciones en ALCOSA. En un registro de elaboración propia y con ayuda de un reloj digital se registraron los tiempos de servicio (ver anexo 2), traslados (ver anexo 3), demora balanza (ver anexo 4) y de demora antes y después del servicio (ver anexo 5), para luego trasladar toda esta información al software Microsoft Excel. En total se registraron 182 UT servidas.

Las horas de llegadas de las UT se tomaron de los registros que se manejan en la garita de ingreso, 66 días sin contar domingos ni feriados (ver anexo 1) con un total de 975 llegadas.

4.3. Análisis de Datos

En esta etapa se realiza el análisis de los datos a través del complemento Input Analyzer del software Arena, el cual toma en consideración el valor p (o p-value) y el menor error cuadrado.

De acuerdo a lo obtenido de los registros de llegadas se observa que por las mañanas el flujo de llegada es más alto que por las tardes, por eso se considera dos distribuciones de tiempos entre llegadas, una de 8am a 2pm y la otra de 2pm a 5:30pm.

Se detallarán solo los pasos para el análisis de los tiempos entre llegadas en el horario de 8am a 2pm. Para el resto de tiempos se presentará un cuadro resumen. Los resultados del resto de distribuciones de tiempos se presentarán en los anexos.

4.3.1. Análisis de los tiempos de arribo, horario de 8am a 2pm

Arena utiliza el término arribo (arrive en inglés) en lugar de llegada. Este tiempo de arribo es la frecuencia con la que se registran las UT en la garita de ALCOSA. Si la UT no se registra se considera que no ha llegado aún al operador logístico.

Se comienza con la copia de todos los tiempos entre llegadas a un archivo de texto .txt, desde este archivo el Input Analyzer generará un histograma como en el que se muestra en la figura 11:

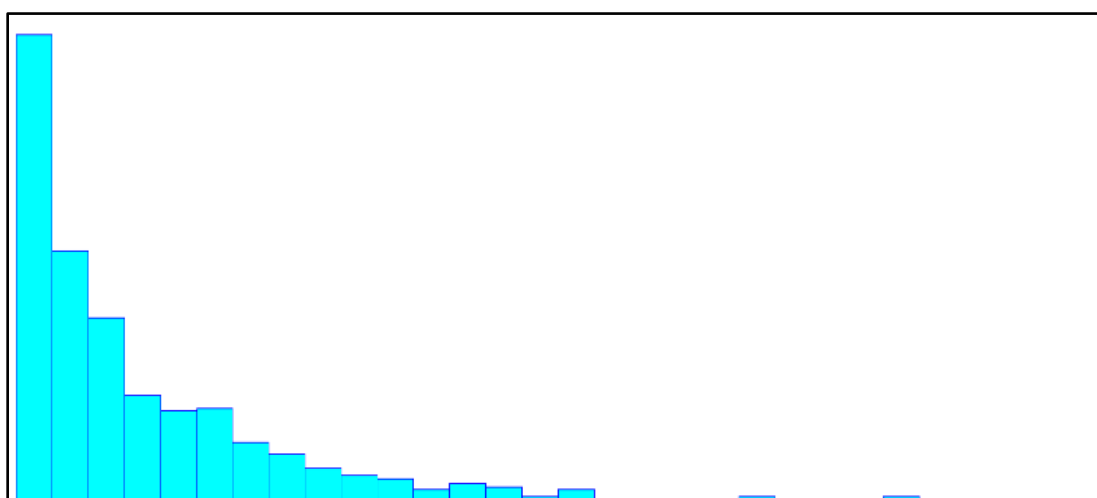


Figura 11. Histograma de los datos de tiempos entre llegadas de las UT, horario de 8am a 2pm.
Fuente: elaboración propia

Al ver el histograma pareciera que los datos se ajustan a una distribución de probabilidad weibull, gamma, beta, erlang o exponencial. Se realiza el ajuste de bondad mediante el Input Analyzer y lo obtenido se muestra en la figura 12.

Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	WEIB(24, 0.824)
Square Error:	0.000542
Chi Square Test	
Number of intervals	= 14
Degrees of freedom	= 11
Test Statistic	= 6.71
Corresponding p-value	> 0.75
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0258
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 751
Min Data Value	= 0.03
Max Data Value	= 204
Sample Mean	= 25.7
Sample Std Dev	= 29.6
Histogram Summary	
Histogram Range	= 0 to 205
Number of Intervals	= 27

Figura 12. Resumen de la distribución que mejor se ajusta a los datos de los tiempos entre llegada, horario de 8am a 2pm.

Fuente: elaboración propia.

Function	Sq Error
Weibull	0.000542
Gamma	0.000705
Beta	0.00132
Erlang	0.00637
Exponential	0.00637
Lognormal	0.00917
Normal	0.0726
Triangular	0.0964
Uniform	0.13

Figura 13. Reporte del análisis del error cuadrado proporcionado por el input analyzer de los tiempos entre llegadas.

Fuente: elaboración propia

Del resumen de ajuste se puede observar que las pruebas chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov arrojan un valor p mayor al nivel de significancia 0.05 ($p = 0.75$ y $p > 0.15$ respectivamente). Además de este análisis se tiene que comprobar que la distribución sugerida tenga el menor error cuadrado (ver figura 13).

Entonces se puede observar que la distribución Weibull es la que tiene el menor error cuadrado, por lo tanto, se demuestra que los datos se comportan según la distribución probabilística Weibull con parámetros de escala y forma 24 y 0.824 respectivamente.

4.3.2. Análisis de los tiempos de arribo (horario de 2pm a 5:30pm), servicio, traslado, demora en balanza y demoras antes y después de servicio.

Tabla 8

Resumen del análisis de los tiempos de arribo (horario de 2pm a 5:30pm), servicio, traslado, demora en balanza y demoras antes y después de servicio.

Tiempo	Nº datos	Distrib.	Expresión	Valor p Chi ²	Valor p K-S	Error ²
De arribo (2pm a 5:30pm)	224	Exponencial	EXPO(36.1)	0.38	> 0.15	0.001023
De servicio solo montac.	56	Erlang	13 + ERLA(15.8, 2)	0.599	> 0.15	0.005581
De servicio solo estiba	62	Beta	18 + 136 * BETA(0.935, 1.14)	0.552	> 0.15	0.007648
De servicio estib+montac.	64	Beta	11 + 173 * BETA(0.73, 1.32)	0.455	0.0605	0.007416
De traslado	100	Beta	1.03 + 5.57 * BETA(0.765, 1.48)	> 0.75	> 0.15	0.003758
De demora en balanza	30	Triangular	TRIA(2, 2.37, 14)	0.444	> 0.15	0.008081
De demora antes serv.	182	Erlang	1 + ERLA(12.8, 1)	> 0.75	> 0.15	0.001741
De demora después serv.	182	Log-Normal	1 + LOGN(9.45, 12.5)	0.0555	> 0.15	0.003926

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar, en todas las distribuciones el valor p es mayor a 0.05, además a cada una de ellas les corresponde el menor error cuadrado. Los coeficientes y constantes delante de algunas distribuciones en la columna Expresión son valores de cambio o compensación que

introduce el programa y que es requerido para formular una expresión válida y que se ajuste realmente a los datos analizados.

4.3.3. Análisis de datos adicionales para el modelo

A parte de los tiempos mencionados anteriormente, existen otros análisis que se tienen que tener en cuenta para la formulación del modelo. Entre la información que se debe obtener están:

- Cantidad de arribos máximos.
- Porcentaje de UT que usan solo montacarga, solo estiba o ambos.
- Porcentaje de UT que arriban por régimen y tipo de operación.

a. Obtención de la cantidad de arribos máximos

El análisis descrito en el anexo 6 da como resultado la distribución de probabilidad Weibull mostrada en la tabla 9:

Tabla 9

Resumen de información obtenida del input analyzer para la cantidad de arribos diarios.

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de chi ²	P de k-s
66	9	27	14.8	4.13	0.003462	8.5 + WEIB(6.96, 1.54)	>0.75	-

Fuente: elaboración propia.

b. Obtención de los porcentajes de unidades de transporte que usan montacarga, estiba o ambos.

Para obtener estos porcentajes se usan los datos recolectados del anexo 2 y se diseña la tabla 10.

Tabla 10
Porcentaje de usar solo un tipo de recurso o ambos

	Solo montacarga	Solo estiba	Montacarga y estiba	Total
Cantidad	56	62	64	182
porcentaje	30.77%	34.07%	35.16%	100%

Fuente: elaboración propia.

c. Obtención de los porcentajes de unidades de transporte por régimen y tipo de operación.

Para el cálculo de estos porcentajes usamos la columna Reg. (régimen) y T.OP. (tipo de operación) de las tablas recolección de los tiempos entre llegadas para horario de 8am a 2pm y de 2pm a 5:30pm del anexo 1. Entonces tenemos en la tabla 11:

Tabla 11
Porcentaje de llegadas de UT por tipo de régimen y operación.

	Régimen		Tipo operación		Total
	Simple	Aduanero	Carga	Descarga	
Cantidad	782	193	611	363	975
porcentaje	80.21%	19.79%	62.67%	37.23%	100%

Fuente: elaboración propia.

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

4.4.1. Entidades

En el sistema las entidades serán las unidades de transporte que llegan para ser servidas considerando el tipo de régimen.

4.4.2. Recursos

Los recursos vienen a ser los montacargas y estibas que son los que dan el servicio de carga y descarga a las UT, 3 de cada tipo.

4.4.3. Atributos

Las entidades son asignadas con 2 tipos de atributos: régimen simple (UT_sim) y régimen aduanero (UT_adua).

También se asignan atributos de uso de recurso solo montacarga (valor 1), solo estiba (valor 2) y estiba-montacarga (valor 3).

4.4.4. Fila o Cola

En el sistema se tienen 3 colas:

- Cola de espera de atención solo montacarga.
- Cola de espera de servicio solo estiba.
- Cola de espera de servicio montacarga y estiba.

4.4.5. Disciplina de Cola

- | | |
|---|------|
| - Cola de espera de atención solo montacarga. | FIFO |
| - Cola de espera de servicio solo estiba. | FIFO |
| - Cola de espera de servicio montacarga y estiba. | FIFO |

4.4.6. Actividades

- Carga.
- Descarga.
- Traslado de la entidad de la entrada hacia la zona de operaciones/balanza y viceversa.

4.4.7. Demoras

- Pesaje en balanza (solo régimen aduanero).

- Para demora antes del servicio: Cuadre, revisión de guía remisión, ubicación mercadería, verificación de documentación de la mercadería.
- Para demora después del servicio: verificación de carguío correcto, aseguramiento de la mercadería a la UT, realización de constancia de despacho, verificación de estado y cantidad de mercadería recibida, sellado y visto bueno de la mercadería recibida.

4.5. Consideraciones para la elaboración del modelo

- En la simulación se considera que los recursos montacargas no tienen paradas por fallas o desperfectos y que siempre están disponibles excepto si están en proceso de dar servicio.
- Los tiempos de traslados incluyen posibles demoras por que las vías de transito se encuentran congestionadas por otras operaciones.
- El tiempo de simulación por día será desde las 8am hasta las 5:30pm o hasta que la última entidad salga del sistema.
- En la simulación solo está modelando las operaciones de carga y descarga. Existen otras operaciones dentro de ALCOSA, pero no serán sujetos de estudio.

4.6. Diseño y desarrollo del modelo

Como se mencionó anteriormente, para el diseño y desarrollo del modelo se ha usado el software de simulación Arena 16 (versión estudiante).

Para cada una de las etapas se ha desarrollado una secuencia de módulos. Solo se dará a conocer el resumen de cada módulo, más detallado se podrá encontrar en el anexo 7.

En la figura 14 se muestra la lógica del modelo.

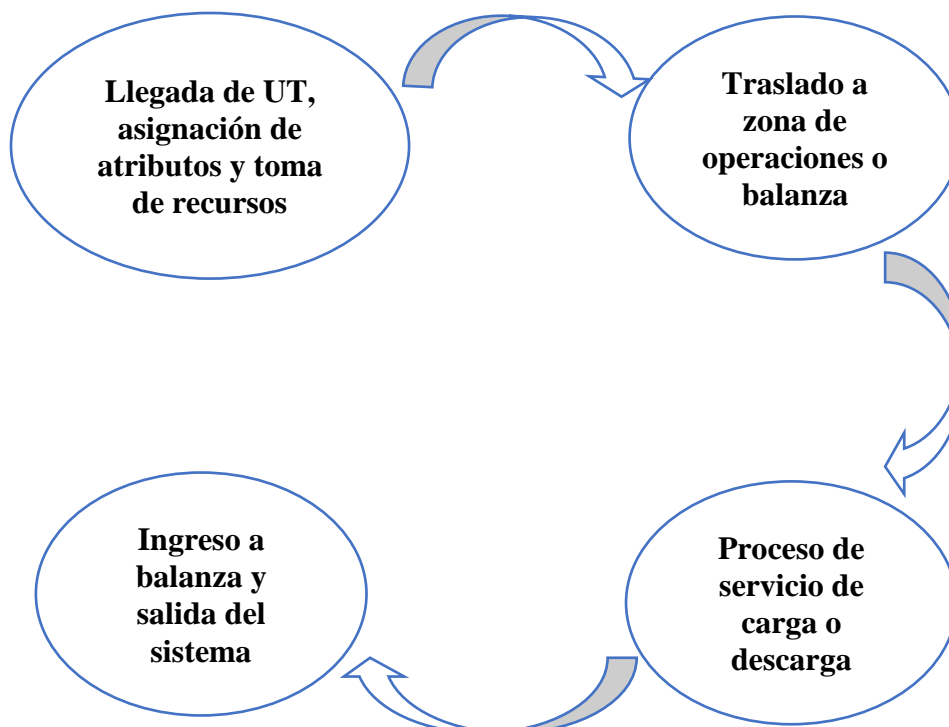


Figura 14. Procesos del sistema de operaciones de carga y descarga.
Fuente: elaboración propia.

4.6.1. Simulación de llegada de unidades de transporte, asignación de atributos y toma de recursos

En esta etapa llegarán las UT al sistema desde el módulo Create “llegada de clientes”; el módulo Decide “dentro del horario?” evaluará si la UT se encuentra en horario de atención (menor a 5.30pm o el minuto 570 de simulación), de ser verdadero ingresará, de lo contrario será enviado al módulo Dispose “salida del sistema fuera de horario”. Luego tomará un recurso ficticio en el módulo Seize “tomar recurso almacén” el cual será útil para la condición de terminación de la simulación que será explicado más adelante. Pasado este módulo ingresará al módulo Decide “¿operación de carga?” que enviará a la UT por 2 vías de acuerdo a un porcentaje dado, para ingresar al módulo Assign “asignar operación carga” o “asignar operación descarga”. Luego ingresará al módulo Decide “¿Régimen simple?” en el cual será evaluado de acuerdo al porcentaje declarado y se enviará al módulo Assign “asignar régimen simple” o

“asignar régimen aduanero”; en este módulo se le asignará un tipo de entidad (UT_sim y UT_adua). Luego de la asignación, la UT se dirige al módulo Decide “¿probabilidad de usar un recurso?”, en el cual de acuerdo a un porcentaje la entidad será dirigida por una de tres ramas para ingresar a uno de los módulos assign (“asignar recurso solo montacarga”, “asignar recurso solo estiba” o “asignar recurso estiba y montacarga”), donde se le dará un atributo de valor dependiendo del módulo (valor 1, valor 2 o valor 3). Luego de asignárseles cada valor, ingresarán a su respectivo módulo Seize (“tomar solo montacarga”, “tomar solo estiba” o “tomar ambos”) donde tomarán su recurso o recursos correspondientes. Hasta este punto la UT queda esperando en cola hasta la disponibilidad de recurso.

El modelo en Arena de esta etapa se muestra en la figura 15:

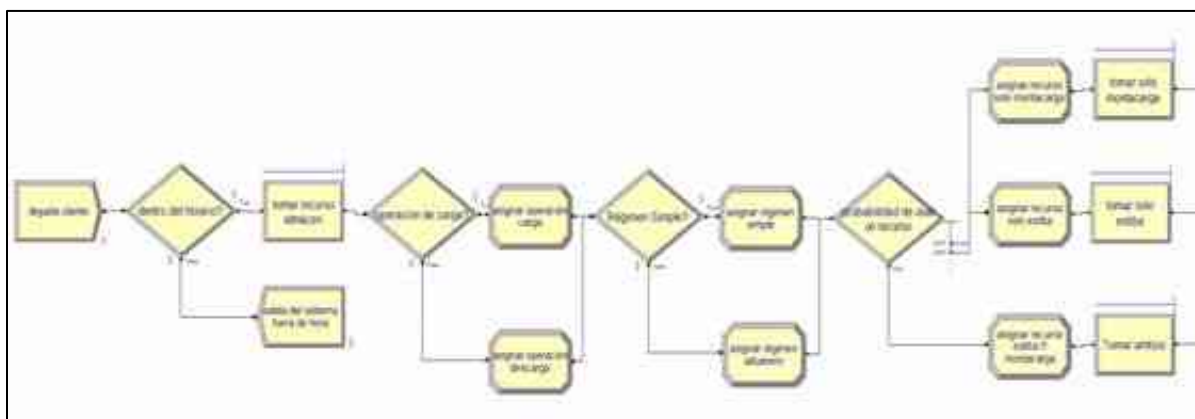


Figura 15. Modelo en Arena de la etapa de llegada de UT, asignación de atributos y toma de recursos.
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12 se muestra la descripción resumida de los módulos usados en esta etapa.

Tabla 12.

Descripción resumida de cada módulo de la etapa de llegada de UT, asignación de atributos y toma de recursos.

Módulo	Nombre	Campo/Atributo	Valor
Create	Llegada cliente	Type	Schedule
		Schedule Name	Horario_t_llegadas
		Entities per arrival	1
		Max Arrival	8.5 + WEIB(6.96, 1.54)
Decide	¿Dentro del horario?	Type	2-way by condition

		If Named is	Attribute Entity.CreateTime <= 570
Dispose	Salida del sistema fuera de hora	Record entity statistics	Checked
Seize	Tomar recurso almacén	Priority Resource Name	2 almacen
		Units to Seize	1
Decide	¿Operación de carga?	Type Percent True (0-100)	2-way by chance 62.67%
Assign	Asignar operación de carga	Type Entity Type	Entity Type UT_carga
Assign	Asignar operación de descarga	Type Entity Type	Entity Type UT_descarga
Decide	Régimen simple?	Type Percent True (0-100)	2-way by chance 80.21%
Assign	Asignar régimen simple	Type Entity Type	Entity Type UT_sim
Assign	Asignar régimen aduanero	Type Entity Type	Entity Type UT_adua
Decide	¿Probabilidad de usar un recurso?	Type Percent True (0-100) Percent True (0-100)	N-way by chance 30.77 34.07
Assign	Asignar recurso solo montacarga	Attribute Name Value	Usar_recurso 1
Assign	Asignar recurso solo estiba	Attribute Name Value	Usar_recurso 2
Assign	Asignar recurso estiba y montacarga	Attribute Name Value	Usar recurso 3
Seize	Tomar solo montacarga	Priority Type Set Name	2 Set MONTACARGA
		Units to Seize	1
Seize	Tomar solo estiba	Priority Type Set Name	2 Set ESTIBA
		Units to Seize	1
Seize	Tomar ambos	Priority Type Set Name	2 Set ESTIBA/MONTACARGA
		Units to Seize	1

Fuente: elaboración propia.

4.6.2. Simulación del traslado a la zona de operaciones o balanza

Luego de que la UT toma el recurso correspondiente, ingresa al módulo Station “st_entrada” que representa la entrada del operador logístico. Pasa al módulo Decide “¿enviar a zona de operaciones?” que evalúa el tipo de entidad para derivarlo a balanza o directo a zona de operaciones usando el módulo Route. Para el régimen simple usa “enrutar a zona de operac.” y desde aquí se envía al módulo Station “st_zona operaciones”, para el régimen aduanero usa “enrutar a balanza” y de aquí es enviado al módulo Station “st_balanza ingreso” donde ingresa al módulo process “demora en balanza al ingresar” que representa el tiempo de demora del pesaje de la entidad UT_adua.

Se debe tener en cuenta que la zona de operaciones y la balanza de pesaje se encuentran en la misma área, por eso se considera la misma distribución probabilística de tiempo de traslado.

La figura 16 muestra el modelo en Arena de esta etapa.

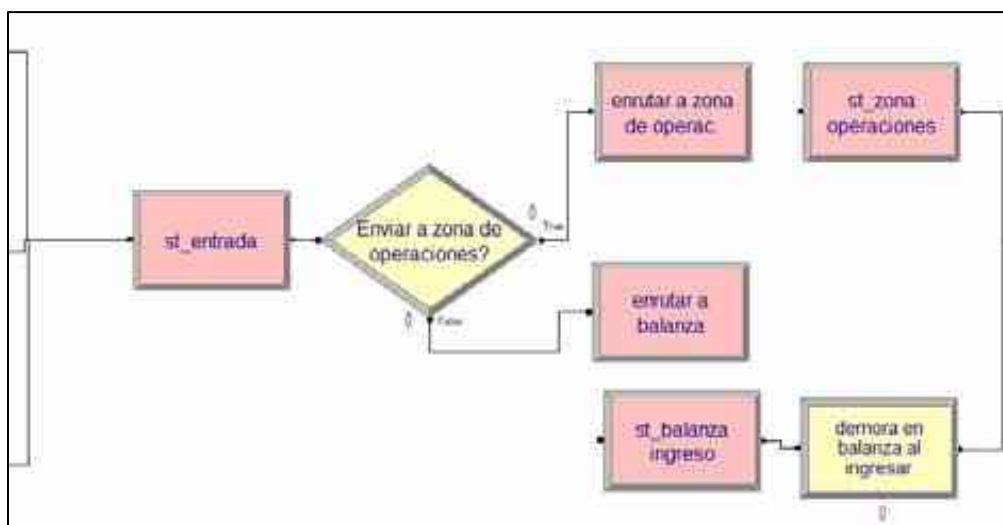


Figura 16. Modelo en Arena de la etapa de traslado de entidades a zona de operaciones y balanza
Fuente: elaboración propia

En la tabla 13 se muestra la descripción resumida de los módulos usados en esta etapa.

Tabla 13

Descripción resumida de cada módulos de la etapa de traslado a zona de operaciones y balanza.

Módulo	Nombre	Campo/Atributo	Valor
Station	St_entrada	Station name	Entrada
Decide	¿Enviar a zona de operaciones?	Type	2-way by condition
		If	Entity Type
		Named	UT_sim
Route	Enrutar a zona de operaciones	Route time	$1.03 + 5.57 * \text{BETA}(0.765, 1.48)$
		Unites	Minutes
		Destination type	Station
Station	St_zona operaciones	Station name	Zona_operaciones
Route	Enrutar a balanza	Route time	$1.03 + 5.57 * \text{BETA}(0.765, 1.48)$
		Unites	Minutes
		Destination type	Station
Station	St_balanza ingreso	Station name	balanza
Process	Demora en balanza al ingresar	Delay type	Expression
		Units	minutes
		Expression	$\text{TRIA}(2, 2.37, 14)$

Fuente: elaboración propia.

4.6.3. Simulación del proceso de servicio de carga y descarga

Una vez que la entidad es trasladada a la estación zona de operaciones o balanza pasa al módulo process “Demora antes de servicio”, luego de la demora, pasa al módulo Decide “¿servicio a usar?” que evalúa a la entidad según el valor del atributo usar_recurso (1, 2 ó 3) y lo envía por una de las 3 ramas a su respectivo módulo Process (“servicio montacarga”, “servicio estiba”, “servicio con ESTyMONT”) y serán servidos según el tiempo que determinó su distribución de probabilidad. Luego de ser atendidos pasaran al módulo process “demora después de servicio” para luego de un tiempo, llegar al módulo decide “¿enviar a salida?” que evaluará a la entidad por su régimen y lo derivará a la salida o a balanza (módulo process).

La figura 17 muestra el modelo en arena para esta etapa.

Tabla 14

Descripción resumida de los módulos usados en la etapa de proceso de servicio de carga y descarga.

Módulo	Nombre	Campo/Atributo	Valor
Process	Demora antes de servicio	Delay type	Expression
		Units	Minutes
		Expression	$1 + \text{ERLA}(12.8, 1)$
Decide	Recurso a usar?	Type	N-way by condition
		If	Attribute
		Usar_recurso	1, 2 o 3
Process	Servicio montacarga	Action	Delay Release
		Type	Set
		Set name	MONTACARGA
		Units to seize/release	1
		Delay type	Expression
		Units	Minutes
		Expression	$13 + \text{ERLA}(15.8, 2)$
Process	Servicio Estiba	Action	Delay Release
		Type	Set
		Set name	ESTIBA
		Units to seize/release	1
		Delay type	Expression
		Units	Minutes
		Expression	$18 + 136 * \text{BETA}(0.935, 1.14)$
Process	Servicio con ESTyMONT	Action	Delay Release
		Type	Set
		Set name	ESTIBA/MONTACARGA
		Units to seize/release	1
		Delay type	Expression
		Units	Minutes
		Expression	$11 + 173 * \text{BETA}(0.73, 1.32)$
Process	Demora después de servicio	Delay type	Expression
		Units	Minutes
		Expression	$1 + \text{LOGN}(9.45, 12.5)$
Decide	Enviar a salida?	Type	2-way by condition
		If	Entity type
		Named	UT_sim
Process	Demora en balanza al salir	Delay type	Expresión
		Units	Minutes
		Expression	$\text{TRIA}(2, 2.37, 14)$

Fuente: elaboración propia.

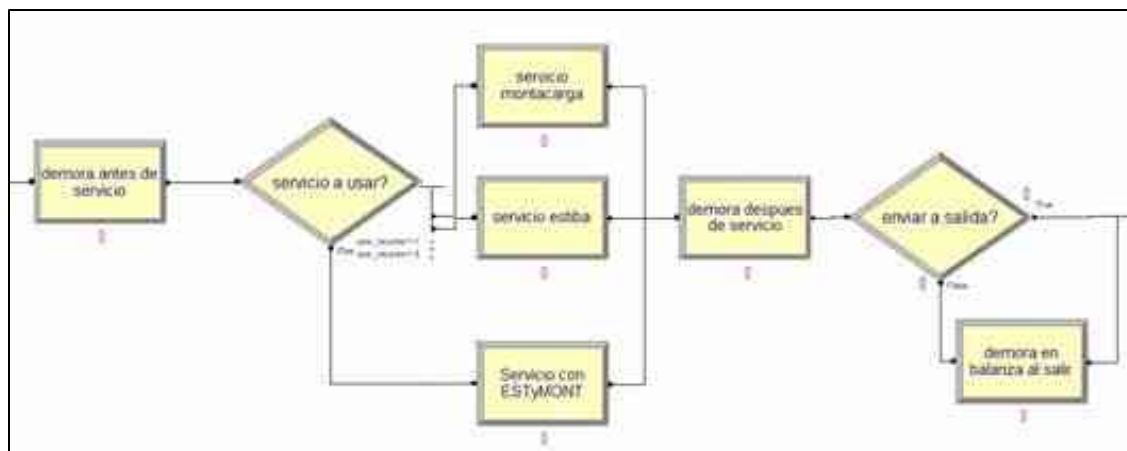


Figura 17. Modelo en Arena de la etapa de procesos de servicio de carga y descarga.
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14 se muestra la descripción resumida de los módulos usados en esta etapa.

4.6.4. Simulación del traslado de la UT a la salida del sistema

Esta es la etapa final. La UT será dirigida al módulo Route “enrutar salida” que la trasladará a la estación, módulo Station, “st_salida” que representa la puerta de ingreso al operador logístico, pero ya que la UT se retira, por conveniencia se indicará como la salida de ALCOSA. Al salir pasará por el módulo Release “liberar recurso almacén”, que representa la liberación del recurso ficticio “almacén”. Seguido de esto la UT es desechada por el módulo Dispose “salida del sistema”.

En la figura 18 se muestra el modelo en Arena para esta etapa:

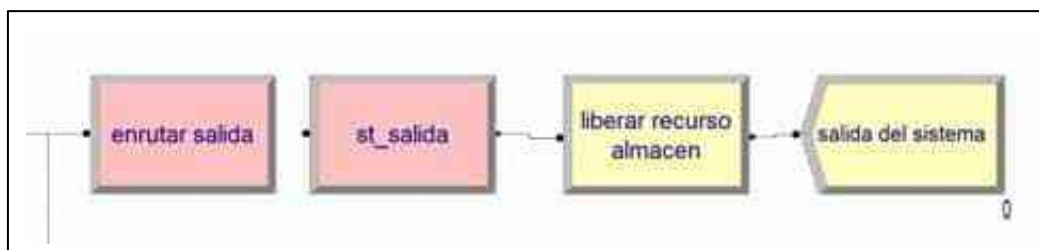


Figura 18. Modelo en Arena de la etapa de traslado de la UT a la salida del sistema.
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 15 se describe resumidamente los módulos usados en esta etapa.

Tabla 15

Descripción resumida de los módulos usados en la etapa de traslado de la UT a la salida del sistema.

Módulo	Nombre	Campo/Atributo	Valor
Route	Enrutar a balanza	Route time	$1.03 + 5.57 * \text{BETA}(0.765, 1.48)$
		Unites	Minutes
		Destination type	Station
		Station name	salida
Station	St_salida	Station name	Salida
Release	Liberar recurso almacen	Type	Resource
		Resource Name	Almacen
		Units to Release	1

Fuente: elaboración propia.

4.7. Verificación del modelo

Luego de haber programado cada uno de los módulos se procede a la primera corrida con el software Arena.

En esta etapa de verificación se corrobora que el flujo de las UT sea el mismo que realizan en el sistema real.

Al iniciar la simulación se aprecia que la UT recorre cada una de las etapas de forma secuencial. Primero llega a la entrada de ALCOSA, luego espera en su cola correspondiente si los recursos están ocupados, después pasan directamente a ser servidas las UT en régimen simple, mientras que las de régimen aduanero pasan a balanza primero y luego son servidas. Se observa que las UT ingresan a ser servidas de acuerdo al tipo de recurso que necesitan. También que antes de ser servidas ocurre un tiempo de demora, de la misma forma luego de ser servidas. Luego de esto la UT se dirige a la salida del sistema. Con lo que se verifica el modelo además de la lógica que sigue es la misma que el sistema real.

4.8. Validación el modelo

Esta es la etapa más importante de la simulación, ya que los resultados que se obtengan deben ser similares al sistema real. Por ello se establecen indicadores para comparar lo simulado con lo real

Para el modelo se establecen los siguientes indicadores:

- Tiempo en balanza.
- Tiempo de demora antes y después de servicio.
- Tiempo de servicio (solo montacarga, solo estiba y ambos).
- Tiempo de traslado.
- Tiempo en el sistema por tipo de régimen.
- Porcentajes de UT en régimen simple y aduanero.

Los valores promedio de estos indicadores se muestran en la tabla 16.

Tabla 16

Promedio de valores de indicadores del sistema real.

Indicador	Promedio
t. balanza	6.12 min
t. demora antes	13.8 min
t. demora después	9.6 min
t. serv. Montacarga	44.6 min
t. serv. Estiba	77.6 min
t. serv. Estiba y mont.	72.6 min
t. traslado	2.93 min
Tiempo en el sistema régimen simple	150.43 min
Tiempo en el sistema régimen aduanero	152.98 min
% UT en régimen simple	80.21 %
% UT en régimen aduanero	19.79 %

Fuente: elaboración propia.

Estos valores han sido obtenidos por la inspección de registros y lo recopilado en campo.

Este es un sistema terminal, es decir tiene un inicio y un fin, por lo que es importante determinar el número de réplicas que se utilizaran para la simulación. Luego de múltiples

simulaciones con distintas cantidades de réplicas, se elige una simulación con 100 réplicas siendo la que mejor se ajusta los indicadores establecidos. La comparación de los indicadores de lo real y lo simulado se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Resumen de los resultados de los indicadores para 100 réplicas.

Indicador	Promedio	Promedio Arena	Ancho medio	Intervalo de confianza al 95%	
% UT en régimen aduanero (%)	19.79	21.74	2	(19.74	23.74)
% UT en régimen simple (%)	80.21	78.26	2	(76.26	80.26)
t. balanza (min.)	6.12	5.8064	0.39	(5.4164	6.1964)
t. demora antes (min.)	13.8	13.7653	0.82	(12.9453	14.5853)
t. demora después (min.)	9.6	10.2357	0.73	(9.5057	10.9657)
t. serv. Estiba (min.)	77.6	80.2954	4.55	(75.7454	84.8454)
t. serv. Montacarga (min.)	44.6	43.6158	3.22	(40.3958	46.8358)
t. serv. Estiba y mont. (min.)	72.6	73.4265	4.97	(68.4565	78.3965)
Tiempo en el sistema régimen aduanero (min.)	152.98	153.61	15.98	(137.63	169.59)
Tiempo en el sistema régimen simple (min.)	150.43	149.88	8.67	(141.21	158.55)
t. traslado (min.)	2.93	2.9577	0.1	(2.8577	3.0577)

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar los indicadores reales caen dentro del intervalo de confianza calculado por Arena, por lo tanto, con estos resultados podemos aceptar como válido el modelo.

4.9. Resultados del escenario actual

Según lo mencionado anteriormente los servicios prestados en Alcosa se realizan con 3 recursos montacargas y 3 estibas, tomando en cuenta la necesidad de la entidad, esta usaría en la operación un recurso o dos recursos distintos. Luego de hacer la simulación en el software se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 18 y tabla 19).

Se observa en la tabla 18 que el porcentaje de utilización de los recursos no excede el 60%, esto quiere decir que más del 40% es tiempo muerto. Entonces se tratará de optimizar recursos para disminuir este tiempo, ya que a pesar de que los recursos se encuentran ociosos aún representan un costo para la empresa.

Tabla 18
Resultados de utilización de recursos del modelo simulado.

		Montacarga 1	Montacarga 2	Montacarga 3	Estiba 1	Estiba 2	Estiba 3
# atenciones (promedio)	UT	2.86	2.76	2.79	256	2.63	2.59
% utilización		43.83%	45.51%	46.30%	58.26%	57.43%	59.87%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 19
Resultados de tiempos de espera en cola del modelo simulado.

	Montacarga	Estiba	Montacarga + estiba
Tiempo en cola promedio.	21.8426 min.	45.0102 min	66.5798 min.
# De UT esperando en cola promedio.	0.2270	0.4619	0.6952

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 19 se observa que el tiempo en cola puede ser mayor a 1 hora, por ello al optimizar recursos se pretende a la vez disminuir los tiempos de espera.

Los costos de servicio y de espera se describen en los anexos 8 y 9 respectivamente. Al realizar la simulación del modelo actual se obtienen los siguientes costos:

- Costo de servicio = S/29 013.15
- Costo de espera = S/2 754.05
- Costo total = S/31 767.20

Se debe tener en cuenta que estos costos corresponden a 1 mes de operaciones, 24 días aproximadamente.

4.10. Escenarios alternativos

Luego de tener claro el funcionamiento del sistema real y habiéndose identificado los porcentajes de utilización y el costo total de las operaciones de carga y descarga, se plantean varios escenarios posibles con el propósito de optimizarlos. A continuación, en la tabla 20 y 21 se muestran los escenarios alternativos planteados.

Tabla 20

Resultados de la simulación de escenarios alternativos para los tiempos de espera y costos.

Escenario	# Montacargas	# Estibas	Tiempo en cola Montacarga	Tiempo en cola Estiba	Tiempo en cola estiba-montacarga	Costo de espera	Costo de servicio	Costo Total
Actual	3	3	21.84	45.01	66.58	2 754.05	29 013.15	S/31 767.20
1	2	2	45.59	82.46	126.22	5 248.17	20 774.09	S/26 022.26
2	3	2	15.12	113.33	113.37	4 991.26	22 707.17	S/27 698.43
3	2	3	68.93	34.47	95.24	4 099.78	26 482.33	S/30 582.23
4	3 (luego 2)	3 (luego 2)	21.33	44.82	66.39	2 735.57	27 120.42	S/27 305.99
5	4 (luego 1)	4 (luego 1)	11.87	25.61	31.35	1 420.53	22 921.88	S/24 342.41
6	3 (luego 1)	3 (luego 1)	21.40	44.59	66.02	2 724.47	22 053.75	S/24 778.23

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21

Resultados de la simulación de escenarios alternativos para los porcentajes de utilización..

Escenario	# Montacargas	# Estibas	Mont.1	Mont.2	Mont.3	Mont.4	Est.1	Est.2	Est.3	Est.4
Actual	3	3	43.83%	45.51%	46.30%	-	58.26%	57.43%	59.87%	-
1	2	2	51.97%	52.62%	-	-	66.05%	67.47%	-	-
2	3	2	39.14%	37.71%	35.98%	-	69.38%	70.83%	-	-
3	2	3	59.61%	61.67%	-	-	48.19%	53.18%	52.27%	-
4	3 (luego 2)	3 (luego 2)	37.88%	39.09%	39.94%	-	50.77%	49.38%	51.15%	-
5	4 (luego 1)	4 (luego 1)	24.49%	24.23%	25.89%	25.99%	32.39%	32.18%	32.86%	32.81%
6	3 (luego 1)	3 (luego 1)	37.68%	39.94%	39.63%	-	50.42%	50.24%	50.81%	-

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 20, las columnas Montacargas y Estibas indican la cantidad de recursos que se usan por cada escenario. Las columnas de tiempos en cola (montacarga, estiba, estiba y montacarga) representan los tiempos de espera en cada tipo de cola, los cuales son promedios diarios. Las columnas de Costos (espera, servicio y total) indican los costos correspondientes a 1 mes de operaciones.

En la tabla 21, las celdas que contienen guiones (-) indican que no existe ese recurso en la configuración del escenario. Los porcentajes de utilización representa el uso diario de cada recurso.

4.11. Análisis de Escenarios

Para determinar el escenario optimo entre los 4 planteados se toma en cuenta el costo total mensual.

El Escenario 1 nos muestra que la configuración de 2 montacargas y 2 estibas nos da como resultado un costo total S/5 744.94 menor que el obtenido en el escenario actual, una reducción significativa, pero esta opción repercute en el tiempo de espera en cola, la cual se llega hasta duplicar en comparación al escenario actual y esto eleva el costo de espera.

El escenario 2, con configuración 3 montacargas y 2 estibas, también da como resultado un significativo costo total menor al actual (S/4 068.77 menos). El tiempo en cola montacarga también se reduce en 30.77%, pero el tiempo en cola estiba-montacarga y en cola estiba aumenta hasta en 70.23% y 151.79% respectivamente.

El escenario 3, con 2 montacargas y 3 estibas, nos da como resultado un costo total un poco menor al actual (S/1 184.97 menos). A su vez el tiempo en cola estiba disminuyo en 23.42%, pero en las colas de montacarga y estiba-montacarga aumento en 215.61% y 43.05% respectivamente.

En el escenario 4 se configuran 3 recursos de montacarga y 3 de estiba en el horario de 8am a 1pm y de 1 pm a 5.30pm se usan solo 2 recursos de cada tipo. El costo total disminuye significativamente en S/4 461.21 al mes, a su vez los tiempos en cola se mantienen casi iguales al modelo actual.

El escenario 5 se usan 4 recursos de cada tipo en el horario de 8am a 1pm y de 1 pm a 5.30pm se usan solo 1 recurso de cada uno. Esto nos da una disminución del costo total en S/7 424.79 y alrededor del 50% menos en el tiempo de espera en cada cola en comparación con el modelo actual.

El escenario 6 se usó una configuración parecida al escenario 5, solo que en el horario de la mañana se disminuyó 1 recurso, esto nos da un costo total mayor debido a que el tiempo de espera promedio aumentó a casi el doble, en consecuencia, esto elevó el costo de espera promedio en 91.79%.

Respecto al porcentaje de utilización, si se desea que aumenten, se deben disminuir los recursos usados como se ve en el escenario 1, 2 y 3, pero esto ocasiona que los tiempos de espera se incrementen. Se observa en el escenario 5 que la utilización disminuye en gran cantidad por que se configura la contratación de 1 recurso más por tipo, a pesar que 3 de cada tipo trabajan solo medio día, pero es la más conveniente desde el punto de vista económico ya que de utilizarla se obtendría una disminución del costo total hasta en 22% mensual.

Capítulo V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión

La investigación revela que si se utilizan más recursos la eficiencia o utilización de estos disminuirá ya que tendrán más tiempos muertos, pero también implica que las UT serán atendidas con más prontitud haciendo menor su tiempo en cola.

Otra causante de la baja utilización se da cuando la entidad requiere el uso de montacarga y estiba a la vez, es decir, para que uno de los recursos pueda ocuparse el otro debe estar libre, si no lo está deberá esperar a que este desocupado, y este tiempo de espera del recurso es tiempo muerto la cual disminuye el porcentaje de utilización.

La formulación de hipótesis busca obtener un modelo que optimice los procesos operativos en el área de carga y descarga del operador logístico, por ello, se establecieron hipótesis específicas que debían ser probadas para que en conjunto sustenten la hipótesis general. En los siguientes puntos se detallan cada una de ellas:

Hipótesis específica 1: Determinar y obtener la información necesaria de los principales elementos del sistema asegurarán la elaboración del modelo.

Con los anexos 1, 2, 3, 4 y 5 se obtuvo toda la información correspondiente a los tiempos usados por las UT y los recursos para luego obtener la distribución de probabilidad de cada uno de estos tiempos; también se obtienen los tipos de régimen de cada UT, así como el tipo de operación que realizarán; además si estas utilizan un solo tipo de recurso o ambos. En el anexo 6 se obtienen las cantidades de UT que llegan por día y su distribución de probabilidad. Por el uso de la observación directa se sabe que los recursos trabajan en un determinado horario, existen estaciones a donde llegan las UT (zona de ingreso y zona de operaciones o balanza), además de la lógica del modelo, es decir, como es que las UT fluyen a través del sistema. Luego de obtener

esta información se realiza el modelo usando el software Arena como se detalla en el anexo 7.

Con esto se obtiene evidencia suficiente para aceptar la hipótesis específica 1.

Hipótesis específica 2: La distribución de probabilidad obtenida se ajusta a los datos recolectados.

En el análisis de datos de los anexos 1 al 6 se utiliza el complemento Input Analyzer del software arena que realiza la prueba de bondad y ajuste de los datos obtenidos, toma en cuenta el valor p de cada ajuste y el menor error cuadrado como se muestran en las figuras 12 y 13. En las tablas 8 y 9 se observan las distribuciones de probabilidad que se ajustan mejor a los datos recolectados. Todas ellas muestran un valor p mayor a 0.05 y su error cuadrado tanto para el test χ^2 como para el de Kolmogorov-Smirnov. Con esto se obtiene evidencia suficiente para aceptar la hipótesis específica 2.

Hipótesis específica 3: Al comprobar y validar el sistema de simulación se obtendrá el modelo correcto.

La comprobación o verificación se obtiene al realizar la primera corrida, al hacerlo se observa que las UT siguen la lógica del sistema real, el flujo a través de los módulos es el correcto tal y como se describe en “4.7. Verificación del modelo”.

La validación del modelo se obtiene al realizar una simulación con 100 corridas, al hacerlo se consiguen los promedios y los anchos medios de cada indicador, con ellos se calculan sus intervalos de confianza y se comparan con los indicadores reales los cuales están dentro de cada intervalo como se muestra en la tabla 17. Con esto se obtiene evidencia suficiente para aceptar la hipótesis específica 3.

Hipótesis específica 4: Determinar el escenario adecuado permitirá optimizar las operaciones del sistema simulado.

Para determinar el escenario adecuado se analizan varios de ellos comparándose con el escenario actual. Entre todos los planteados mostrados en las tablas 20 y 21 se elige el escenario 5 al ser el que genere menor costo total con una reducción del 22% mensual, a su vez también reduce el tiempo de espera en las colas hasta en 50%, a pesar que al revisar los porcentajes de utilización estos disminuyen obteniendo altos tiempos muertos. Las configuraciones de los otros escenarios también disminuyen el costo total, pero a su vez aumentan los tiempos de espera al compararse con el modelo actual. Con esto se obtiene evidencia suficiente para aceptar la hipótesis específica 4.

Al sustentar las hipótesis específicas podemos concluir que se obtuvo un modelo que optimiza los procesos (disminuyendo tiempos de espera y minimizando costos), además permite analizar el comportamiento del sistema (% de utilización de recursos, horas pico, tiempos muertos, tiempos de espera innecesarios).

5.2. Conclusiones

Tener un entendimiento específico del funcionamiento de las operaciones del área de carga y descarga ayuda en gran dimensión a conocer sus características, procesos y elementos que la componen.

El estudio de las diferentes bibliografías sobre teoría de colas y simulación ayuda a definir sus componentes, así como las aplicaciones prácticas que proporcionan una base para el desarrollo de la metodología usada en el estudio de la tesis.

El estudio bibliográfico sobre la teoría de colas ayudó a definir y conocer cada uno de los componentes de una cola, así como las aplicaciones realizadas a nivel teórico y práctico que proporcionaron la base para desarrollar la metodología en el estudio de esta tesis.

El complemento Input Analyzer es una herramienta muy útil al momento de hacer una prueba de bondad y ajuste, ya que nos muestra la distribución de probabilidad que mejor se ajustan a los datos utilizando dos tipos de test (Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov) según el tipo de dato.

El máximo tiempo para el pesaje en balanza de las UT en régimen aduanero llegó a los 13 minutos y medio según los datos recolectados, se debe que no hay un personal que se encuentre constantemente esperando a las UT.

El aumento de recursos es inversamente proporcional al tiempo de espera, esto se concluye al analizar los escenarios alternativos, donde también se obtiene que este aumento es proporcional al tiempo muerto, entre más recursos se usen, más tiempo muerto habrá y a su vez menos % de utilización.

La investigación se enfoca en la optimización de recursos y procesos de atención, por eso se elige una opción que disminuya los costos, así como el tiempo de espera de las UT en cola, esto hace que se seleccione una configuración de recursos que haga cumplir estas dos condiciones.

La simulación de colas con el software Arena nos permite desarrollar modelos diversos y medir sus desempeños sin generar costos de implementación, convirtiéndose en una gran ayuda en el rediseño de procesos y toma de decisiones. Esta herramienta ayudó a identificar que el modelo no solo necesita aumentar sus recursos, sino que se debe modificar la configuración del horario de atención de ellos, esto llevó a configurar 4 recursos de cada tipo por la mañana y solo 1 de cada tipo por la tarde obteniéndose un costo total de S/24 342.41 mensual.

5.3. Recomendaciones

Para aprovechar los tiempos muertos en las que incurren los recursos se les deberían de ocupar en otras actividades como movilización de mercaderías, acomodo de paletas, inventarios, etc. De esta forma se aprovecharía la desocupación.

Los tiempos en balanza podrían disminuirse si se realizara una capacitación sobre la utilización del sistema de pesaje, así todos los operadores podrían hacer uso del computador de balanza y no solo los 2 jefes de almacén.

Para obtener una mayor fluidez de las UT a través del operador logístico desde la zona de ingreso hasta la zona de operaciones se debería al menos dejar un carril de tránsito libre, ya que estas suelen ocuparse durante las operaciones, así las UT no tendrían que esperar a que se liberen para poder desplazarse.

Capítulo VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. Fuentes Bibliográficas

- American Psychological Association. (2010). *Manual de publicaciones de la American Psychological Association* (3a. ed.). México DF, México: El Manual Moderno S.A. de C.V.
- Canavos, G. C. (1988). *Probabilidad y estadística Aplicaciones y métodos*. Naucalpan de Juárez, México: McGraw Hill.
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima, Perú: San Marcos.
- Córdova Zamora, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial, aplicaciones* (5a. ed.). Lima, Perú: Moshera.
- Eppen, G. D., Gould, F. J., Schmidt, C. P., Moore, J. H., & Weatherford, L. R. (2000). *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa* (5a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- García Duna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. E. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. (2a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educacion de México S.A. de C.V.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a. ed.). México DF, México: McGraw Hill Interamericana.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones* (9a. ed.). México D.F, México: McGraw Hill.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2008). *Simulación con software Arena* (4a. ed.). México D.F, México: McGraw Hill.

Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones* (7a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educacion de Mexico S.A. de C.V.

6.2. Fuentes Documentales

Arias Caro, J. E., & Correa Fuenzalida, M. P. (2016). *Estudio de la teoría de colas como una metodología en la optimización de tiempo del departamento de control en la municipalidad de San Nicolás, provincia de Ñuble*. (Tesis de Pregrado), Universidad del Bio-Bio, Chillán, Chile.

Bermeo Quiñones, C. C., & Seni Molina, M. J. (2017). *Propuesta de mejora para reducir el tiempo de ciclo de manufactura en una empresa de producción de calzado en la ciudad de Cali, integrando métodos de modelación estocástica de operaciones*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali, Colombia.

Gámez Castellano, E. G. (2018). *Propuesta de mejora mediante modelo de teoría de colas para el estudio de frecuencias en la empresa Transportes Fontibón s.a., ruta ZP-C66*. (Tesis de pregrado), Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Meza Castro, J. E. (2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Nicho Barrera, O. J. (2017). *Rediseño de procesos para la disminución de tiempos de espera en el servicio de un comedor administrado por un concesionario dentro de una empresa del sector financiero*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Pacheco Espín, D. F. (2017). *Estudio de la teoría de colas y su incidencia en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la cooperativa de transporte*

- interprovincial Touris San Francisco Oriental*. (Tesis de pregrado), Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato, Ecuador.
- Rosazza Rosazza, C. J., & Rosazza Rosazza, S. D. (2015). *Modelo de línea de espera y optimización del servicio de despacho de combustible en la empresa Consorcio Terminales GMP Oiltanking-Supe Puerto, 2014*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.
- Sevilla Villegas, C. A., & Poma Luna, D. E. (2016). *Mejora del nivel de servicio en la atención presencial de una empresa de telecomunicaciones empleando simulación de eventos discretos*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Sucasaire Placencia, J. C. (2016). *Aplicación de simulación de sistemas con el software Arena para la mejora de la toma de decisiones en los servicios de ecografía de una clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima Metropolitana*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Vitery Silva, Y. L., & Saldivar Muñoz, K. (2017). *Teoría de colas en la atención de los consultorios externos del Hospital Nacional Adolfo Guevara Velasco - Essalud en la ciudad del Cusco-2016*. (Tesis de pregrado), Universidad Andina del Cusco, Cusco.

6.3. Fuentes Electrónicas

- Carrillo Delgado, M. F. (02 de Mayo de 2014). *Enfoque de la Optimización*. Recuperado el 13 de Junio de 2019, de Sitio web de Prezi: <https://prezi.com/bwznl8viqtl/enfoque-de-la-optimizacion/>
- Facultad de Informática de Barcelona. (s.f.). Simulación. Recuperado el 26 de Septiembre de 2019, de Sitio web Retro Informatica: <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/simulacio.html>

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (Junio de 2015). *Guía de orientación al usuario del transporte terrestre*. Recuperado el 30 de Mayo de 2019, de Sitio web Ministerio de Comercio Exterior y Turismo: [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/facilitacion_comercio_exterior/Guia Transporte Terrestre 13072015.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/facilitacion_comercio_exterior/Guia_Transporte_Terrestre_13072015.pdf)

ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de datos de los tiempos entre llegadas

Formato 01: Recolección de los tiempos entre llegadas

Horario de 8am a 2pm:

N°	Día	hora	Tiempo	Reg.	T.OP.						
1	Día 1	08:17:40	17.67	ADU.	CAR.	47	Día 4	10:22:25	1.72	SIM.	DES.
2	Día 1	09:32:35	74.92	SIM.	DES.	48	Día 4	10:40:27	18.03	SIM.	DES.
3	Día 1	10:10:44	38.15	SIM.	CAR.	49	Día 4	13:18:55	158.47	ADU.	CAR.
4	Día 1	10:11:00	0.27	SIM.	CAR.	54	Día 5	10:21:32	141.53	SIM.	CAR.
5	Día 1	10:55:24	44.40	SIM.	CAR.	55	Día 5	10:26:16	4.73	ADU.	CAR.
6	Día 1	12:05:24	70.00	SIM.	DES.	56	Día 5	10:43:55	17.65	ADU.	CAR.
7	Día 1	12:12:19	6.92	SIM.	CAR.	57	Día 5	10:44:08	0.22	SIM.	DES.
8	Día 1	12:15:06	2.78	ADU.	DES.	58	Día 5	11:17:06	32.97	SIM.	CAR.
9	Día 1	12:34:20	19.23	ADU.	DES.	59	Día 5	11:32:57	15.85	SIM.	DES.
10	Día 1	12:42:48	8.47	SIM.	DES.	60	Día 5	12:32:09	59.20	ADU.	CAR.
11	Día 1	13:10:12	27.40	SIM.	DES.	61	Día 5	12:32:20	0.18	ADU.	CAR.
12	Día 1	13:43:40	33.47	SIM.	DES.	66	Día 6	08:27:40	27.67	SIM.	CAR.
19	Día 2	08:54:40	54.67	SIM.	CAR.	67	Día 6	09:00:35	32.92	SIM.	CAR.
20	Día 2	10:02:55	68.25	SIM.	DES.	68	Día 6	09:27:18	26.72	SIM.	DES.
21	Día 2	10:45:49	42.90	SIM.	DES.	69	Día 6	09:27:52	0.57	SIM.	CAR.
22	Día 2	10:47:20	1.52	SIM.	CAR.	70	Día 6	09:50:06	22.23	SIM.	CAR.
23	Día 2	11:47:35	60.25	SIM.	DES.	71	Día 6	09:50:24	0.30	SIM.	CAR.
24	Día 2	12:14:20	26.75	SIM.	DES.	72	Día 6	09:52:40	2.27	SIM.	DES.
25	Día 2	12:16:56	2.60	SIM.	DES.	73	Día 6	10:20:54	28.23	SIM.	CAR.
26	Día 2	12:17:00	0.07	SIM.	CAR.	74	Día 6	13:34:44	193.83	ADU.	DES.
27	Día 2	12:46:20	29.33	SIM.	DES.	80	Día 7	08:23:04	23.07	SIM.	CAR.
28	Día 2	12:46:36	0.27	SIM.	DES.	81	Día 7	08:51:56	28.87	SIM.	CAR.
29	Día 2	13:51:27	64.85	ADU.	CAR.	82	Día 7	09:30:50	38.90	SIM.	CAR.
34	Día 3	08:04:03	4.05	SIM.	CAR.	83	Día 7	09:46:36	15.77	SIM.	CAR.
35	Día 3	08:04:20	0.28	SIM.	CAR.	84	Día 7	09:48:30	1.90	SIM.	CAR.
36	Día 3	08:10:36	6.27	SIM.	DES.	85	Día 7	10:00:22	11.87	SIM.	CAR.
37	Día 3	08:19:09	8.55	SIM.	DES.	86	Día 7	10:40:24	40.03	SIM.	CAR.
38	Día 3	08:23:28	4.32	ADU.	CAR.	87	Día 7	11:01:24	21.00	SIM.	DES.
39	Día 3	08:35:20	11.87	SIM.	DES.	88	Día 7	12:07:36	66.20	SIM.	CAR.
40	Día 3	09:42:25	67.08	SIM.	DES.	89	Día 7	12:10:24	2.80	ADU.	CAR.
41	Día 3	10:18:10	35.75	SIM.	DES.	90	Día 7	12:23:12	12.80	SIM.	DES.
42	Día 3	11:31:28	73.30	SIM.	DES.	91	Día 7	13:21:25	58.22	SIM.	DES.
43	Día 3	11:40:10	8.70	SIM.	DES.	95	Día 8	08:03:53	3.88	SIM.	CAR.
44	Día 4	08:50:34	50.57	SIM.	DES.	96	Día 8	08:07:05	3.20	SIM.	CAR.
45	Día 4	10:00:30	69.93	SIM.	CAR.	97	Día 8	08:10:28	3.38	SIM.	DES.
46	Día 4	10:20:42	20.20	SIM.	DES.	98	Día 8	08:10:30	0.03	SIM.	CAR.
						99	Día 8	08:52:18	41.80	SIM.	DES.
						100	Día 8	08:53:32	1.23	SIM.	DES.

101	Día 8	09:02:12	8.67	SIM.	CAR.	151	Día 11	10:20:28	7.47	SIM.	CAR.
102	Día 8	09:26:11	23.98	SIM.	CAR.	152	Día 11	10:33:30	13.03	SIM.	CAR.
103	Día 8	09:31:38	5.45	SIM.	CAR.	153	Día 11	11:55:05	81.58	SIM.	CAR.
104	Día 8	09:43:32	11.90	SIM.	CAR.	154	Día 11	12:03:30	8.42	ADU.	DES.
105	Día 8	09:46:04	2.53	SIM.	CAR.	155	Día 11	12:04:58	1.47	ADU.	DES.
106	Día 8	10:01:16	15.20	SIM.	DES.	156	Día 11	12:11:18	6.33	SIM.	CAR.
107	Día 8	10:45:04	43.80	SIM.	CAR.	157	Día 11	12:20:23	9.08	SIM.	DES.
108	Día 8	11:31:06	46.03	SIM.	CAR.	158	Día 11	12:21:36	1.22	SIM.	CAR.
109	Día 8	11:31:58	0.87	SIM.	DES.	159	Día 11	12:30:03	8.45	ADU.	DES.
110	Día 8	11:43:57	11.98	SIM.	DES.	160	Día 11	12:41:20	11.28	ADU.	DES.
111	Día 8	11:50:20	6.38	SIM.	CAR.	161	Día 11	13:33:17	51.95	ADU.	DES.
112	Día 8	12:53:28	63.13	SIM.	CAR.	165	Día 12	08:11:12	11.20	SIM.	CAR.
113	Día 8	12:57:00	3.53	SIM.	CAR.	166	Día 12	08:27:39	16.45	ADU.	DES.
115	Día 9	08:01:36	1.60	SIM.	CAR.	167	Día 12	08:54:21	26.70	SIM.	CAR.
116	Día 9	08:01:52	0.27	SIM.	CAR.	168	Día 12	09:00:27	6.10	SIM.	CAR.
117	Día 9	08:02:48	0.93	SIM.	CAR.	169	Día 12	09:47:10	46.72	SIM.	CAR.
118	Día 9	08:03:00	0.20	ADU.	CAR.	170	Día 12	09:48:42	1.53	SIM.	CAR.
119	Día 9	08:16:52	13.87	ADU.	DES.	171	Día 12	11:30:48	102.10	ADU.	DES.
120	Día 9	08:33:18	16.43	SIM.	CAR.	172	Día 12	11:50:32	19.73	ADU.	DES.
121	Día 9	08:41:07	7.82	SIM.	CAR.	173	Día 12	12:03:39	13.12	ADU.	CAR.
122	Día 9	09:11:18	30.18	SIM.	CAR.	174	Día 12	12:22:39	19.00	ADU.	DES.
123	Día 9	09:26:25	15.12	SIM.	CAR.	178	Día 13	08:15:54	15.90	SIM.	CAR.
124	Día 9	10:07:36	41.18	SIM.	CAR.	179	Día 13	08:37:32	21.63	SIM.	CAR.
125	Día 9	10:07:44	0.13	ADU.	DES.	180	Día 13	09:20:21	42.82	SIM.	CAR.
126	Día 9	10:17:40	9.93	SIM.	DES.	181	Día 13	09:29:27	9.10	SIM.	CAR.
127	Día 9	10:33:32	15.87	SIM.	CAR.	182	Día 13	10:26:10	56.72	SIM.	DES.
128	Día 9	10:40:44	7.20	SIM.	DES.	183	Día 13	10:27:44	1.57	SIM.	CAR.
129	Día 9	12:07:00	86.27	ADU.	DES.	184	Día 13	10:36:08	8.40	ADU.	CAR.
130	Día 9	12:11:06	4.10	SIM.	DES.	185	Día 13	12:16:28	100.33	SIM.	CAR.
131	Día 9	13:02:30	51.40	SIM.	CAR.	190	Día 14	08:25:22	25.37	SIM.	DES.
132	Día 10	08:10:29	10.48	SIM.	CAR.	191	Día 14	09:07:22	42.00	SIM.	CAR.
133	Día 10	10:06:06	115.62	SIM.	DES.	192	Día 14	09:27:15	19.88	SIM.	DES.
134	Día 10	10:06:18	0.20	SIM.	CAR.	193	Día 14	09:35:30	8.25	SIM.	DES.
135	Día 10	10:59:56	53.63	SIM.	CAR.	194	Día 14	12:41:10	185.67	SIM.	CAR.
136	Día 10	11:12:51	12.92	SIM.	DES.	200	Día 15	09:34:30	94.50	SIM.	CAR.
137	Día 10	11:39:45	26.90	SIM.	CAR.	201	Día 15	09:39:30	5.00	SIM.	CAR.
138	Día 10	11:41:21	1.60	SIM.	CAR.	202	Día 15	09:45:08	5.63	SIM.	CAR.
139	Día 10	11:56:03	14.70	SIM.	CAR.	203	Día 15	09:46:27	1.32	SIM.	CAR.
143	Día 11	08:25:40	25.67	SIM.	DES.	204	Día 15	10:00:12	13.75	SIM.	DES.
144	Día 11	09:21:44	56.07	SIM.	CAR.	205	Día 15	10:32:04	31.87	SIM.	CAR.
145	Día 11	09:26:47	5.05	SIM.	CAR.	206	Día 15	10:35:14	3.17	SIM.	DES.
146	Día 11	09:36:08	9.35	SIM.	CAR.	207	Día 15	11:16:55	41.68	SIM.	DES.
147	Día 11	09:50:02	13.90	SIM.	CAR.	208	Día 15	12:56:00	99.08	SIM.	DES.
148	Día 11	10:01:18	11.27	ADU.	CAR.	209	Día 15	13:13:40	17.67	SIM.	DES.
149	Día 11	10:06:25	5.12	SIM.	CAR.	213	Día 16	08:22:06	22.10	SIM.	DES.
150	Día 11	10:13:00	6.58	ADU.	DES.	214	Día 16	08:55:10	33.07	SIM.	CAR.

215	Día 16	10:46:12	111.03	SIM.	CAR.	284	Día 22	12:07:20	49.00	SIM.	CAR.
216	Día 16	12:14:51	88.65	SIM.	DES.	285	Día 22	13:49:36	102.27	SIM.	CAR.
217	Día 16	13:50:57	96.10	SIM.	CAR.	289	Día 23	08:02:54	2.90	SIM.	CAR.
224	Día 17	08:22:18	22.30	SIM.	CAR.	290	Día 23	08:44:40	41.77	SIM.	CAR.
225	Día 17	09:11:30	49.20	SIM.	CAR.	291	Día 23	09:05:48	21.13	SIM.	CAR.
226	Día 17	09:22:39	11.15	SIM.	DES.	292	Día 23	09:15:09	9.35	SIM.	CAR.
227	Día 17	09:51:32	28.88	SIM.	DES.	293	Día 23	09:31:28	16.32	SIM.	DES.
228	Día 17	10:59:42	68.17	SIM.	DES.	294	Día 23	09:31:54	0.43	SIM.	CAR.
229	Día 17	12:55:15	115.55	SIM.	CAR.	295	Día 23	09:33:30	1.60	SIM.	DES.
230	Día 17	12:55:17	0.03	SIM.	CAR.	296	Día 23	10:22:05	48.58	SIM.	CAR.
233	Día 18	08:43:20	43.33	SIM.	CAR.	297	Día 23	10:55:12	33.12	SIM.	CAR.
234	Día 18	09:06:44	23.40	SIM.	CAR.	298	Día 23	10:56:51	1.65	SIM.	CAR.
235	Día 18	12:30:54	204.17	SIM.	CAR.	299	Día 23	12:04:19	67.47	SIM.	CAR.
243	Día 19	08:00:12	0.20	SIM.	DES.	302	Día 24	08:00:45	0.75	SIM.	CAR.
244	Día 19	08:10:05	9.88	SIM.	CAR.	303	Día 24	08:02:48	2.05	SIM.	CAR.
245	Día 19	08:40:42	30.62	SIM.	CAR.	304	Día 24	08:08:50	6.03	SIM.	DES.
246	Día 19	09:14:05	33.38	SIM.	DES.	305	Día 24	08:37:00	28.17	SIM.	CAR.
247	Día 19	10:39:05	85.00	SIM.	CAR.	306	Día 24	09:14:15	37.25	SIM.	CAR.
248	Día 19	12:00:54	81.82	SIM.	CAR.	307	Día 24	09:21:54	7.65	SIM.	CAR.
252	Día 20	08:34:46	34.77	SIM.	DES.	308	Día 24	09:37:24	15.50	SIM.	CAR.
253	Día 20	08:36:12	1.43	SIM.	DES.	309	Día 24	09:47:15	9.85	SIM.	DES.
254	Día 20	08:58:51	22.65	SIM.	CAR.	310	Día 24	10:31:00	43.75	SIM.	CAR.
255	Día 20	09:40:45	41.90	SIM.	DES.	311	Día 24	11:25:40	54.67	SIM.	CAR.
256	Día 20	09:48:57	8.20	SIM.	DES.	312	Día 24	11:51:30	25.83	ADU.	DES.
257	Día 20	09:50:30	1.55	SIM.	DES.	313	Día 24	13:23:06	91.60	SIM.	CAR.
258	Día 20	10:30:25	39.92	SIM.	CAR.	314	Día 24	13:37:52	14.77	ADU.	DES.
259	Día 20	10:33:36	3.18	SIM.	DES.	315	Día 24	13:48:04	10.20	ADU.	DES.
260	Día 20	10:37:48	4.20	SIM.	DES.	318	Día 25	08:22:09	22.15	SIM.	CAR.
261	Día 20	11:05:39	27.85	ADU.	CAR.	319	Día 25	08:44:28	22.32	SIM.	CAR.
262	Día 20	11:45:48	40.15	ADU.	CAR.	320	Día 25	09:04:10	19.70	ADU.	CAR.
266	Día 21	08:03:21	3.35	SIM.	DES.	321	Día 25	09:05:40	1.50	SIM.	CAR.
267	Día 21	08:03:24	0.05	SIM.	DES.	322	Día 25	09:16:42	11.03	SIM.	DES.
268	Día 21	08:06:32	3.13	SIM.	DES.	323	Día 25	09:26:51	10.15	SIM.	CAR.
269	Día 21	08:40:51	34.32	SIM.	CAR.	324	Día 25	10:07:10	40.32	SIM.	CAR.
270	Día 21	09:02:52	22.02	SIM.	DES.	325	Día 25	10:39:20	32.17	SIM.	DES.
271	Día 21	09:06:40	3.80	SIM.	DES.	326	Día 25	11:09:24	30.07	ADU.	DES.
272	Día 21	09:09:51	3.18	SIM.	CAR.	327	Día 25	11:10:36	1.20	ADU.	CAR.
273	Día 21	10:39:28	89.62	ADU.	CAR.	328	Día 25	11:48:35	37.98	ADU.	DES.
274	Día 21	11:54:40	75.20	SIM.	DES.	330	Día 26	08:50:24	50.40	SIM.	CAR.
277	Día 22	08:10:12	10.20	SIM.	DES.	331	Día 26	09:34:42	44.30	SIM.	CAR.
278	Día 22	08:36:15	26.05	SIM.	CAR.	332	Día 26	09:51:40	16.97	SIM.	CAR.
279	Día 22	09:02:02	25.78	SIM.	CAR.	333	Día 26	10:14:50	23.17	SIM.	DES.
280	Día 22	09:07:57	5.92	SIM.	CAR.	334	Día 26	10:17:28	2.63	SIM.	DES.
281	Día 22	10:03:56	55.98	SIM.	CAR.	335	Día 26	10:20:50	3.37	SIM.	DES.
282	Día 22	10:14:35	10.65	SIM.	CAR.	336	Día 26	10:38:00	17.17	SIM.	DES.
283	Día 22	11:18:20	63.75	SIM.	CAR.	337	Día 26	10:58:51	20.85	ADU.	DES.

338	Día 26	11:06:57	8.10	ADU.	DES.	400	Día 31	10:00:20	4.93	SIM.	CAR.
339	Día 26	11:13:06	6.15	SIM.	CAR.	401	Día 31	10:13:16	12.93	ADU.	DES.
340	Día 26	11:17:28	4.37	ADU.	DES.	402	Día 31	10:21:25	8.15	ADU.	DES.
341	Día 26	13:01:25	103.95	ADU.	DES.	403	Día 31	10:35:25	14.00	SIM.	CAR.
342	Día 26	13:55:47	54.37	ADU.	DES.	404	Día 31	11:12:35	37.17	SIM.	DES.
344	Día 27	08:01:18	1.30	SIM.	CAR.	405	Día 31	11:40:40	28.08	SIM.	CAR.
345	Día 27	08:30:24	29.10	SIM.	CAR.	411	Día 32	08:11:50	11.83	SIM.	CAR.
346	Día 27	11:05:05	154.68	ADU.	CAR.	412	Día 32	08:31:06	19.27	SIM.	CAR.
347	Día 27	11:43:40	38.58	SIM.	DES.	413	Día 32	09:02:24	31.30	ADU.	CAR.
348	Día 27	11:48:10	4.50	SIM.	DES.	414	Día 32	09:20:00	17.60	SIM.	CAR.
349	Día 27	12:05:54	17.73	SIM.	CAR.	415	Día 32	09:25:02	5.03	SIM.	DES.
350	Día 27	12:19:41	13.78	ADU.	DES.	416	Día 32	09:30:09	5.12	SIM.	CAR.
351	Día 27	12:21:12	1.52	ADU.	DES.	417	Día 32	10:23:50	53.68	ADU.	DES.
352	Día 27	12:24:08	2.93	ADU.	DES.	418	Día 32	10:40:15	16.42	SIM.	CAR.
353	Día 27	12:29:58	5.83	ADU.	DES.	419	Día 32	10:48:52	8.62	SIM.	CAR.
354	Día 27	12:38:48	8.83	ADU.	DES.	420	Día 32	11:50:30	61.63	SIM.	CAR.
355	Día 27	12:50:35	11.78	SIM.	DES.	421	Día 32	12:33:06	42.60	ADU.	DES.
356	Día 27	13:05:36	15.02	SIM.	CAR.	422	Día 32	12:45:46	12.67	SIM.	DES.
357	Día 27	13:44:22	38.77	SIM.	CAR.	423	Día 32	13:18:48	33.03	SIM.	DES.
360	Día 28	08:04:24	4.40	SIM.	CAR.	424	Día 32	13:51:42	32.90	SIM.	DES.
361	Día 28	09:30:12	85.80	SIM.	DES.	428	Día 33	08:00:04	0.07	SIM.	CAR.
362	Día 28	10:12:42	42.50	SIM.	CAR.	429	Día 33	08:04:30	4.43	SIM.	CAR.
363	Día 28	10:54:36	41.90	SIM.	CAR.	430	Día 33	08:24:35	20.08	SIM.	CAR.
370	Día 29	08:19:15	19.25	SIM.	CAR.	431	Día 33	09:04:58	40.38	ADU.	CAR.
371	Día 29	09:37:50	78.58	SIM.	CAR.	432	Día 33	09:11:00	6.03	SIM.	DES.
372	Día 29	09:44:57	7.12	SIM.	CAR.	433	Día 33	09:13:16	2.27	SIM.	CAR.
373	Día 29	09:47:04	2.12	SIM.	DES.	434	Día 33	09:15:16	2.00	ADU.	CAR.
374	Día 29	09:50:48	3.73	SIM.	DES.	435	Día 33	10:07:36	52.33	ADU.	CAR.
375	Día 29	10:06:24	15.60	ADU.	CAR.	436	Día 33	11:44:25	96.82	SIM.	CAR.
376	Día 29	10:50:48	44.40	ADU.	CAR.	437	Día 33	12:14:56	30.52	SIM.	CAR.
377	Día 29	11:44:54	54.10	SIM.	DES.	438	Día 33	12:21:28	6.53	SIM.	CAR.
379	Día 30	08:07:24	7.40	SIM.	CAR.	439	Día 33	13:33:45	72.28	ADU.	CAR.
380	Día 30	08:55:10	47.77	SIM.	CAR.	443	Día 34	08:00:39	0.65	SIM.	CAR.
381	Día 30	09:43:10	48.00	SIM.	CAR.	444	Día 34	08:01:24	0.75	SIM.	DES.
382	Día 30	10:49:20	66.17	SIM.	CAR.	445	Día 34	09:20:40	79.27	SIM.	CAR.
383	Día 30	11:57:16	67.93	SIM.	CAR.	446	Día 34	09:40:05	19.42	SIM.	DES.
384	Día 30	12:05:20	8.07	SIM.	CAR.	447	Día 34	09:54:10	14.08	SIM.	DES.
385	Día 30	12:09:10	3.83	SIM.	CAR.	448	Día 34	09:59:45	5.58	SIM.	DES.
386	Día 30	13:47:10	98.00	SIM.	CAR.	449	Día 34	10:05:06	5.35	ADU.	CAR.
393	Día 31	08:00:15	0.25	SIM.	CAR.	450	Día 34	10:16:58	11.87	ADU.	CAR.
394	Día 31	08:31:28	31.22	SIM.	CAR.	451	Día 34	11:11:42	54.73	SIM.	DES.
395	Día 31	09:29:45	58.28	ADU.	DES.	452	Día 34	11:30:30	18.80	SIM.	DES.
396	Día 31	09:30:08	0.38	ADU.	CAR.	453	Día 34	12:32:33	62.05	SIM.	DES.
397	Día 31	09:33:45	3.62	SIM.	CAR.	454	Día 34	12:49:05	16.53	SIM.	CAR.
398	Día 31	09:34:10	0.42	SIM.	DES.	455	Día 34	13:01:08	12.05	ADU.	DES.
399	Día 31	09:55:24	21.23	SIM.	DES.	456	Día 34	13:02:06	0.97	SIM.	DES.

457	Día 34	13:51:45	49.65	SIM.	CAR.	521	Día 39	09:36:20	0.73	SIM.	CAR.
467	Día 35	09:01:00	61.00	SIM.	CAR.	522	Día 39	10:23:54	47.57	SIM.	CAR.
468	Día 35	09:11:02	10.03	SIM.	CAR.	523	Día 39	12:39:35	135.68	SIM.	CAR.
469	Día 35	09:32:12	21.17	ADU.	CAR.	528	Día 40	08:00:12	0.20	SIM.	CAR.
470	Día 35	09:34:00	1.80	ADU.	CAR.	529	Día 40	08:02:57	2.75	SIM.	CAR.
471	Día 35	09:51:05	17.08	ADU.	CAR.	530	Día 40	08:30:45	27.80	SIM.	CAR.
472	Día 35	09:51:54	0.82	SIM.	CAR.	531	Día 40	09:12:04	41.32	SIM.	CAR.
473	Día 35	10:03:50	11.93	ADU.	CAR.	532	Día 40	09:26:51	14.78	SIM.	CAR.
474	Día 35	11:11:18	67.47	SIM.	DES.	533	Día 40	09:35:42	8.85	SIM.	CAR.
475	Día 35	11:13:00	1.70	SIM.	DES.	534	Día 40	09:36:08	0.43	ADU.	CAR.
476	Día 35	11:27:23	14.38	SIM.	CAR.	535	Día 40	10:11:56	35.80	SIM.	CAR.
477	Día 35	11:29:55	2.53	SIM.	DES.	536	Día 40	11:02:09	50.22	SIM.	CAR.
478	Día 35	11:58:04	28.15	SIM.	CAR.	537	Día 40	11:09:20	7.18	ADU.	CAR.
481	Día 36	08:07:04	7.07	SIM.	CAR.	538	Día 40	11:46:10	36.83	SIM.	CAR.
482	Día 36	08:28:51	21.78	SIM.	CAR.	539	Día 40	12:13:14	27.07	ADU.	CAR.
483	Día 36	08:33:56	5.08	SIM.	DES.	540	Día 40	12:49:05	35.85	SIM.	DES.
484	Día 36	08:53:28	19.53	SIM.	CAR.	542	Día 41	08:11:52	11.87	SIM.	DES.
485	Día 36	08:54:54	1.43	SIM.	DES.	543	Día 41	08:38:44	26.87	SIM.	CAR.
486	Día 36	09:25:48	30.90	ADU.	DES.	544	Día 41	08:44:20	5.60	SIM.	CAR.
487	Día 36	10:08:28	42.67	SIM.	DES.	545	Día 41	09:00:32	16.20	SIM.	CAR.
488	Día 36	10:09:46	1.30	SIM.	CAR.	546	Día 41	09:15:06	14.57	SIM.	CAR.
490	Día 37	08:12:29	12.48	SIM.	CAR.	547	Día 41	09:34:03	18.95	ADU.	CAR.
491	Día 37	08:13:46	1.28	SIM.	CAR.	548	Día 41	09:37:01	2.97	SIM.	CAR.
492	Día 37	08:14:48	1.03	SIM.	CAR.	549	Día 41	09:53:56	16.92	SIM.	DES.
493	Día 37	08:48:00	33.20	SIM.	CAR.	550	Día 41	10:01:03	7.12	SIM.	CAR.
494	Día 37	09:26:58	38.97	SIM.	DES.	551	Día 41	10:11:57	10.90	SIM.	CAR.
495	Día 37	09:53:34	26.60	SIM.	CAR.	552	Día 41	10:12:36	0.65	SIM.	CAR.
496	Día 37	10:24:28	30.90	ADU.	CAR.	553	Día 41	10:54:42	42.10	SIM.	CAR.
497	Día 37	10:57:44	33.27	SIM.	DES.	554	Día 41	11:25:28	30.77	SIM.	DES.
498	Día 37	11:30:27	32.72	SIM.	CAR.	555	Día 41	11:35:34	10.10	ADU.	CAR.
499	Día 37	12:19:15	48.80	SIM.	CAR.	556	Día 41	12:28:36	53.03	SIM.	CAR.
500	Día 37	12:31:58	12.72	SIM.	CAR.	557	Día 41	12:29:20	0.73	SIM.	CAR.
501	Día 37	12:44:54	12.93	SIM.	CAR.	558	Día 41	12:40:28	11.13	SIM.	CAR.
505	Día 38	08:00:20	0.33	SIM.	CAR.	561	Día 42	08:10:49	10.82	SIM.	CAR.
506	Día 38	08:01:12	0.87	SIM.	CAR.	562	Día 42	08:11:42	0.88	SIM.	CAR.
507	Día 38	08:01:30	0.30	SIM.	CAR.	563	Día 42	08:12:39	0.95	SIM.	CAR.
508	Día 38	08:02:04	0.57	SIM.	DES.	564	Día 42	08:14:35	1.93	SIM.	DES.
509	Día 38	10:00:32	118.47	SIM.	CAR.	565	Día 42	09:38:00	83.42	SIM.	CAR.
510	Día 38	10:24:09	23.62	SIM.	DES.	566	Día 42	09:48:15	10.25	SIM.	CAR.
511	Día 38	10:40:26	16.28	SIM.	CAR.	567	Día 42	09:51:28	3.22	SIM.	CAR.
512	Día 38	11:08:09	27.72	SIM.	DES.	568	Día 42	10:50:24	58.93	SIM.	DES.
513	Día 38	11:23:12	15.05	SIM.	CAR.	569	Día 42	11:47:16	56.87	SIM.	DES.
517	Día 39	08:07:35	7.58	SIM.	CAR.	570	Día 42	11:59:57	12.68	SIM.	CAR.
518	Día 39	08:42:05	34.50	SIM.	CAR.	571	Día 42	12:02:32	2.58	SIM.	DES.
519	Día 39	08:49:18	7.22	SIM.	DES.	572	Día 42	13:20:35	78.05	SIM.	CAR.
520	Día 39	09:35:36	46.30	SIM.	CAR.	578	Día 43	08:42:28	42.47	SIM.	CAR.

579	Día 43	09:25:38	43.17	SIM.	CAR.	633	Día 46	11:05:10	19.92	SIM.	DES.
580	Día 43	09:39:05	13.45	SIM.	CAR.	634	Día 46	11:17:14	12.07	SIM.	DES.
581	Día 43	09:55:14	16.15	SIM.	CAR.	635	Día 46	11:22:35	5.35	ADU.	CAR.
582	Día 43	10:16:57	21.72	SIM.	CAR.	636	Día 46	11:33:54	11.32	SIM.	CAR.
583	Día 43	10:20:12	3.25	SIM.	CAR.	637	Día 46	13:03:48	89.90	ADU.	CAR.
584	Día 43	10:29:08	8.93	ADU.	CAR.	640	Día 47	08:00:08	0.13	SIM.	DES.
585	Día 43	10:30:44	1.60	ADU.	CAR.	641	Día 47	08:02:36	2.47	SIM.	DES.
586	Día 43	10:39:20	8.60	SIM.	CAR.	642	Día 47	08:24:18	21.70	SIM.	CAR.
587	Día 43	12:12:12	92.87	SIM.	DES.	643	Día 47	08:39:06	14.80	SIM.	CAR.
590	Día 44	08:21:44	21.73	SIM.	DES.	644	Día 47	08:59:10	20.07	SIM.	CAR.
591	Día 44	08:24:45	3.02	SIM.	CAR.	645	Día 47	09:14:30	15.33	SIM.	CAR.
592	Día 44	08:54:51	30.10	SIM.	DES.	646	Día 47	09:38:10	23.67	SIM.	CAR.
593	Día 44	08:55:42	0.85	ADU.	DES.	647	Día 47	10:17:28	39.30	SIM.	CAR.
594	Día 44	08:55:48	0.10	ADU.	DES.	648	Día 47	10:27:30	10.03	SIM.	CAR.
595	Día 44	09:09:40	13.87	ADU.	DES.	649	Día 47	10:29:34	2.07	SIM.	CAR.
596	Día 44	09:24:54	15.23	ADU.	DES.	650	Día 47	10:38:55	9.35	SIM.	CAR.
597	Día 44	09:43:26	18.53	ADU.	DES.	651	Día 47	10:56:36	17.68	SIM.	CAR.
598	Día 44	10:20:05	36.65	SIM.	DES.	652	Día 47	11:17:48	21.20	SIM.	CAR.
599	Día 44	10:21:52	1.78	SIM.	CAR.	653	Día 47	11:18:08	0.33	SIM.	DES.
600	Día 44	11:05:05	43.22	SIM.	CAR.	654	Día 47	11:31:20	13.20	SIM.	CAR.
601	Día 44	11:17:24	12.32	SIM.	DES.	655	Día 47	11:36:20	5.00	ADU.	CAR.
602	Día 44	12:26:40	69.27	ADU.	DES.	656	Día 47	12:28:29	52.15	ADU.	CAR.
603	Día 44	12:53:51	27.18	SIM.	DES.	662	Día 48	08:00:56	0.93	SIM.	DES.
604	Día 44	12:57:30	3.65	SIM.	DES.	663	Día 48	08:01:12	0.27	SIM.	DES.
611	Día 45	08:32:32	32.53	SIM.	CAR.	664	Día 48	08:15:16	14.07	SIM.	DES.
612	Día 45	08:40:02	7.50	SIM.	DES.	665	Día 48	08:33:54	18.63	SIM.	CAR.
613	Día 45	09:01:24	21.37	SIM.	CAR.	666	Día 48	08:36:24	2.50	SIM.	CAR.
614	Día 45	09:03:10	1.77	SIM.	CAR.	667	Día 48	08:46:40	10.27	SIM.	DES.
615	Día 45	09:08:35	5.42	SIM.	DES.	668	Día 48	09:08:00	21.33	SIM.	CAR.
616	Día 45	09:22:12	13.62	SIM.	CAR.	669	Día 48	09:50:32	42.53	SIM.	CAR.
617	Día 45	09:22:32	0.33	SIM.	DES.	670	Día 48	10:01:50	11.30	SIM.	CAR.
618	Día 45	09:31:35	9.05	SIM.	CAR.	671	Día 48	10:14:45	12.92	SIM.	CAR.
619	Día 45	09:31:43	0.13	SIM.	DES.	672	Día 48	11:19:12	64.45	SIM.	DES.
620	Día 45	10:41:52	70.15	SIM.	DES.	673	Día 48	11:35:10	15.97	SIM.	CAR.
621	Día 45	11:20:35	38.72	SIM.	DES.	674	Día 48	12:18:35	43.42	SIM.	CAR.
622	Día 45	11:28:05	7.50	ADU.	DES.	675	Día 48	12:20:48	2.22	SIM.	DES.
623	Día 45	13:13:44	105.65	ADU.	DES.	676	Día 48	13:41:12	80.40	SIM.	DES.
624	Día 45	13:25:03	11.32	SIM.	DES.	677	Día 48	13:51:45	10.55	SIM.	DES.
625	Día 46	08:14:51	14.85	SIM.	CAR.	684	Día 49	08:46:36	46.60	SIM.	DES.
626	Día 46	08:33:04	18.22	SIM.	CAR.	685	Día 49	09:33:15	46.65	SIM.	DES.
627	Día 46	08:59:35	26.52	SIM.	CAR.	686	Día 49	09:36:00	2.75	SIM.	DES.
628	Día 46	09:18:30	18.92	SIM.	CAR.	687	Día 49	09:58:40	22.67	SIM.	CAR.
629	Día 46	10:02:27	43.95	SIM.	DES.	688	Día 49	13:07:05	188.42	SIM.	DES.
630	Día 46	10:21:07	18.67	SIM.	DES.	689	Día 49	13:19:40	12.58	SIM.	DES.
631	Día 46	10:31:44	10.62	SIM.	CAR.	690	Día 49	13:26:33	6.88	SIM.	DES.
632	Día 46	10:45:15	13.52	SIM.	CAR.	697	Día 50	08:03:10	3.17	SIM.	CAR.

698	Día 50	08:07:25	4.25	SIM.	CAR.	758	Día 54	09:56:02	19.57	SIM.	CAR.
699	Día 50	08:13:44	6.32	SIM.	CAR.	759	Día 54	10:26:55	30.88	SIM.	DES.
700	Día 50	08:25:36	11.87	SIM.	CAR.	760	Día 54	10:35:54	8.98	SIM.	CAR.
701	Día 50	10:21:40	116.07	SIM.	CAR.	761	Día 54	10:40:42	4.80	SIM.	CAR.
702	Día 50	10:23:12	1.53	SIM.	DES.	762	Día 54	10:40:54	0.20	SIM.	DES.
703	Día 50	10:57:14	34.03	SIM.	CAR.	763	Día 54	11:04:15	23.35	SIM.	CAR.
704	Día 50	11:21:58	24.73	SIM.	DES.	764	Día 54	11:36:24	32.15	ADU.	CAR.
705	Día 50	11:35:57	13.98	SIM.	DES.	765	Día 54	12:26:11	49.78	SIM.	CAR.
708	Día 51	08:57:09	57.15	SIM.	DES.	766	Día 54	13:15:55	49.73	SIM.	DES.
709	Día 51	09:22:30	25.35	ADU.	CAR.	767	Día 54	13:52:30	36.58	ADU.	DES.
710	Día 51	09:39:48	17.30	ADU.	CAR.	771	Día 55	08:14:00	14.00	SIM.	CAR.
711	Día 51	10:00:33	20.75	SIM.	CAR.	772	Día 55	08:15:25	1.42	ADU.	CAR.
712	Día 51	10:34:28	33.92	SIM.	CAR.	773	Día 55	08:21:34	6.15	SIM.	DES.
713	Día 51	10:36:34	2.10	ADU.	CAR.	774	Día 55	09:17:42	56.13	SIM.	CAR.
714	Día 51	11:47:28	70.90	SIM.	CAR.	775	Día 55	10:01:24	43.70	ADU.	CAR.
715	Día 51	12:13:24	25.93	SIM.	DES.	776	Día 55	10:03:28	2.07	SIM.	CAR.
716	Día 51	12:47:39	34.25	SIM.	CAR.	777	Día 55	12:04:48	121.33	SIM.	DES.
721	Día 52	08:22:38	22.63	SIM.	CAR.	778	Día 55	12:38:45	33.95	SIM.	DES.
722	Día 52	09:05:52	43.23	SIM.	CAR.	779	Día 55	12:42:40	3.92	SIM.	CAR.
723	Día 52	09:10:51	4.98	SIM.	CAR.	783	Día 56	09:31:24	91.40	SIM.	DES.
724	Día 52	09:12:35	1.73	SIM.	CAR.	784	Día 56	09:36:03	4.65	SIM.	CAR.
725	Día 52	09:17:09	4.57	SIM.	CAR.	785	Día 56	09:50:16	14.22	SIM.	CAR.
726	Día 52	09:37:50	20.68	ADU.	DES.	786	Día 56	09:56:06	5.83	SIM.	DES.
727	Día 52	10:11:51	34.02	SIM.	DES.	787	Día 56	10:21:27	25.35	SIM.	CAR.
728	Día 52	10:28:12	16.35	ADU.	CAR.	788	Día 56	10:24:24	2.95	SIM.	DES.
729	Día 52	10:32:00	3.80	SIM.	CAR.	789	Día 56	10:28:20	3.93	ADU.	CAR.
730	Día 52	11:24:18	52.30	SIM.	CAR.	790	Día 56	11:05:10	36.83	ADU.	CAR.
731	Día 52	12:37:36	73.30	SIM.	CAR.	791	Día 56	11:23:26	18.27	ADU.	CAR.
732	Día 52	12:40:42	3.10	SIM.	CAR.	792	Día 56	11:42:14	18.80	SIM.	CAR.
739	Día 53	08:16:15	16.25	SIM.	CAR.	793	Día 56	12:52:52	70.63	ADU.	CAR.
740	Día 53	08:18:28	2.22	SIM.	CAR.	794	Día 56	13:21:36	28.73	ADU.	CAR.
741	Día 53	08:27:10	8.70	SIM.	DES.	798	Día 57	09:00:40	60.67	SIM.	CAR.
742	Día 53	08:30:45	3.58	SIM.	DES.	799	Día 57	09:48:09	47.48	SIM.	CAR.
743	Día 53	09:14:25	43.67	SIM.	CAR.	800	Día 57	09:52:20	4.18	SIM.	CAR.
744	Día 53	09:17:44	3.32	SIM.	CAR.	801	Día 57	10:44:44	52.40	SIM.	CAR.
745	Día 53	09:43:48	26.07	SIM.	CAR.	802	Día 57	10:45:28	0.73	SIM.	CAR.
746	Día 53	10:11:06	27.30	SIM.	CAR.	803	Día 57	11:11:48	26.33	SIM.	CAR.
747	Día 53	10:12:14	1.13	ADU.	CAR.	804	Día 57	11:26:45	14.95	SIM.	CAR.
748	Día 53	10:13:42	1.47	ADU.	CAR.	805	Día 57	12:35:48	69.05	SIM.	DES.
749	Día 53	10:30:40	16.97	SIM.	DES.	806	Día 57	12:51:00	15.20	SIM.	DES.
750	Día 53	10:42:36	11.93	SIM.	CAR.	808	Día 58	09:21:12	81.20	SIM.	CAR.
751	Día 53	12:42:10	119.57	ADU.	CAR.	809	Día 58	09:53:30	32.30	SIM.	CAR.
752	Día 53	13:08:43	26.55	SIM.	CAR.	810	Día 58	10:15:30	22.00	SIM.	CAR.
755	Día 54	09:23:03	83.05	SIM.	CAR.	811	Día 58	10:37:47	22.28	SIM.	CAR.
756	Día 54	09:28:15	5.20	SIM.	CAR.	812	Día 58	10:57:22	19.58	SIM.	CAR.
757	Día 54	09:36:28	8.22	SIM.	CAR.	813	Día 58	11:00:04	2.70	ADU.	CAR.

814	Día 58	11:29:40	29.60	ADU.	DES.	873	Día 61	10:00:24	8.20	SIM.	CAR.
815	Día 58	11:29:42	0.03	SIM.	CAR.	874	Día 61	10:00:58	0.57	SIM.	DES.
816	Día 58	13:09:58	100.27	ADU.	CAR.	875	Día 61	10:20:30	19.53	ADU.	CAR.
824	Día 59	08:00:19	0.32	SIM.	CAR.	876	Día 61	10:23:40	3.17	SIM.	CAR.
825	Día 59	08:00:28	0.15	SIM.	CAR.	877	Día 61	12:30:27	126.78	ADU.	CAR.
826	Día 59	08:01:30	1.03	SIM.	CAR.	878	Día 61	12:42:06	11.65	SIM.	DES.
827	Día 59	09:03:32	62.03	SIM.	CAR.	879	Día 61	13:15:02	32.93	SIM.	CAR.
828	Día 59	09:10:32	7.00	SIM.	CAR.	880	Día 61	13:32:54	17.87	SIM.	CAR.
829	Día 59	09:14:48	4.27	ADU.	CAR.	881	Día 61	13:33:34	0.67	SIM.	CAR.
830	Día 59	09:23:43	8.92	SIM.	CAR.	882	Día 61	13:33:48	0.23	SIM.	CAR.
831	Día 59	09:38:54	15.18	SIM.	CAR.	888	Día 62	08:25:10	25.17	SIM.	CAR.
832	Día 59	10:04:36	25.70	ADU.	DES.	889	Día 62	08:25:57	0.78	SIM.	CAR.
833	Día 59	10:20:16	15.67	SIM.	DES.	890	Día 62	09:15:57	50.00	SIM.	CAR.
834	Día 59	10:21:18	1.03	ADU.	DES.	891	Día 62	09:39:15	23.30	ADU.	CAR.
835	Día 59	10:30:30	9.20	SIM.	CAR.	892	Día 62	09:53:27	14.20	SIM.	CAR.
836	Día 59	10:35:03	4.55	ADU.	DES.	893	Día 62	09:53:48	0.35	SIM.	CAR.
837	Día 59	10:36:12	1.15	SIM.	CAR.	894	Día 62	09:59:20	5.53	SIM.	CAR.
838	Día 59	10:47:05	10.88	ADU.	DES.	895	Día 62	10:28:24	29.07	SIM.	DES.
839	Día 59	10:58:09	11.07	SIM.	DES.	896	Día 62	11:49:43	81.32	ADU.	CAR.
840	Día 59	11:40:26	42.28	SIM.	DES.	897	Día 62	11:53:16	3.55	ADU.	CAR.
841	Día 59	11:43:38	3.20	ADU.	DES.	902	Día 63	08:51:48	51.80	SIM.	CAR.
842	Día 59	12:55:28	71.83	SIM.	DES.	903	Día 63	09:46:30	54.70	SIM.	CAR.
843	Día 59	12:58:24	2.93	SIM.	DES.	904	Día 63	09:47:14	0.73	SIM.	DES.
844	Día 59	13:02:44	4.33	SIM.	CAR.	905	Día 63	09:53:25	6.18	SIM.	CAR.
845	Día 59	13:46:33	43.82	SIM.	DES.	906	Día 63	10:13:36	20.18	SIM.	CAR.
846	Día 59	13:46:40	0.12	ADU.	DES.	907	Día 63	11:50:04	96.47	SIM.	CAR.
851	Día 60	08:56:23	56.38	SIM.	DES.	908	Día 63	11:53:55	3.85	SIM.	CAR.
852	Día 60	09:51:06	54.72	SIM.	CAR.	909	Día 63	13:47:39	113.73	SIM.	CAR.
853	Día 60	09:55:25	4.32	SIM.	DES.	917	Día 64	08:00:35	0.58	SIM.	DES.
854	Día 60	10:26:00	30.58	ADU.	DES.	918	Día 64	08:35:05	34.50	SIM.	CAR.
855	Día 60	10:33:22	7.37	SIM.	DES.	919	Día 64	08:38:36	3.52	SIM.	CAR.
856	Día 60	11:54:28	81.10	SIM.	DES.	920	Día 64	08:42:13	3.62	SIM.	CAR.
857	Día 60	12:36:00	41.53	SIM.	CAR.	921	Día 64	09:10:24	28.18	SIM.	DES.
858	Día 60	12:42:44	6.73	ADU.	DES.	922	Día 64	09:25:20	14.93	SIM.	DES.
859	Día 60	12:53:44	11.00	ADU.	DES.	923	Día 64	09:36:48	11.47	SIM.	CAR.
860	Día 60	13:03:03	9.32	SIM.	CAR.	924	Día 64	09:55:06	18.30	SIM.	CAR.
861	Día 60	13:38:57	35.90	ADU.	DES.	925	Día 64	10:05:33	10.45	ADU.	CAR.
864	Día 61	08:12:00	12.00	ADU.	CAR.	926	Día 64	11:13:05	67.53	SIM.	CAR.
865	Día 61	08:52:36	40.60	ADU.	CAR.	927	Día 64	11:16:27	3.37	SIM.	DES.
866	Día 61	09:05:40	13.07	SIM.	DES.	928	Día 64	11:45:51	29.40	SIM.	CAR.
867	Día 61	09:12:21	6.68	SIM.	CAR.	929	Día 64	12:05:10	19.32	ADU.	CAR.
868	Día 61	09:34:24	22.05	SIM.	DES.	930	Día 64	12:20:22	15.20	ADU.	CAR.
869	Día 61	09:35:28	1.07	SIM.	DES.	931	Día 64	12:34:04	13.70	ADU.	CAR.
870	Día 61	09:37:57	2.48	SIM.	CAR.	932	Día 64	12:45:50	11.77	ADU.	CAR.
871	Día 61	09:40:48	2.85	ADU.	CAR.	933	Día 64	13:31:32	45.70	SIM.	DES.
872	Día 61	09:52:12	11.40	SIM.	CAR.	934	Día 64	13:31:57	0.42	SIM.	CAR.

937	Día 65	08:00:03	0.05	ADU.	CAR.	954	Día 65	13:39:54	44.20	ADU.	CAR.
938	Día 65	08:00:45	0.70	ADU.	CAR.	958	Día 66	08:26:52	26.87	SIM.	DES.
939	Día 65	08:02:15	1.50	SIM.	DES.	959	Día 66	08:53:18	26.43	SIM.	DES.
940	Día 65	09:35:26	93.18	SIM.	CAR.	960	Día 66	09:01:38	8.33	SIM.	CAR.
941	Día 65	09:46:28	11.03	ADU.	CAR.	961	Día 66	09:13:10	11.53	SIM.	CAR.
942	Día 65	09:57:44	11.27	ADU.	CAR.	962	Día 66	09:33:44	20.57	SIM.	CAR.
943	Día 65	10:04:48	7.07	SIM.	CAR.	963	Día 66	10:23:00	49.27	SIM.	DES.
944	Día 65	10:07:30	2.70	ADU.	CAR.	964	Día 66	10:23:12	0.20	SIM.	CAR.
945	Día 65	10:11:12	3.70	ADU.	CAR.	965	Día 66	10:42:16	19.07	SIM.	CAR.
946	Día 65	10:14:02	2.83	SIM.	DES.	966	Día 66	10:42:22	0.10	SIM.	CAR.
947	Día 65	10:21:56	7.90	SIM.	CAR.	967	Día 66	10:49:52	7.50	SIM.	DES.
948	Día 65	10:35:21	13.42	ADU.	CAR.	968	Día 66	11:24:48	34.93	SIM.	CAR.
949	Día 65	11:30:08	54.78	SIM.	CAR.	969	Día 66	11:42:45	17.95	SIM.	CAR.
950	Día 65	11:30:47	0.65	SIM.	CAR.	970	Día 66	12:43:16	60.52	SIM.	CAR.
951	Día 65	12:07:25	36.63	SIM.	DES.	971	Día 66	12:46:25	3.15	SIM.	CAR.
952	Día 65	12:52:40	45.25	ADU.	CAR.	972	Día 66	12:53:35	7.17	SIM.	CAR.
953	Día 65	12:55:42	3.03	ADU.	CAR.						

Horario de 2pm a 5:30pm:

N°	Día	hora	Tiempo	Reg.	T.OP.						
13	Día 1	14:33:50	33.83	ADU.	CAR.	93	Día 7	16:22:40	121.08	SIM.	CAR.
14	Día 1	14:38:05	4.25	SIM.	CAR.	94	Día 7	16:58:39	35.98	SIM.	DES.
15	Día 1	15:24:04	45.98	ADU.	DES.	114	Día 8	14:07:15	7.25	SIM.	CAR.
16	Día 1	15:47:36	23.53	ADU.	DES.	140	Día 10	14:32:57	32.95	SIM.	CAR.
17	Día 1	16:22:05	34.48	SIM.	CAR.	141	Día 10	15:01:45	28.80	SIM.	DES.
18	Día 1	17:00:39	38.57	ADU.	CAR.	142	Día 10	16:44:44	102.98	SIM.	CAR.
30	Día 2	14:19:20	19.33	SIM.	CAR.	162	Día 11	14:03:57	3.95	ADU.	DES.
31	Día 2	14:21:12	1.87	ADU.	DES.	163	Día 11	15:15:32	71.58	ADU.	DES.
32	Día 2	15:01:20	40.13	SIM.	DES.	164	Día 11	16:18:00	62.47	ADU.	DES.
33	Día 2	16:27:35	86.25	SIM.	DES.	175	Día 12	14:17:32	17.53	SIM.	CAR.
50	Día 4	14:24:00	24.00	SIM.	DES.	176	Día 12	15:03:00	45.47	SIM.	CAR.
51	Día 4	14:26:39	2.65	SIM.	CAR.	177	Día 12	15:35:07	32.12	ADU.	DES.
52	Día 4	14:27:00	0.35	ADU.	DES.	186	Día 13	14:00:36	0.60	ADU.	DES.
53	Día 4	16:36:18	129.30	SIM.	CAR.	187	Día 13	14:10:14	9.63	SIM.	CAR.
62	Día 5	14:08:41	8.68	SIM.	CAR.	188	Día 13	14:52:21	42.12	SIM.	DES.
63	Día 5	16:04:56	116.25	SIM.	CAR.	189	Día 13	15:38:24	46.05	ADU.	CAR.
64	Día 5	16:34:36	29.67	SIM.	DES.	195	Día 14	14:15:39	15.65	SIM.	DES.
65	Día 5	16:40:57	6.35	SIM.	DES.	196	Día 14	14:18:25	2.77	SIM.	DES.
75	Día 6	14:19:05	19.08	SIM.	CAR.	197	Día 14	15:40:40	82.25	SIM.	CAR.
76	Día 6	14:49:50	30.75	SIM.	DES.	198	Día 14	16:04:18	23.63	SIM.	CAR.
77	Día 6	15:49:06	59.27	SIM.	DES.	199	Día 14	16:45:36	41.30	ADU.	CAR.
78	Día 6	15:58:30	9.40	SIM.	DES.	210	Día 15	14:31:45	31.75	SIM.	CAR.
79	Día 6	16:25:33	27.05	ADU.	CAR.	211	Día 15	14:39:32	7.78	SIM.	DES.
92	Día 7	14:21:35	21.58	SIM.	DES.	212	Día 15	15:34:00	54.47	SIM.	CAR.
						218	Día 16	14:31:12	31.20	SIM.	DES.
						219	Día 16	14:51:23	20.18	SIM.	DES.

220	Día 16	15:21:58	30.58	SIM.	CAR.	407	Día 31	15:30:17	62.87	SIM.	DES.
221	Día 16	15:25:40	3.70	ADU.	DES.	408	Día 31	15:31:36	1.32	SIM.	CAR.
222	Día 16	15:45:04	19.40	SIM.	CAR.	409	Día 31	16:26:32	54.93	SIM.	CAR.
223	Día 16	16:45:26	60.37	ADU.	CAR.	410	Día 31	16:38:22	11.83	SIM.	CAR.
231	Día 17	16:02:24	122.40	SIM.	CAR.	425	Día 32	14:43:20	43.33	ADU.	DES.
232	Día 17	16:41:00	38.60	SIM.	CAR.	426	Día 32	14:58:40	15.33	SIM.	DES.
236	Día 18	14:13:24	13.40	SIM.	CAR.	427	Día 32	16:05:21	66.68	SIM.	DES.
237	Día 18	14:31:36	18.20	SIM.	CAR.	440	Día 33	14:50:02	50.03	SIM.	DES.
238	Día 18	14:50:48	19.20	SIM.	DES.	441	Día 33	16:18:36	88.57	SIM.	DES.
239	Día 18	15:22:36	31.80	ADU.	DES.	442	Día 33	16:38:40	20.07	SIM.	CAR.
240	Día 18	15:40:52	18.27	SIM.	CAR.	458	Día 34	14:07:44	7.73	SIM.	CAR.
241	Día 18	15:44:48	3.93	ADU.	CAR.	459	Día 34	14:29:50	22.10	SIM.	CAR.
242	Día 18	16:51:26	66.63	SIM.	CAR.	460	Día 34	14:39:27	9.62	ADU.	CAR.
249	Día 19	14:13:26	13.43	SIM.	CAR.	461	Día 34	14:44:32	5.08	SIM.	DES.
250	Día 19	14:27:42	14.27	SIM.	DES.	462	Día 34	14:48:36	4.07	SIM.	DES.
251	Día 19	16:42:54	135.20	ADU.	DES.	463	Día 34	15:38:27	49.85	ADU.	DES.
263	Día 20	14:26:40	26.67	SIM.	CAR.	464	Día 34	16:34:22	55.92	SIM.	DES.
264	Día 20	16:30:04	123.40	SIM.	CAR.	465	Día 34	17:18:46	44.40	SIM.	DES.
265	Día 20	17:11:40	41.60	SIM.	CAR.	466	Día 34	17:27:57	9.18	ADU.	CAR.
275	Día 21	14:33:48	33.80	SIM.	CAR.	479	Día 35	14:01:20	1.33	SIM.	CAR.
276	Día 21	14:51:51	18.05	SIM.	CAR.	480	Día 35	16:06:50	125.50	SIM.	CAR.
286	Día 22	14:16:20	16.33	SIM.	CAR.	489	Día 36	16:12:40	132.67	SIM.	DES.
287	Día 22	16:06:24	110.07	ADU.	CAR.	502	Día 37	14:16:30	16.50	SIM.	DES.
288	Día 22	16:52:10	45.77	SIM.	DES.	503	Día 37	15:35:40	79.17	ADU.	CAR.
300	Día 23	14:01:34	1.57	SIM.	CAR.	504	Día 37	16:00:44	25.07	ADU.	CAR.
301	Día 23	15:54:32	112.97	SIM.	DES.	514	Día 38	14:10:48	10.80	SIM.	DES.
316	Día 24	14:35:12	35.20	SIM.	CAR.	515	Día 38	16:48:36	157.80	SIM.	DES.
317	Día 24	15:31:24	56.20	SIM.	DES.	516	Día 38	16:48:40	0.07	SIM.	DES.
329	Día 25	17:08:51	188.85	SIM.	DES.	524	Día 39	14:23:36	23.60	SIM.	DES.
343	Día 26	14:15:44	15.73	SIM.	CAR.	525	Día 39	14:38:35	14.98	SIM.	CAR.
358	Día 27	14:40:44	40.73	SIM.	CAR.	526	Día 39	14:47:50	9.25	SIM.	DES.
359	Día 27	14:50:57	10.22	SIM.	CAR.	527	Día 39	15:41:09	53.32	SIM.	DES.
364	Día 28	14:06:20	6.33	ADU.	CAR.	541	Día 40	15:18:25	78.42	SIM.	DES.
365	Día 28	14:11:26	5.10	SIM.	DES.	559	Día 41	14:16:42	16.70	SIM.	DES.
366	Día 28	14:53:56	42.50	SIM.	CAR.	560	Día 41	16:32:00	135.30	ADU.	CAR.
367	Día 28	15:24:32	30.60	ADU.	CAR.	573	Día 42	14:02:55	2.92	SIM.	CAR.
368	Día 28	15:31:52	7.33	ADU.	CAR.	574	Día 42	15:20:10	77.25	SIM.	CAR.
369	Día 28	15:37:28	5.60	ADU.	DES.	575	Día 42	15:36:32	16.37	SIM.	CAR.
378	Día 29	14:03:28	3.47	SIM.	DES.	576	Día 42	16:29:20	52.80	SIM.	CAR.
387	Día 30	14:34:30	34.50	ADU.	DES.	577	Día 42	16:38:52	9.53	SIM.	CAR.
388	Día 30	14:49:54	15.40	ADU.	CAR.	588	Día 43	14:02:28	2.47	SIM.	CAR.
389	Día 30	15:00:51	10.95	SIM.	DES.	589	Día 43	14:43:36	41.13	SIM.	CAR.
390	Día 30	15:32:52	32.02	SIM.	DES.	605	Día 44	14:10:12	10.20	SIM.	DES.
391	Día 30	15:44:48	11.93	SIM.	CAR.	606	Día 44	14:20:48	10.60	ADU.	CAR.
392	Día 30	15:52:00	7.20	SIM.	CAR.	607	Día 44	14:45:20	24.53	ADU.	DES.
406	Día 31	14:27:25	27.42	SIM.	DES.	608	Día 44	14:48:44	3.40	ADU.	DES.

609	Día 44	15:01:42	12.97	SIM.	CAR.	818	Día 58	14:13:55	5.32	SIM.	DES.
610	Día 44	15:46:02	44.33	SIM.	CAR.	819	Día 58	14:40:40	26.75	SIM.	CAR.
638	Día 46	14:28:12	28.20	SIM.	CAR.	820	Día 58	16:27:20	106.67	SIM.	DES.
639	Día 46	16:15:56	107.73	ADU.	CAR.	821	Día 58	16:28:50	1.50	SIM.	CAR.
657	Día 47	14:07:38	7.63	SIM.	CAR.	822	Día 58	17:14:48	45.97	SIM.	DES.
658	Día 47	14:11:47	4.15	SIM.	CAR.	823	Día 58	17:33:16	18.47	SIM.	DES.
659	Día 47	16:30:32	138.75	ADU.	CAR.	847	Día 59	14:24:13	24.22	SIM.	DES.
660	Día 47	17:12:03	41.52	ADU.	CAR.	848	Día 59	14:47:44	23.52	SIM.	CAR.
661	Día 47	17:16:56	4.88	SIM.	CAR.	849	Día 59	14:51:40	3.93	SIM.	CAR.
678	Día 48	14:23:52	23.87	SIM.	DES.	850	Día 59	15:00:45	9.08	SIM.	DES.
679	Día 48	14:27:24	3.53	SIM.	CAR.	862	Día 60	14:10:27	10.45	SIM.	CAR.
680	Día 48	14:41:45	14.35	SIM.	CAR.	863	Día 60	16:04:30	114.05	SIM.	CAR.
681	Día 48	15:33:34	51.82	SIM.	DES.	883	Día 61	14:04:14	4.23	ADU.	CAR.
682	Día 48	16:20:42	47.13	SIM.	DES.	884	Día 61	15:15:16	71.03	SIM.	CAR.
683	Día 48	16:57:20	36.63	SIM.	DES.	885	Día 61	16:07:23	52.12	SIM.	DES.
691	Día 49	14:47:04	47.07	SIM.	DES.	886	Día 61	16:31:15	23.87	SIM.	CAR.
692	Día 49	15:17:30	30.43	SIM.	DES.	887	Día 61	16:35:15	4.00	ADU.	CAR.
693	Día 49	15:17:48	0.30	SIM.	CAR.	898	Día 62	15:02:25	62.42	SIM.	CAR.
694	Día 49	15:46:34	28.77	SIM.	CAR.	899	Día 62	15:19:52	17.45	ADU.	CAR.
695	Día 49	16:00:18	13.73	SIM.	DES.	900	Día 62	15:30:41	10.82	SIM.	DES.
696	Día 49	17:08:10	67.87	SIM.	DES.	901	Día 62	16:55:36	84.92	SIM.	CAR.
706	Día 50	15:27:16	87.27	SIM.	CAR.	910	Día 63	14:30:56	30.93	SIM.	CAR.
707	Día 50	15:50:16	23.00	SIM.	CAR.	911	Día 63	14:35:24	4.47	ADU.	CAR.
717	Día 51	14:07:26	7.43	SIM.	CAR.	912	Día 63	14:48:56	13.53	SIM.	CAR.
718	Día 51	15:56:30	109.07	SIM.	CAR.	913	Día 63	15:00:03	11.12	SIM.	DES.
719	Día 51	16:28:40	32.17	SIM.	CAR.	914	Día 63	15:30:32	30.48	ADU.	CAR.
720	Día 51	17:03:56	35.27	SIM.	CAR.	915	Día 63	15:47:35	17.05	ADU.	CAR.
733	Día 52	14:14:57	14.95	SIM.	CAR.	916	Día 63	16:45:35	58.00	SIM.	DES.
734	Día 52	14:30:52	15.92	SIM.	CAR.	935	Día 64	14:53:08	53.13	SIM.	CAR.
735	Día 52	15:07:15	36.38	SIM.	DES.	936	Día 64	16:22:06	88.97	ADU.	CAR.
736	Día 52	16:07:16	60.02	SIM.	CAR.	955	Día 65	14:24:40	24.67	SIM.	DES.
737	Día 52	16:08:08	0.87	SIM.	DES.	956	Día 65	14:51:00	26.33	SIM.	DES.
738	Día 52	17:07:00	58.87	ADU.	DES.	957	Día 65	16:02:24	71.40	SIM.	DES.
753	Día 53	15:26:40	86.67	SIM.	DES.	973	Día 66	14:13:44	13.73	SIM.	CAR.
754	Día 53	15:26:42	0.03	SIM.	CAR.	974	Día 66	14:16:00	2.27	SIM.	CAR.
768	Día 54	14:01:51	1.85	SIM.	CAR.	975	Día 66	16:10:20	114.33	SIM.	DES.
769	Día 54	14:19:06	17.25	SIM.	CAR.						
770	Día 54	14:37:30	18.40	SIM.	DES.						
780	Día 55	14:06:42	6.70	SIM.	CAR.						
781	Día 55	14:27:33	20.85	SIM.	CAR.						
782	Día 55	14:41:08	13.58	ADU.	CAR.						
795	Día 56	15:07:54	67.90	SIM.	CAR.						
796	Día 56	15:20:32	12.63	SIM.	CAR.						
797	Día 56	15:34:32	14.00	SIM.	CAR.						
807	Día 57	14:30:30	30.50	SIM.	DES.						
817	Día 58	14:08:36	8.60	SIM.	CAR.						

Distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

Horario de 8am a 2pm:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Des. Están.	Error	Distrib. De probab.	P de χ^2	P de k-s
751	0.03	204	25.7	29.6	0.000542	WEIB(24, 0.824)	>0.75	>0.15

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución Weibull con parámetros de escala y forma 24 y 0.824 respectivamente.

Horario de 2pm a 5:30pm:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Des. Están.	Error	Distrib. De probab.	P de χ^2	P de k-s
224	0.03	189	36.1	35.7	0.001023	EXPO(36.1)	0.38	>0.15

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución exponencial con media 36.1.

ANEXO 2: Análisis de datos de los Tiempos de servicio

Formato 02: Recolección de los tiempos de servicio – solo montacarga

N°	Día N°	H. de inicio	H. de fin	Tiempo. Serv. (min)	Recurso Montacarga	Recurso estiba
1	Día 1	10:04:50	10:39:38	34.80	SI	NO
3	Día 1	11:24:00	11:38:40	14.67	SI	NO
4	Día 1	11:31:55	12:50:08	78.22	SI	NO
8	Día 1	16:24:15	16:41:52	17.62	SI	NO
9	Día 1	16:35:00	17:55:10	80.17	SI	NO
10	Día 1	18:18:00	18:34:15	16.25	SI	NO
12	Día 2	09:01:03	10:28:10	87.12	SI	NO
17	Día 2	10:58:04	12:27:40	89.60	SI	NO
20	Día 2	12:01:13	12:49:29	48.27	SI	NO
26	Día 2	16:03:12	17:30:58	87.77	SI	NO
29	Día 2	17:42:38	18:50:15	67.62	SI	NO
30	Día 3	08:45:00	10:26:38	101.63	SI	NO
31	Día 3	09:11:10	09:36:20	25.17	SI	NO
32	Día 3	10:38:44	11:03:00	24.27	SI	NO
34	Día 3	12:11:00	12:50:31	39.52	SI	NO
38	Día 3	15:36:45	16:02:53	26.13	SI	NO
39	Día 3	15:49:38	16:30:03	40.42	SI	NO
40	Día 4	09:00:00	09:34:00	34.00	SI	NO
44	Día 4	09:40:00	11:25:00	105.00	SI	NO
47	Día 4	10:27:22	10:58:44	31.37	SI	NO
48	Día 4	10:34:30	10:48:18	13.80	SI	NO
52	Día 4	12:11:00	12:41:18	30.30	SI	NO
55	Día 4	13:02:00	13:30:09	28.15	SI	NO
62	Día 4	16:20:03	17:09:12	49.15	SI	NO
65	Día 5	09:12:24	09:35:40	23.27	SI	NO
66	Día 5	09:56:13	10:14:49	18.60	SI	NO
73	Día 6	09:08:12	09:25:08	16.93	SI	NO
81	Día 6	15:20:29	16:26:00	65.52	SI	NO
82	Día 6	15:55:00	16:20:08	25.13	SI	NO
86	Día 7	10:25:04	11:39:09	74.08	SI	NO
89	Día 7	11:05:04	12:30:00	84.93	SI	NO
90	Día 7	11:12:00	11:40:18	28.30	SI	NO
92	Día 7	12:00:00	12:25:20	25.33	SI	NO
99	Día 7	16:21:42	17:12:32	50.83	SI	NO
102	Día 7	17:50:17	18:39:22	49.08	SI	NO

108	Día 8	11:55:38	12:41:38	46.00	SI	NO
111	Día 9	09:14:34	10:03:11	48.62	SI	NO
114	Día 9	10:19:13	10:59:41	40.47	SI	NO
115	Día 9	10:30:14	11:36:42	66.47	SI	NO
119	Día 9	12:04:20	12:43:47	39.45	SI	NO
120	Día 9	14:18:00	14:55:46	37.77	SI	NO
130	Día 9	17:05:15	17:35:21	30.10	SI	NO
132	Día 9	17:19:40	17:47:36	27.93	SI	NO
135	Día 10	09:06:00	09:26:27	20.45	SI	NO
147	Día 11	09:28:49	09:59:00	30.18	SI	NO
150	Día 11	12:50:53	13:27:30	36.62	SI	NO
152	Día 11	15:45:11	16:56:05	70.90	SI	NO
156	Día 12	09:32:51	10:03:59	31.13	SI	NO
157	Día 12	09:37:00	10:22:15	45.25	SI	NO
159	Día 12	10:54:18	11:23:07	28.82	SI	NO
161	Día 12	11:24:15	12:06:20	42.08	SI	NO
162	Día 12	11:34:32	12:04:00	29.47	SI	NO
163	Día 12	11:40:08	12:30:00	49.87	SI	NO
165	Día 12	12:15:14	13:07:39	52.42	SI	NO
170	Día 12	15:05:40	15:53:14	47.57	SI	NO
179	Día 12	17:30:40	18:15:27	44.78	SI	NO

Distribución de probabilidad de los tiempos de servicio – solo montacarga

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de χ^2	P de k-s
56	13.8	105	44.6	23.5	0.005581	13 + ERLA(15.8, 2)	0.599	>0.15

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución Erlang con parámetros 15.8 y 2, además del valor 13 como la constante de compensación.

Formato 02: Recolección de los tiempos de servicio – solo estiba

N°	Día N°	H. de inicio	H. de fin	Tiempo. Serv. (min)	Recurso Montacarga	Recurso estiba
----	--------	--------------	-----------	---------------------	--------------------	----------------

6	Día 1	14:17:00	15:57:35	100.58	NO	SI
13	Día 2	09:12:00	09:30:08	18.13	NO	SI
14	Día 2	09:37:50	10:17:30	39.67	NO	SI
16	Día 2	10:56:27	11:30:55	34.47	NO	SI
22	Día 2	14:33:51	16:44:00	130.15	NO	SI
27	Día 2	16:18:00	17:25:00	67.00	NO	SI
28	Día 2	16:25:00	17:25:00	60.00	NO	SI
33	Día 3	11:50:26	14:10:00	139.57	NO	SI
37	Día 3	15:01:18	17:01:00	119.70	NO	SI
42	Día 4	09:15:00	11:43:20	148.33	NO	SI
45	Día 4	09:41:00	10:13:00	32.00	NO	SI
46	Día 4	09:46:00	11:15:44	89.73	NO	SI
49	Día 4	10:47:15	11:51:40	64.42	NO	SI
50	Día 4	11:38:00	12:13:11	35.18	NO	SI
53	Día 4	12:25:13	12:50:53	25.67	NO	SI
56	Día 4	14:36:15	16:03:55	87.67	NO	SI
59	Día 4	15:12:00	17:33:08	141.13	NO	SI
60	Día 4	15:29:10	16:01:50	32.67	NO	SI
61	Día 4	16:01:40	18:25:43	144.05	NO	SI
63	Día 5	08:32:00	09:20:15	48.25	NO	SI
67	Día 5	10:04:11	10:54:42	50.52	NO	SI
69	Día 5	11:16:05	12:58:53	102.80	NO	SI
70	Día 5	11:18:29	12:45:00	86.52	NO	SI
74	Día 6	09:22:11	11:50:45	148.57	NO	SI
77	Día 6	12:32:29	14:15:59	103.50	NO	SI
79	Día 6	14:14:58	15:01:50	46.87	NO	SI
80	Día 6	15:15:00	16:31:05	76.08	NO	SI
83	Día 6	16:40:34	17:59:10	78.60	NO	SI
84	Día 7	08:53:00	09:19:50	26.83	NO	SI
87	Día 7	10:25:19	11:10:20	45.02	NO	SI
93	Día 7	12:15:16	12:53:36	38.33	NO	SI
95	Día 7	14:10:15	15:48:26	98.18	NO	SI
98	Día 7	15:56:29	18:29:48	153.32	NO	SI
100	Día 7	16:35:48	17:22:29	46.68	NO	SI
101	Día 7	16:53:15	18:41:00	107.75	NO	SI
104	Día 8	09:32:19	11:25:48	113.48	NO	SI
105	Día 8	10:45:27	12:54:30	129.05	NO	SI
107	Día 8	11:09:12	12:16:46	67.57	NO	SI
109	Día 8	12:16:45	13:56:48	100.05	NO	SI
112	Día 9	09:18:40	10:25:33	66.88	NO	SI
113	Día 9	09:26:47	11:28:04	121.28	NO	SI

118	Día 9	12:04:18	14:18:02	133.73	NO	SI
124	Día 9	15:22:34	16:25:18	62.73	NO	SI
126	Día 9	16:03:29	16:45:34	42.08	NO	SI
127	Día 9	16:37:27	18:01:10	83.72	NO	SI
131	Día 9	17:09:18	17:54:47	45.48	NO	SI
133	Día 9	18:09:00	18:50:38	41.63	NO	SI
134	Día 10	09:06:00	10:46:42	100.70	NO	SI
143	Día 10	16:08:02	18:19:28	131.43	NO	SI
146	Día 11	09:05:11	10:34:17	89.10	NO	SI
149	Día 11	10:53:26	11:51:30	58.07	NO	SI
154	Día 12	08:37:20	09:15:02	37.70	NO	SI
155	Día 12	09:32:00	11:34:25	122.42	NO	SI
160	Día 12	11:00:09	12:36:40	96.52	NO	SI
167	Día 12	13:15:22	14:16:18	60.93	NO	SI
169	Día 12	14:45:20	15:15:57	30.62	NO	SI
171	Día 12	15:24:00	15:59:13	35.22	NO	SI
174	Día 12	16:12:00	16:53:15	41.25	NO	SI
175	Día 12	16:48:08	17:20:00	31.87	NO	SI
176	Día 12	16:49:12	18:42:20	113.13	NO	SI
181	Día 12	18:24:53	19:12:59	48.10	NO	SI
182	Día 12	18:52:39	19:33:27	40.80	NO	SI

Distribución de probabilidad de los tiempos de servicio – solo estiba

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de χ^2	P de k-s
62	18.1	153	77.6	39.1	0.007648	18 + 136 * BETA(0.935, 1.14)	0.552	>0.15

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución beta con parámetros de forma 0.935 y 1.14, además de los valores de compensación 18 y 136 como constante y coeficiente.

Formato 02: Recolección de los tiempos de servicio – estiba y montacarga

N°	Día N°	H. de inicio	H. de fin	Tiempo. Serv. (min)	Recurso Montacarga	Recurso estiba
2	Día 1	10:50:20	11:21:00	30.67	SI	SI
5	Día 1	11:32:08	12:55:00	82.87	SI	SI
7	Día 1	14:39:10	16:09:40	90.50	SI	SI
11	Día 2	08:33:38	09:24:00	50.37	SI	SI
15	Día 2	09:39:40	10:26:40	47.00	SI	SI
18	Día 2	11:18:11	11:37:00	18.82	SI	SI
19	Día 2	11:48:15	13:12:00	83.75	SI	SI
21	Día 2	14:04:00	14:54:00	50.00	SI	SI
23	Día 2	14:34:00	16:00:00	86.00	SI	SI
24	Día 2	14:34:40	15:18:50	44.17	SI	SI
25	Día 2	15:37:00	17:25:15	108.25	SI	SI
35	Día 3	12:45:00	15:23:40	158.67	SI	SI
36	Día 3	13:00:37	13:35:33	34.93	SI	SI
41	Día 4	09:14:30	09:43:00	28.50	SI	SI
43	Día 4	09:24:50	12:28:20	183.50	SI	SI
51	Día 4	12:09:30	12:59:10	49.67	SI	SI
54	Día 4	12:38:15	13:43:50	65.58	SI	SI
57	Día 4	14:38:01	15:20:01	42.00	SI	SI
58	Día 4	15:01:00	16:26:08	85.13	SI	SI
64	Día 5	08:41:25	11:08:50	147.42	SI	SI
68	Día 5	11:08:20	11:41:32	33.20	SI	SI
71	Día 5	12:25:00	13:00:12	35.20	SI	SI
72	Día 5	13:59:34	14:36:56	37.37	SI	SI
75	Día 6	09:50:27	12:38:30	168.05	SI	SI
76	Día 6	11:03:10	11:20:00	16.83	SI	SI
78	Día 6	14:12:08	14:51:04	38.93	SI	SI
85	Día 7	08:54:11	10:48:14	114.05	SI	SI
88	Día 7	10:35:18	12:31:58	116.67	SI	SI
91	Día 7	11:25:50	12:00:00	34.17	SI	SI
94	Día 7	12:31:00	12:57:11	26.18	SI	SI
96	Día 7	14:47:34	17:34:57	167.38	SI	SI
97	Día 7	15:26:27	17:23:59	117.53	SI	SI
103	Día 7	18:03:48	18:34:51	31.05	SI	SI
106	Día 8	10:49:26	11:27:44	38.30	SI	SI
110	Día 8	14:01:23	16:42:15	160.87	SI	SI
116	Día 9	11:10:18	11:47:33	37.25	SI	SI
117	Día 9	11:52:13	13:20:53	88.67	SI	SI
121	Día 9	14:22:56	16:30:02	127.10	SI	SI
122	Día 9	14:30:02	15:11:03	41.02	SI	SI

123	Día 9	15:19:30	15:55:02	35.53	SI	SI
125	Día 9	15:29:48	15:41:00	11.20	SI	SI
128	Día 9	16:42:44	18:45:07	122.38	SI	SI
129	Día 9	16:55:27	18:53:05	117.63	SI	SI
136	Día 10	09:31:00	10:14:51	43.85	SI	SI
137	Día 10	10:49:09	11:49:54	60.75	SI	SI
138	Día 10	11:34:49	13:43:15	128.43	SI	SI
139	Día 10	13:04:27	14:54:43	110.27	SI	SI
140	Día 10	14:25:18	15:30:45	65.45	SI	SI
141	Día 10	14:36:00	17:23:35	167.58	SI	SI
142	Día 10	15:39:29	18:16:39	157.17	SI	SI
144	Día 11	08:52:32	09:27:00	34.47	SI	SI
145	Día 11	08:56:00	09:21:58	25.97	SI	SI
148	Día 11	10:52:28	12:20:39	88.18	SI	SI
151	Día 11	13:58:19	16:01:53	123.57	SI	SI
153	Día 12	08:00:14	08:31:00	30.77	SI	SI
158	Día 12	10:13:34	10:44:00	30.43	SI	SI
164	Día 12	12:14:00	12:44:04	30.07	SI	SI
166	Día 12	12:40:34	14:00:00	79.43	SI	SI
168	Día 12	14:00:07	14:35:00	34.88	SI	SI
172	Día 12	15:42:12	17:04:15	82.05	SI	SI
173	Día 12	16:06:50	16:42:48	35.97	SI	SI
177	Día 12	16:54:22	17:20:50	26.47	SI	SI
178	Día 12	17:25:33	17:59:00	33.45	SI	SI
180	Día 12	18:04:03	18:55:09	51.10	SI	SI

Distribución de probabilidad de los tiempos de servicio – estiba y montacarga

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de chi ²	P de k-s
64	11.2	184	72.6	47.4	0.007416	11 + 173 * BETA(0.73, 1.32)	0.455	0.0605

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución beta con

parámetros de forma 0.73 y 1.32, además de los valores de compensación 11 y 173 como constante y coeficiente.

ANEXO 3: Análisis de datos de los tiempos de traslados

Formato 3. Recolección de los tiempos de traslado

N°	Desde	Hasta	hora punto 1	hora punto 2	tiempo de traslado
1	Zona Ingr.	Zona Oper.	08:23:55	08:25:15	1.33
2	Zona Ingr.	Zona Oper.	08:39:20	08:40:35	1.25
3	Zona Ingr.	Zona Oper.	08:44:35	08:46:15	1.67
4	Zona Ingr.	Zona Oper.	08:49:30	08:51:20	1.83
5	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:00:10	09:01:25	1.25
6	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:01:00	09:03:20	2.33
7	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:01:55	09:03:00	1.08
8	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:14:30	09:15:38	1.13
9	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:15:00	09:16:25	1.42
10	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:19:18	09:21:40	2.37
11	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:26:50	09:29:05	2.25
13	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:34:40	09:35:59	1.32
14	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:37:50	09:39:10	1.33
15	Zona Ingr.	Zona Oper.	09:38:12	09:40:24	2.20
19	Zona Ingr.	Zona Oper.	10:11:08	10:13:10	2.03
21	Zona Ingr.	Zona Oper.	10:24:39	10:26:10	1.52
23	Zona Ingr.	Zona Oper.	10:29:00	10:31:55	2.92
25	Zona Ingr.	Zona Oper.	10:32:20	10:33:55	1.58
26	Zona Ingr.	Zona Oper.	10:35:40	10:36:48	1.13
29	Zona Ingr.	Zona Oper.	10:53:19	10:54:42	1.38
33	Zona Ingr.	Zona Oper.	11:11:30	11:14:05	2.58
34	Zona Ingr.	Zona Oper.	11:13:54	11:15:50	1.93
35	Zona Ingr.	Zona Oper.	11:15:57	11:18:00	2.05
38	Zona Ingr.	Zona Oper.	11:32:33	11:35:00	2.45
41	Zona Ingr.	Zona Oper.	11:42:10	11:44:50	2.67
44	Zona Ingr.	Zona Oper.	11:53:08	11:55:40	2.53
45	Zona Ingr.	Zona Oper.	11:55:50	11:57:20	1.50
48	Zona Ingr.	Zona Oper.	12:00:00	12:01:55	1.92
49	Zona Ingr.	Zona Oper.	12:00:10	12:02:30	2.33
51	Zona Ingr.	Zona Oper.	12:27:50	12:30:10	2.33
52	Zona Ingr.	Zona Oper.	12:29:15	12:31:05	1.83
56	Zona Ingr.	Zona Oper.	12:53:40	12:55:30	1.83
58	Zona Ingr.	Zona Oper.	12:57:00	12:58:20	1.33
62	Zona Ingr.	Zona Oper.	13:14:19	13:15:30	1.18
63	Zona Ingr.	Zona Oper.	13:40:23	13:42:04	1.68
67	Zona Ingr.	Zona Oper.	13:56:15	13:58:30	2.25
68	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:01:59	14:03:01	1.03
69	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:19:50	14:21:24	1.57
71	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:23:40	14:25:15	1.58
73	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:27:45	14:29:09	1.40

74	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:28:55	14:30:05	1.17
75	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:30:13	14:32:00	1.78
76	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:34:00	14:36:25	2.42
77	Zona Ingr.	Zona Oper.	14:44:15	14:46:00	1.75
81	Zona Ingr.	Zona Oper.	15:26:40	15:30:00	3.33
82	Zona Ingr.	Zona Oper.	15:29:28	15:31:03	1.58
84	Zona Ingr.	Zona Oper.	15:31:32	15:33:15	1.72
86	Zona Ingr.	Zona Oper.	16:13:55	16:14:59	1.07
89	Zona Ingr.	Zona Oper.	16:20:15	16:21:20	1.08
91	Zona Ingr.	Zona Oper.	16:23:40	16:25:30	1.83
12	Zona Oper.	Zona Ingr.	09:27:50	09:33:00	5.17
16	Zona Oper.	Zona Ingr.	09:38:39	09:43:15	4.60
17	Zona Oper.	Zona Ingr.	09:51:00	09:55:33	4.55
18	Zona Oper.	Zona Ingr.	09:54:20	09:57:24	3.07
20	Zona Oper.	Zona Ingr.	10:16:50	10:20:02	3.20
22	Zona Oper.	Zona Ingr.	10:28:23	10:33:10	4.78
24	Zona Oper.	Zona Ingr.	10:29:45	10:34:05	4.33
27	Zona Oper.	Zona Ingr.	10:42:40	10:47:50	5.17
28	Zona Oper.	Zona Ingr.	10:47:33	10:50:55	3.37
30	Zona Oper.	Zona Ingr.	10:54:45	10:58:30	3.75
31	Zona Oper.	Zona Ingr.	10:55:28	10:57:58	2.50
32	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:03:45	11:06:30	2.75
36	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:27:44	11:30:35	2.85
37	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:30:18	11:34:09	3.85
39	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:36:45	11:40:39	3.90
40	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:39:08	11:43:50	4.70
42	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:48:14	11:53:15	5.02
43	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:50:07	11:53:13	3.10
46	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:56:50	12:02:55	6.08
47	Zona Oper.	Zona Ingr.	11:58:15	12:03:10	4.92
50	Zona Oper.	Zona Ingr.	12:17:10	12:20:38	3.47
53	Zona Oper.	Zona Ingr.	12:34:24	12:37:53	3.48
54	Zona Oper.	Zona Ingr.	12:38:10	12:42:20	4.17
55	Zona Oper.	Zona Ingr.	12:45:55	12:52:31	6.60
57	Zona Oper.	Zona Ingr.	12:56:10	12:59:20	3.17
59	Zona Oper.	Zona Ingr.	12:59:35	13:04:24	4.82
60	Zona Oper.	Zona Ingr.	13:02:20	13:08:30	6.17
61	Zona Oper.	Zona Ingr.	13:03:45	13:07:10	3.42
64	Zona Oper.	Zona Ingr.	13:41:08	13:43:00	1.87
65	Zona Oper.	Zona Ingr.	13:48:45	13:55:00	6.25
66	Zona Oper.	Zona Ingr.	13:53:08	13:58:12	5.07
70	Zona Oper.	Zona Ingr.	14:23:32	14:25:51	2.32
72	Zona Oper.	Zona Ingr.	14:25:51	14:30:10	4.32
78	Zona Oper.	Zona Ingr.	14:58:04	15:02:50	4.77
79	Zona Oper.	Zona Ingr.	15:24:00	15:27:34	3.57
80	Zona Oper.	Zona Ingr.	15:25:10	15:31:20	6.17

83	Zona Oper.	Zona Ingr.	15:29:55	15:33:00	3.08
85	Zona Oper.	Zona Ingr.	16:12:15	16:14:20	2.08
87	Zona Oper.	Zona Ingr.	16:16:30	16:20:18	3.80
88	Zona Oper.	Zona Ingr.	16:20:15	16:23:08	2.88
90	Zona Oper.	Zona Ingr.	16:23:00	16:27:47	4.78
92	Zona Oper.	Zona Ingr.	16:46:45	16:50:52	4.12
93	Zona Oper.	Zona Ingr.	16:46:46	16:50:14	3.47
94	Zona Oper.	Zona Ingr.	17:17:56	17:20:58	3.03
95	Zona Oper.	Zona Ingr.	17:31:40	17:35:16	3.60
96	Zona Oper.	Zona Ingr.	17:36:28	17:41:40	5.20
97	Zona Oper.	Zona Ingr.	17:37:00	17:42:13	5.22
98	Zona Oper.	Zona Ingr.	17:41:23	17:44:10	2.78
99	Zona Oper.	Zona Ingr.	18:02:35	18:07:59	5.40
100	Zona Oper.	Zona Ingr.	18:57:10	18:59:59	2.82

Distribución de probabilidad de los tiempos de traslado

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de χ^2	P de k-s
100	1.03	6.6	2.93	1.47	0.003758	1.03 + 5.57 * BETA(0.765, 1.48)	>075	>0.15

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución beta con parámetros de forma 0.765 y 1.48, además de los valores de compensación 1.03 y 5.57 como constante y coeficiente.

ANEXO 4: Análisis de datos de los tiempos de demora en balanza

FORMATO 04: Recolección de los tiempos de demora en balanza (sólo aduanero)

N°	Día N°	Ingreso o Salida	H. de inicio	H. de fin	Tiempo Demora
24	Día 2	Ingreso	14:10:01	14:23:32	13.52
28	Día 2	Ingreso	15:25:09	15:31:40	6.52
37	Día 3	Ingreso	14:46:00	14:56:32	10.53
61	Día 4	Ingreso	14:31:06	14:40:03	8.95
86	Día 7	Ingreso	09:48:18	10:00:00	11.70
87	Día 7	Ingreso	11:10:09	11:15:18	5.15
91	Día 7	Ingreso	12:05:32	12:10:09	4.62
92	Día 7	Ingreso	16:18:45	16:27:28	8.72
100	Día 7	Ingreso	17:54:50	17:58:13	3.38
102	Día 7	Ingreso	10:15:30	10:22:51	7.35
109	Día 8	Ingreso	11:46:44	11:53:52	7.13
130	Día 9	Ingreso	16:13:14	16:23:05	9.85
140	Día 10	Ingreso	13:41:40	13:49:21	7.68
152	Día 11	Ingreso	14:53:08	15:00:48	7.67
175	Día 12	Ingreso	16:22:17	16:26:06	3.82
24	Día 2	Salida	16:08:00	16:11:23	3.38
28	Día 2	Salida	17:34:24	17:42:06	7.70
37	Día 3	Salida	17:05:12	17:09:00	3.80
61	Día 4	Salida	16:04:25	16:10:03	5.63
86	Día 7	Salida	11:12:14	11:18:50	6.60
87	Día 7	Salida	12:03:00	12:05:07	2.12
91	Día 7	Salida	12:56:18	13:00:11	3.88
92	Día 7	Salida	17:25:35	17:27:47	2.20
100	Día 7	Salida	18:36:00	18:41:35	5.58
102	Día 7	Salida	11:43:51	11:46:32	2.68
109	Día 8	Salida	12:44:33	12:47:08	2.58
130	Día 9	Salida	18:48:10	18:51:58	3.80
140	Día 10	Salida	15:32:00	15:36:31	4.52
152	Día 11	Salida	17:01:13	17:09:00	7.78
175	Día 12	Salida	18:44:13	18:49:05	4.87

Distribución de probabilidad de los tiempos de demora en balanza

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de chi ²	P de k-s
---	--------------	--------------	-------	---------------	-------	----------------------	-----------------------	----------

30	2.12	13.5	6.12	2.92	0.008081	TRIA(2, 2.37, 14)	0.444	>0.15
----	------	------	------	------	----------	----------------------	-------	-------

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución triangular con valores mínimo 2, moda 2.37 y máximo 14.

ANEXO 5: Análisis de datos de los tiempos de demora antes y después del servicio.**FORMATO 05: Recolección de los tiempos de demora antes y después del servicio.**

N°	T. DEMORA ANTES			T. DEMORA DESPUÉS		
	H. Inicio	H. Fin	Tiempo	H. Inicio	H. Fin	Tiempo
1	09:39:10	10:04:50	25.67	10:39:38	10:55:28	15.83
2	10:36:58	10:50:20	13.37	11:21:00	11:27:44	6.73
3	11:15:50	11:24:00	8.17	11:38:40	11:50:07	11.45
4	11:18:00	11:31:55	13.92	12:50:08	13:03:45	13.62
5	11:17:14	11:32:08	14.90	12:55:00	13:04:34	9.57
6	13:15:30	14:17:00	61.50	15:57:35	16:23:00	25.42
7	14:21:24	14:39:10	17.77	16:09:40	16:20:15	10.58
8	16:18:05	16:24:15	6.17	16:41:52	17:00:09	18.28
9	16:21:20	16:35:00	13.67	17:55:10	18:02:35	7.42
10	18:13:09	18:18:00	4.85	18:34:15	18:40:08	5.88
11	08:25:15	08:33:38	8.38	09:24:00	09:27:50	3.83
12	08:51:20	09:01:03	9.72	10:28:10	10:42:40	14.50
13	09:03:00	09:12:00	9.00	09:30:08	09:54:20	24.20
14	09:35:59	09:37:50	1.85	10:17:30	10:28:23	10.88
15	09:29:05	09:39:40	10.58	10:26:40	10:29:45	3.08
16	10:54:00	10:56:27	2.45	11:30:55	11:44:20	13.42
17	10:54:42	10:58:04	3.37	12:27:40	12:38:10	10.50
18	11:14:05	11:18:11	4.10	11:37:00	11:39:08	2.13
19	11:46:41	11:48:15	1.57	13:12:00	13:29:00	17.00
20	11:57:20	12:01:13	3.88	12:49:29	12:59:35	10.10
21	13:58:30	14:04:00	5.50	14:54:00	14:58:54	4.90
22	14:25:15	14:33:51	8.60	16:44:00	16:46:46	2.77
23	14:23:32	14:34:00	10.47	16:00:00	16:08:00	8.00
24	14:30:05	14:34:40	4.58	15:18:50	15:24:00	5.17
25	15:31:03	15:37:00	5.95	17:25:15	17:36:28	11.22
26	15:31:40	16:03:12	31.53	17:30:58	17:34:24	3.43
27	16:10:50	16:18:00	7.17	17:25:00	17:45:00	20.00
28	16:14:59	16:25:00	10.02	17:25:00	17:37:00	12.00
29	17:25:30	17:42:38	17.13	18:50:15	18:57:10	6.92
30	08:40:35	08:45:00	4.42	10:26:38	10:45:33	18.92
31	09:01:25	09:11:10	9.75	09:36:20	09:51:00	14.67
32	10:13:10	10:38:44	25.57	11:03:00	11:30:18	27.30
33	11:44:50	11:50:26	5.60	14:10:00	14:25:51	15.85
34	11:55:40	12:11:00	15.33	12:50:31	12:56:16	5.75
35	12:31:05	12:45:00	13.92	15:23:40	15:25:55	2.25
36	12:58:20	13:00:37	2.28	13:35:33	13:41:08	5.58
37	14:56:32	15:01:18	4.77	17:01:00	17:05:12	4.20
38	15:33:15	15:36:45	3.50	16:02:53	16:16:30	13.62

39	15:30:00	15:49:38	19.63	16:30:03	16:46:45	16.70
40	08:46:15	09:00:00	13.75	09:34:00	09:38:39	4.65
41	08:58:39	09:14:30	15.85	09:43:00	09:48:24	5.40
42	09:03:20	09:15:00	11.67	11:43:20	11:56:50	13.50
43	09:21:40	09:24:50	3.17	12:28:20	12:34:24	6.07
44	09:15:38	09:40:00	24.37	11:25:00	11:36:45	11.75
45	09:39:24	09:41:00	1.60	10:13:00	10:16:50	3.83
46	09:16:25	09:46:00	29.58	11:15:44	11:48:14	32.50
47	10:26:10	10:27:22	1.20	10:58:44	11:03:45	5.02
48	10:31:55	10:34:30	2.58	10:48:18	10:54:45	6.45
49	10:33:55	10:47:15	13.33	11:51:40	11:58:15	6.58
50	11:35:00	11:38:00	3.00	12:13:11	12:17:10	3.98
51	12:02:30	12:09:30	7.00	12:59:10	13:02:20	3.17
52	12:01:55	12:11:00	9.08	12:41:18	12:45:55	4.62
53	12:20:59	12:25:13	4.23	12:50:53	12:59:37	8.73
54	12:30:10	12:38:15	8.08	13:43:50	13:48:45	4.92
55	12:55:30	13:02:00	6.50	13:30:09	13:53:08	22.98
56	13:42:04	14:36:15	54.18	16:03:55	16:12:15	8.33
57	14:36:25	14:38:01	1.60	15:20:01	15:25:10	5.15
58	14:38:18	15:01:00	22.70	16:26:08	16:40:11	14.05
59	14:32:00	15:12:00	40.00	17:33:08	17:41:23	8.25
60	14:40:03	15:29:10	49.12	16:01:50	16:04:25	2.58
61	15:40:28	16:01:40	21.20	18:25:43	18:30:05	4.37
62	15:28:05	16:20:03	51.97	17:09:12	17:16:44	7.53
63	08:16:14	08:32:00	15.77	09:20:15	09:38:41	18.43
64	08:15:32	08:41:25	25.88	11:08:50	11:14:04	5.23
65	09:08:54	09:12:24	3.50	09:35:40	09:43:36	7.93
66	09:51:00	09:56:13	5.22	10:14:49	10:24:48	9.98
67	10:02:55	10:04:11	1.27	10:54:42	10:58:00	3.30
68	11:06:50	11:08:20	1.50	11:41:32	12:06:20	24.80
69	11:08:20	11:16:05	7.75	12:58:53	13:10:15	11.37
70	11:13:56	11:18:29	4.55	12:45:00	12:57:18	12.30
71	12:08:12	12:25:00	16.80	13:00:12	13:03:49	3.62
72	13:32:15	13:59:34	27.32	14:36:56	14:44:12	7.27
73	08:56:45	09:08:12	11.45	09:25:08	09:41:54	16.77
74	08:58:50	09:22:11	23.35	11:50:45	12:04:00	13.25
75	09:46:30	09:50:27	3.95	12:38:30	12:53:09	14.65
76	10:50:00	11:03:10	13.17	11:20:00	11:25:38	5.63
77	12:23:40	12:32:29	8.82	14:15:59	14:51:00	35.02
78	14:05:28	14:12:08	6.67	14:51:04	14:57:20	6.27
79	14:05:47	14:14:58	9.18	15:01:50	15:28:22	26.53
80	14:56:20	15:15:00	18.67	16:31:05	16:34:34	3.48
81	15:18:40	15:20:29	1.82	16:26:00	16:30:48	4.80
82	15:40:14	15:55:00	14.77	16:20:08	16:26:17	6.15
83	15:57:51	16:40:34	42.72	17:59:10	18:08:58	9.80

84	08:48:40	08:53:00	4.33	09:19:50	09:24:33	4.72
85	08:30:02	08:54:11	24.15	10:48:14	11:10:11	21.95
86	10:22:51	10:25:04	2.22	11:39:09	11:43:51	4.70
87	10:00:00	10:25:19	25.32	11:10:20	11:12:14	1.90
88	10:25:49	10:35:18	9.48	12:31:58	12:36:59	5.02
89	10:51:50	11:05:04	13.23	12:30:00	12:59:40	29.67
90	11:08:01	11:12:00	3.98	11:40:18	11:48:58	8.67
91	11:15:18	11:25:50	10.53	12:00:00	12:03:00	3.00
92	11:44:32	12:00:00	15.47	12:25:20	12:30:02	4.70
93	12:10:09	12:15:16	5.12	12:53:36	12:56:18	2.70
94	12:28:32	12:31:00	2.47	12:57:11	13:00:50	3.65
95	13:47:45	14:10:15	22.50	15:48:26	16:02:04	13.63
96	14:17:00	14:47:34	30.57	17:34:57	17:37:26	2.48
97	14:54:55	15:26:27	31.53	17:23:59	17:33:00	9.02
98	15:41:34	15:56:29	14.92	18:29:48	18:39:23	9.58
99	16:08:42	16:21:42	13.00	17:12:32	17:18:45	6.22
100	16:27:28	16:35:48	8.33	17:22:29	17:25:35	3.10
101	16:47:00	16:53:15	6.25	18:41:00	18:47:12	6.20
102	17:37:26	17:50:17	12.85	18:39:22	18:45:19	5.95
103	17:58:13	18:03:48	5.58	18:34:51	18:36:00	1.15
104	08:59:00	09:32:19	33.32	11:25:48	11:40:17	14.48
105	10:35:13	10:45:27	10.23	12:54:30	13:05:03	10.55
106	10:18:28	10:49:26	30.97	11:27:44	11:38:19	10.58
107	10:42:13	11:09:12	26.98	12:16:46	12:20:55	4.15
108	11:53:52	11:55:38	1.77	12:41:38	12:44:33	2.92
109	12:00:31	12:16:45	16.23	13:56:48	14:17:38	20.83
110	13:40:56	14:01:23	20.45	16:42:15	16:48:41	6.43
111	09:05:53	09:14:34	8.68	10:03:11	10:11:13	8.03
112	09:10:40	09:18:40	8.00	10:25:33	10:28:04	2.52
113	09:20:39	09:26:47	6.13	11:28:04	11:39:00	10.93
114	10:16:32	10:19:13	2.68	10:59:41	11:06:40	6.98
115	09:38:54	10:30:14	51.33	11:36:42	11:50:58	14.27
116	10:54:41	11:10:18	15.62	11:47:33	11:51:20	3.78
117	11:45:21	11:52:13	6.87	13:20:53	13:28:34	7.68
118	11:29:20	12:04:18	34.97	14:18:02	14:23:30	5.47
119	11:57:29	12:04:20	6.85	12:43:47	12:51:14	7.45
120	14:13:00	14:18:00	5.00	14:55:46	14:57:16	1.50
121	13:30:26	14:22:56	52.50	16:30:02	16:54:08	24.10
122	14:25:48	14:30:02	4.23	15:11:03	15:15:03	4.00
123	15:16:44	15:19:30	2.77	15:55:02	15:58:09	3.12
124	15:20:08	15:22:34	2.43	16:25:18	16:54:03	28.75
125	15:26:23	15:29:48	3.42	15:41:00	15:51:01	10.02
126	15:59:54	16:03:29	3.58	16:45:34	16:55:25	9.85
127	16:08:50	16:37:27	28.62	18:01:10	18:15:20	14.17
128	16:23:05	16:42:44	19.65	18:45:07	18:48:10	3.05

129	15:56:48	16:55:27	58.65	18:53:05	18:59:04	5.98
130	17:02:52	17:05:15	2.38	17:35:21	17:37:20	1.98
131	17:04:04	17:09:18	5.23	17:54:47	18:02:45	7.97
132	17:02:40	17:19:40	17.00	17:47:36	18:00:30	12.90
133	18:06:36	18:09:00	2.40	18:50:38	18:57:30	6.87
134	08:55:25	09:06:00	10.58	10:46:42	10:57:07	10.42
135	09:00:03	09:06:00	5.95	09:26:27	09:33:26	6.98
136	09:17:00	09:31:00	14.00	10:14:51	10:30:56	16.08
137	10:21:05	10:49:09	28.07	11:49:54	11:59:56	10.03
138	11:19:01	11:34:49	15.80	13:43:15	14:05:27	22.20
139	12:45:39	13:04:27	18.80	14:54:43	14:59:46	5.05
140	13:49:21	14:25:18	35.95	15:30:45	15:32:00	1.25
141	14:33:00	14:36:00	3.00	17:23:35	17:29:58	6.38
142	15:24:47	15:39:29	14.70	18:16:39	18:30:24	13.75
143	15:38:59	16:08:02	29.05	18:19:28	18:24:58	5.50
144	08:32:15	08:52:32	20.28	09:27:00	09:42:10	15.17
145	08:43:15	08:56:00	12.75	09:21:58	09:49:32	27.57
146	08:30:50	09:05:11	34.35	10:34:17	10:39:51	5.57
147	09:26:00	09:28:49	2.82	09:59:00	10:01:50	2.83
148	10:31:40	10:52:28	20.80	12:20:39	13:00:30	39.85
149	10:43:12	10:53:26	10.23	11:51:30	11:57:32	6.03
150	12:47:01	12:50:53	3.87	13:27:30	13:41:49	14.32
151	13:37:00	13:58:19	21.32	16:01:53	16:18:17	16.40
152	15:00:48	15:45:11	44.38	16:56:05	17:01:13	5.13
153	07:55:00	08:00:14	5.23	08:31:00	08:47:03	16.05
154	08:15:01	08:37:20	22.32	09:15:02	09:28:05	13.05
155	09:22:56	09:32:00	9.07	11:34:25	11:36:58	2.55
156	09:20:50	09:32:51	12.02	10:03:59	10:05:30	1.52
157	09:05:29	09:37:00	31.52	10:22:15	10:50:52	28.62
158	10:07:50	10:13:34	5.73	10:44:00	10:47:00	3.00
159	10:49:22	10:54:18	4.93	11:23:07	11:25:00	1.88
160	10:41:20	11:00:09	18.82	12:36:40	12:47:32	10.87
161	11:13:26	11:24:15	10.82	12:06:20	12:07:38	1.30
162	11:26:35	11:34:32	7.95	12:04:00	12:07:12	3.20
163	11:32:21	11:40:08	7.78	12:30:00	12:47:01	17.02
164	12:10:07	12:14:00	3.88	12:44:04	12:47:42	3.63
165	12:08:09	12:15:14	7.08	13:07:39	13:15:05	7.43
166	12:23:07	12:40:34	17.45	14:00:00	14:12:01	12.02
167	13:01:41	13:15:22	13.68	14:16:18	14:33:31	17.22
168	13:37:46	14:00:07	22.35	14:35:00	14:40:47	5.78
169	14:43:00	14:45:20	2.33	15:15:57	15:19:50	3.88
170	15:02:01	15:05:40	3.65	15:53:14	16:02:10	8.93
171	15:19:59	15:24:00	4.02	15:59:13	16:02:00	2.78
172	15:28:43	15:42:12	13.48	17:04:15	17:08:00	3.75
173	16:04:18	16:06:50	2.53	16:42:48	16:45:35	2.78

174	15:58:00	16:12:00	14.00	16:53:15	16:59:59	6.73
175	16:44:04	16:48:08	4.07	17:20:00	17:22:06	2.10
176	16:26:06	16:49:12	23.10	18:42:20	18:44:13	1.88
177	16:40:45	16:54:22	13.62	17:20:50	17:29:51	9.02
178	17:24:00	17:25:33	1.55	17:59:00	18:03:20	4.33
179	17:25:38	17:30:40	5.03	18:15:27	18:40:40	25.22
180	18:02:00	18:04:03	2.05	18:55:09	18:57:00	1.85
181	18:21:53	18:24:53	3.00	19:12:59	19:14:39	1.67
182	18:27:02	18:52:39	25.62	19:33:27	19:36:15	2.80

Distribución de probabilidad de los tiempos de demora antes y después de servicio

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

Antes de Servicio:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de χ^2	P de k-s
182	1.2	61.5	13.8	12.5	0.001741	1 + ERLA(12.8, 1)	>0.75	>0.15

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución Erlang con parámetros 12.8 y 1, además de la constante 1 como valor de compensación.

Después de servicio:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de χ^2	P de k-s
182	1.15	39.9	9.6	7.48	0.003926	1 + LOGN(9.45, 12.5)	0.0555	>0.15

Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05, entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución LogNormal con parámetros LogMedia y LogDesviacion 9.45 y 12.5, además de la constante 1 como valor de compensación.

ANEXO 6: Análisis de datos de la cantidad de arribos diarios

Día	N° arribos	Día	N° arribos	Día	N° arribos	Día	N° arribos	Día	N° arribos	Día	N° arribos
1	18	12	13	23	13	34	24	45	14	56	15
2	15	13	12	24	16	35	14	46	15	57	10
3	10	14	10	25	12	36	9	47	22	58	16
4	10	15	13	26	14	37	15	48	22	59	27
5	12	16	11	27	16	38	12	49	13	60	13
6	14	17	9	28	10	39	11	50	11	61	24
7	15	18	10	29	9	40	14	51	13	62	14
8	20	19	9	30	14	41	19	52	18	63	15
9	17	20	14	31	18	42	17	53	16	64	20
10	11	21	11	32	17	43	12	54	16	65	21
11	22	22	12	33	15	44	21	55	12	66	18

Distribución de probabilidad de la cantidad de arribos diarios

Al ingresar los datos en el input analyzer se obtiene la siguiente información:

N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desv. Estánd.	Error	Distrib. De *probab.	P de chi ²	P de k-s
66	9	27	14.8	4.13	0.003462	8.5 + WEIB(6.96, 1.54)	>0.75	-

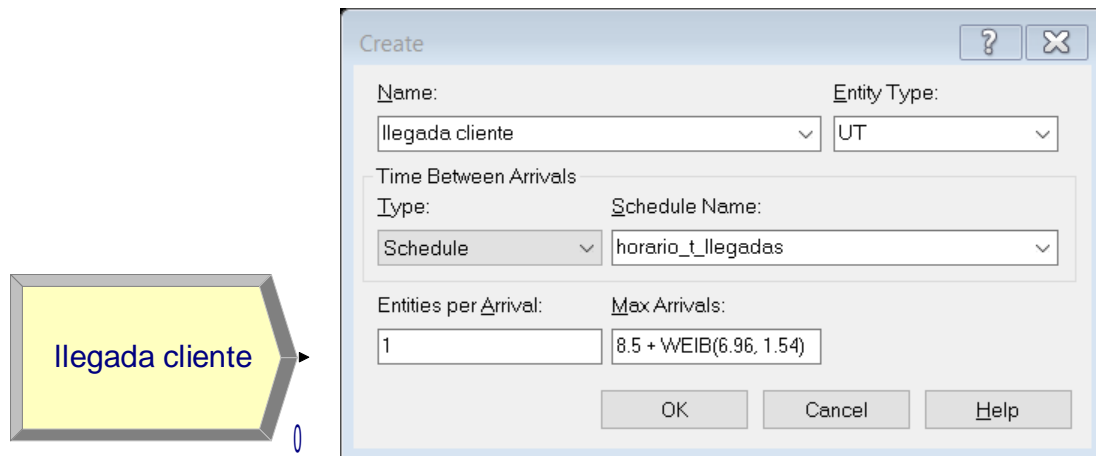
Se observa que el valor p obtenido en la prueba de bondad de ajuste es mayor al nivel de significancia 0.05 (dado que son valores enteros el test de K-S no aplica), entonces podemos indicar que los datos se ajustan a la distribución Weibull con parámetros de escala y forma de 6.96 y 1.54 respectivamente, además de la constante 8.5 como valor de compensación.

ANEXO 7: Modelado en Arena

Descripción de los módulos usados para el modelo

1. Módulos De Flujo

Módulo Create: llegada cliente.



Descripción:

- Name: “llegada cliente”, nombre del módulo, el cual debe ser único.
- Entity Type: “UT”, se define el tipo de entidad, en este caso es Unidad de Transporte UT.
- Type: “Schedule”, se elige el tipo de llegada de clientes, en este caso se escoge horario.
- Schedule Name: “horario_t_llegadas”, este horario ha sido definido en el módulo Schedule que se verá más adelante.
- Units: “Minutes”, se elige las unidades del tiempo, pueden ser días, horas, minutos o segundos.
- Entities per Arrival: “1”, cantidad de UT por llegada.
- Max Arrival: “8.5 + WEIB(6.96, 1.54)”, Máximo número de llegadas que el módulo va a crear. El valor que arroje la distribución de probabilidad será redondeado a un número entero.

Módulo Decide: ¿Está dentro del horario?



The "Decide" dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains the following fields:

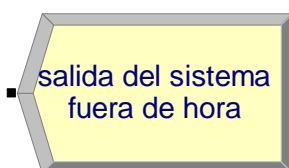
- Name:** "dentro del horario?"
- Type:** "2-way by Condition"
- If:** "Attribute"
- Named:** "Entity.CreateTime"
- Is:** "<="
- Value:** "570"

At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Descripción:

- Name: “dentro del horario?”, nombre del módulo, el cual da evalúa si la unidad de transporte llega dentro del horario de atención, de ser así ingresa al modelo, de lo contrario se rechaza su atención y se deriva al módulo dispone “salida del sistema fuera de hora”.
- Type: “2-way by condition”, el modulo se ramifica a dos vías de acuerdo a una condición específica.
- If “Attribute”, Named “Entity.CreateTime”, Is “<”, Value “570”: ésta es la condición específica que evalúa la UT según el atributo tiempo de creación el cual debe ser menor a 570 minutos (9.5 hrs), es decir hasta las 5.30 pm.

Módulo Decide: salida del sistema fuera de hora



The "Dispose" dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains the following fields:

- Name:** "salida del sistema fuera de hora"
- Record Entity Statistics

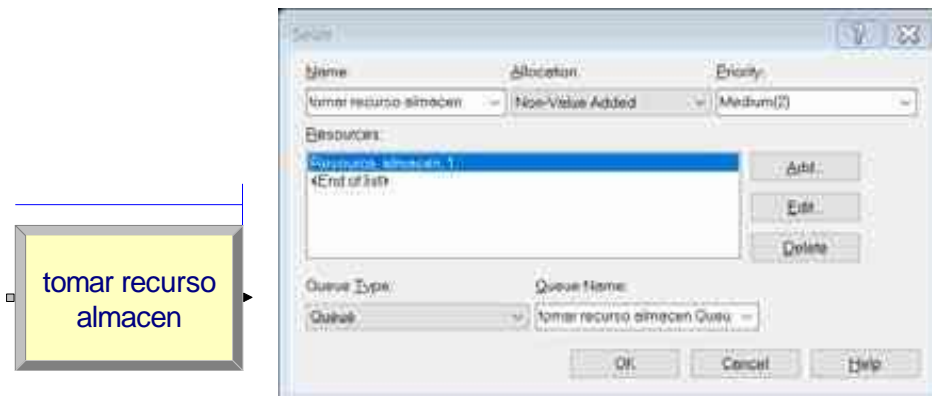
At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Descripción:

- Name: “salida del sistema fuera de hora”, nombre del módulo por donde saldrán las UT que llegaron fuera de hora y no serán atendidas.

- Record Entity Statistics: si se activa esta opción, las estadísticas relacionadas a la UT que sale serán guardadas y mostradas en el reporte de simulación, como la cantidad de UT salientes.

Módulo Seize: tomar recurso almacén.

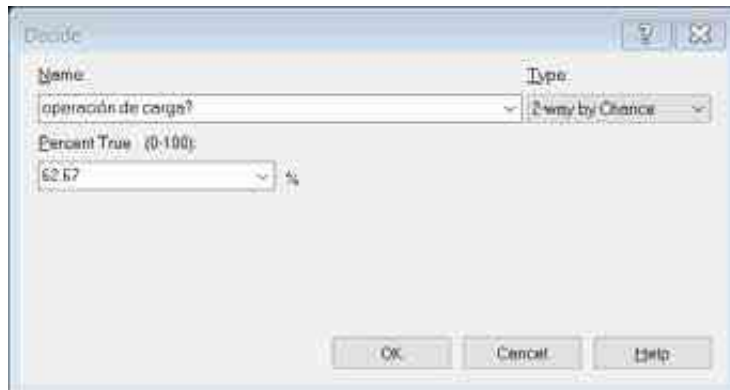


Descripción:

- Name: “tomar recurso almacén”, nombre del módulo que tiene por función tomar el recurso almacén. Este recurso es ficticio, se definió para poder generar la condición de culminación de la simulación. No afecta el recorrido de las UT en el modelo.
- Allocation: “Non-Value Added”, nombre del módulo que determina a que categoría se asignará el costo de uso del recurso para la UT que pasa por éste. Ya que es un recurso ficticio se selecciona “sin valor añadido”.
- Priority: “Medium(2)”, se elige la prioridad que tendrá la UT para tomar el recurso, es decir, si hay más de una UT que esperan en distintas colas el servicio del mismo recurso, la UT de mayor prioridad lo tomará primero.
- Resources: “Resource, almacen, 1”, se define el tipo de recurso que será tomado, y la cantidad de recursos que serán tomados para que la UT sea procesada, en este caso solo necesita 1 recurso.

- Queue Type: “Queue”, determina el tipo de cola donde esperará la UT para tomar el recurso.
- Queue Name: “tomar recurso almacen.Queue”, se define el nombre de la cola.

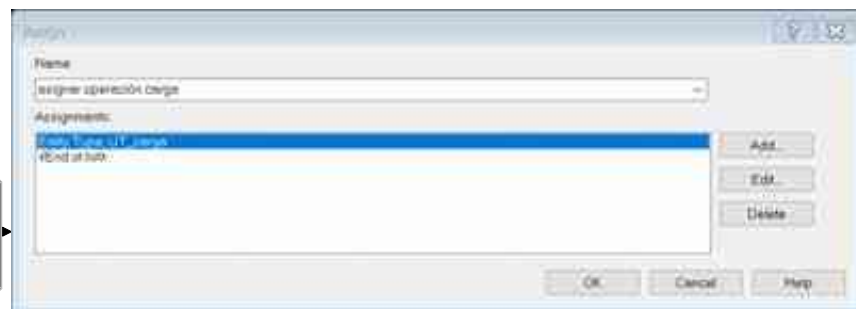
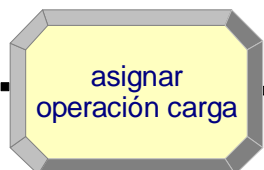
Módulo Decide: ¿Operación de carga?

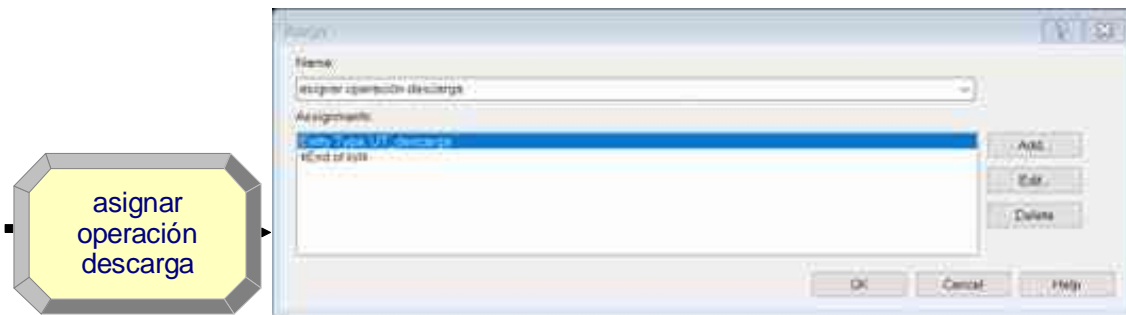


Descripción:

- Name: “operación de carga?”.
- Tipo: “2-way by Chance”: dirige a la UT por uno de dos caminos de acuerdo a un porcentaje dado.
- Percent True (0-100): “62.67%”, ingresamos el porcentaje de UT con operación de carga para que sea dirigido por la primera vía, las UT con operación de descarga serán dirigidas por la 2da vía. No se coloca el porcentaje para este tipo ya que el programa sobreentiende que es el complemento de las UT con operación de carga.

Módulo Assign: asignar operación carga/operación descarga.

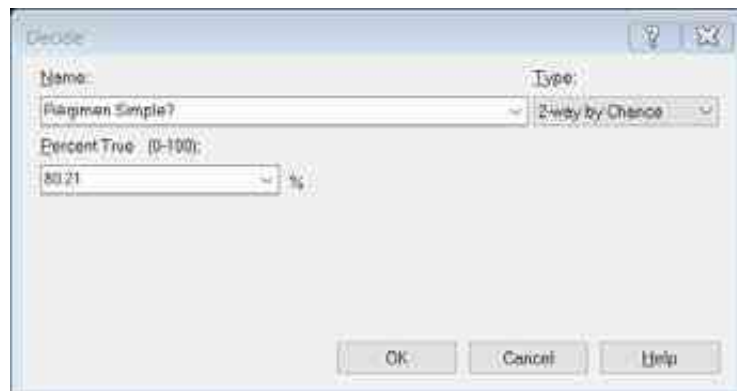
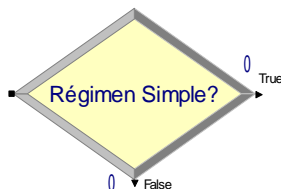




Descripción:

- Name: “asignar operación carga/ asignar operación descarga”, en este módulo asignamos el tipo de operación de la UT que ha sido derivada desde el modulo decide anterior.
- Assignments: se asigna el atributo tipo de entidad (Entity Type) según el tipo de operación (Carga=UT_carga; Descarga = UT_descarga).

Módulo Decide: ¿Régimen simple?

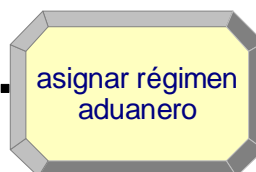


Descripción:

- Name: “Régimen Simple?”.
- Tipo: “2-way by Chance”: dirige a la UT por uno de dos caminos de acuerdo a un porcentaje dado.
- Percent True (0-100): “80.21”, ingresamos el porcentaje de UT en régimen simple para que sea dirigido por la primera vía, las UT en régimen aduanero serán dirigidas por la 2da

vía. No se coloca el porcentaje para este régimen ya que el programa sobreentiende que es el complemento de las UT en régimen simple.

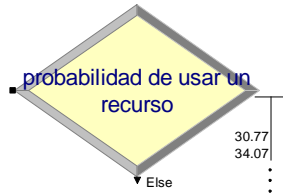
Módulo Assign: asignar régimen simple / asignar régimen aduanero.

Descripción:

- Name: “asignar régimen simple / asignar régimen aduanero”, en este módulo asignamos el tipo de régimen de la UT que ha sido derivada desde el modulo decide “régimen simple o aduanero”.
- Assignments: se asigna el atributo tipo de entidad (Entity Type) según el régimen (Simple=UT_simple; Aduanero = UT_aduanero).

Módulo Decide: probabilidad de usar un recurso.



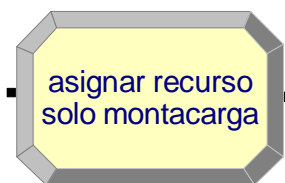
The "Decide" dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains the following fields and controls:

- Name:** A text box containing "probabilidad de usar un recurso".
- Type:** A dropdown menu set to "N-way by Chance".
- Percentages:** A list box containing "30.77", "34.07", and "<End of list>". The "30.77" entry is selected.
- Buttons:** "Add...", "Edit...", and "Delete" are located to the right of the list box. "OK", "Cancel", and "Help" are at the bottom.

Descripción:

- Name: "probabilidad de usar un recurso", aquí se define que camino tomará la UT de acuerdo a la probabilidad de usar los recursos montacarga, estiba o ambos.
- Type: "N-way by Chance", se selecciona esta opción ya que se requieren 3 vías.
- Percentages: se asignan los porcentajes correspondientes para cada recurso (solo montacarga = 30.77%, solo estiba = 34.07%, ambos = 35.16%). Solo se ingresarán los porcentajes de solo montacarga y solo estiba, el complemento irá por la tercera vía.

Módulo Assign: asignar recurso solo montacarga/solo estiba/estiba y montacarga



The "Assign" dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains the following fields and controls:

- Name:** A text box containing "asignar recurso solo montacarga".
- Assignments:** A list box containing "Asignar recurso solo montacarga" and "<End of list>". The "Asignar recurso solo montacarga" entry is selected.
- Buttons:** "Add...", "Edit...", and "Delete" are located to the right of the list box. "OK", "Cancel", and "Help" are at the bottom.

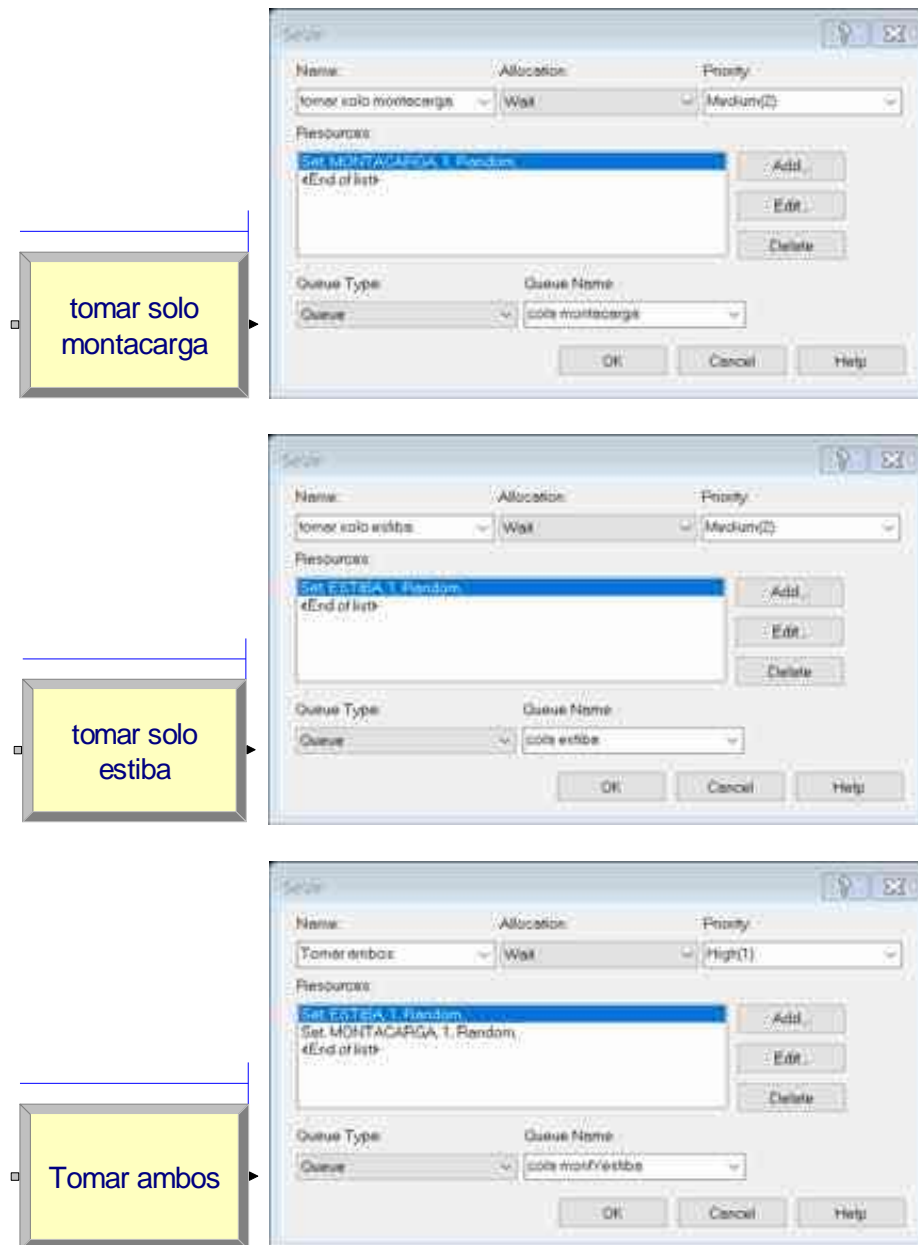
asignar recurso
solo estiba

asignar recurso
estiba Y
montacarga

Descripción:

- Name: “asignar recurso solo montacarga/solo estiba/estiba Y montacarga”. Nombre del módulo en el que se le asignará el recurso que usará la UT.
- Assignments: se crea el atributo “usar_recurso” al cual se le da un valor numérico de acuerdo al recurso que tomará cada UT, para solo montacarga será 1, solo estiba es 2 y ambos será 3. Estos valores se usarán más adelante en el modelo para derivar cada UT a su proceso correspondiente.

Módulos Delay: tomar solo montacarga/solo estiba/ambos

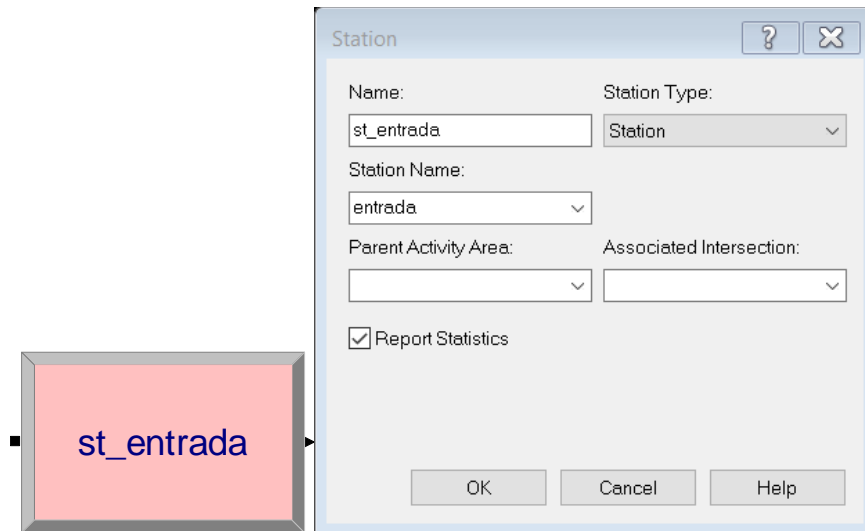


Descripción:

- Name: “tomar solo montacarga/solo estiba/estiba Y montacarga”. Nombre del módulo en el que la UT tomará el recurso correspondiente.
- Allocation “Wait”. Ya que es una cola, se le asigna al módulo como espera.
- Priority “Medium”. Prioridad con que la UT tomará el recurso disponible.
- Resources:

- o SET MONTACARGA: de un conjunto de montacargas tomará solo uno de ellos de forma aleatoria.
 - o SET ESTIBA: de un conjunto de estibas tomará solo uno de ellos de forma aleatoria
- Queue name: es el nombre de la cola, el cual es único.

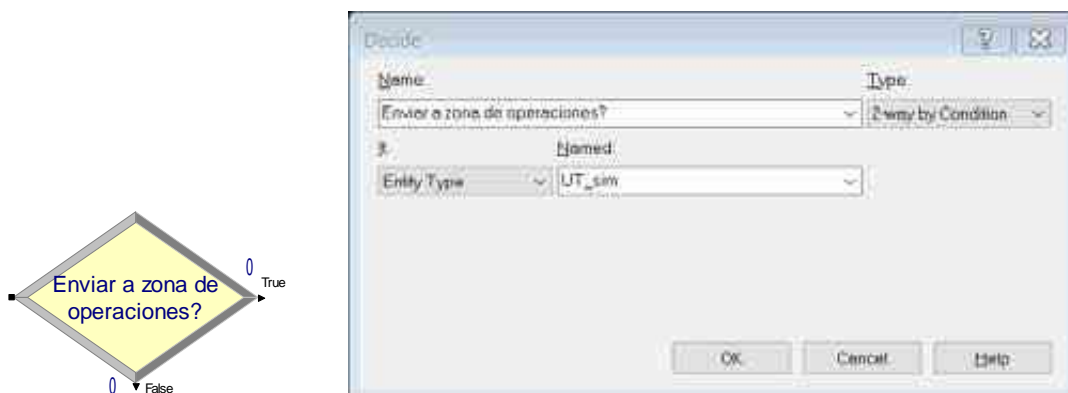
Módulo Station: st_entrada



Descripción:

- Name: “st_entrada”, esta estación representa la entrada o ingreso del operador logístico
- Station Name: “entrada”, es el nombre de la estación, a diferencia de st_entrada que es el nombre del módulo.

Módulo Decide: ¿Enviar a zona de operaciones?



Descripción:

- Name: “Enviar a zona de operaciones?”, aquí se define que camino tomará la UT de acuerdo a su régimen, es decir, si será enviado directo a zona de operaciones o a balanza de pesaje.
- Type: “2-way by condition”, la UT irá por una de dos vías según la condición dada.
- If, “Entity Type”, el módulo evaluará la UT por el tipo de entidad.
- Named: “UT_sim”, enviará por la primera vía a las entidades en régimen simple, por la segunda, las de régimen aduanero.

Módulos Route: enrutar a zona de operaciones / enrutar a balanza

The image displays two screenshots of the 'Route' dialog box, each with a callout box pointing to its 'Name' field.

Top Screenshot:

- Name:** enrutar a zona de operac.
- Route Time:** $1.03 + 5.57 * \text{BETA}(0.765, 1.48)$
- Units:** Minutes
- Destination Type:** Station
- Station Name:** zona_operaciones

Bottom Screenshot:

- Name:** enrutar a balanza
- Route Time:** $1.03 + 5.57 * \text{BETA}(0.765, 1.48)$
- Units:** Minutes
- Destination Type:** Station
- Station Name:** balanza

Descripción:

- Name: “enrutar a zona de operac. / enrutar a balanza”, este módulo representa el envío de la entidad a una estación determinada con un tiempo de traslado específico.

- Route Time: “ $1.03 + 5.57 * \text{BETA}(0.765, 1.48)$ ”. Es el tiempo de traslado de la entidad de una estación a otra, se usa la misma distribución para el traslado a balanza y a la zona de operaciones ya que se encuentran en el mismo lugar.
- Units: “Minutes”. Unidad de tiempo de traslado en minutos.
- Destination Type: “Station”. El destino de la entidad es una estación.
- Station Name: “zona_operaciones / balanza”. Dependiendo del régimen de la entidad, será enviada a su respectiva estación.

Módulos Station: st_zona operaciones / st_balanza ingreso

The image displays two screenshots of the 'Station' configuration dialog box, each linked to a specific station name in a pink box.

Top Screenshot: The 'Station' dialog box is shown with the following configuration:

- Name: st_zona operaciones
- Station Type: Station
- Station Name: zona_operaciones
- Parent Activity Area: (empty)
- Associated Intersection: (empty)
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

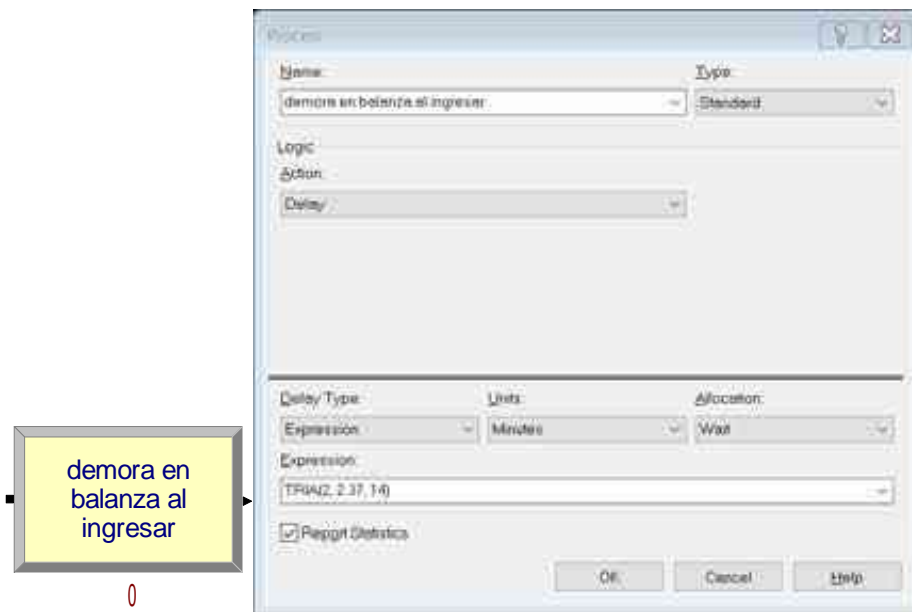
Bottom Screenshot: The 'Station' dialog box is shown with the following configuration:

- Name: st_balanza ingreso
- Station Type: Station
- Station Name: balanza
- Parent Activity Area: (empty)
- Associated Intersection: (empty)
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

Descripción:

- Name: “st_zona operaciones”. Representa el lugar donde dan servicio los recursos.
 “st_balanza ingreso”. Representa el lugar donde serán pesadas las UT en régimen aduanero al ingresar.
- Station Name: “zona_operaciones / balanza”, es el nombre de la estación.

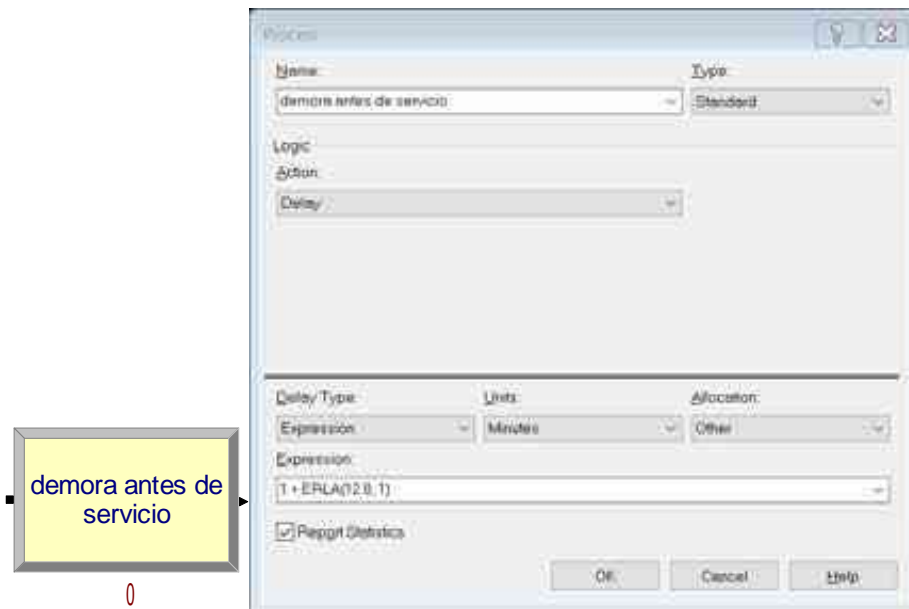
Módulos Process: Demora en balanza al ingresar



Descripción:

- Name: “demora en balanza al ingresar”. Nombre del módulo. Representa el tiempo de demora para el pesaje de la UT_adua.
- Action: “Delay”. La acción será de demora.
- Delay Type: “Expression”. El tiempo de demora está definida por una expresión.
- Units: “minutes”.
- Allocation: “wait”. Será considerada esta demora en pesaje como una espera.
- Expression: “TRIA(2, 2.37, 14)”. Distribución de probabilidad del tiempo de demora en balanza.

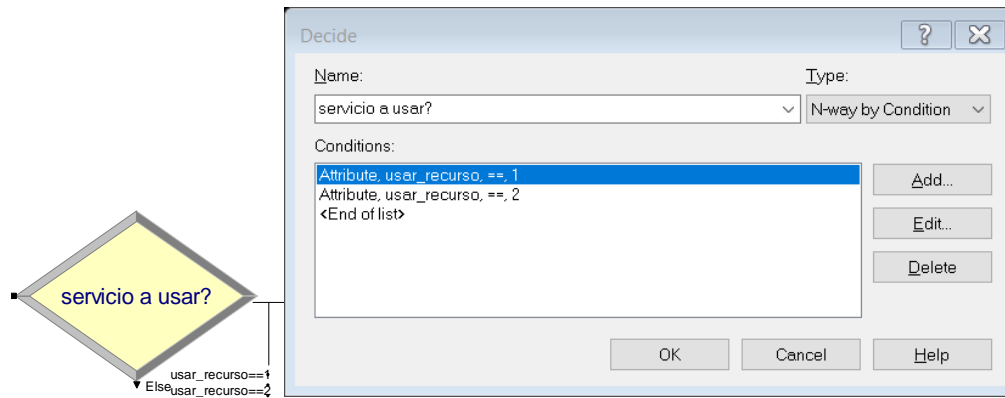
Módulos Process: Demora antes de servicio.



Descripción:

- Name: “demora antes de servicio”. Nombre del módulo. Representa el tiempo de demora antes de que las UT sean servidas por los recursos.
- Action: “Delay”. La acción será de demora.
- Delay Type: “Expression”. El tiempo de demora está definida por una expresión.
- Units: “minutes”.
- Allocation: “other”. Será considerada esta demora como otro tipo de tiempo.
- Expression: “1 + ERLA(12.8, 1)”. Distribución de probabilidad del tiempo de demora antes de servicio.

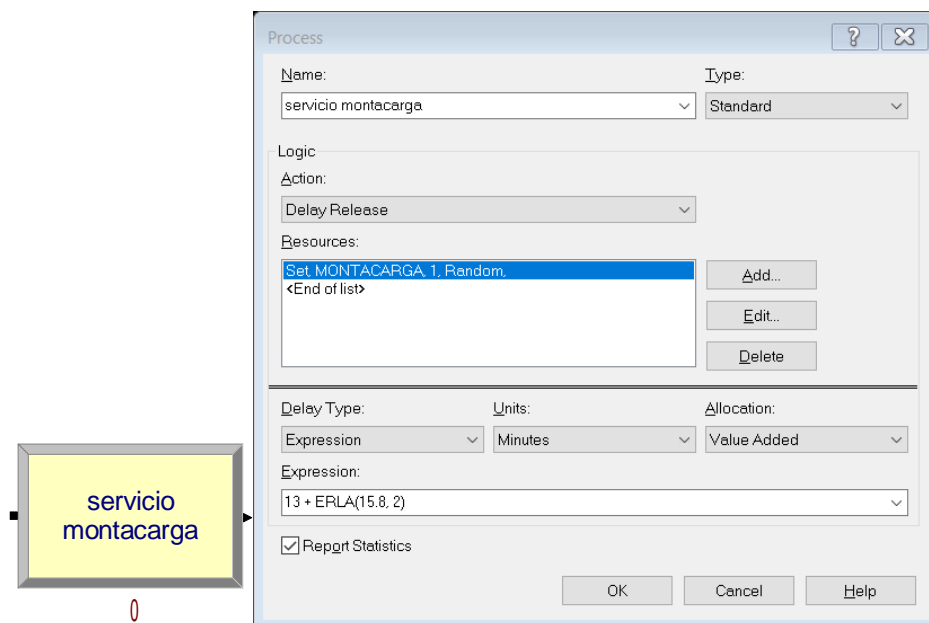
Módulos Decide: ¿Servicio a usar?

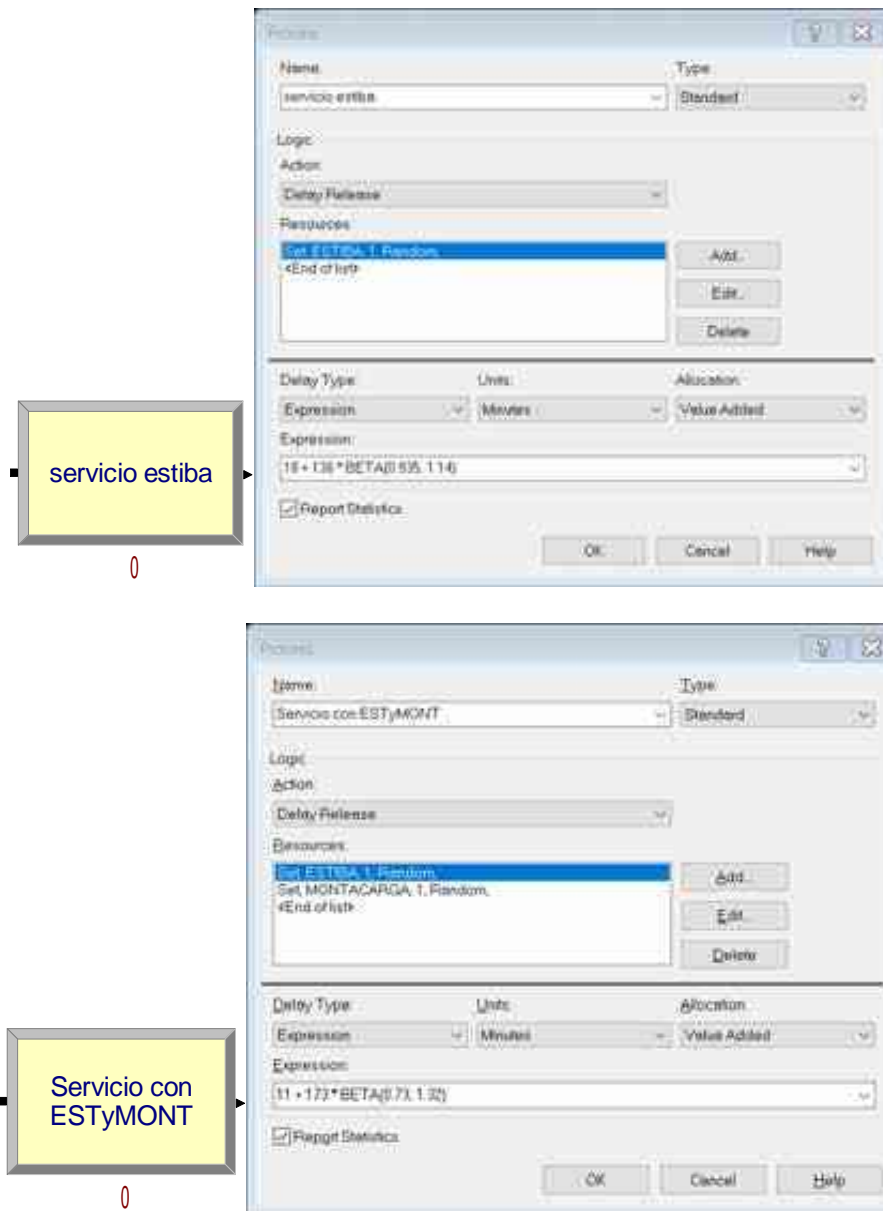


Descripción:

- Name: “servicio a usar?”. Nombre del módulo. Evalúa el tipo de recurso que usará la UT según el valor dado.
- Type: “N-way by condition”. Se evalúan según varias condiciones.
- Conditions: “Attribute usar_recurso == 1 / usar_recurso == 2”. Evalúa esta condición y envía a la UT de acuerdo al valor que le fue asignado anteriormente en el atributo usar_recurso.

Módulos Process: servicio montacarga/servicio estiba/servicio con ESTyMONT



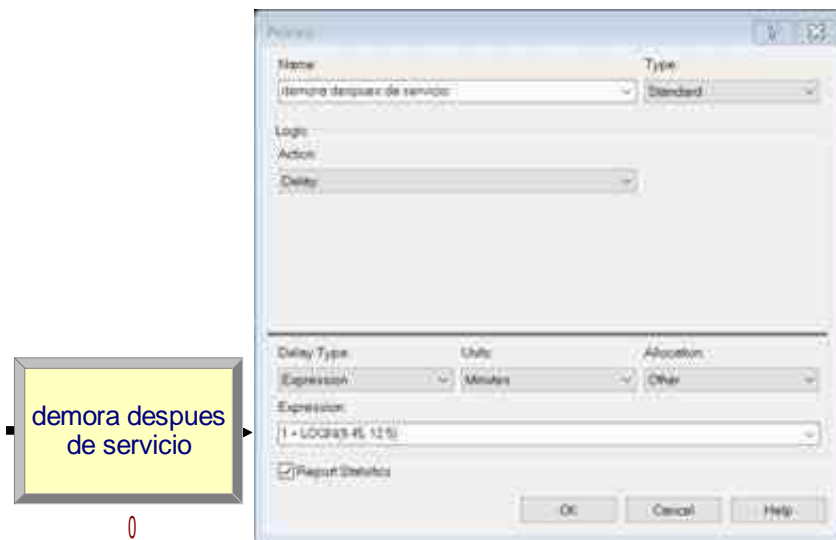


Descripción:

- Name: "Servicio montacarga / estiba / ESTyMONT". Nombre del módulo. Representa el servicio que se darán a las UT por parte de los recursos.
- Action: "Delay Release". La acción será de demora y liberar, demora el tiempo de servicio y luego libera el recurso para que este disponible para la siguiente entidad.
- Resource: "Set MONTACARGA / ESTIBA". La UT será servida con uno de los recursos del grupo montacarga o del grupo estiba.

- Delay Type: “Expression”. El tiempo de demora está definida por una expresión.
- Units: “minutes”.
- Allocation: “Value Added”. Será considerada esta demora como valor agregado.
- Expression: “ $13 + \text{ERLA}(15.8, 2) / 18 + 136 * \text{BETA}(0.935, 1.14) / 11 + 173 * \text{BETA}(0.73, 1.32)$ ”. Distribuciones de probabilidad de los tiempos de servicio.

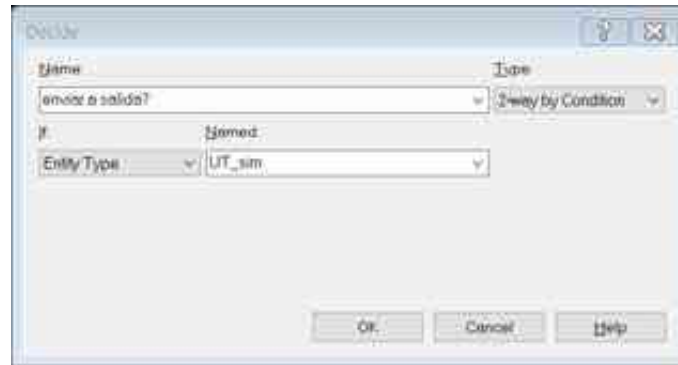
Módulos Process: Demora después de servicio.



Descripción:

- Name: “demora despues de servicio”. Nombre del módulo. Representa el tiempo de demora despues de que las UT ha sido servida por los recursos.
- Action: “Delay”. La acción será de demora.
- Delay Type: “Expression”. El tiempo de demora está definida por una expresión.
- Units: “minutes”.
- Allocation: “other”. Será considerada esta demora como otro tipo de tiempo.
- Expression: “ $1 + \text{LOGN}(9.45, 12.5)$ ”. Distribución de probabilidad del tiempo de demora antes de servicio.

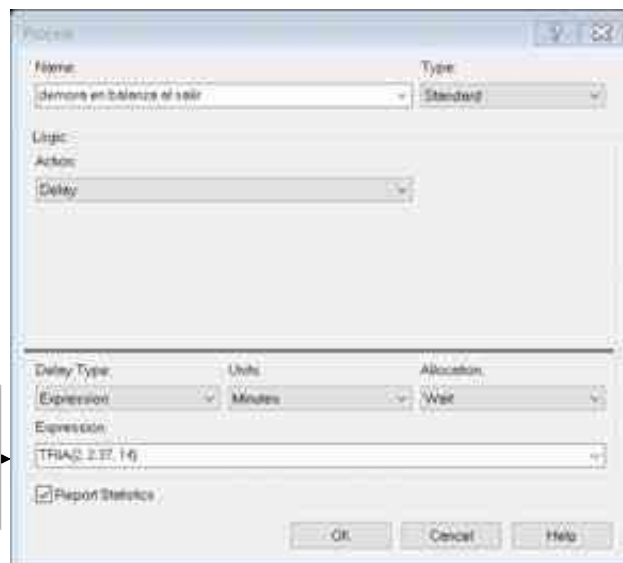
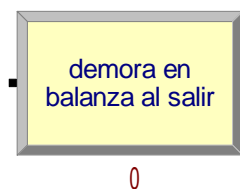
Módulo Decide: ¿Enviar a salida?



Descripción:

- Name: “enviar a salida?”. Nombre del módulo. Evalúa por el tipo de entidad si será enviado a la salida del sistema o a balanza.
- Type: “2-way by condition”. Sera evaluada por una tipo de condición específico.
- If : “Entity type”. Si la entidad está en régimen simple, es decir, es una entidad UT_sim será enviada por la primera vía, mientras que las entidades UT_adua serán enviadas por la segunda vía hacia balanza.

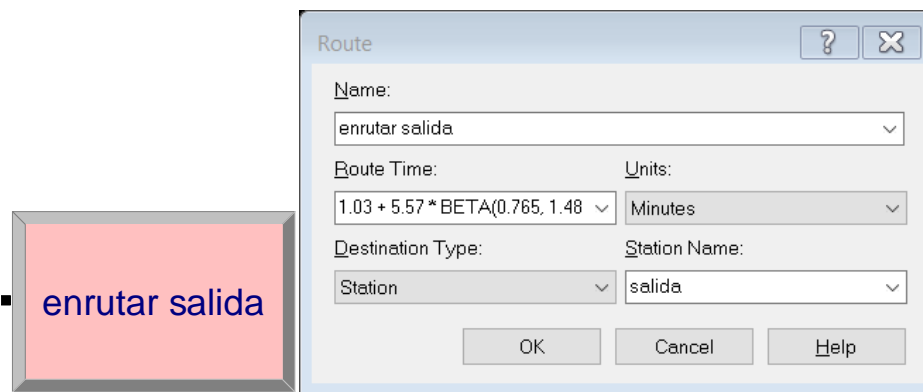
Módulo Process: demoran en balanza al salir



Descripción:

- Name: “demora en balanza al salir”. Nombre del módulo. Representa el tiempo de demora para el pesaje de la UT_adua después del servicio.
- Action: “Delay”. La acción será de demora.
- Delay Type: “Expression”. El tiempo de demora está definida por una expresión.
- Units: “minutes”.
- Allocation: “wait”. Será considerada esta demora en pesaje como una espera.
- Expression: “TRIA(2, 2.37, 14)”. Distribución de probabilidad del tiempo de demora en balanza.

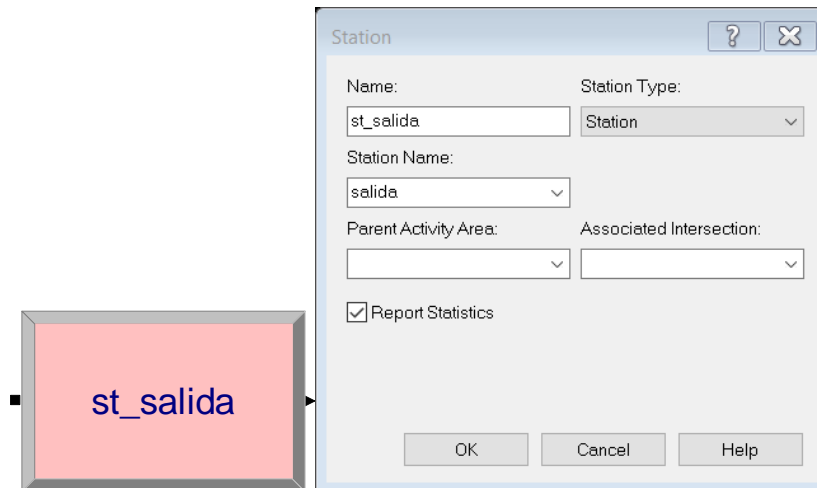
Módulo Route: enrutar salida



Descripción:

- Name: “enrutar salida”. Nombre del módulo. Representa el traslado de la entidad hacia la salida del sistema.
- Route time: “ $1.03 + 5.57 * \text{BETA}(0.765, 1.48)$ ” Es el tiempo de traslado de la entidad hasta la salida.
- Units: “minutes”.
- Destination Type: “Station”.
- Station Name: “salida”. La entidad será enviada a la estación salida.

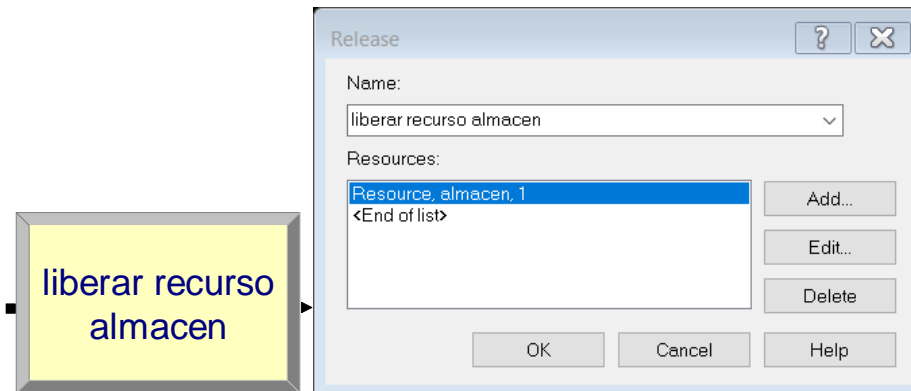
Módulo Station: st_salida



Descripción:

- Name: “st_salida”. Nombre del módulo. Representa la salida del operador logístico, que a su vez también es el lugar de ingreso.
- Station name: “salida”. Nombre de la estación.

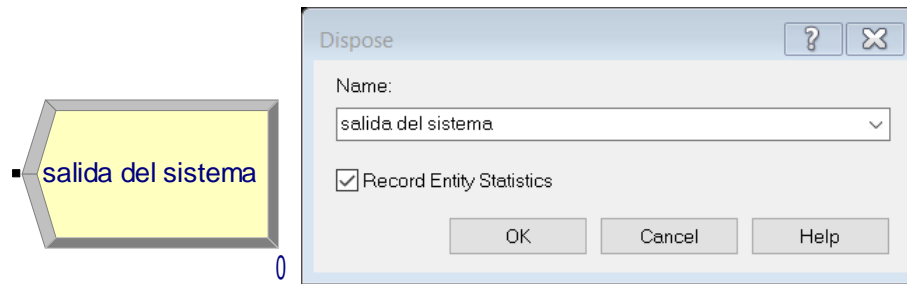
Módulo Release: liberar recurso almacen



Descripción:

- Name: “liberar recurso almacen”. En este módulo la UT liberará el recurso ficticio almacen.
- Resource: “almacén”. Nombre del recurso a liberar.

Módulo dispose: salida del sistema.



Descripción:

- Name: “salida del sistema”. Representa la salida del sistema. Mediante este módulo la entidad o UT será desechada.

2. Módulos De Datos

Módulo Resource



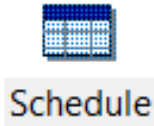
Resource

Resource - Basic Process							
	Name	Type	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour
1	montacarga_1	Based on Schedule	horario_mont1	horario_mont1	ignore	0.0	0.0
2	montacarga_2	Based on Schedule	horario_mont2	horario_mont2	ignore	0.0	0.0
3	montacarga_3	Based on Schedule	horario_mont3	horario_mont3	ignore	0.0	0.0
4	estiba_1	Based on Schedule	horario_estiba1	horario_estiba1	ignore	0.0	0.0
5	estiba_2	Based on Schedule	horario_estiba2	horario_estiba2	ignore	0.0	0.0
6	estiba_3	Based on Schedule	horario_estiba3	horario_estiba3	ignore	0.0	0.0
7	almacen	Fixed Capacity	infinita		wait	0.0	0.0

Descripción:

- Name: nombres de los recursos que darán el servicio. En este caso de montacargas y estibas.
- Type: “Based on schedule”. Los recursos van a ser regidos por un horario específico.
- Schedule name: se identifica el horario específico de cada recurso.
- Schedule Rule: “ignore”. Indica la forma en que el recurso ingresará a sus horas de descanso.
- Busy-Idle/hour: costo por dar servicio por unidad de tiempo, tanto para costo por recurso ocupado como para recurso ocioso.

Módulo Schedule



Schedule - Basic Process						
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	File Name	Durations
1	horario_mont1	Capacity	Halfhours	1.0		3 rows
2	horario_mont2	Capacity	Halfhours	1.0		3 rows
3	horario_mont3	Capacity	Halfhours	1.0		3 rows
4	horario_estiba1	Capacity	Halfhours	1.0		3 rows
5	horario_estiba2	Capacity	Halfhours	1.0		3 rows
6	horario_estiba3	Capacity	Halfhours	1.0		3 rows
7 ▶	horario_t_llegadas	Arrival	Halfhours	1.0		2 rows

Descripción:

- Name: aquí se selecciona el nombre del horario de cada recurso. Este nombre ya fue definido en el módulo de datos Resource. Para el caso de horario_t_llegadas este también es un horario, pero de llegadas al sistema.
- Type: “Capacity”. Se usa en caso de definir el horario para el recurso.
 “Arrival”. Se usa en caso de definir horario de llegadas al sistema.
- Time units: “halfhours”. Los horarios se definirán en bases a medias horas, por ejemplo, de 8am a 1pm son 5 horas, entonces se definirán 10 medias horas.
- Duration: aquí se define la duración de cada horario. Para recursos son de 8am a 1pm (primeras 10 medias horas) que estarán disponibles, de 1pm a 2pm (2 medias horas) se da la pausa de refrigerio y de 2pm a 5.30pm volverán a estar disponibles. Para el horario de llegadas al sistema se dividió en 2, de 8am a 2pm las UT llegan con una distribución de probabilidad de tiempo de arribo WEIB(24, 0.824), y de 2pm a 5:30pm EXPO(36.1).

Módulo Set



Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1 ▶	MONTACARGA	Resource	Manual List	3 rows
2	ESTIBA	Resource	Manual List	3 rows

Descripción:

- Name: se define el nombre de cada conjunto de recursos. Para los montacargas 1, 2 y 3 será el Set MONTACARGA, de la misma forma para las estibas 1, 2 y 3.
- Type. "Resource". Se escoge recursos para este caso.
- Members: se definen los miembros de cada conjunto.

Módulo Expression



Expression

Expression - Advanced Process							
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	File Name	Expression Values
1	costo de espera				Native		1 rows
2	costo de servicio				Native		1 rows

Double-click here to add a new row

Descripción:

- Name: Nombre de la expresión que se usará.
- Expression values: expresiones que se usan para calcular un valor deseado. Por ejemplo, para el costo de espera se usa la expresión $24 * 0.86 * (TAVG(\text{cola estiba.WaitingTime}) + TAVG(\text{cola montacarga.WaitingTime}) + TAVG(\text{cola montYestiba.WaitingTime}))$, que calcula el costo de un mes de (24 días) basado en el costo por minuto de espera ($S/0.86$) y el promedio de minutos en espera en todas las colas. Para el costo de servicio se usa la expresión $1100 * 3 + 1000 * 3 * 4 + 24 * 43.26 * 8.5 * (DAVG(\text{montacarga}_1.\text{NumberBusy}) + DAVG(\text{montacarga}_2.\text{NumberBusy}) + DAVG(\text{montacarga}_3.\text{NumberBusy}))$, que calcula el costo de un mes de operaciones (24 días) basado en el sueldo de los operadores de montacarga (3 operarios) y estibadores (3 cuadrillas x 4 personas c/u), además de los

costos del uso de los montacargas que incluyen el alquiler por hora y consumo de gas combustible por hora ($35 + 8.26 = S/43.26$ x hora) multiplicado por el porcentaje de uso diario.

Módulo Statistic



Statistic

Name	Type	Expression	Report Label	Output File
indT_balanza	Output	(TAVG(demora en balanza al ingresar NVATimePerEntity)+(TAVG(demora en balanza al salir NVATimePerEntity))/2	indT_balanza	
indT_demoraAntes	Output	TAVG(demora antes de servicio OtherTimePerEntity)	indT_demoraAntes	
indT_demoraDespues	Output	TAVG(demora despues de servicio OtherTimePerEntity)	indT_demoraDespues	
indT_serMontac	Output	TAVG(servicio montacarga VATimePerEntity)	indT_serMontac	
indT_serEstiba	Output	TAVG(servicio estiba VATimePerEntity)	indT_serEstiba	
indT_serMontacEstiba	Output	TAVG(servicio con EST)(MMT VATimePerEntity)	indT_serMontacEstiba	
indT_traslado	Output	(TAVG(UT_serba TranTime)+(TAVG(UT_ser sin TranTime)))/4	indT_traslado	
indPorcentaje_Sin	Output	EntireSim(UT_ser)/EntireSim(UT)	indPorcentaje_Sin	
indPorcentaje_Agua	Output	EntireSim(UT_ser)/EntireSim(UT)	indPorcentaje_Agua	
indT_sistemaAgu	Output	(TAVG(UT_serba TotalTime)	indT_sistemaAgu	
indT_sistemaSin	Output	(TAVG(UT_ser sin TotalTime)	indT_sistemaSin	
costo total	Output	costo de servicio + costo de espera	costo total	

Descripción:

- Name: se define el nombre de la estadística a usar. En este caso usaremos estadísticas para determinar los indicadores para la validación del modelo, y calcular el costo total (costo de dar servicio + costo de esperar).
- Type: “output”. Se usará estadísticas de salida.
- Expresion: se define la expresión del valor del estadístico que se desea obtener. Por ejemplo para el indicador indT_demoraAntes (tiempo de demora antes servicio) se usa la expresión TAVG(demora antes de servicio.OtherTimePerEntity) para obtener el tiempo promedio de demora.
- Report label: estas etiquetas aparecen automáticamente cuando se ingresa un nombre en el campo Name. Se usan para identificar en el reporte de simulación cada estadística.

Descripción de la configuración de réplicas y lógica de terminación de simulación.

En la ventana de configuración Run Setup se debe resaltar dos aspectos importantes, primero que aquí se define el número de réplicas para la simulación y segundo la condición de terminación de la simulación.

En el modelo se usó un recurso ficticio llamado “almacén” del módulo Seize “tomar recurso almacén”. Al ingresar una entidad a este módulo la capacidad del recurso incrementa en una unidad y cada vez que pasa por el módulo Release “liberar recurso almacén” la capacidad del recurso disminuye en una unidad, por lo tanto, cuando salgan todas las entidades del sistema la capacidad del recurso quedará en 0.

Este valor 0 se usa en la condición de terminación de la simulación. Si nos fijamos en el campo Terminating Condition de la ventana Run Setup, se ingresó la expresión $TNOW \geq 540 \ \&\& \ NR(\text{almacen}) == 0$, y se interpreta así: cuando el tiempo de simulación sea mayor a 540 minutos (5.30pm) Y la capacidad del recurso almacén sea 0 la réplica de la simulación terminará para dar paso a la siguiente réplica.

En la figura se muestra la ventana de configuración Run Setup.

Run Setup ✕

Run Speed Run Control Reports Project Parameters

Replication Parameters Array Sizes Arena Visual Designer

Number of Replications:

Initialize Between Replications

Statistics System

Start Date and Time:

Warm-up Period: Time Units:

Replication Length: Time Units:

Hours Per Day:

Base Time Units:

Terminating Condition:

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

ANEXO 8: Cálculo del Costo de Servicio

Para obtener el costo de servicio por hora se debe considerar los costos de los recursos disponibles que son montacargas y estibas.

Para calcular el costo de montacarga se debe tener en cuenta 3 aspectos: 1-alquiler montacarga, 2-consumo de gas, 3-sueldo de operario.

Para el costo de estiba solo se debe tener en cuenta el sueldo que percibe cada estibador: remuneración de S/1 000 mensual, la cuadrilla de estibadores está compuesto por 4 personas.

Conceptos que incluye el costo de servicio

Concepto	Costo
Alquiler montacarga (costo por hora)	41.30
Consumo de gas(*) (costo por hora)	8.26
Operador montacarga (remuneración mensual) c/u	1 100
Estiba (remuneración mensual) c/u	1 000

(*) Costo por balón de gas: S/66.10, duración de 8 h.

De la tabla anterior calculamos el costo de servicio (mensual):

$$\text{Costo de servicio} = 3 \times 1100 + 3 \times 4 \times 1000 + 24 \text{días} \times 8.5 \text{hrs} \times 49.56 \times (\% \text{ de uso de montacarga}).$$

El % de uso de montacarga lo calcula Arena en la simulación.

ANEXO 9: Cálculo del Costo de espera

Para calcular el costo de espera por hora se tiene en cuenta el costo que implica que la UT no obtenga ingresos realizando otras labores de traslado, por estar esperando la atención en el operador logístico. Se usa como costo de transporte el cotizado por la empresa de transportes Ciber Cargo, que presta servicios a ALCOSA.

Cotización - Ciber Cargo Transportes Logísticos S.A.C
TARIFARIO LOCAL PARA MERCANCIA EN GENERAL MSL

PESO EN KILOS	VOLUMEN	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
01 a 100	0.01 a 1.00	70.00	80.00	120.00	168.00
101 a 500	1.01 a 2.00	100.00	120.00	140.00	198.00
501 a 1,000	2.01 a 5.00	130.00	150.00	180.00	252.00
1,001 a 2,000	5.01 a 10.00	170.00	200.00	230.00	322.00
2,001 a 3,000	10.01 a 15.00	210.00	230.00	260.00	364.00
3,001 a 4,000	15.01 a 20.00	250.00	280.00	320.00	448.00
4,001 a 5,000	20.01 a 25.00	280.00	320.00	360.00	504.00
5,001 a 6,000	25.01 a 30.00	320.00	370.00	410.00	574.00
PLATAFORMAS 20 Y 40"		450.00	600.00	500.00	1,120.00

ZONIFICACION PARA TRANSPORTE DE MERCADERIA	
ZONAS	DISTRITOS DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO
ZONA 1	CALLAO, CARMEN DE LA LEGUA, BELLAVISTA, LA PUNTA, LA PERLA
ZONA 2	LIMA CERCADO, PUEBLO LIBRE, MAGDALENA, SAN MIGUEL, LINCE, JESUS MARIA, MIRAFLORES, SAN BORJA, SAN LUIS, SMP, VENTANILLA, SURQUILLO SAN ISIDRO, RIMAC LOS OLIVOS, LA VICTORIA
ZONA 3	CHORRILLOS, SURCO, MONTERRICO, BARRANCO, SANTA ANITA, ATE VITARTE (ZONA INDUSTRIAL), LA MOLINA, CARABAYLLO, COMAS, PIE. PIEDRA, SJL, ZARATE
ZONA 4	Zonas de Lurin KM 30, Ancón, Sta Clara, Huachipa, Chaclacayo, y Chorriza

NOTA:

- * Todos los precios antes detallados no incluyen IGV y la facturación es por N° de orden y/o guía de remisión.
- * Se cobrará un 40% del flete en el caso de permocets.
- * Las zonas de Lurin, Ancón, Sta Clara, Huachipa, Chaclacayo, y Chorriza tienen un recargo del 40% de la zona mayor según corresponda al peso.

En base a esta cotización obtenemos un promedio de S/308.28 por traslado, considerando que en promedio las UT trabajan 10 h y realizan 2 traslados diarios, se calcula que el costo por minuto de espera sería S/0.86. por lo tanto, el costo de espera mensual sería:

$$\text{Costo de espera} = 24\text{días} \times 0.86 \times (\text{suma del tiempo de espera promedio en todas las colas}).$$

ANEXO 10: Fotografías



1. Servicio de carga: solo montacarga (producto paletizado)



2. Servicio de descarga: solo estiba (producto a granel)



3. Servicio de descarga: montacarga y estiba (productos a granel)



4. Servicio de descarga: montacarga y estiba (producto paletizado)



5. Balanza