

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

PROYECTO DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA”

TEMA

**OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN PERSONAL PARA CARGA Y DESCARGA DE
CONTENEDORES**

AUTOR

MARCO GABRIEL PALACIOS BOHORQUEZ

Guayaquil - Ecuador

AÑO

2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa e hijo, por tener la paciencia en este tiempo que deje de compartir con ellos y por estar dispuestos siempre a ayudarme.

Gabriel Palacios Bohórquez

AGRADECIMIENTO

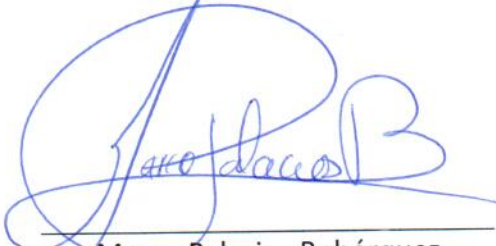
Agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias en toda esta etapa de estudio y bendecirme con la posibilidad de caminar a su lado durante el resto de mi vida.

A los profesores de la Maestría por todas sus enseñanzas impartidas.

Al Ph.D. Omar Ruiz Barzola, por su paciencia, profesionalismo y orientación para la culminación de este proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en éste Proyecto, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Marco Palacios Bohórquez

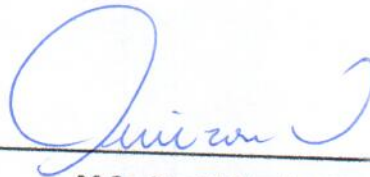
TRIBUNAL DE GRADUACION



Mariana Pastuzaca Fernández. PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Omar Ruiz Barzola P.h.D.
DIRECTOR DEL PROYECTO



M.Sc. David Pinzón Ulloa
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN



MARCO PALACIOS BOHORQUEZ

Tabla de contenido

CAPÍTULO I	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. OBJETIVOS PLANTEADOS	3
1.3. ALCANCE.....	3
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
CAPÍTULO II	7
2.1. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.1. TEORÍA DE COLAS	7
2.1.2. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DISCRETA Y CONTINUA	8
2.1.3. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE	10
2.1.4. SIMULACIÓN.....	11
2.1.5. ANALISIS DE VARIANZA	12
2.1.6. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	13
CAPÍTULO III	14
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	14
3.2. ALCANCE DEL ESTUDIO	14
3.3. METODOLOGÍA	14
3.4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	17
3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	18
3.6. RECOLECCIÓN DE DATOS	19
3.6.1. ANÁLISIS DE DATOS.....	19
3.6.2. ANÁLISIS DE VARIABLES	20
a) Tiempo de permanencia en la Almacenera	20
b) Tiempo entre Arribos	22
c) Tiempo de Servicio por Tipo de Movimiento.....	24
3.6.3. DESCRIPCIÓN DE LA COLA.....	35
CAPÍTULO IV	37
4.1. SIMULACIÓN.....	37
4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SIMULADO.....	37
4.1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MODELO SIMULADO	39
4.2. EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO	61
4.3. FORMULACIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO.....	63
4.4. ANALISIS DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	65

CAPÍTULO V	70
5.1. CONCLUSIONES	70
5.2. RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFIA.....	73
ANEXOS	74

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de Colas Básico	07
Figura 2: Pasos de la Metodología	15
Figura 3: Proceso de atención para carga y descarga de contenedores	18
Figura 4: Sistema de Cola para atención de contenedores en la Almacenera	38
Figura 5: Gráfico de medias de tiempo en sistema vs. error estándar en 9 escenarios	63
Figura 6: Gráfico de medias de costos operativos vs. error estándar en 9 escenarios	68

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Calificación del servicio logístico en la Almacenera	01
Tabla 2: Demanda de servicio por Tipo de Movimiento	20
Tabla 3: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media del tiempo de permanencia	21
Tabla 4: Distribución de probabilidad del tiempo de permanencia	21
Tabla 5: Estadística descriptiva e inter. de confianza para la media - tiempo entre arribos	22
Tabla 6: Distribución de probabilidad del tiempo entre arribos	23
Tabla 7: Distribución de datos observados vs. esperados – Tiempo entre arribos	24
Tabla 8: Tiempo promedio de servicio por tipo de movimiento	25
Tabla 9: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la Carga con 4 Cuadrilleros	26
Tabla 10: Cálculo del estadístico K-S para carga con 4 cuadrilleros	27
Tabla 11: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la descarga con 4 Cuadrilleros	29
Tabla 12: Cálculo del estadístico K-S para Descarga con 4 cuadrilleros	30
Tabla 13: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la descarga con 5 Cuadrilleros	31
Tabla 14: Cálculo del estadístico K-S para Descarga con 5 cuadrilleros	32
Tabla 15: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la descarga con 6 Cuadrilleros	33
Tabla 16: Cálculo del estadístico K-S para Descarga con 6 cuadrilleros	34
Tabla 17: Escenarios a considerarse para la Simulación	39
Tabla 18: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 1 Andén con 4 Cuadrilleros	40
Tabla 19: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 1 Andén con 4 cuadrilleros	41
Tabla 20: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 1 Andén con 5 Cuadrilleros	43
Tabla 21: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 1 Andén con 5 cuadrilleros	44
Tabla 22: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 1 Andén con 6 Cuadrilleros	45
Tabla 23: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 1 Andén con 6 cuadrilleros	46
Tabla 24: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 2 Andenes con 8 Cuadrilleros	47
Tabla 25: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 2 Andenes con 8 cuadrilleros	48
Tabla 26: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 2 Andenes con 10 Cuadrilleros	50
Tabla 27: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 2 Andenes con 10 cuadrilleros	51
Tabla 28: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 2 Andenes con 12 Cuadrilleros	52
Tabla 29: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 2 Andenes con 12 cuadrilleros	53
Tabla 30: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 3 Andenes con 12 Cuadrilleros	54
Tabla 31: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 3 Andenes con 12 cuadrilleros	55
Tabla 32: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 3 Andenes con 15 Cuadrilleros	57

Tabla 33: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 3 Andenes con 15 cuadrilleros	58
Tabla 34: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 3 Andenes con 18 Cuadrilleros	59
Tabla 35: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 3 Andenes con 18 cuadrilleros	60
Tabla 36: ANOVA sobre los 9 escenarios simulados – Tiempo en Sistema	61
Tabla 37: Test de Tukey sobre los 9 escenarios simulados – Tiempo en Sistema	62
Tabla 38: ANOVA sobre los 9 escenarios simulados – Costos Operativos	66
Tabla 39: Test de Tukey sobre los 9 escenarios simulados – Costos Operativos	67

RESUMEN

Toda empresa que maneja inventario, en algún momento de su operación se ha cuestionado la necesidad de invertir en la construcción de “naves” para almacenamiento de sus productos o alquilar el espacio necesario a través de un tercero.

La decisión de no invertir en la construcción de una “nave” de almacenamiento propia no solo pasa por el costo directo resultado de tal construcción; sino por los costos relacionados al funcionamiento de la misma: personal de bodega, montacarguistas, guardiana, seguros, costos de mantenimiento de maquinarias, etc. Por ello, existen empresas que optan por solicitar el servicio de almacenamiento. De esta necesidad nacen las empresas que ofrecen el servicio de almacenamiento y la prestación de todos los servicios relacionados con el mismo. El objetivo principal de estas empresas es brindar sus servicios con el menor costo posible y el mayor nivel de servicio brindado a los clientes.

Para este proyecto se seleccionó a una empresa líder dentro de este mercado; para lo cual se recabó información de dicha empresa relacionada a: tiempos de espera en la cola, tiempo entre llegadas por contenedor, número de contenedores, tipo de servicio (carga o descarga), tiempo de atención para ambos servicios en días ordinarios de 08H30 a 17h00.

A cada una de estas variables se aplicaron pruebas de Bondad de ajuste para determinar el tipo de distribución estadística de los datos observados, utilizando el test Kolmogorov-Smirnov y pruebas Chi-Cuadrado.

El uso de la estadística inferencial ayudó a obtener conclusiones sobre el comportamiento de las variables analizadas. Posteriormente, se realizó la simulación del comportamiento de la recepción de contenedores para carga y descarga.

Gracias al desarrollo del presente estudio, fue posible establecer el número óptimo de personal que necesita la empresa para las operaciones de carga y descarga, cumpliendo la oferta de servicio con el menor costo posible.

CAPÍTULO I

1.1. ANTECEDENTES

La empresa objeto de este estudio, tiene como fin el almacenamiento de mercadería de terceros; es decir, alquila espacio de almacenamiento a otras empresas, ya sea por falta de espacio en sus bodegas o porque no desean tener bodegas y deciden subcontratar el servicio. Para poder ofrecer el servicio de almacenamiento, la almacenera (así llamaremos ahora a la empresa objeto de nuestro estudio) debe contar con el personal suficiente para realizar las tareas de cargas y descarga ofertadas a sus clientes.

La almacenera, junto con un número reducido de empresas afines, tiene como ventaja competitiva dentro del mercado de operadores logísticos la capacidad de poder almacenar mercadería especial calificada por la aduana; como lo es la mercadería afianzada. Este tipo de almacenamiento permite a las empresas que se acogen al mismo, la posibilidad de ir nacionalizando de manera parcial su mercadería, lo que representa una importante ayuda en el manejo de su flujo de caja.

La visión de la almacenera nace del estudio de satisfacción en la operación logística, realizado por la empresa MIND RESEARCH en el año 2013. Donde se evidencia que, sin bien las calificaciones sobre: *Calidad de Servicio y Relación costo de servicio* superan el 90% de satisfacción (Satisfecho + Totalmente Satisfecho), es notorio que a nivel de calificación de *tiempo de servicio*, existe un grado de insatisfacción a tomar en cuenta. Esta información se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Calificación del servicio logístico en la Almacenera

Factores relacionados al área logística	Nada Satisfecho	Poco Satisfecho	Regular	Satisfecho	Totalmente Satisfecho
Tiempo de Servicio	4.7%	3.3%	4.5%	12.0%	75.5%
Calidad del Servicio	0.3%	2.0%	3.9%	10.6%	83.2%
Relación Costo / Beneficio	1.1%	1.1%	5.2%	11.3%	81.5%

Fuente: Empresa MIND RESEARCH

Autor: Gabriel Palacios

Sobre éste particular (*tiempo de servicio*), actualmente un grupo de 30 personas son las encargadas de la carga y descarga de contenedores en las bodegas de la Almacenera; sin embargo, no se conoce a ciencia cierta si es el número óptimo para el trabajo según la promesa de servicio ofertada por la empresa que estipula: El tiempo máximo que puede estar un contenedor dentro de la almacenera no debe ser mayor a 120 minutos. Esto en relación a costos adicionales por Stand By que se generan cuando esta promesa no se cumple.

Tampoco está determinado el numero estándar de personal para carga y descarga; es decir, en ocasiones un mismo contenedor puede ser cargado o descargado por 4, 5 y hasta 6 personas. Lo que hace que el tiempo de carga/descarga sumado al tiempo en cola, varíe drásticamente y distorsione la promesa de servicio de la empresa.

1.2. OBJETIVOS PLANTEADOS

Para mejorar la percepción del tiempo de servicio brindado por la almacenera, sin distorsionar la promesa de servicio, se plantea el siguiente objetivo general del proyecto:

“Optimizar costos en personal de carga y descarga de contenedores”.

Para cumplir el objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar los tiempos de servicio en la almacenera (tiempo de espera + tiempo de atención en el andén) mediante la aplicación de técnicas estadísticas para detectar oportunidades de mejora.
- Identificar cuál es el modelo del comportamiento de la cola en la almacenera, para adecuar el sistema de recepción de contenedores.
- Establecer el tiempo promedio de atención en el andén por cada tipo de operación (carga y descarga).
- Determinar si el número de personas asignadas para la carga y descarga de contenedores es el óptimo, considerando la opción de menor costo que cumpla con la promesa de servicio.

1.3. ALCANCE

En este proyecto se aplicarán los conceptos de la teoría de colas para identificar el tipo de espera que ocurre en la almacenera. Posteriormente, a través de la simulación de procesos se identificará el escenario de menor costo que cumpla con la promesa de servicio.

La almacenera cuenta con oficinas a nivel nacional: Guayaquil, Quito y Manta. Debido a que la almacenera no registra en su sistema los tiempos de llegada y servicio de los contenedores que son atendidos dentro de sus instalaciones, fue necesario realizar el levantamiento de información respectivo en la Matriz de Almacenera ubicada en la ciudad de Guayaquil, en el km 4.5 vía a Puerto Marítimo. Para este propósito fueron seleccionados todos los movimientos

relacionados a mercadería cuyo origen y destino sea el Depósito Afianzado Público de la Almacenera. Esta información fue levantada en horario regular (Lunes a Viernes de 08:30 hasta las 17:00) durante los meses de Junio, Julio y Agosto de 2015.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente dentro de la almacenera laboran alrededor de 30 personas dedicadas a la carga y descarga de contenedores; este personal no está enrolado en nomina de la Almacenera, sino que pertenece a una tercera empresa dedicada a la prestación de servicios de estiba. Los tiempos de servicio en andén y tiempos de espera son desconocidos; de la misma forma el cumplimiento de la promesa de servicio.

Es necesario realizar el levantamiento de información correspondiente para establecer la situación actual; y a partir de ello, establecer el cumplimiento o no de la promesa de servicio. Posteriormente, se debe evaluar si el número de personas que actualmente se encargan de la carga y descarga de contenedores es el adecuado para realizar dicha labor; buscando siempre la opción de menor costo.

Se conoce como *régimen aduanero* al tratamiento aplicable a las mercancías, solicitado por el declarante, de acuerdo a la legislación aduanera vigente. Los regímenes más importantes son los de importación y exportación, el *régimen 70 o Depósito Aduanero* es uno de los más importantes dentro de los regímenes de importación, mediante el cual las mercancías importadas son almacenadas por un periodo determinado sin el pago de derechos e impuestos y recargos aplicables (Plazo máximo 1 año de acuerdo al art. 146 del Reglamento del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones); y, podrá ser público o privado.

Los depósitos aduaneros privados estarán destinados al uso exclusivo de su titular. Los depósitos aduaneros públicos podrán almacenar mercancías de

propiedad de terceros (Este es el caso de la Almacenera). La normativa vigente que sustenta y rige la operación bajo esta modalidad es:

- Resolución del Directorio de la CAE No. 3-2009-R5 – Boletín 259-2009 (Requisitos para depósito comercial público y depósito comercial privado)
- Resolución No. SENAE-DGN-2015-0121-RE "Reforma a la resolución 1-2003-R2" suscrita el 21 de febrero de 2015.
- Resolución No. SENAE-DGN-2015-0910-RE "NORMAS GENERALES PARA EL RÉGIMEN DE DEPÓSITO ADUANERO" suscrita el 29 de octubre de 2015.

Una vez que el cliente cumple con requisitos solicitados por aduana para éste régimen, la misma autoriza la salida de la mercadería desde puerto hacia la almacenera. Se deben considerar también los requisitos exigidos por parte de aduana hacia la almacenera; y la forma en que los mismos afectan al proceso de descarga:

1. Una vez otorgada la autorización de salida de la mercadería desde el puerto bajo régimen 70, a partir de ese momento es de completa responsabilidad de la almacenera el cuidado y custodia de la misma; por tanto, la mercadería se debe descargar si o si en la almacenera ya que no puede ser devuelta al puerto. Por tanto, una vez en cola dentro el sistema, no existe la posibilidad de "fuga" o abandono del mismo.
2. La aduana exige que el transporte sea contratado por la almacenera en los casos de recepción de mercadería bajo régimen 70. La compañía de transporte le da a la almacenera 2 horas (contadas desde el ingreso a la empresa) para descargar el contenedor; caso contrario, se empiezan a generar costos de stand by que van desde el 50% hasta el 100% según el tiempo de demora. De aquí se deriva la promesa de servicio de la almacenera, ya que de no cumplirse se

generan costos adicionales no solo a la empresa sino al cliente también.

3. El contenedor llega desde puerto con un candado satelital como parte de los controles que exige la aduana para verificar que: desde el origen (puerto) hasta el destino (almacenera) no existan paradas no justificadas. Dicho candado solo puede ser desconectado por el personal de la empresa autorizada por la aduana para brindar este servicio; dicha operación se la realiza un vez llegado el contenedor de la almacenera. El tiempo de espera relacionado a esta operación, no afecta al tiempo en cola del contenedor hasta su atención.
4. Dada la importancia y nivel de control de la mercadería que recibe la almacenera, es necesario que un delegado del cliente se encuentre presente desde el inicio hasta la finalización de la descarga. En los casos en que el delegado del cliente no se encuentre presente, se debe solicitar una autorización por escrito para iniciar la misma sin su presencia. El tiempo de espera relacionado a esta operación, no afecta al tiempo en cola del contenedor hasta su atención.

CAPÍTULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. TEORÍA DE COLAS

Como lo describe Ricardo Cao Abad (2012): *La teoría de colas es una disciplina, dentro de la Investigación Operativa, que tiene por objeto el estudio y análisis de situaciones en las que existen entes que demandan cierto servicio, de tal forma que dicho servicio no puede ser satisfecho instantáneamente, por lo cual se provocan esperas.*

Una representación gráfica de la teoría de colas es la siguiente Figura 1:

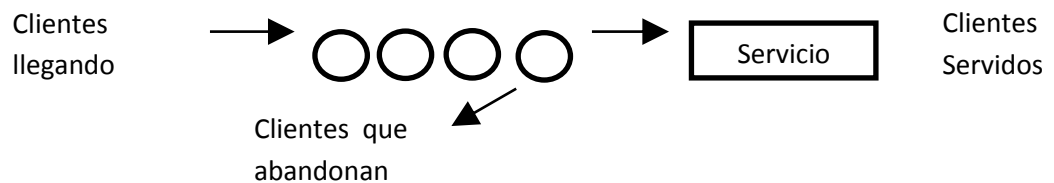


Figura 1: Sistema de colas básico

Fuente: *Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas, Universidad de la Coruña (2012).*

Autor: Ricardo Cao Abad

Características de los sistemas de colas:

- Patrón de llegada de los clientes.
- Patrón de servicio de los servidores.
- Disciplina de cola.
- Capacidad del sistema.
- Número de canales de servicio.
- Número de etapas de servicio.

2.1.2. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DISCRETA Y CONTINUA

Como lo describen los autores Mendenhall/Beaver/Beaver (2010): *La distribución de probabilidad de una variable aleatoria es una función que asigna a cada suceso definido sobre dicha variable, la probabilidad de que el mismo ocurra. La distribución de probabilidad está definida sobre el conjunto de todos los sucesos, cada uno de los sucesos es el rango de valores de la variable aleatoria.*

Variable Aleatoria Discreta

Se denomina variable aleatoria discreta aquella que sólo puede tomar un número finito de valores dentro de un intervalo. Por ejemplo, el número de componentes de una manada de lobos, puede ser 4 ó 5 ó 6 individuos pero nunca 5.75 ó 5.87

Distribución de Probabilidad de Poisson

Suele utilizarse para contajes del tipo número de individuos por unidad de tiempo, de espacio, etc.. El número de veces que ocurre el suceso (éxito) durante el intervalo dado, se lo conoce como lambda λ .

Características que tiene una distribución Poisson:

- El suceso es aleatorio.
- La población es infinita.
- Los intervalos de: tiempo/volumen/distancia/área son independientes entre sí.

Variable Aleatoria Continua

Una variable aleatoria X es continua, si su función de distribución de probabilidades es una función continua.

En la práctica, se corresponden con variables asociadas con experimentos en los cuales la variable medida puede tomar cualquier valor en un intervalo: mediciones biométricas, intervalos de tiempo, áreas, etc.

Distribución de Probabilidad Exponencial

La distribución exponencial es utilizada en aplicaciones de teoría de colas y estudios de confiabilidad porque tiene la propiedad de mantenerse en el tiempo dado que la probabilidad de éxito de un evento (sea éste presente o futuro) no es dependiente de los ya ocurridos.

En aplicaciones de Teoría de colas para determinar el tiempo entre arribos suele utilizarse la distribución exponencial, mientras que para determinar el comportamiento del tiempo de servicio se utiliza la distribución normal.

Distribución de Probabilidad Normal

Es una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece aproximada en fenómenos reales. La importancia de esta distribución radica en que permite modelar numerosos fenómenos naturales, sociales y psicológicos.

2.1.3. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Como lo describen los autores Mendenhall/Beaver/Beaver (2010): *La mayoría de los contrastes estadísticos utilizados para estudiar la calidad de un generador de números aleatorios se basan en medir posibles discrepancias de las muestras generadas por el método en cuestión, con respecto a las hipótesis de aleatoriedad, independencia y ajuste a una distribución específica.*

Existen dos métodos reconocidos a nivel de pruebas de bondad de ajuste, los cuales veremos a continuación:

KOLMOGOROV-SMIRNOV

Se basa en el cálculo de la máxima discrepancia entre la función de distribución teórica que queremos probar y la distribución empírica de la muestra generada. Una vez obtenido el valor calculado, se utiliza las tablas de distribución K-S y de acuerdo a los grados de libertad se acepta o rechaza la hipótesis nula del contraste original.

Estadístico

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1 & \text{si } y_i \leq x, \\ 0 & \text{alternativa.} \end{cases}$$

Para dos colas el estadístico viene dado por

$$D_n^+ = \max(F_n(x) - F(x))$$

$$D_n^- = \max(F(x) - F_n(x))$$

donde $F(x)$ es la distribución presentada como hipótesis.

CHI-CUADRADO

Para realizar este contraste se disponen los datos en una tabla de frecuencias; para cada valor o intervalo de valores se indica la frecuencia absoluta observada o empírica (O_i). A continuación, y suponiendo que la hipótesis nula es cierta, se calculan para cada valor o intervalo de valores la frecuencia absoluta que cabría esperar o frecuencia esperada ($E_i = n \cdot p_i$, donde n es el tamaño de la muestra y p_i la probabilidad del i -ésimo valor o intervalo de

valores según la hipótesis nula). El estadístico de prueba se basa en las diferencias entre la O_i y E_i y se define como:

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

Si existe concordancia perfecta entre las frecuencias observadas y las esperadas el estadístico tomará un valor igual a 0; por el contrario, si existe una gran discrepancia entre estas frecuencias el estadístico tomará un valor grande y, en consecuencia, se rechazará la hipótesis nula.

2.1.4. SIMULACIÓN

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias para el funcionamiento del sistema.

Para llevar a cabo una simulación es necesario realizar los siguientes pasos:

- **Definición del sistema.** Consiste en estudiar el contexto del problema, identificar los objetivos del proyecto, especificar los índices de medición de la efectividad del sistema, establecer los objetivos específicos del modelamiento y definir el sistema que se va a modelar un sistema de simulación.
- **Formulación del modelo.** En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa el modelo.
- **Colección de datos.** Definir clara y exactamente los datos de entrada del modelo. Los datos pueden ser históricos o generados a través de un experimento.
- **Implementación del modelo en computadora.** Definir la herramienta para el procesamiento de la información; ya sea algún lenguaje de programación o software de simulación.

- **Validación.** Se deben validar los datos del modelo utilizando la técnica que aplique por ejemplo regresión lineal, opinión de usuarios o técnicos que conozcan del tema.
- **Experimentación.** Se debe generar resultados con el modelo y analizar la información obtenida.
- **Interpretación.** La información que proporciona la simulación ayudará a tomar una decisión.
- **Documentación.** Dejar sentado por escrito el modelo utilizado.

2.1.5. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Un análisis de la varianza permite determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren.

Supónganse k muestras aleatorias independientes, de tamaño n , extraídas de una única población normal. A partir de ellas existen dos maneras independientes de estimar la varianza de la población σ^2

1) Una llamada varianza dentro de los grupos; ya que sólo contribuye a ella la varianza dentro de las muestras, y habitualmente es representada por las siglas MSE (Mean Square Error)

2) Otra llamada varianza entre grupos; ya que sólo contribuye a ella la varianza entre las distintas muestras, y es representada por las siglas MSA o MSB (Mean Square Between).

Con el cociente entre el MSA y MSE se construye el estadístico F con los grados de libertad correspondientes al numerador y denominador respectivamente, por lo tanto se puede contrastar dicha hipótesis usando esa distribución.

Los resultados de una ANOVA se suelen representar en una tabla como la siguiente:

Fuente de Variación	G.L.	SS	MS	F
<i>Entre Grupos Tratamientos</i>	$k-1$	SSA	$SSA / (k-1)$	MSA / MSE
<i>Inter Grupos Error</i>	$(n-1) K$	SSE	$SSE / K (n-1)$	
Total	$kn - 1$	SST		

Fuente: Simulación un enfoque práctico. - Noriega Editores

Autor: Gabriel Palacios

2.1.6. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se denomina también prueba de significación o test de hipótesis, evalúa suposiciones o afirmaciones acerca de los valores estadísticos de la población. Es indispensable cuando se requiere tomar una decisión sobre la validez de la representación en una población, con base a resultados obtenidos a través de una muestra, para ello es necesario plantear posibilidades acerca de las características a estudiar en un población determinada.

Hipótesis nula y alternativa

Una hipótesis nula es aquella en la cual se hace una afirmación sobre el parámetro a constatar con el resultado muestral, mientras que la hipótesis alternativa es lo contrario de la hipótesis nula, es decir, se afirma que la hipótesis nula es falsa.

CAPÍTULO III

3.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente proyecto basa el fundamento de sus hallazgos de manera cuantitativa, debido que conlleva el análisis de algunas variables para conseguir la respuesta a un problema medible u observable. Para ello, fue necesaria la recolección de datos, medición numérica y el análisis estadístico que permita observar un patrón de comportamiento.

3.2. ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio realizado busca determinar si el número de andenes y personal para carga y descarga de contenedores es el óptimo para atender la demanda actual de clientes en la sucursal principal de la almacenera, ubicada en el Sur de la ciudad de Guayaquil en la Av. 25 de Julio – Km 4.5 vía puerto marítimo. El levantamiento de información sobre las principales variables del sistema para someterlas a un análisis estadístico y posteriormente realizar la simulación de escenarios correspondiente, se realizó durante los meses de Junio, Julio y Agosto de 2015 en el horario regular de atención de la Almacenera que es: De Lunes a Viernes desde las 08:30 hasta las 17:00.

Las principales variables que se consideraron en el presente estudio son:

- Tiempo entre arribos de los contenedores
- Tiempo de atención en andén
- Tiempo de permanencia en la Almacenera

3.3. METODOLOGÍA

Se ha considerado una metodología de investigación aplicada (ver la Figura 2), la cual está definida de la siguiente manera: “Es aquella que incluye cualquier esfuerzo sistemático y socializado por resolver problemas o intervenir situaciones”. (Ricardo Cao Abad, 2012)

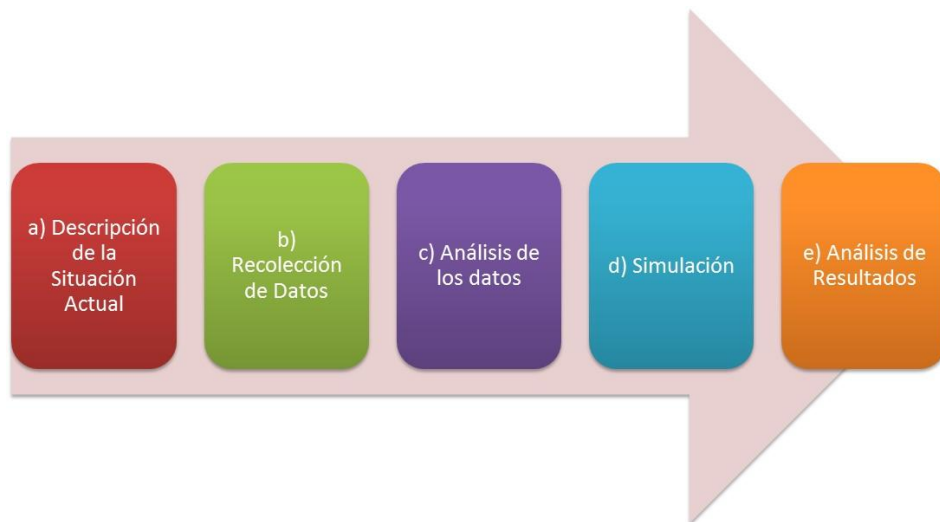


Figura 2: Pasos de la Metodología

Autor: Marco Palacios Bohórquez

a) Diagnóstico de la Situación Actual

Para conocer mejor la situación actual de la almacenera, se describió el marco legal bajo el cual se desenvuelve su trabajo; principalmente las restricciones relacionadas al depósito afianzado público (DAP) objeto de nuestro estudio. Adicional un detalle del grupo humano que actualmente presta el servicio de carga y descarga.

b) Recolección de datos.

Para el desarrollo de éste estudio se recolectó de la matriz principal la siguiente información:

1. Tiempo entre llegadas de contenedores en días ordinarios.
2. Número de contenedores atendidos x día en horario regular.
3. Tipo de servicio que se solicita (carga / descarga).
4. Tipo de contenedor que solicita el servicio (20 o 40 pies).
5. Número personas que utilizadas para brindar el servicio.
6. Tiempo de atención por tipo de servicio.

c) Análisis de los Datos

Una vez obtenidos los datos se aplicaron las pruebas de bondad de ajuste necesarias para determinar el tipo de distribución estadística a la cual se ajustan los datos observados; utilizando ya sea el test de Kolmogorov-Smirnov o el test Chi-Cuadrado.

d) Simulación

Dependiendo de los resultados de las pruebas de bondad de ajuste, se realizó la simulación con las variables y sus distribuciones identificadas. En los casos en que no se logró ajustar las variables del sistema a distribuciones conocidas, se procedió a utilizar el método de Montecarlo, para representar el comportamiento de dichas variables. La simulación se realizó utilizando el programa Pro-Model, que con la información ingresada (modelo de la cola, distribución de variables, etc) genera los resultados necesarios para el análisis respectivo.

e) Análisis de Resultados

Una vez obtenidos los datos de la simulación, éstos fueron evaluados en virtud de establecer cuál es el número óptimo de personal que debe tener la almacenera para la carga y descarga de contenedores; considerando todos los costos relacionados a:

1. Tener poco personal disminuyendo en número de contenedores atendidos por día ordinario, pero generando costos Stand by por demora en las operaciones de carga o descarga de los mismos.
2. Tener mucho personal mejorando considerablemente los tiempos de atención, pero aumento el costo laboral en nomina relacionado a todos los beneficios que por ley reciben los trabajadores en la legislación laboral vigente y adicionales que otorga la almacenera.
3. Tener un número óptimo de personal que nos permita cumplir con la promesa de servicio, incurriendo al mínimo en costos por Stand By.

3.4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La determinación de la situación actual de la almacenera se ha realizado a partir del marco legal bajo el cual se debe desempeñar, de acuerdo al estatus de la mercadería que se recibe (DAP) y el grupo humano con el cual cuenta.

1. La mercadería que se recibe bajo régimen 70 obliga a la almacenera a realizar la carga y descarga de contenedores siempre en presencia del delegado del cliente; posterior al retiro del candado satelital por parte del delegado de la empresa autorizada por SENA E para brindar este servicio. En ambos casos, los tiempos de espera relacionados a estos dos eventos, no pueden ser controlados por la almacenera y por tanto constituyen variables exógenas del sistema junto con la variable: tiempo entre arribos.

2. El servicio de carga y descarga de contenedores es prestado por un proveedor externo, que asigna a la almacenera un grupo de 30 personas para dicho cometido; esto a pesar de tener solo 3 andenes disponibles y considerando que el estándar de cuadrilla lo componen 4 personas, solo deberían asignarse hasta 12 personas.

El proveedor que durante más de 10 años ha prestado sus servicios a la almacenera, según su experiencia indica que “mientras más personas se asignan a un contenedor, menor será el tiempo de operación en el mismo”. Esto es lo que debemos validar en el estudio.

Adicionalmente, por el tipo de razón social de la almacenera, este servicio debe ser prestado con personal de la propia empresa y **no tercerizado** con un proveedor externo. Entonces surge la necesidad de conocer: ¿Cuánto personal para carga y descarga se debe contratar para dar este servicio?.

3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En la Figura se muestra el proceso de atención cuando se le solicita a la almacenera cargar o descargar un contenedor:

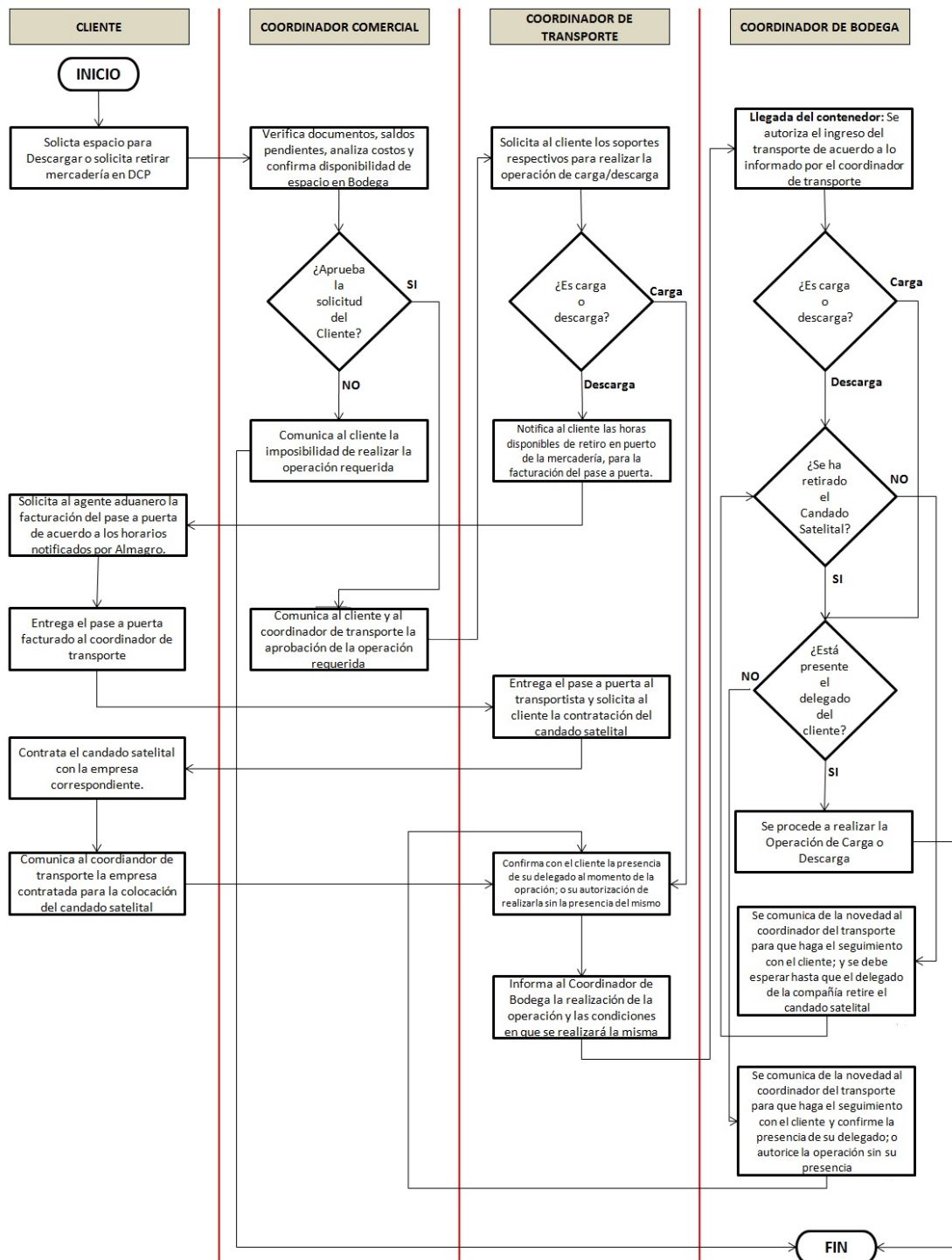


Figura 3: Proceso de atención para carga y descarga de contenedores

*Fuente: Empresa Almacenera
Autor: Gabriel Palacios*

A través del proceso de atención en andenes de la Almacenera, se realizan dos tipos de movimientos:

- Carga de Contenedores (Despacho).
- Descarga de Contenedores (Ingresos).
 - Con Clasificación (Opcional)
 - Por Bultos (Opcional)

3.6. RECOLECCIÓN DE DATOS

La almacenera dentro del registro que realiza en Sistema, sobre los movimientos tanto de carga como descarga realizados durante el día, no guarda información relativa a: Horas de Llegada, Inicio/Terminación de la Carga/Descarga, numero de personas, tipo de contenedor, etc. Por tanto, fue necesario realizar el levantamiento de información respectivo in situ durante los meses de Junio, Julio y Agosto de 2015 en días y horarios de atención regular: De Lunes a Viernes – Desde 08:30 hasta las 17:00.

En el levantamiento de información realizado se recopiló la siguiente información:

- Los arribos de contenedores a la matriz principal de la almacenera.
- Las horas de inicio y finalización de carga o descarga del contenedor.
- Número de personas utilizadas en cada operación.
- Tipo de días: Ordinarios; es decir ninguno de los días es feriado, ni fin de semana; que se sabe que tienen comportamiento inusual.
- Meses: Junio, Julio y Agosto de 2015, los cuales no tienen ninguna particularidad para que los datos sean significativamente diferentes al resto de meses del año.
- Lugar: Matriz Principal.
- Días observados: De lunes a viernes.
- Horario: De 08h30 a 17h00.

3.6.1. ANÁLISIS DE DATOS

Antes de empezar con el análisis de las variables se ha considerado importante establecer cuál es el tipo de movimiento de mayor demanda: Carga o Descarga. Es relevante conocer que la atención se brinda sin interrupción, ya que al momento de los 45 minutos de almuerzo existe suficiente personal para tomar las postas respectivas.

Durante los tres meses que se realizó el levantamiento de información, se realizaron un total de 98 movimientos. Como se observa en la tabla 2, el 78% de los movimientos que se demandan en la almacenera son de descarga de contenedores.

Tabla 2: Demanda de servicio por Tipo de Movimiento

Tipo Movimiento	Eventos	Fec. Relativa
Descarga	76	0.78
Carga	22	0.22
Total	98	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Una vez identificado el tipo de movimiento de mayor demanda, se analizan los datos de las variables involucradas para entender el comportamiento que tiene la cola en la almacenera. A continuación se detallan específicamente el análisis efectuado tanto de las variables como la de la cola.

3.6.2. ANÁLISIS DE VARIABLES

a) Tiempo de Permanencia en la Almacenera

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% de confianza para la media, que se muestran en las Tablas 3 y 4 se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de permanencia de los contenedores dentro de la almacenera desde su llegada hasta su atención en el andén de 196.91 minutos, lo que equivale aproximadamente a 3.28 horas.
- ✓ El tiempo promedio de permanencia de los contenedores, tiene una variabilidad importante debido a que la desviación estándar es de 122.72 minutos, lo que equivale a 2.03 horas aproximadamente.

- ✓ El tiempo máximo de permanencia de un contenedor dentro de la Almacenera es de 665 minutos.
- ✓ Menos del 30% de contenedores permanece en la Almacenera menos de 120 minutos; por tanto, la promesa de servicio no se cumple.

Tabla 3: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media del tiempo de permanencia

Media	196.9184
Desv. Est.	122.7223
Varianza	15060.7562
Curtosis	2.78
N	98
Mínimo	33
1er. Cuartil	115
Mediana	155
3er. Cuartil	239
Máximo	665
Intervalo de confianza del 95% para la Media	
Lim. Inf.	Lim. Sup.
172.62	221.22

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Tabla 4: Distribución de probabilidad del tiempo de permanencia

Rango Tiempo Permanencia	Eventos	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
De 1 a 60 Minutos	4	0.04	0.04
De 61 a 120 Minutos	24	0.24	0.29
De 121 a 180 Minutos	29	0.30	0.58
Mas de 181 Minutos	41	0.42	1.00
Total	98		

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

b) Tiempo entre arribos

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% de confianza para la media que se muestran en la Tabla 5, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio entre llegadas de los contenedores a la fila es cada 80.42 minutos, lo que equivale aproximadamente a 1.33 horas.
- ✓ El tiempo promedio entre llegadas de los contenedores, tiene una variabilidad importante debido a que la desviación estándar es de 86.80 minutos, lo que equivale a 1.44 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo máximo que debe transcurrir para que llegue un contenedor a la cola es de 355 minutos lo que equivale a 5.91 horas aproximadamente.
- ✓ La distribución de los datos recolectados es una curva leptocúrtica ($c > 0 \rightarrow c=2.27$).

Tabla 5: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media del tiempo entre arribos

Media	80.4237
Desv. Est.	86.8038
Varianza	7534.9036
Curtosis	2.2730
N	59
Mínimo	0
1er. Cuartil	13
Mediana	61
3er. Cuartil	119
Máximo	355
Intervalo de confianza del 95% para la Media	
Lim. Inf.	Lim. Sup.
58.2744	102.5731

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Para poder identificar el tipo de distribución a la que puede ajustarse el tiempo entre arribos de los contenedores a la almacenera, es necesario distribuir las llegadas en rangos de 60 minutos y observar cómo se distribuye los porcentajes de probabilidad en los mismos; tal como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6: Distribución de probabilidad por rango de tiempo entre arribos

Rango de Arribos	Eventos	Fec. Relativa	Fec. Acumulada
De 0 a 60 Min	29	0.49	0.49
De 61 a 120 Min	16	0.27	0.76
De 121 a 180 Min	9	0.15	0.92
De 181 o + Min	5	0.08	1.00
Total	59		

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

A primera vista, parece que los datos reagrupados en rangos de arribos, se distribuyen de manera exponencial. Para determinar el tipo de distribución del tiempo entre llegadas de los contenedores a la almacenera, se realizó la prueba de bondad de ajuste con las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos observados se ajustan a una distribución $\text{Exp}[\beta=80.42]$ minutos

vs.

H₁: No es verdad Ho

Para este contraste de hipótesis se utiliza una prueba chi-cuadrado, que en su procedimiento determina establecer una tabla de rangos equi-probables sobre los cuales se distribuirán los datos observados y se compararán contra los datos esperados para chi-cuadrado.

Tabla 7: Distribución de datos observados vs. esperados – Tiempo entre arribos

Rango Equiprob.	Observado	Esperado	*Xo
[000 - 018]	18	12	3.0
(018 - 041]	8	12	1.3
(041 - 074]	11	12	0.1
(074 - 129]	10	12	0.3
(129 - Inf.]	12	11	0.1
Total	59	59	4.8

$$* X_o \rightarrow (\text{Observado} - \text{Esperado})^2 / \text{Esperado}$$

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Como se observa en la tabla 7, con un 95% de confianza (alpha : 0.05) y con k - s - 1 grados de libertad, donde k es el numero de intervalos y s el numero de parámetros estimados; se observa que el estadístico *Xo es menor que valor de una chi-cuadrado con el mismo nivel de significancia y 3 grados de libertad (alpha : 0.05):

$$X^2_{[0.05,3]} = 7.81 > *X^2_0 = 4.8$$

Por lo tanto, no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; y se concluye que los datos observados se ajustan a una distribución exponencial con media 80.42 minutos.

c) Tiempo de servicio por tipo de movimiento

El tiempo de servicio en los andenes depende del tipo de movimiento que se realiza al momento de llegada de los contenedores: Carga o Descarga.

En la Tabla 8 se muestran los tiempos promedios de servicio por cada tipo de movimiento y por el número de personas utilizadas en cada tipo de movimiento.

Tabla 8: Tiempo promedio de servicio por tipo de movimiento

Tipo	# Cuadrilleros	Rango Tiempo Servicio	Eventos	Frec. Relativa	Frec. Acum.	
Carga	4 personas	De 1 a 60 Minutos	9	0.41	0.41	
		De 61 a 120 Minutos	10	0.45	0.86	
		De 121 a 180 Minutos	2	0.09	0.95	
		Mas de 181 Minutos	1	0.05	1.00	
	Total Carga			22		
Descarga	4 personas	De 1 a 60 Minutos	19	0.44	0.44	
		De 61 a 120 Minutos	15	0.35	0.79	
		De 121 a 180 Minutos	4	0.09	0.88	
		Mas de 181 Minutos	5	0.12	1.00	
	Total 4 Cuadrilleros			43		
	5 personas	De 1 a 60 Minutos	3	0.19	0.19	
		De 61 a 120 Minutos	5	0.31	0.50	
		De 121 a 180 Minutos	4	0.25	0.75	
		Mas de 181 Minutos	4	0.25	1.00	
	Total 5 Cuadrilleros			16		
	6 personas	De 1 a 60 Minutos	6	0.35	0.35	
		De 61 a 120 Minutos	6	0.35	0.71	
		De 121 a 180 Minutos	3	0.18	0.88	
		Mas de 181 Minutos	2	0.12	1.00	
	Total 6 Cuadrilleros			17		
	Total Descarga			76		
	Total general			98		

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Debido a que el objetivo del presente estudio es establecer el número óptimo de personal para realizar las operaciones de carga y descarga dentro de la almacenera, es necesario abordar los tiempos de servicio de manera de diferenciada tanto en carga como en descarga; así como el número de personas utilizadas en cada escenario. Por tanto, se identifican 4 variables:

1. **Variable #1** : Carga de Contenedores - 4 cuadrilleros
2. **Variable #2** : Descarga de Contenedores - 4 cuadrilleros
3. **Variable #3** : Descarga de Contenedores - 5 cuadrilleros
4. **Variable #4** : Descarga de Contenedores - 6 cuadrilleros

El número de andenes disponibles para realizar las operaciones de carga y descarga son tres; sin embargo, esto no significa que deban operar los tres al mismo tiempo, sino que también será parte del análisis al momento de la simulación.

C.1) Tiempo de servicio – Carga con 4 Cuadrilleros

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% de confianza para la media que se muestran en la Tabla 9, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de carga de un contenedor en el andén es de 76.90 minutos.
- ✓ El tiempo de carga tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 38.39 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en el andén es de 30 minutos, con un máximo de tiempo de permanencia de 190 minutos, equivalente a 3.16 horas.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en el andén durante su atención hasta 71.5 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.19 horas y el 75% de los contenedores permanece en andén hasta 90 minutos (tercer cuartil), es decir 1.50 horas.

Tabla 9: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la Carga con 4 Cuadrilleros

Media	76.9091
Desv. Est.	38.3976
Varianza	1474.3723
Curtosis	2.2668
N	22
Mínimo	30
1er. Cuartil	50
Mediana	71.5
3er. Cuartil	90
Máximo	190
Intervalo de confianza del 95% para la Media	
Lim. Inf.	Lim. Sup.
60.8641	92.9541

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

A primera vista, parece que los datos reagrupados en los rangos de atención en el andén, se distribuyen de manera normal. Para determinar el tipo de distribución al que se ajusta el tiempo de atención en el andén cuando se realiza la operación de carga con 4 cuadrilleros, se realizó la prueba de bondad de ajuste con las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos observados se ajustan a una distribución N (76.90 ,
1474.37)

vs.

H₁: No es cierto Ho

Para este contraste de hipótesis se utiliza una prueba K-S (Kolmogorov-Smirnov), utilizando los datos de media y varianza estimados a partir de los datos recolectados (Tabla 9).

Tabla 10: Cálculo del estadístico K-S para carga con 4 cuadrilleros

Lim. Inferior	Lim. Superior	Frec. Observada	Frec. Obs. Relativa	Frec. Obs. Acum.	Frec. Esperada. Acum.	Frec. Obs. Acum. - Frec. Esp. Acum
30	45	5	0.23	0.23	0.20	0.02
45	60	4	0.18	0.41	0.33	0.08
60	75	4	0.18	0.59	0.48	0.11
75	90	4	0.18	0.77	0.63	0.14
90	105	2	0.09	0.86	0.77	0.10
105	120	0	0.00	0.86	0.87	0.01
120	135	2	0.09	0.95	0.93	0.02
135	150	0	0.00	0.95	0.97	0.02
150	165	0	0.00	0.95	0.99	0.03
165	180	0	0.00	0.95	1.00	0.04
180	195	1	0.05	1.00	1.00	0.00
		22				

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Con un nivel de significancia del 5% y n=22 grados de libertad, se identifica en la Tabla Test K-S (Anexo #1) el valor correspondiente; y se procede a comparar versus el estadístico K-S obtenido:

$$K-S_{[0.05,22]} = 0.28 > K-S_{Estimado} = 0.14$$

Debido a que el estadístico K-S calculado en la Tabla 10 es inferior al obtenido de la Tabla K-S, concluimos que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, es posible ajustar los datos de carga con 4 cuadrilleros a una distribución normal con media 76.90 minutos y varianza 1474.37 minutos.

C.2) Tiempo de servicio – Descarga con 4 Cuadrilleros

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% de confianza para la media que se muestran en la Tabla 11, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de descarga de un contenedor en el andén es de 101.32 minutos, lo que equivale a 1.68 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de descarga tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 92.71 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en el andén es de 15 minutos, con un máximo de tiempo de permanencia de 473 minutos, equivalente a 7.88 horas.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en el andén durante su atención hasta 70 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.16 horas y el 75% de los contenedores permanece en andén hasta 105 minutos (tercer cuartil), es decir 1.75 horas.
- ✓ La distribución de los datos recolectados es una curva leptocúrtica ($c > 0 \rightarrow c=6.32$).

Tabla 11: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la Descarga con 4 Cuadrilleros

Media	101.3256
Desv. Est.	92.7153
Varianza	8596.1296
Curtosis	6.3285
N	53
Mínimo	15
1er. Cuartil	49
Mediana	70
3er. Cuartil	105
Máximo	473
Intervalo de confianza del 95% para la Media	
Lim. Inf.	Lim. Sup.
76.3646	126.2866

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

A primera vista, parece que los datos reagrupados en los rangos de atención en el andén, se distribuyen de manera normal. Para determinar el tipo de distribución al que se ajusta el tiempo de atención en el andén cuando se realiza la operación de descarga con 4 cuadrilleros, se realizó la prueba de bondad de ajuste con las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos observados se ajustan a una distribución $N (101.32 , 8596.12)$

vs.

H₁: No es cierto Ho

Para este contraste de hipótesis se utiliza una prueba K-S (Kolmogorov-Smirnov), utilizando los datos estimados a partir de los datos recolectados (Tabla 11).

Tabla 12: Cálculo del estadístico K-S para descarga con 4 cuadrilleros

Lim. Inferior	Lim. Superior	Frec. Observada	Frec. Obs. Relativa	Frec. Obs. Acum.	Frec. Esperada. Acum.	Frec. Obs. Acum. - Frec. Esp. Acum
15	51	15	0.35	0.349	0.294	0.055
51	87	12	0.28	0.628	0.439	0.189
87	123	7	0.16	0.791	0.592	0.198
123	159	2	0.05	0.837	0.733	0.104
159	195	2	0.05	0.884	0.844	0.040
195	231	1	0.02	0.907	0.919	0.012
231	267	0	0.00	0.907	0.963	0.056
267	303	2	0.05	0.953	0.985	0.032
303	339	0	0.00	0.953	0.995	0.041
339	375	1	0.02	0.977	0.998	0.022
375	411	0	0.00	0.977	1.000	0.023
411	447	0	0.00	0.977	1.000	0.023
447	483	1	0.02	1.000	1.000	0.000
		43				

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Con un nivel de significancia del 5% y n=43 grados de libertad, se identifica en la Tabla Test K-S (Anexo #1) el valor correspondiente; y se procede a comparar versus el estadístico K-S obtenido:

$$K - S_{[0.05, 43]} = 0.203 > K - S_{Estimado} = 0.198$$

Debido a que el estadístico K-S calculado en la Tabla 12 es inferior al obtenido de la Tabla K-S, concluimos que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, es posible ajustar los datos de descarga con 4 cuadrilleros a una distribución normal con media 101.32 minutos y varianza 8596.12 minutos.

C.3) Tiempo de servicio – Descarga con 5 Cuadrilleros

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% de confianza para la media que se muestran en la Tabla 13, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de descarga de un contenedor en el andén es de 133.75 minutos, lo que equivale a 2.23 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de descarga tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 70.64 minutos.

- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en el andén es de 47 minutos, con un máximo de tiempo de permanencia de 255 minutos, equivalente a 4.25 horas.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en el andén durante su atención hasta 140 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 2.33 horas y el 75% de los contenedores permanece en andén hasta 184 minutos (tercer cuartil), es decir 3.06 horas.
- ✓ La distribución de los datos recolectados es una curva platicurtica ($c < 0 \rightarrow c = -1.51$).

Tabla 13: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la Descarga con 5 Cuadrilleros

Media	133.7500
Desv. Est.	70.6423
Varianza	4990.3333
Curtosis	-1.5191
N	16
Mínimo	47
1er. Cuartil	69
Mediana	140
3er. Cuartil	184
Máximo	255
Intervalo de confianza del 95% para la Media	
Lim. Inf.	Lim. Sup.
99.1359	168.3641

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

A primera vista, parece que los datos reagrupados en los rangos de atención en el andén, se distribuyen de manera normal. Para determinar el tipo de distribución al que se ajusta el tiempo de atención en el andén cuando se realiza la operación de descarga con 5 cuadrilleros, se realizó la prueba de bondad de ajuste con las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos observados se ajustan a una distribución N (133.75 ,
4990.03)

vs.

H₁: No es cierto Ho

Para este contraste de hipótesis se utiliza una prueba K-S (Kolmogorov-Smirnov), y utilizando los datos estimados a partir de los datos recolectados (Tabla 13).

Tabla 14: Cálculo del estadístico K-S para descarga con 5 cuadrilleros

Lim. Inferior	Lim. Superior	Frec. Observada	Frec. Obs. Relativa	Frec. Obs. Acum.	Frec. Esperada. Acum.	Frec. Obs. Acum. - Frec. Esp. Acum
47	68	4	0.25	0.250	0.176	0.074
68	89	3	0.19	0.438	0.263	0.174
89	110	0	0.00	0.438	0.368	0.069
110	131	1	0.06	0.500	0.484	0.016
131	152	0	0.00	0.500	0.602	0.102
152	173	2	0.13	0.625	0.711	0.086
173	194	2	0.13	0.750	0.803	0.053
194	215	2	0.13	0.875	0.875	0.000
215	236	1	0.06	0.938	0.926	0.011
236	257	1	0.06	1.000	0.959	0.041
		16				

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Con un nivel de significancia del 5% y n=16 grados de libertad, se identifica en la Tabla Test K-S (Anexo #1) el valor correspondiente; y se procede a comparar versus el estadístico K-S obtenido:

$$K - S_{[0.05, 16]} = 0.327 > K - S_{Estimado} = 0.174$$

Debido a que el estadístico K-S calculado en la Tabla 14 es inferior al obtenido de la Tabla K-S, concluimos que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, es posible ajustar los datos de descarga con 5 cuadrilleros a una distribución normal con media 133.75 minutos y varianza 4990.33 minutos.

C.4) Tiempo de servicio – Descarga con 6 Cuadrilleros

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% de confianza para la media que se muestran en la Tabla 15, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de descarga de un contenedor en el andén es de 106.00 minutos, lo que equivale a 1.76 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de descarga tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 80.38 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en el andén es de 15 minutos, con un máximo de tiempo de permanencia de 315 minutos, equivalente a 5.25 horas.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en el andén durante su atención hasta 71 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.18 horas y el 75% de los contenedores permanece en andén hasta 130 minutos (tercer cuartil), es decir 2.16 horas. La distribución de los datos recolectados es una curva leptocurtica ($c > 0 \rightarrow c=2.09$).

Tabla 15: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para la media de la Descarga con 6 Cuadrilleros

Media	106.0000
Desv. Est.	80.3803
Varianza	6461.0000
Curtosis	2.0902
N	17
Mínimo	15
1er. Cuartil	52
Mediana	71
3er. Cuartil	130
Máximo	315
Intervalo de confianza del 95% para la Media	
Lim. Inf.	Lim. Sup.
67.7903	144.2097

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

A primera vista, parece que los datos reagrupados en los rangos de atención en el andén, se distribuyen de manera normal. Para determinar el tipo de distribución al que se ajusta el tiempo de atención en el andén cuando se realiza la operación de descarga con 6 cuadrilleros, se realizó la prueba de bondad de ajuste con las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos observados se ajustan a una distribución N (106.00 ,
6461.00)

vs.

H₁: No es cierto Ho

Para este contraste de hipótesis se utiliza una prueba K-S (Kolmogorov-Smirnov), utilizando los datos estimados a partir de los datos recolectados (Tabla 15).

Tabla 16: Cálculo del estadístico K-S para descarga con 6 cuadrilleros

Lim. Inferior	Lim. Superior	Frec. Observad	Frec. Obs. Relativa	Frec. Obs. Acum.	Frec. Esperada. Acum.	Frec. Obs. Acum. - Frec. Esp. Acum
15	45	2	0.12	0.118	0.224	0.106
45	75	7	0.41	0.529	0.350	0.180
75	105	1	0.06	0.588	0.495	0.093
105	135	4	0.24	0.824	0.641	0.183
135	165	0	0.00	0.824	0.769	0.055
165	195	1	0.06	0.882	0.866	0.016
195	225	0	0.00	0.882	0.931	0.048
225	255	0	0.00	0.882	0.968	0.086
255	285	1	0.06	0.941	0.987	0.046
285	315	1	0.06	1.000	0.995	0.005
		17				

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Con un nivel de significancia del 5% y n=17 grados de libertad, se identifica en la Tabla Test K-S (Anexo #1) el valor correspondiente; y se procede a comparar versus el estadístico K-S obtenido:

$$K - S_{[0.05,17]} = 0.318 > K - S_{Estimado} = 0.183$$

Debido a que el estadístico K-S calculado en la Tabla 16 es inferior al obtenido de la Tabla K-S, concluimos que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, es posible ajustar los datos de descarga con 6 cuadrilleros a una distribución normal con media 106.00 minutos y varianza 6461.00 minutos.

3.6.3. DESCRIPCIÓN DE LA COLA

El comportamiento de la cola en la matriz de la almacenera tiene las siguientes características:

a) Patrón de Llegada

De acuerdo a las pruebas realizadas a la variable tiempo entre arribos de los contenedores, se pudo identificar que el tiempo que transcurre entre el arribo de un contenedor y otro se ajusta a una distribución exponencial con media 80.42 minutos.

b) Patrón de servicio en andén

El patrón de servicio es variable, ya que depende del tipo de movimiento que se demande en el andén: Carga o Descarga; y del numero de cuadrilleros que se asignen a la operación.

c) Disciplina de la cola

Los contenedores son atendidos de modo en que llegan, es decir se atiende primero a quién llegó primero; ésta disciplina es conocida como FIFO. No existe la posibilidad que se generen “fugas” en la cola debido al tipo de mercadería que arriba a la almacenera (Régimen 70).

1. Una vez llegado el contenedor desde puerto, el mismo se lo debe descargar si o si; ya no puede regresar a puerto.

2. Una vez nacionalizada la mercadería, ésta no puede permanecer dentro del recinto calificado por SENA E dentro de la almacenera.

d) Capacidad del sistema

La capacidad del sistema es finita en razón al espacio disponible para maniobras dentro de la almacenera. No puede haber más de 20 cabezales con su respectivo contenedor al mismo tiempo dentro de la almacenera.

e) Número de canales de servicio

Es multicanal con una sola cola de espera. En la matriz principal de la almacenera se tienen disponibles un máximo de 3 andenes para el desarrollo de las operaciones de carga o descarga de contenedores durante el horario de atención.

f) Número de etapas de servicio

En el mapa de procesos de la almacenera se identifican hasta tres etapas en el servicio de descarga y una sola para el servicio de carga.

1. En Descarga:

- a. Retiro de satelital por parte de la empresa autorizada por SENA E.
- b. Presencia del delegado del cliente antes del inicio de la descarga.
- c. Disponibilidad de andén e inicio de descarga previo cumplimiento de los puntos a y b.

2. En Carga:

- a. Presencia del delegado del cliente antes del inicio de la carga.
- b. Disponibilidad de andén e inicio de carga previo cumplimiento del punto a.

CAPÍTULO IV

1.1. SIMULACIÓN

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SIMULADO

Se realizó la simulación del sistema de la cola de espera previo a la atención en andenes, observado en la matriz principal de la Almacenera, para determinar el número óptimo de personas para las operaciones de carga y descarga.

Se simularon un total de 66 días con 8 horas laborales por día, que son el equivalente a los tres meses de observación utilizados para el levantamiento de información (Meses de aprox. 22 días laborables; es decir, sin sábados ni domingos).

Los parámetros de la simulación se hicieron en base a los hallazgos realizados en el capítulo #3, donde se determinó que tanto el tiempo entre arribos como los tiempos de servicio en andén, se ajustan a distribuciones de probabilidad conocidas. Para realizar la simulación se utilizó el software ProModel. El sistema está compuesto por:

- Una sola cola de espera de contenedores. Se atiende de acuerdo al orden de llegada.
- Horario de trabajo: se consideró el horario de atención normal que es de Lunes a Viernes desde las 08H30 hasta las 17H15.
- Factor número de andenes: se hará la simulación para 1, 2 y 3 andenes.
- Variables: Tiempo entre arribos, tipo de movimiento y tiempos de servicio por tipo de movimiento y número de cuadrilleros.
- En el sistema simulado no existen “Fugas”; es decir, una vez llegado el contenedor a la Almacenera éste debe ser cargado

o descarga sin excepción. Ya que los contenedores no pueden ser devueltos al puerto en los casos de descarga, ni puede permanecer la mercadería nacionalizada dentro un espacio calificado como afianzado por aduana.

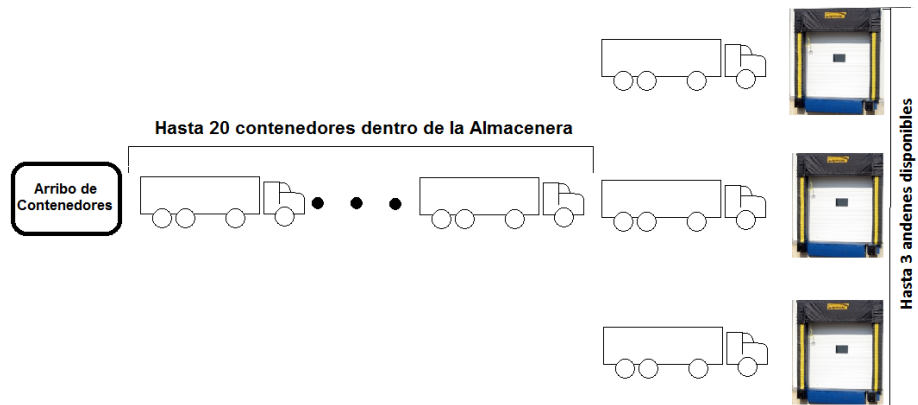


Figura 4: Sistema de cola para atención de contenedores en la Almacenera

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

En este modelo las variables de entrada son: tiempo entre arribos y tipo de movimiento (carga / descarga), luego de la aplicación de las fórmulas correspondientes en ProModel, se tiene como variables de salida: Tiempo de espera en la cola y Tiempo total en la Almacenera. Para la simulación del tiempo de servicio por tipo de movimiento se debe considerar:

- Que pueden existir hasta 3 andenes disponibles para realizar las operaciones de carga y descarga.
- Que se pueden conformar cuadrillas con 4, 5 o 6 personas al momento de la descarga, de acuerdo a lo observado en la Tabla 8.
- Que a pesar de que la carga de contenedores se puede realizar solo con 4 personas, se considera que los andenes deben tener el personal suficiente para atender cualquiera de los dos tipos de movimientos que se presenten.

Tabla 17: Escenarios a considerarse para la Simulación

# Andenes	Tipo Movimiento	Número posible de integrantes en una cuadrilla (4 / 5 / 6 personas)		
Andén A	Carga / Descarga	4	5	6
		4 personas Escenario # 1	5 personas Escenario # 2	6 personas Escenario # 3
Andén A Andén B	Carga / Descarga	4	5	6
		4	5	6
		8 personas Escenario # 4	10 personas Escenario # 5	12 personas Escenario # 6
Andén A Andén B Andén C	Carga / Descarga	4	5	6
		4	5	6
		4	5	6
		12 personas Escenario # 7	15 personas Escenario # 8	18 personas Escenario # 9

Fuente: Almacenera
Autor: Gabriel Palacios

1.1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MODELO POR ESCENARIO

4.1.2.1) ATENCION CON UN SOLO ANDÉN Y 4 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 18, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 82.01 minutos, lo que equivale a 1.36 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 50.87 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de 0 minutos; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.

- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 79.23 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.32 horas y el 75% de los contenedores permanece cola de espera hasta 131.44 minutos (tercer cuartil), es decir 2.19 horas.
- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 174.41 minutos, lo que equivale a 2.90 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 84.33 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 171.33 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 2.85 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 232.06 minutos (tercer cuartil), es decir 3.86 horas.

Tabla 18: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 1 Andén con 4 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	
Media	82.0194	174.4182	
Desv. Est.	58.8712	84.3362	
Varianza	3465.8158	7112.5902	
Curtosis	-0.9300	-0.3444	
N	66	66	
Mínimo	0.00	0.00	
1er. Cuartil	25.46	120.08	
Mediana	79.23	171.33	
3er. Cuartil	131.44	232.06	
Máximo	223.03	380.04	
Intervalo de confianza del 95% para la Media			
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
67.8164	96.2223	154.0716	194.7647

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con un solo andén y 4 cuadrilleros para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 19:

Tabla 19: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 1 Andén con 4 cuadrilleros

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	15	0.227	0.227
De 1 a 3 unidades	30	0.455	0.682
De 4 a 6 unidades	17	0.258	0.939
7 o más unidades	4	0.061	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera
Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.2) ATENCION CON UN SOLO ANDÉN Y 5 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 20, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 84.60 minutos, lo que equivale a 1.41 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 59.67 minutos.

- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de al menos 1 minuto; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 79.76 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.32 horas y el 75% de los contenedores permanece cola de espera hasta 120.87 minutos (tercer cuartil), es decir 2.01 horas.
- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 190.01 minutos, lo que equivale a 3.16 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 79.88 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 175.31 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 2.92 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 254.21 minutos (tercer cuartil), es decir 4.23 horas.

Tabla 10: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 1 Andén con 5 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	
Media	84.6059	190.0135	
Desv. Est.	59.6703	79.8824	
Varianza	3560.5467	6381.2049	
Curtosis	0.3481	0.2206	
N	66	66	
Mínimo	0.83	0.83	
1er. Cuartil	35.98	130.76	
Mediana	79.76	175.31	
3er. Cuartil	120.87	254.21	
Máximo	279.03	437.68	
Intervalo de confianza del 95% para la Media			
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
70.2102	99.0017	170.7414	209.2855

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con un solo andén y 5 cuadrilleros para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 21:

**Tabla 21: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular –
Simulación de 1 Andén con 5 cuadrilleros**

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 1 Andén con 5 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	14	0.212	0.212
De 1 a 3 unidades	31	0.470	0.682
De 4 a 6 unidades	17	0.258	0.939
7 o más unidades	4	0.061	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.3) ATENCION CON UN SOLO ANDÉN Y 6 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 22, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 77.58 minutos, lo que equivale a 1.29 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 56.72 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de al menos 1 minuto; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 78.59 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.30 horas y el 75% de los contenedores permanece cola de espera hasta 112.32 minutos (tercer cuartil), es decir 1.87 horas.
- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de

169.28 minutos, lo que equivale a 2.82 horas aproximadamente.

- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 81.14 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 164.45 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 2.74 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 227.14 minutos (tercer cuartil), es decir 3.78 horas.

Tabla 22: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 1 Andén con 6 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	
Media	77.5845	169.2884	
Desv. Est.	56.7210	81.1483	
Varianza	3217.2695	6585.0439	
Curtosis	-0.5581	-0.7035	
N	66	66	
Mínimo	0.83	32.11	
1er. Cuartil	31.44	107.87	
Mediana	78.59	164.45	
3er. Cuartil	112.32	227.14	
Máximo	211.38	361.54	
Intervalo de confianza del 95% para la Media			
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
63.9003	91.2687	149.7109	188.8658

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con un solo andén y 6 cuadrilleros para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 23:

Tabla 23: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 1 Andén con 6 cuadrilleros

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 1 Andén con 6 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	22	0.333	0.333
De 1 a 3 unidades	30	0.455	0.788
De 4 a 6 unidades	12	0.182	0.970
7 o más unidades	2	0.030	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.4) ATENCION CON DOS ANDENES Y 8 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 24, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 15.70 minutos.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 22.01 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de al menos 1 minuto; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 7.55 minutos (valor de la mediana) y el 75% de los

contenedores permanece cola de espera hasta 22.23 minutos (tercer cuartil).

- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 101.06 minutos, lo que equivale a 1.68 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 41.13 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 96.20 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.60 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 124.18 minutos (tercer cuartil), es decir 2.06 horas.

Tabla 24: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación 2 Andenes con 8 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	
Media	15.7072	101.0647	
Desv. Est.	22.0090	41.1384	
Varianza	484.3944	1692.3681	
Curtosis	4.5745	-0.1776	
N	66	66	
Mínimo	0.83	23.00	
1er. Cuartil	0.83	72.26	
Mediana	7.55	96.20	
3er. Cuartil	22.23	124.18	
Máximo	94.35	195.49	
Intervalo de confianza del 95% para la Media			
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
10.3975	21.0170	91.1399	110.9895

Fuente: Almacenera
Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con dos andenes y 8 cuadrilleros (4 cuadrilleros por andén) para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 25:

Tabla 25: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 2 Andenes con 8 cuadrilleros

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 2 Andenes con 8 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	50	0.758	0.758
1 Unidad	9	0.136	0.894
2 Unidades	4	0.061	0.955
3 o más unidades	3	0.045	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.5) ATENCION CON DOS ANDENES Y 10 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 26, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 22.59 minutos.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 32.12 minutos.

- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de al menos 1 minuto; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 6.41 minutos (valor de la mediana) y el 75% de los contenedores permanece cola de espera hasta 32.66 minutos (tercer cuartil).
- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 121.83 minutos, lo que equivale a 2.01 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 49.96 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 117.33 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.95 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 147.46 minutos (tercer cuartil), es decir 2.45 horas.

Tabla 26: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación de 2 Andenes con 10 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	
Media	22.5935	121.8663	
Desv. Est.	32.1210	49.9622	
Varianza	1031.7613	2496.2257	
Curtosis	3.7314	0.4803	
N	66	66	
Mínimo	0.68	0.83	
1er. Cuartil	0.83	89.91	
Mediana	6.41	117.33	
3er. Cuartil	32.66	147.46	
Máximo	138.01	244.06	
Intervalo de confianza del 95% para la Media			
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
14.8441	30.3429	109.8127	133.9200

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con dos andenes y 10 cuadrilleros (5 cuadrilleros por andén) para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 27:

**Tabla 27: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular –
Simulación de 2 Andenes con 10 cuadrilleros**

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 2 Andenes con 10 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	44	0.667	0.667
1 Unidad	10	0.152	0.818
2 Unidades	4	0.061	0.879
3 o más unidades	8	0.121	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.6) ATENCION CON DOS ANDENES Y 12 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 28, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 18.22 minutos.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 25.50 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de al menos 1 minuto; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 5.85 minutos (valor de la mediana) y el 75% de los contenedores permanece cola de espera hasta 23.36 minutos (tercer cuartil).
- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 105.19 minutos, lo que equivale a 1.75 horas aproximadamente.

- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 41.48 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 95.21 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.58 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 126.79 minutos (tercer cuartil), es decir 2.10 horas.

Tabla 28: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación de 2 Andenes con 12 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	
Media	18.2201	105.1984	
Desv. Est.	25.5036	41.4803	
Varianza	650.4351	1720.6147	
Curtosis	2.9792	0.0280	
N	66	66	
Mínimo	0.83	27.63	
1er. Cuartil	0.83	76.09	
Mediana	5.85	95.21	
3er. Cuartil	23.36	126.79	
Máximo	99.34	216.09	
Intervalo de confianza del 95% para la Media			
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
12.0672	24.3730	95.1911	115.2057

Fuente: Almacenera
Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con dos andenes y 12 cuadrilleros (6 cuadrilleros por andén) para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 29:

**Tabla 29 Número de contenedores atendidos fuera de horario regular –
Simulación de 2 Andenes con 12 cuadrilleros**

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 2 Andenes con 12 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	46	0.697	0.697
1 Unidad	12	0.182	0.879
2 Unidades	4	0.061	0.939
3 o más unidades	4	0.061	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.7) ATENCION CON TRES ANDENES Y 12 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 30, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 3.75 minutos.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 6.03 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de 0 minutos; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 0.83 minutos (valor de la mediana) y el 75% de los

contenedores permanece cola de espera hasta 2.88 minutos (tercer cuartil).

- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 86.60 minutos, lo que equivale a 1.44 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 35.50 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 87.10 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.46 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 111.71 minutos (tercer cuartil), es decir 1.85 horas.

Tabla 30: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación de 3 Andenes con 12 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	
Media	3.7583	86.6033	
Desv. Est.	6.0266	35.5078	
Varianza	36.3203	1260.8064	
Curtosis	3.4713	0.2106	
N	66	66	
Mínimo	0.00	0.00	
1er. Cuartil	0.83	65.61	
Mediana	0.83	87.10	
3er. Cuartil	2.88	111.71	
Máximo	22.81	168.23	
Intervalo de confianza del 95% para la Media			
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
2.3043	5.2122	78.0369	95.1697

Fuente: Almacenera
Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con tres andenes y 12 cuadrilleros (4 cuadrilleros por andén) para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 31:

Tabla 31: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular – Simulación de 3 Andenes con 12 cuadrilleros

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 3 Andenes con 12 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	62	0.939	0.939
1 Unidad	3	0.045	0.985
2 Unidades	1	0.015	1.000
3 o más unidades	0	0.000	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.8) ATENCION CON TRES ANDENES Y 15 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 32, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 6.98 minutos.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 11.73 minutos.

- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de al menos 1 minuto; es decir, existen días que los contenedores son atendidos casi inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 0.83 minutos (valor de la mediana) y el 75% de los contenedores permanece cola de espera hasta 6.17 minutos (tercer cuartil).
- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 109.98 minutos, lo que equivale a 1.81 horas aproximadamente.
- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 36.64 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 109.14 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.80 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 127.73 minutos (tercer cuartil), es decir 2.11 horas.

Tabla 32: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación de 3 Andenes con 15 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema		
Media	6.9876	109.9875		
Desv. Est.	11.7329	36.6452		
Varianza	137.6601	1342.8680		
Curtosis	3.2233	0.7749		
N	66	66		
Mínimo	0.83	0.83		
1er. Cuartil	0.83	86.67		
Mediana	0.83	109.14		
3er. Cuartil	6.17	127.73		
Máximo	47.64	206.85		
Intervalo de confianza del 95% para la Media				
Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema		
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.	
4.1570	9.8182	101.1466	118.8283	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con tres andenes y 15 cuadrilleros (5 cuadrilleros por andén) para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 33:

**Tabla 33: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular –
Simulación de 3 Andenes con 15 cuadrilleros**

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 3 Andenes con 15 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	62	0.939	0.939
1 Unidad	2	0.030	0.970
2 Unidades	1	0.015	0.985
3 o más unidades	1	0.015	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.1.2.9) ATENCION CON TRES ANDENES Y 18 CUADRILLEROS

A partir de la estadística descriptiva y de los intervalos construidos con el 95% confianza para la media que se muestran en la Tabla 34, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ El tiempo promedio de espera hasta que un contenedor sea atendido es de 3.83 minutos.
- ✓ El tiempo de espera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 6.15 minutos.
- ✓ El tiempo mínimo que permanece un contenedor en cola hasta su atención en el andén es de 0 minutos; es decir, existen días que los contenedores son atendidos inmediatamente una vez llegados a la Almacenera.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en cola de espera hasta 0.83 minutos (valor de la mediana) y el 75% de los contenedores permanece cola de espera hasta 3.19 minutos (tercer cuartil).
- ✓ El tiempo promedio que permanece un contenedor desde su arribo, cola de espera y su atención en el andén es de 85.01 minutos, lo que equivale a 1.41 horas aproximadamente.

- ✓ El tiempo de permanencia en la Almacenera tiene una variabilidad importante, ya que la desviación estándar es de 31.69 minutos.
- ✓ El 50% de los contenedores permanecen en la Almacenera hasta 88.70 minutos (valor de la mediana), lo que equivale a 1.46 horas y el 75% de los contenedores permanece en la Almacenera hasta 107.92 minutos (tercer cuartil), es decir 1.78 horas.

Tabla 34: Estadística descriptiva e intervalo de confianza para las medias del tiempo en cola y en sistema – Simulación de 3 Andenes con 18 Cuadrilleros

	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema		
Media	3.8327	85.0118		
Desv. Est.	6.1526	31.6977		
Varianza	37.8541	1004.7462		
Curtosis	2.8387	0.2467		
N	66	66		
Mínimo	0.00	0.00		
1er. Cuartil	0.83	66.35		
Mediana	0.83	88.70		
3er. Cuartil	3.19	107.92		
Máximo	21.89	150.50		
Intervalo de confianza del 95% para la Media				
	Tiempo en Cola		Tiempo en Sistema	
	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
	2.3484	5.3170	77.3646	92.6591

Fuente: Almacenera
Autor: Gabriel Palacios

Los resultados de los tiempos de espera en cola y sistema bajo el escenario de atender el arribo de contenedores con tres andenes y 18 cuadrilleros (6 cuadrilleros por andén) para las operaciones de carga y descarga, da como resultado que existan contenedores que deben ser atendidos fuera del horario regular de atención de la Almacenera.

Los costos relacionados a la atención fuera de horario junto con el resto de costos producidos durante la simulación, serán abordados en conjunto con el resto de escenarios en la sección 4.2.

El detalle de lo observado en los 3 meses de simulación se detallan en la Tabla 35:

**Tabla 35: Número de contenedores atendidos fuera de horario regular –
Simulación de 3 Andenes con 18 cuadrilleros**

Unidades atendidas fuera de horario	Eventos	Frecuencias - Atención 3 Andenes con 18 Cuadrilleros	
		Relativa	Acumulada
Cero unidades	63	0.955	0.955
1 Unidad	1	0.015	0.970
2 Unidades	2	0.030	1.000
3 o más unidades	0	0.000	1.000
Total	66	1.000	

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

1.2. EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO

Antes de empezar a proponer una función objetivo que nos permita responder a la pregunta: ¿Cuántos andenes utilizar? y también ¿Cuanto personal es necesario para atender las operaciones dentro de la Almacenera en el menor tiempo posible? Se debe analizar si dentro de cada uno de los 9 escenarios propuestos, existen diferencias significativas en el tiempo de permanencia dentro de la almacenera.

Para esto utilizaremos el análisis de varianza correspondiente sobre k escenarios; realizando el respectivo contraste de hipótesis sobre los valores de las medias de los escenarios:

H₀: Los medias de los escenarios son iguales $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

vs.

H₁: Al menos uno de los escenarios tiene una media distinta al resto

Con los resultados obtenidos en la simulación de los nueve escenarios donde se realizan las operaciones de carga y descarga de contenedores con 1, 2 o 3 andenes; y lo único que varía es el número de personas asignadas al mismo (4,5 o 6 cuadrilleros), se obtuvo la siguiente tabla ANOVA considerando el tiempo en sistema en cada escenario (Tabla #36):

Tabla 36: ANOVA sobre los 9 escenarios simulados – Tiempo en Sistema

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	835391.38	8	104423.92	31.72	<0.0001
Escenarios	835391.38	8	104423.92	31.72	<0.0001
Error	1926130.56	585	3292.53		
Total	2761521.94	593			

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Con un 5% de nivel de significancia y de acuerdo al valor p obtenido en la tabla ANOVA, si existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis Nula. Por tanto, los promedios de tiempo de permanencia de los contenedores dentro de la almacenera desde su ingreso, cola de espera y atención, difieren en al menos 1 de los 9 escenarios simulados

Considerando que el número de repeticiones en los nueve escenarios simulados (tratamientos) es el mismo (66 días laborables – Sección 4.1.1); es posible realizar una prueba de Tukey para probar todas la diferencias entre medias de cada uno de los nueve escenarios simulados e identificar cuáles son significativamente distintas entre sí.

En la Tabla #37 con un nivel de significancia de 5% se observa que los escenarios 7 y 9 son los que ofrecen mejores resultados a nivel tiempo en sistema, aunque no existen diferencias significativas con los escenarios 4, 6 y 8; adicionalmente su comportamiento (a nivel de medias) es significativamente diferente al de los otros escenarios restantes.

Tabla 37: Test de Tukey sobre los 9 escenarios simulados – Tiempo en Sistema

Test: Tukey		Alfa=0.05	DMS=31.05	
Error: 3292.53		gl: 585		
Escenarios	Medias	n	E.E.	
ES9	85.01	66	3.90	A
ES7	86.60	66	4.37	A
ES4	101.06	66	5.06	A B
ES6	105.20	66	5.11	A B
ES8	109.99	66	4.51	A B
ES5	121.87	66	6.15	B
ES3	169.29	66	9.99	C
ES1	172.17	66	10.41	C
ES2	190.01	66	9.83	C

Fuente: Almacenera
Autor: Gabriel Palacios

Este hallazgo es posible confirmarlo también en la figura 5 donde, adicionalmente a las medias, se grafican los valores del error estándar de cada escenario.

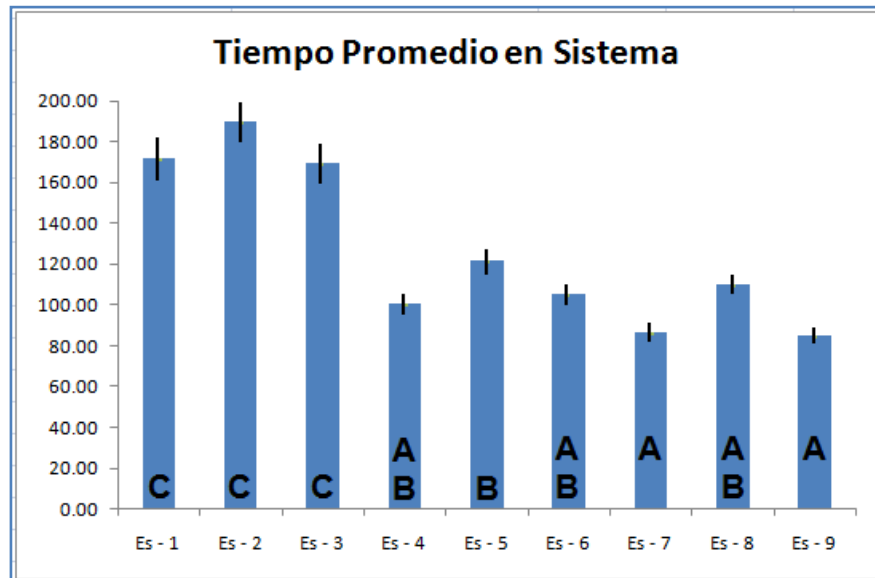


Figura 5: Gráfico de medias de tiempo en sistema y error estandar sobre los nueve escenarios simulados

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

4.3) FORMULACIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO

Debemos recordar que para el presente proyecto se busca optimizar el personal necesario para realizar las operaciones de carga y descarga dentro de la almacenera; buscando cumplir con los tiempos esperados para realizar dichas operaciones: Un contenedor no debe permanecer más 120 minutos dentro de la Almacenera; por ello, dentro de la función objetivo se penaliza, a través de costos por stand by, los escenarios que mayormente incumplen con esta métrica. Adicionalmente, se deben considerar los costos que plantea cada escenario de acuerdo a número de andenes y personal que cada uno de éstos plantee.

- 1. Costos Fijos de Personal (CFP):** Relacionados al personal de cuadrilla que se debe contratar en cada uno de los escenarios propuestos.
- 2. Costos Variables de Personal (CVP):** Relacionados al cálculo de horas extras suplementarias pagadas al personal de cuadrilla por operaciones realizadas fuera del horario regular de operación de la almacenara.
- 3. Costos Variables por Stand By (CVSB):** Relacionados al tiempo de permanencia del contenedor desde su ingreso a la almacenara, la espera en cola y el tiempo de carga/descarga. De tal forma que:
 - a.** Se cobrará un 50% adicional del flete original, en caso de que el tiempo permanencia sobrepase los 120 minutos en la almacenara. Costo \$ 85.
 - b.** Se cobrará un 100% adicional del flete original, en caso de que se realicen los movimientos de carga/descarga fuera del horario regular de la almacenara. Costo \$ 170.

Se simularon 66 días laborables equivalentes a 3 meses de 22 días laborables, considerando que la almacenara no labora los fines de semana. Los tres costos principales que plantea la Función Objetivo para este estudio son los siguientes:

$$FO = (P*CFP) + (UADH*CVSBa) + (UAFH* CVSBb) + (P*UAFH*TAA*CVP)$$

Donde,

P = Número de cuadrilleros necesarios en el escenario simulado.

CFP = Es el costo fijo que incurre la almacenara en la contratación de un cuadrillero.

UADH = Es el número de unidades atendidas dentro del horario regular, pero que se excedieron los 120 minutos de permanencia en la almacenara durante el día simulado.

CVSBa = Es el costo adicional cobrado por la compañía de transporte cuando su unidad no es atendida dentro de los 120 minutos de gracia otorgados a la almacenera para su carga o descarga.

UAFH = Es el número de unidades atendidas fuera de horario regular durante el día simulado.

CVSBb = Es el costo adicional cobrado por la compañía de transporte cuando su unidad no es atendida dentro del horario regular de la almacenera; lo involucra que dicha unidad deba esperar hasta el día siguiente para entregar el contenedor vacío al patio correspondiente.

TAA = Tiempo promedio de atención en andén de un contenedor durante el día simulado.

CVP = Es el costo variable que incurre la almacenera, cuando debe pagarle al cuadrillero los costos generados por las horas trabajadas fuera del horario regular.

Para la selección del mejor escenario simulado se debe considerar:

$$\text{Mínimo} \rightarrow (FO1, FO2, \dots, FO9)$$

Se busca identificar los escenarios que generaron los menores costos en los días simulados para los mismos; considerando los costos fijos y variables descritos anteriormente. El detalle del cálculo de la función objetivo se puede revisar en el Anexo #2.

4.4) ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Realizada la simulación de 66 días laborables (8 horas x día), en cada uno de los nueve escenarios, se evaluó la función objetivo formulada en la sección anterior para cada día simulado individualmente. Con los valores calculados se realiza un Análisis de Varianza para identificar si existen diferencias significativas entre las medias de cada escenario.

Para esto utilizaremos el análisis de varianza correspondiente sobre los k escenarios; realizando el respectivo contraste de hipótesis sobre los valores de las medias de los escenarios:

Ho: Los medias de los escenarios son iguales $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

vs.

H1: Al menos uno de los escenarios tiene una media distinta al resto

Con los resultados obtenidos en la simulación de los nueve escenarios donde se realizan las operaciones de carga y descarga de contenedores con un 1, 2 o 3 andenes; y lo único que varia es el número de personas asignadas al mismo (4,5 o 6 cuadrilleros), se obtuvo la siguiente tabla ANOVA considerando el costo operativo promedio diario en cada escenario (Tabla #38):

Tabla 38: Tabla ANOVA sobre los 9 escenarios simulados – Costos Operativos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11945897.15	8	1493237.14	9.82	<0.0001
Costo Operativo x Esc.	11945897.15	8	1493237.14	9.82	<0.0001
Error	88928325.73	585	152014.23		
Total	100874222.88	593			

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Con un 5% de nivel de significancia y de acuerdo al valor p obtenido en la tabla ANOVA, si existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis Nula. Por tanto, los costos operativos promedios diarios resultantes del servicio de atención para carga y descarga de los contenedores dentro de la almacenera, difieren en al menos 1 de los 9 escenarios simulados.

Considerando que el número de repeticiones en los nueve escenarios simulados (tratamientos) es el mismo (66 días laborables – Sección 4.1.1); es posible realizar una prueba de Tukey para probar todas la

diferencias entre medias de cada uno de los nueve escenarios simulados e identificar cuáles son significativamente distintas entre sí.

En la Tabla #39 con un nivel de significancia de 5% se observa que los escenarios 7 , 4 , 9 y 6 son los que ofrecen mejores resultados a nivel de costos operativos; adicionalmente su comportamiento (a nivel de medias) es significativamente diferente al de los otros escenarios.

Tabla 39: Test de Tukey sobre los 9 escenarios simulados – Costos Operativos

Test: Tukey		Alfa=0.05		DMS=210.98		
Error: 152014.23		gl: 585				
Escenarios	Medias	n	E.E.			
COES7	449.82	66	24.11	A		
COES4	454.49	66	42.74	A		
COES9	616.82	66	24.93	A	B	C
COES6	643.55	66	49.33	A	B	C
COES5	663.23	66	51.23		B	C D
COES8	686.39	66	38.52			C D
COES3	811.29	66	63.56			C D
COES1	817.83	66	59.20			C D
COES2	871.11	66	60.11			D

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Este hallazgo es posible confirmarlo también en la figura 6 donde, adicionalmente a las medias, se grafican los valores del error estándar de cada escenario.

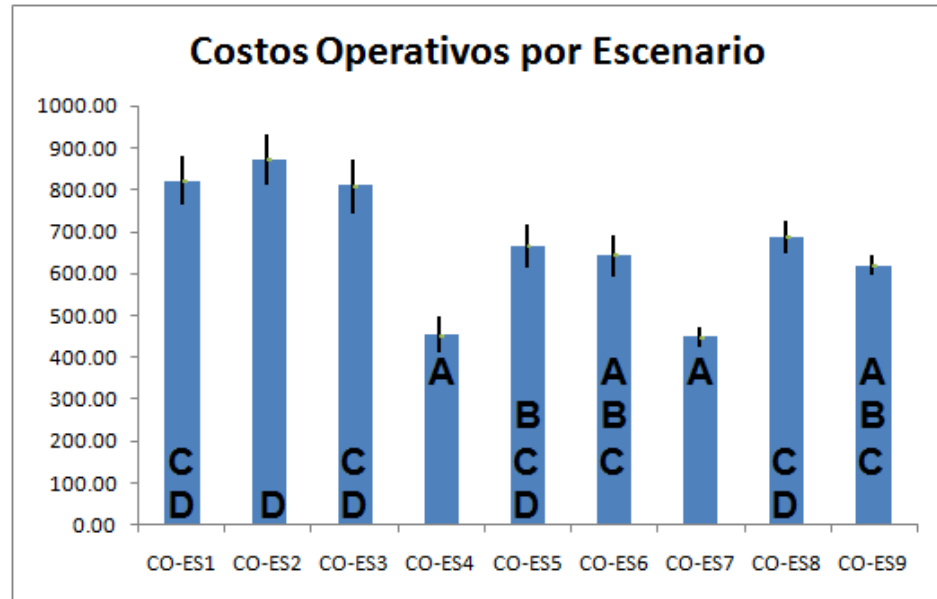


Figura 6: Gráfico de medias de costos operativos por día vs. error estándar sobre los nueve escenarios simulados

Fuente: Almacenera

Autor: Gabriel Palacios

Considerando los resultados tanto en el tiempo que permanecen los contenedores dentro de la almacenera así como los costos operativos inherentes en cada escenario propuesto, podemos establecer que:

- ✓ En ninguno de los escenarios (1,2 o 3) donde se propone la atención con un andén, ni el resultado en costos ni en tiempo en sistema, justifican considerarlos como opción válida para la atención de operaciones de carga y descarga en la almacenera.
- ✓ En 66 días de simulación, los escenarios 4 y 7 son los de menor costo para la operación de la almacenera en la atención de carga y descarga de contenedores. Recordar que el escenario 4 sugiere la atención con dos andenes y 8 cuadrilleros; mientras que el escenario 7 sugiere la atención con tres andenes y 12 cuadrilleros.
- ✓ En la tabla 39, sobre los 66 días de simulación, se evidencia que NO existen diferencias significativas en el costo operativo resultante de los escenarios 4 y 7.
- ✓ En la tabla 37, sobre los 66 días de simulación de los escenarios 4 y 7, se evidencia que SI existen diferencias significativas en el

promedio de tiempo de permanencia de los contenedores dentro de la almacenera. El promedio de tiempo de permanencia en el escenario 4 es de 101.06 minutos; mientras que en el escenario 7 el tiempo promedio de permanencia es de 86.60 minutos. En ambos casos son inferiores a los 120 minutos de gracia que otorga la empresa de transporte para las operaciones de carga o descarga de sus contenedores.

- ✓ Considerando que los resultados entre los escenarios 4 y 7, tanto en costos de operación como en tiempos de permanencia dentro de la almacenera, es el escenario 4: Atención con 2 andenes y 8 cuadrilleros - el óptimo para la atención que requiere la almacenera ya que involucra la contratación de menos personal.

CAPÍTULO V

1.1. CONCLUSIONES

- Menos del 30% de los contenedores que actualmente son atendidos dentro de la Almacenera permanece menos de 120 minutos, lo cual afecta directamente la promesa de servicio de la empresa; además de generar costos por Stand By con las compañías de transporte que contrata la Almacenera para brindar el servicio de traslado de contenedores.
- Aproximadamente el 80% de los contenedores que arriban a la Almacenera, lo hace hasta las 13:00 del día a pesar de que el horario de atención culmina a las 17:00. Este comportamiento no representa en sí una anomalía, ya que es resultado directo de variables exógenas como por ejemplo: Los turnos que con mayor frecuencia se encuentran disponibles dentro de puerto son los que se dan desde la madrugada a partir de las 03:00. Adicionalmente, parte de la operativa para poder sacar contenedores desde puerto bajo régimen 70, involucra coordinación para la colocación del candado satelital y la contratación de la custodia (aprox. 2 horas dentro del puerto).
- Se identifican distintos tipos de cuadrillas que pueden ser integradas por 4, 5 o 6 personas al momento de la descarga de contenedores, que representa el 80% de los tipos de movimiento demandados en andenes de la almacenera. No así en el momento de la carga de contenedores, que con frecuencia se lo realiza con cuadrillas integradas siempre por 4 personas.
- El tiempo entre arribos de los contenedores a la Almacenera pudo ser ajustado y simulado bajo una distribución exponencial con media 80.42 minutos.
- El escenario más conveniente para las operaciones de la Almacenera, es la contratación de 8 cuadrilleros para la atención en 2 andenes, lo

que garantiza el cumplimiento de la promesa de servicio al menos en el 70% de los casos.

- Un escenario alternativo que da buenos resultados en la parte operativa para la atención de la almacenera, se logra aumentando el número de andenes para la atención a contenedores hasta tres y sumando 4 cuadrilleros más para dicho andén (total 12 cuadrilleros). Si bien este escenario garantiza el cumplimiento de la promesa de servicio en al menos el 85% de los casos, también se debe considerar que de manera general los costos de operación no son significativamente distintos al del escenario anterior e involucra la contratación de 4 personas más.

1.2. RECOMENDACIONES

- Es importante que se haga el mismo análisis para los días no ordinarios (Sábados y Domingos) con el objetivo de determinar el número óptimo personal partiendo ahora del nuevo escenario de la empresa (2 andenes y 8 cuadrilleros). Para ello es necesario ampliar el tiempo de observación de 3 meses a un año, ya que los movimientos en días no ordinarios son poco comunes, pero si se dan.
- Dado que La almacenera no cuenta con un registro computacional de los movimientos tanto de carga como descarga que se realizan de manera diaria, se recomienda incorporar como parte del registro de ingreso o despacho de mercadería en el Sistema la información levantada en la sección 3.6
- Se recomienda revisar con las compañías de transporte, el aumento del tiempo de gracia para la carga y descarga de contenedores que actualmente es de 120 minutos. Esto bajaría los costos de stand by sin la necesidad de aumentar nuevos andenes y personal.
- Se recomienda utilizar esta herramienta como un medio de mejoramiento para los procesos de atención de la almacenera, aplicándola también a otras áreas de servicios logísticos como por

ejemplo la recepción de mercadería nacionalizada, donde actualmente el propio cliente contrata su cuadrilla.

BIBLIOGRAFÍA

- Abalo, J., Varela, J., & Rial Boubeta, A. (8 de Noviembre de 2005). *Psicothema*. Recuperado el 14 de Mayo de 2013, de <http://www.psicothema.com/pdf/3301.pdf>
- Alford, A. J. (27 de Febrero de 2011). *Prueba de Bondad de Ajuste*. Recuperado el Enero de 2015, de <http://pruebadbondaddeajuste.blogspot.com/>
- Benavides, L. (30 de Junio de 2002). *www.calidadlatina.com*. Recuperado el 28 de Mayo de 2013, de <http://www.planificar-ge.com.ar/documentos/articulos/029.pdf>
- Betancourt, Y., & Mayo, J. C. (s.f.). *Eumed.net*. Recuperado el 14 de mayo de 2013, de Universidad a Distancia: <http://www.eumed.net/ce/2010a/bama.htm>
- Coss Bu, R. (1994). *Simulación un enfoque práctico*. México: Noriega Editores.
- Galgano, A. (1995). *Los 7 Instrumentos de la Calidad Total*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Garcia, J. P. (2010). Teoría de Colas. *Teoría de Colas*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Gómez, F. A. (2008). Aplicación de Teoría de Colas en una Entidad financiera. *Revista Universidad EAFIT*, 51-63.
- Grijalva, Y. E. (2009). *Metodos Cuantitativos para los Negocios*. Recuperado el 17 de septiembre de 2014, de <http://uplamcdn.files.wordpress.com/2009/04/libro-cap-08.pdf>
- Guasch, A. (2009). *Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). (J. Mares Chacón, Ed.) México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2006). *Dirección Estratégica*. Madrid: Pearson Educación.
- Martínez, C. (2005). *Estadísticas y Muestreo*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Martínez, M., & Marí, M. (s.f.). *Universidad Politécnica de Valencia*. Recuperado el 04 de 04 de 2014, de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7937/Distribucion%20Poisson.pdf?sequence=3>
- Moya, M. (2010). Simulación de un proceso de Poisson no estacionario usando la metodología thinning. *Tecnología en Marcha*, 68-80.

ANEXOS

ANEXO #1: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES – ESTADISTICO K-S

n	Test de Kolmogorov-Smirnov							
	Nivel de significación α							
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.90000	0.95000	0.97500	0.99000	0.99500	0.99750	0.99900	0.99950
2	0.68337	0.77639	0.84189	0.90000	0.92929	0.95000	0.96838	0.97764
3	0.56481	0.63604	0.70760	0.78456	0.82900	0.86428	0.90000	0.92065
4	0.49265	0.56522	0.62394	0.68887	0.73424	0.77639	0.82217	0.85047
5	0.44698	0.50945	0.56328	0.62718	0.66853	0.70543	0.75000	0.78137
6	0.41037	0.46799	0.51926	0.57741	0.61661	0.65287	0.69571	0.72479
7	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	0.60975	0.65071	0.67930
8	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	0.57429	0.61368	0.64098
9	0.33910	0.38746	0.43001	0.47960	0.51332	0.54443	0.58210	0.60846
10	0.32260	0.36866	0.40925	0.45562	0.48893	0.51872	0.55500	0.58042
11	0.30829	0.35242	0.39122	0.43670	0.46770	0.49539	0.53135	0.55588
12	0.29577	0.33815	0.37543	0.41918	0.44905	0.47672	0.51047	0.53422
13	0.28470	0.32549	0.36143	0.40362	0.43247	0.45921	0.49189	0.51490
14	0.27481	0.31417	0.34890	0.38970	0.41762	0.44352	0.47520	0.49753
15	0.26589	0.30397	0.33750	0.37713	0.40420	0.42934	0.45611	0.48182
16	0.25778	0.29472	0.32733	0.36571	0.39201	0.41644	0.44637	0.46750
17	0.25039	0.28627	0.31796	0.35528	0.38086	0.40464	0.43380	0.45540
18	0.24360	0.27851	0.30936	0.34569	0.37062	0.39380	0.42224	0.44234
19	0.23735	0.27136	0.30143	0.33685	0.36117	0.38379	0.41156	0.43119
20	0.23156	0.26473	0.29408	0.32866	0.35241	0.37451	0.40165	0.42085
21	0.22517	0.25858	0.28724	0.32104	0.34426	0.36588	0.39243	0.41122
22	0.22115	0.25283	0.28087	0.31394	0.33666	0.35782	0.38382	0.40223
23	0.21646	0.24746	0.27491	0.30728	0.32954	0.35027	0.37575	0.39380
24	0.21205	0.24242	0.26931	0.30104	0.32286	0.34318	0.36787	0.38588
25	0.20790	0.23768	0.26404	0.29518	0.31657	0.33651	0.36104	0.37743
26	0.20399	0.23320	0.25908	0.28962	0.30963	0.33022	0.35431	0.37139
27	0.20030	0.22898	0.25438	0.28438	0.30502	0.32425	0.34794	0.36473
28	0.19680	0.22497	0.24993	0.27942	0.29971	0.31862	0.34190	0.35842
29	0.19348	0.22117	0.24571	0.27471	0.29466	0.31327	0.33617	0.35242
30	0.19032	0.21756	0.24170	0.27023	0.28986	0.30818	0.33072	0.34672
31	0.18732	0.21412	0.23788	0.26596	0.28529	0.30333	0.32553	0.34129
32	0.18445	0.21085	0.23424	0.26189	0.28094	0.29870	0.32058	0.33611
33	0.18171	0.20771	0.23076	0.25801	0.27577	0.29428	0.31584	0.33115
34	0.17909	0.21472	0.22743	0.25429	0.27271	0.29005	0.31131	0.32641
35	0.17659	0.20185	0.22425	0.25073	0.26897	0.28600	0.30597	0.32187
36	0.17418	0.19910	0.22119	0.24732	0.26532	0.28211	0.30281	0.31751
37	0.17188	0.19646	0.21826	0.24404	0.26180	0.27838	0.29882	0.31333
38	0.16966	0.19392	0.21544	0.24089	0.25843	0.27483	0.29498	0.30931
39	0.16753	0.19148	0.21273	0.23785	0.25518	0.27135	0.29125	0.30544
40	0.16547	0.18913	0.21012	0.23494	0.25205	0.26803	0.28772	0.30171
41	0.16349	0.18687	0.20760	0.23213	0.24904	0.26482	0.28429	0.29811
42	0.16158	0.18468	0.20517	0.22941	0.24613	0.26173	0.28097	0.29465
43	0.15974	0.18257	0.20283	0.22679	0.24332	0.25875	0.27778	0.29130
44	0.15795	0.18051	0.20056	0.22426	0.24060	0.25587	0.27468	0.28806
45	0.15623	0.17856	0.19837	0.22181	0.23798	0.25308	0.27169	0.28493
46	0.15457	0.17665	0.19625	0.21944	0.23544	0.25038	0.26880	0.28190
47	0.15295	0.17481	0.19420	0.21715	0.23298	0.24776	0.26600	0.27896
48	0.15139	0.17301	0.19221	0.21493	0.23059	0.24523	0.26328	0.27611
49	0.14987	0.17128	0.19028	0.21281	0.22832	0.24281	0.26069	0.27339
50	0.14840	0.16959	0.18841	0.21068	0.22604	0.24039	0.25809	0.27067
n>50	1.07	1.22	1.36	1.52	1.63	1.73	1.85	1.95
	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$

ANEXO #2: CALCULO DE COSTOS OPERATIVOS (F.O.) POR ESCENARIO

Día	Escenario #1					Escenario #2				
	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo
1	236.80	91.72	5	4	\$ 1,384.62	236.62	91.72	5	4	\$ 1,433.27
2	50.84	46.21	0	3	\$ 121.24	63.77	59.13	0	3	\$ 151.55
3	152.63	74.51	1	4	\$ 643.16	174.21	87.50	1	4	\$ 679.05
4	257.74	102.47	2	4	\$ 834.03	263.29	102.47	2	4	\$ 872.54
5	71.60	70.77	0	4	\$ 121.24	92.19	90.75	0	4	\$ 151.55
6	127.79	104.37	2	4	\$ 834.64	154.38	117.14	2	4	\$ 878.40
7	282.44	146.92	5	3	\$ 1,343.77	295.91	146.92	5	3	\$ 1,403.47
8	154.46	105.18	1	3	\$ 563.07	159.64	82.96	1	4	\$ 678.14
9	115.93	73.66	2	3	\$ 484.81	148.42	107.33	2	4	\$ 874.48
10	324.94	150.26	1	2	\$ 485.28	251.81	157.86	2	3	\$ 809.69
11	333.47	154.46	5	3	\$ 1,349.81	259.69	147.07	3	2	\$ 919.79
12	140.43	120.50	0	3	\$ 376.24	176.41	109.92	1	3	\$ 598.53
13	122.62	73.30	7	4	\$ 1,733.34	164.33	105.29	2	3	\$ 788.67
14	186.48	117.01	5	3	\$ 1,319.84	114.04	66.27	3	6	\$ 701.31
15	173.66	78.05	3	4	\$ 1,008.70	243.63	155.34	5	3	\$ 1,411.89
16	48.45	41.87	1	5	\$ 297.94	172.81	83.74	2	4	\$ 865.05
17	210.97	73.97	4	6	\$ 1,358.58	294.60	167.09	8	2	\$ 1,948.90
18	254.29	147.47	7	3	\$ 1,731.41	118.81	117.98	0	2	\$ 151.55
19	380.04	157.01	6	3	\$ 1,546.97	326.44	156.41	7	3	\$ 1,815.53
20	238.97	69.01	0	6	\$ 631.24	276.13	153.45	5	2	\$ 1,325.00
21	219.11	84.78	0	4	\$ 461.24	115.86	57.29	2	5	\$ 514.46
22	220.00	181.25	1	2	\$ 490.24	96.30	69.68	1	6	\$ 335.49
23	149.00	106.44	2	3	\$ 750.30	297.01	110.57	2	4	\$ 875.78
24	243.98	104.45	5	4	\$ 1,394.80	136.55	90.26	5	3	\$ 1,346.81
25	15.97	15.14	0	1	\$ 121.24	145.67	90.77	3	5	\$ 1,141.01
26	121.02	70.90	3	4	\$ 1,005.27	170.06	94.85	2	5	\$ 954.49
27	230.43	118.24	2	3	\$ 754.08	307.94	104.56	0	4	\$ 491.55
28	346.39	157.52	1	3	\$ 571.44	255.01	97.42	1	4	\$ 681.03
29	170.82	69.27	3	5	\$ 1,089.49	437.68	158.65	3	3	\$ 1,011.74
30	273.29	95.07	4	5	\$ 1,287.08	178.11	110.71	2	4	\$ 875.84
31	171.24	67.95	2	7	\$ 1,077.98	257.30	117.12	4	3	\$ 1,180.25
32	45.66	32.54	1	5	\$ 296.45	0.83	0.00	0	1	\$ 151.55
33	82.70	81.86	0	1	\$ 121.24	228.71	122.85	4	3	\$ 1,184.83
34	171.43	91.09	0	5	\$ 546.24	132.87	78.69	2	3	\$ 778.03
35	163.12	74.46	7	3	\$ 1,649.63	187.03	100.52	7	4	\$ 1,822.28
36	133.20	70.86	2	4	\$ 823.92	101.70	68.63	1	4	\$ 335.28
37	225.42	114.09	3	3	\$ 941.01	229.83	135.85	5	3	\$ 1,392.40
38	123.24	73.52	2	4	\$ 824.77	155.66	130.05	1	3	\$ 602.56
39	99.92	88.69	2	3	\$ 489.62	109.79	91.57	2	3	\$ 528.18
40	159.91	62.19	0	5	\$ 546.24	178.90	68.52	0	5	\$ 576.55
41	105.90	91.90	2	2	\$ 490.65	105.90	91.90	2	2	\$ 528.31
42	30.06	29.23	0	1	\$ 121.24	79.66	78.82	0	1	\$ 151.55
43	195.60	90.59	5	4	\$ 1,383.71	184.72	80.69	5	5	\$ 1,507.24
44	88.61	73.03	1	4	\$ 302.92	123.01	91.20	1	4	\$ 679.79
45	268.20	111.51	6	3	\$ 1,503.29	270.50	119.24	5	3	\$ 1,375.79
46	197.23	92.71	7	5	\$ 1,840.08	221.06	108.69	8	4	\$ 2,025.45
47	251.61	89.68	4	5	\$ 1,283.63	272.49	89.68	6	5	\$ 1,704.17
48	45.88	28.27	0	6	\$ 121.24	72.00	69.49	0	4	\$ 151.55
49	212.04	65.43	5	7	\$ 1,618.59	160.56	125.01	0	2	\$ 321.55
50	140.37	78.01	0	5	\$ 546.24	322.42	140.21	4	3	\$ 1,198.72
51	223.73	94.11	3	4	\$ 1,016.41	158.70	101.85	2	4	\$ 872.29
52	266.06	135.59	1	3	\$ 567.93	138.12	113.16	0	4	\$ 491.55
53	104.98	64.59	5	5	\$ 1,022.91	164.62	81.79	5	5	\$ 1,508.34
54	230.48	127.33	3	2	\$ 862.36	236.35	163.78	2	1	\$ 642.06
55	130.38	104.24	1	4	\$ 647.92	108.68	95.94	2	4	\$ 529.92
56	117.25	99.22	2	2	\$ 492.99	232.10	116.68	4	4	\$ 1,264.90
57	66.00	56.67	0	4	\$ 121.24	105.96	86.17	0	4	\$ 151.55
58	0.00	0.00	0	0	\$ 121.24	271.00	112.31	4	4	\$ 1,261.40
59	148.45	91.75	0	4	\$ 461.24	194.93	101.42	0	4	\$ 491.55
60	251.44	158.65	2	3	\$ 767.01	188.70	140.30	1	3	\$ 604.61
61	202.73	108.62	4	4	\$ 1,210.76	318.38	158.30	5	3	\$ 1,414.85
62	198.81	121.50	4	3	\$ 1,134.00	130.06	100.03	0	3	\$ 406.55
63	282.03	134.30	5	3	\$ 1,333.68	161.91	63.53	1	7	\$ 929.26
64	174.53	107.57	1	4	\$ 648.45	279.49	150.43	4	3	\$ 1,206.89
65	45.88	32.54	1	4	\$ 296.45	210.04	107.96	1	4	\$ 683.14
66	154.46	105.18	1	4	\$ 648.07	119.59	63.42	0	5	\$ 151.55

Día	Escenario #3					Escenario #4				
	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo
1	235.21	91.72	5	4	\$ 1,481.93	75.25	61.20	0	9	\$ 242.48
2	50.84	46.21	0	3	\$ 181.86	84.12	75.64	1	6	\$ 424.58
3	157.95	78.90	1	4	\$ 710.80	69.61	68.77	0	7	\$ 242.48
4	256.36	102.47	2	4	\$ 911.04	80.43	79.60	0	4	\$ 242.48
5	75.25	74.42	0	4	\$ 181.86	84.16	69.95	1	5	\$ 423.67
6	125.56	104.04	2	4	\$ 911.80	106.85	86.48	0	8	\$ 242.48
7	284.93	146.92	5	3	\$ 1,463.16	96.24	95.41	0	4	\$ 242.48
8	107.79	63.82	0	5	\$ 181.86	170.20	130.20	0	6	\$ 752.48
9	180.74	132.40	1	3	\$ 638.64	66.58	65.74	0	4	\$ 242.48
10	254.28	146.68	2	3	\$ 847.27	75.25	74.42	0	4	\$ 242.48
11	224.05	132.78	2	2	\$ 755.60	76.33	69.96	1	6	\$ 423.67
12	139.05	138.22	0	1	\$ 266.86	133.81	102.09	1	6	\$ 938.81
13	99.45	48.17	0	7	\$ 181.86	69.71	68.87	0	6	\$ 242.48
14	329.62	118.24	4	4	\$ 1,315.37	37.25	36.42	0	6	\$ 242.48
15	60.71	59.87	0	2	\$ 181.86	123.35	107.52	1	7	\$ 1,024.68
16	282.08	119.52	5	4	\$ 1,515.29	180.07	85.73	3	9	\$ 1,558.63
17	194.56	97.92	3	4	\$ 1,102.36	99.87	96.67	0	7	\$ 242.48
18	217.28	116.04	3	4	\$ 1,115.41	193.23	192.40	0	1	\$ 327.48
19	142.26	64.13	4	4	\$ 1,263.42	71.96	61.72	0	6	\$ 242.48
20	249.36	106.85	6	4	\$ 1,695.73	165.18	164.34	0	4	\$ 582.48
21	70.41	68.88	0	4	\$ 181.86	60.52	44.97	0	8	\$ 242.48
22	180.92	85.74	0	3	\$ 436.86	125.80	102.90	0	7	\$ 837.48
23	166.16	86.77	2	4	\$ 903.51	174.60	121.71	1	6	\$ 941.95
24	156.32	99.23	0	4	\$ 521.86	124.46	113.79	0	4	\$ 582.48
25	107.43	80.17	0	4	\$ 181.86	83.05	82.22	0	3	\$ 242.48
26	221.98	156.17	2	3	\$ 851.82	64.07	54.01	0	7	\$ 242.48
27	32.11	31.28	0	1	\$ 181.86	104.63	80.67	0	4	\$ 242.48
28	124.46	74.34	3	4	\$ 1,085.38	58.08	57.24	0	9	\$ 242.48
29	228.18	118.24	2	3	\$ 833.61	38.70	37.87	0	5	\$ 242.48
30	301.52	118.14	0	4	\$ 521.86	195.49	131.61	2	6	\$ 1,134.59
31	144.99	63.47	3	4	\$ 1,077.56	111.48	110.65	0	5	\$ 242.48
32	273.60	95.07	4	5	\$ 1,378.12	124.64	123.81	0	2	\$ 412.48
33	181.06	67.95	2	7	\$ 1,149.47	73.83	73.00	0	3	\$ 242.48
34	53.18	37.72	1	5	\$ 360.91	96.16	91.70	0	6	\$ 242.48
35	89.96	89.13	0	1	\$ 181.86	23.00	22.17	0	5	\$ 242.48
36	183.05	91.10	0	5	\$ 606.86	63.09	62.25	0	5	\$ 242.48
37	162.75	74.46	7	3	\$ 1,751.95	57.53	49.80	0	9	\$ 242.48
38	138.02	74.08	2	4	\$ 897.42	125.70	81.45	3	6	\$ 1,301.58
39	198.09	88.59	2	4	\$ 904.38	116.20	115.37	0	4	\$ 242.48
40	135.33	60.23	3	6	\$ 1,245.22	193.21	102.26	3	8	\$ 1,481.56
41	202.04	112.41	2	3	\$ 830.82	70.63	69.80	0	5	\$ 242.48
42	66.65	65.81	0	1	\$ 181.86	40.08	39.25	0	4	\$ 242.48
43	60.14	52.31	1	4	\$ 364.41	172.88	85.76	1	10	\$ 1,276.20
44	109.32	60.21	1	5	\$ 366.31	96.61	95.78	0	5	\$ 242.48
45	56.24	42.21	1	5	\$ 361.99	82.09	72.51	2	7	\$ 605.68
46	252.12	126.85	5	3	\$ 1,439.08	119.59	97.17	0	3	\$ 242.48
47	329.64	211.83	3	2	\$ 1,014.38	68.84	67.80	1	4	\$ 423.33
48	228.40	94.86	8	4	\$ 2,063.99	88.72	76.79	0	11	\$ 242.48
49	158.54	77.21	2	6	\$ 1,068.92	159.27	135.08	1	4	\$ 774.09
50	43.36	42.53	0	4	\$ 181.86	41.14	40.31	0	6	\$ 242.48
51	215.70	65.43	5	7	\$ 1,705.38	112.31	111.48	0	1	\$ 242.48
52	144.55	81.65	0	5	\$ 606.86	107.77	106.94	0	4	\$ 242.48
53	223.99	97.03	3	4	\$ 1,101.72	82.54	75.17	0	8	\$ 242.48
54	261.61	135.59	1	3	\$ 639.40	108.02	93.88	0	7	\$ 242.48
55	114.34	65.45	0	4	\$ 181.86	76.91	62.00	0	10	\$ 242.48
56	178.12	85.75	5	5	\$ 1,559.76	119.22	87.18	2	7	\$ 610.38
57	67.93	55.30	0	4	\$ 181.86	122.32	78.34	0	8	\$ 922.48
58	58.15	57.32	0	3	\$ 181.86	76.44	71.73	0	8	\$ 242.48
59	194.92	109.49	1	4	\$ 718.14	101.46	79.80	0	6	\$ 242.48
60	120.31	69.43	3	4	\$ 1,081.85	125.05	113.45	0	5	\$ 667.48
61	246.28	178.19	3	1	\$ 905.15	63.82	58.05	0	8	\$ 242.48
62	361.54	157.46	5	3	\$ 1,475.81	118.85	94.75	0	4	\$ 242.48
63	167.01	94.21	3	4	\$ 1,099.69	76.73	74.56	0	8	\$ 242.48
64	89.37	87.70	0	4	\$ 181.86	73.15	72.32	0	6	\$ 242.48
65	297.81	116.70	6	4	\$ 1,709.90	150.32	108.00	0	4	\$ 582.48
66	108.11	59.48	0	5	\$ 181.86	141.84	113.13	2	5	\$ 1,043.68

**OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN PERSONAL
PARA CARGA Y DESCARGA DE CONTENEDORES**

**MAESTRÍA EN CONTROL DE
OPERACIONES Y GESTION LOGISTICA**

Día	Escenario #5					Escenario #6				
	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo
1	118.29	78.48	0	9	\$ 303.10	77.87	62.54	0	9	\$ 363.72
2	149.64	130.84	3	4	\$ 1,231.60	88.88	79.35	1	6	\$ 552.76
3	83.85	83.01	0	3	\$ 303.10	74.95	74.12	0	7	\$ 363.72
4	88.60	81.78	0	6	\$ 303.10	83.45	82.62	0	4	\$ 363.72
5	82.09	81.26	0	5	\$ 303.10	90.35	75.35	1	5	\$ 551.80
6	244.06	128.95	3	7	\$ 1,485.47	108.95	87.01	0	8	\$ 363.72
7	92.74	91.90	0	6	\$ 303.10	100.25	99.42	0	4	\$ 363.72
8	149.16	129.17	0	5	\$ 728.10	170.57	130.64	0	6	\$ 873.72
9	89.60	88.76	0	4	\$ 303.10	72.72	71.89	0	4	\$ 363.72
10	94.99	94.15	0	4	\$ 303.10	76.47	75.64	0	4	\$ 363.72
11	94.28	82.35	3	6	\$ 862.51	77.75	71.38	1	6	\$ 550.85
12	103.97	82.76	1	6	\$ 489.65	132.49	102.09	1	6	\$ 1,068.22
13	168.09	132.27	0	6	\$ 813.10	74.19	73.36	0	6	\$ 363.72
14	60.65	58.83	0	6	\$ 303.10	40.71	39.88	0	6	\$ 363.72
15	142.09	118.74	1	7	\$ 1,091.85	126.27	108.17	1	7	\$ 1,154.68
16	236.31	117.89	4	7	\$ 1,672.41	182.30	87.56	3	9	\$ 1,701.76
17	60.11	59.28	0	6	\$ 303.10	106.08	103.86	0	7	\$ 363.72
18	126.45	120.69	0	6	\$ 813.10	185.80	184.96	0	1	\$ 448.72
19	59.67	58.57	1	5	\$ 484.81	75.96	64.16	0	6	\$ 363.72
20	149.72	148.89	0	3	\$ 558.10	161.48	160.64	0	4	\$ 703.72
21	116.38	76.32	0	8	\$ 303.10	72.50	51.97	0	8	\$ 363.72
22	145.97	111.63	0	7	\$ 898.10	124.38	102.77	0	7	\$ 958.72
23	184.41	124.64	1	6	\$ 1,008.03	174.00	121.11	1	6	\$ 1,072.79
24	162.52	119.91	4	5	\$ 1,504.02	131.02	117.63	0	4	\$ 703.72
25	127.66	125.02	1	4	\$ 838.10	80.33	79.50	0	3	\$ 363.72
26	86.12	85.29	0	4	\$ 303.10	71.51	57.42	0	7	\$ 363.72
27	126.34	102.84	0	4	\$ 643.10	104.69	80.86	0	4	\$ 363.72
28	0.83	0.00	0	1	\$ 303.10	66.51	62.31	0	9	\$ 363.72
29	129.70	103.39	0	6	\$ 813.10	41.78	40.94	0	5	\$ 363.72
30	101.51	95.51	0	8	\$ 303.10	162.92	99.75	0	8	\$ 1,043.72
31	145.50	125.07	0	6	\$ 813.10	111.47	110.64	0	5	\$ 363.72
32	60.80	56.25	0	7	\$ 303.10	126.33	125.50	0	2	\$ 533.72
33	99.52	98.69	0	3	\$ 303.10	79.23	78.39	0	3	\$ 363.72
34	96.16	91.70	0	6	\$ 303.10	96.16	91.70	0	6	\$ 363.72
35	49.74	48.91	0	5	\$ 303.10	27.63	26.80	0	5	\$ 363.72
36	84.85	84.02	0	5	\$ 303.10	65.95	65.12	0	5	\$ 363.72
37	106.12	72.50	0	9	\$ 303.10	66.60	54.75	0	9	\$ 363.72
38	142.73	93.85	3	6	\$ 1,379.41	126.94	83.09	3	6	\$ 1,443.55
39	126.18	125.35	0	4	\$ 643.10	115.06	114.23	0	4	\$ 363.72
40	222.18	116.86	4	7	\$ 1,671.59	193.83	102.26	3	8	\$ 1,627.34
41	101.80	87.59	1	7	\$ 490.62	74.23	73.40	0	5	\$ 363.72
42	64.35	63.68	1	4	\$ 485.84	43.36	42.53	0	4	\$ 363.72
43	217.89	130.22	2	7	\$ 1,290.19	184.30	95.29	2	9	\$ 1,514.46
44	113.88	98.50	2	6	\$ 682.50	134.27	100.19	1	8	\$ 1,237.77
45	121.86	88.92	0	6	\$ 813.10	93.76	90.24	0	5	\$ 363.72
46	140.91	140.08	0	4	\$ 643.10	127.63	126.80	0	4	\$ 703.72
47	239.82	147.42	5	6	\$ 1,810.52	123.75	87.16	1	10	\$ 1,404.64
48	100.94	99.72	0	4	\$ 303.10	39.10	38.27	0	4	\$ 363.72
49	159.27	135.08	1	4	\$ 840.12	84.93	67.65	0	4	\$ 363.72
50	50.67	49.84	0	6	\$ 303.10	83.85	73.78	2	5	\$ 739.13
51	142.32	141.49	0	1	\$ 388.10	90.86	90.03	0	1	\$ 363.72
52	130.39	129.56	0	4	\$ 643.10	128.21	125.38	1	5	\$ 988.81
53	122.53	102.69	0	7	\$ 898.10	120.10	93.79	0	6	\$ 873.72
54	174.05	123.12	2	6	\$ 1,202.35	140.50	100.36	1	6	\$ 1,067.81
55	68.62	63.66	1	6	\$ 485.83	95.99	75.68	2	9	\$ 740.05
56	70.10	69.27	0	6	\$ 303.10	71.10	67.37	1	8	\$ 549.89
57	64.69	63.86	0	7	\$ 303.10	125.62	86.83	4	6	\$ 1,637.08
58	147.96	119.09	0	6	\$ 813.10	74.02	72.50	1	6	\$ 551.12
59	142.54	141.70	0	2	\$ 473.10	94.43	76.98	0	6	\$ 363.72
60	159.77	127.96	0	6	\$ 813.10	106.19	105.35	0	3	\$ 363.72
61	90.85	90.01	0	3	\$ 303.10	83.08	77.75	0	7	\$ 363.72
62	114.12	113.28	0	3	\$ 303.10	81.13	80.30	0	6	\$ 363.72
63	102.91	88.53	0	7	\$ 303.10	182.73	83.40	2	9	\$ 1,508.75
64	95.38	92.99	0	6	\$ 303.10	119.15	92.08	0	7	\$ 363.72
65	231.83	93.82	1	8	\$ 1,171.86	216.09	138.56	0	6	\$ 873.72
66	164.13	123.62	2	6	\$ 1,202.55	78.38	77.55	0	2	\$ 363.72

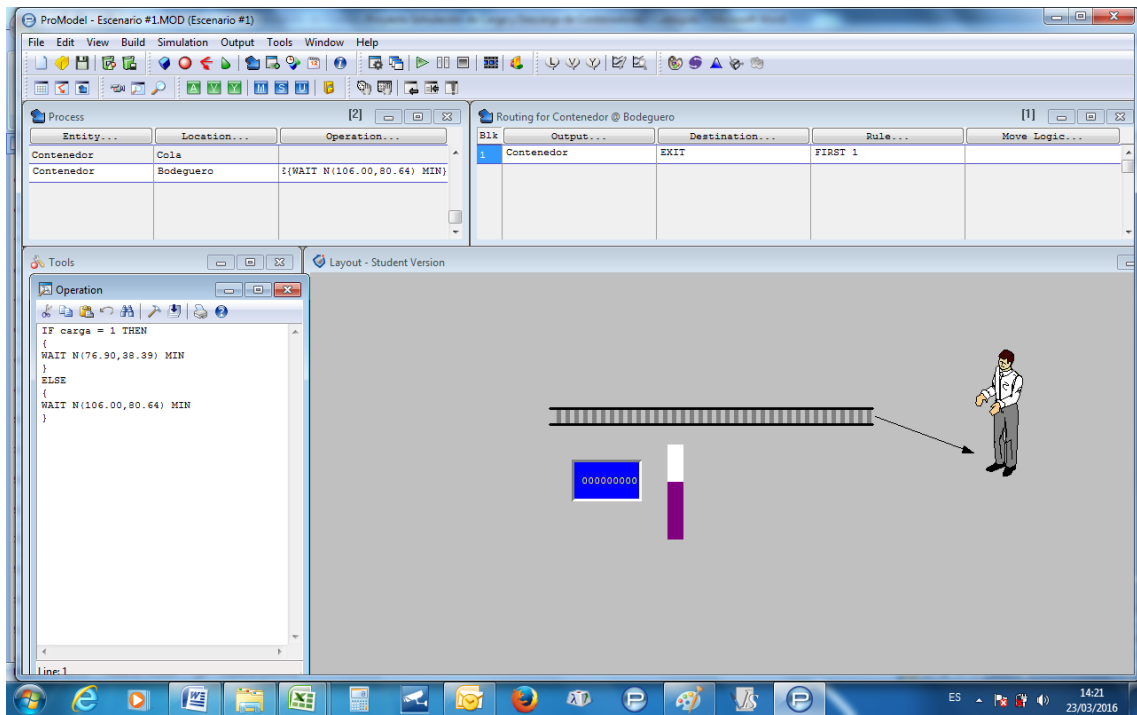
**OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN PERSONAL
PARA CARGA Y DESCARGA DE CONTENEDORES**

**MAESTRÍA EN CONTROL DE
OPERACIONES Y GESTION LOGISTICA**

Día	Escenario #7					Escenario #8				
	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	Función Objetivo
1	79.73	76.87	0	9	\$ 363.72	106.39	97.37	0	9	\$ 454.65
2	65.72	64.89	0	7	\$ 363.72	79.81	78.98	0	7	\$ 454.65
3	88.17	87.33	0	3	\$ 363.72	102.13	101.30	0	3	\$ 454.65
4	63.96	63.13	0	5	\$ 363.72	85.90	85.07	0	5	\$ 454.65
5	52.99	52.16	0	5	\$ 363.72	82.09	81.26	0	5	\$ 454.65
6	143.89	122.30	1	9	\$ 1,318.29	168.89	131.01	0	10	\$ 1,304.65
7	97.20	96.36	0	3	\$ 363.72	108.40	107.57	0	9	\$ 454.65
8	136.37	130.20	0	6	\$ 873.72	127.97	127.14	0	3	\$ 709.65
9	66.58	65.74	0	4	\$ 363.72	48.06	47.23	0	2	\$ 454.65
10	75.25	74.42	0	4	\$ 363.72	94.99	94.15	0	4	\$ 454.65
11	66.34	65.50	0	7	\$ 363.72	78.89	76.28	0	7	\$ 454.65
12	43.26	42.42	0	7	\$ 363.72	68.58	67.74	0	7	\$ 454.65
13	99.28	98.45	0	6	\$ 363.72	140.35	134.91	0	6	\$ 964.65
14	37.25	36.42	0	6	\$ 363.72	59.66	58.83	0	6	\$ 454.65
15	109.91	109.08	0	8	\$ 363.72	127.01	126.18	0	8	\$ 1,134.65
16	115.30	99.00	1	8	\$ 549.56	161.98	137.27	3	6	\$ 1,557.01
17	127.34	125.92	0	6	\$ 873.72	132.91	132.07	0	6	\$ 964.65
18	168.23	167.39	0	4	\$ 703.72	125.26	124.43	0	4	\$ 794.65
19	62.56	61.72	0	6	\$ 363.72	79.50	78.67	0	6	\$ 454.65
20	165.18	164.34	0	4	\$ 703.72	177.27	176.44	0	4	\$ 794.65
21	66.45	62.96	0	8	\$ 363.72	88.99	76.32	0	8	\$ 454.65
22	103.74	102.90	0	7	\$ 363.72	117.24	116.40	0	7	\$ 454.65
23	124.90	112.87	0	7	\$ 958.72	145.08	128.22	0	7	\$ 1,049.65
24	118.18	117.35	0	4	\$ 363.72	135.32	134.48	0	4	\$ 794.65
25	78.31	75.42	0	10	\$ 363.72	98.81	92.40	0	10	\$ 454.65
26	51.21	50.38	0	4	\$ 363.72	70.89	70.06	0	4	\$ 454.65
27	115.48	114.65	0	2	\$ 363.72	126.87	126.04	0	2	\$ 624.65
28	0.83	0.00	0	1	\$ 363.72	0.83	0.00	0	1	\$ 454.65
29	91.08	84.61	0	8	\$ 363.72	124.71	98.59	0	8	\$ 1,134.65
30	79.93	79.09	0	8	\$ 363.72	100.95	100.12	0	8	\$ 454.65
31	106.72	105.89	0	6	\$ 363.72	125.90	125.07	0	6	\$ 964.65
32	37.78	36.95	0	7	\$ 363.72	57.08	56.25	0	7	\$ 454.65
33	73.83	73.00	0	3	\$ 363.72	99.52	98.69	0	3	\$ 454.65
34	96.16	95.33	0	6	\$ 363.72	96.16	95.33	0	6	\$ 454.65
35	23.00	22.17	0	5	\$ 363.72	49.74	48.91	0	5	\$ 454.65
36	63.09	62.25	0	5	\$ 363.72	84.85	84.02	0	5	\$ 454.65
37	61.81	59.34	0	9	\$ 363.72	81.53	77.36	0	9	\$ 454.65
38	18.50	17.66	0	4	\$ 363.72	32.84	32.00	0	4	\$ 454.65
39	130.96	115.67	0	7	\$ 958.72	159.96	119.49	1	10	\$ 1,498.55
40	112.98	91.73	0	11	\$ 363.72	206.85	159.22	0	7	\$ 1,049.65
41	78.99	78.16	0	7	\$ 363.72	90.16	86.12	0	8	\$ 454.65
42	61.43	60.60	0	3	\$ 363.72	183.04	143.71	0	7	\$ 1,049.65
43	118.93	96.12	0	12	\$ 363.72	104.27	103.43	0	6	\$ 454.65
44	92.28	82.68	2	7	\$ 730.18	109.88	94.42	2	7	\$ 832.42
45	121.05	111.13	0	4	\$ 703.72	139.69	129.77	0	4	\$ 794.65
46	126.04	125.21	0	4	\$ 703.72	140.91	140.08	0	4	\$ 794.65
47	68.22	61.79	0	9	\$ 363.72	159.19	133.51	0	8	\$ 1,134.65
48	65.57	64.73	0	5	\$ 363.72	100.56	99.72	0	4	\$ 454.65
49	82.37	81.54	0	4	\$ 363.72	120.29	119.46	0	5	\$ 879.65
50	70.82	66.60	1	6	\$ 544.38	117.86	103.79	1	5	\$ 645.41
51	112.31	111.48	0	1	\$ 363.72	142.32	141.49	0	1	\$ 539.65
52	107.77	106.94	0	4	\$ 363.72	130.39	129.56	0	4	\$ 794.65
53	77.83	77.00	0	8	\$ 363.72	104.44	100.07	0	8	\$ 454.65
54	94.72	93.88	0	7	\$ 363.72	124.82	119.82	0	7	\$ 1,049.65
55	62.83	62.00	0	10	\$ 363.72	80.56	79.61	0	10	\$ 454.65
56	90.46	84.27	0	8	\$ 363.72	124.89	114.14	0	8	\$ 1,134.65
57	98.12	80.51	0	8	\$ 363.72	124.00	94.52	0	8	\$ 1,134.65
58	84.56	83.73	0	2	\$ 363.72	104.71	103.88	0	2	\$ 454.65
59	104.52	103.69	0	4	\$ 363.72	119.66	118.83	0	4	\$ 454.65
60	153.84	153.01	0	5	\$ 788.72	164.76	163.93	0	5	\$ 879.65
61	97.87	97.04	0	3	\$ 363.72	118.18	117.35	0	3	\$ 454.65
62	86.31	85.48	0	5	\$ 363.72	114.48	113.65	0	5	\$ 454.65
63	33.60	32.77	0	4	\$ 363.72	65.49	64.65	0	4	\$ 454.65
64	87.89	87.06	0	6	\$ 363.72	102.69	101.86	0	6	\$ 454.65
65	118.07	96.52	0	11	\$ 363.72	120.25	87.13	0	12	\$ 1,474.65
66	0.00	0.00	0	0	\$ 363.72	91.49	90.65	0	6	\$ 454.65

Día	Escenario #9				Función Objetivo
	Tmp. Prom. Sis.	Tmp. Prom. Anden	Und. Fuera Horario	Und. Dentro Horario	
1	82.70	78.50	0	9	\$ 545.58
2	70.43	69.60	0	7	\$ 545.58
3	88.92	88.09	0	3	\$ 545.58
4	68.15	67.32	0	5	\$ 545.58
5	58.96	58.13	0	5	\$ 545.58
6	130.20	109.70	0	10	\$ 1,395.58
7	91.70	90.87	0	9	\$ 545.58
8	99.31	98.48	0	3	\$ 545.58
9	48.06	47.23	0	2	\$ 545.58
10	76.47	75.64	0	4	\$ 545.58
11	67.55	66.72	0	7	\$ 545.58
12	48.14	47.30	0	7	\$ 545.58
13	98.90	98.07	0	6	\$ 545.58
14	40.71	39.88	0	6	\$ 545.58
15	112.09	111.26	0	8	\$ 545.58
16	131.04	113.75	2	7	\$ 1,535.18
17	109.37	108.53	0	7	\$ 545.58
18	103.97	103.14	0	6	\$ 545.58
19	38.69	37.86	0	6	\$ 545.58
20	88.48	87.64	0	2	\$ 545.58
21	57.23	51.97	0	8	\$ 545.58
22	103.60	102.77	0	7	\$ 545.58
23	126.22	113.41	0	7	\$ 1,140.58
24	117.68	116.84	0	4	\$ 545.58
25	79.45	75.94	0	10	\$ 545.58
26	55.49	54.66	0	4	\$ 545.58
27	115.13	114.30	0	2	\$ 545.58
28	0.83	0.00	0	1	\$ 545.58
29	96.75	88.72	0	8	\$ 545.58
30	84.95	84.12	0	8	\$ 545.58
31	108.48	107.65	0	6	\$ 545.58
32	39.79	38.96	0	7	\$ 545.58
33	79.23	78.39	0	3	\$ 545.58
34	96.16	95.33	0	6	\$ 545.58
35	27.63	26.80	0	5	\$ 545.58
36	65.95	65.12	0	5	\$ 545.58
37	63.64	61.41	0	9	\$ 545.58
38	21.11	20.27	0	4	\$ 545.58
39	135.31	118.70	0	7	\$ 1,140.58
40	115.63	94.29	0	11	\$ 545.58
41	81.71	80.87	0	7	\$ 545.58
42	65.51	64.67	0	3	\$ 545.58
43	117.38	95.78	0	12	\$ 545.58
44	96.75	85.37	2	7	\$ 926.56
45	121.38	111.46	0	4	\$ 885.58
46	127.63	126.80	0	4	\$ 885.58
47	72.66	65.64	0	9	\$ 545.58
48	68.25	67.41	0	5	\$ 545.58
49	84.93	84.09	0	4	\$ 545.58
50	72.53	68.31	1	6	\$ 731.97
51	115.64	114.81	0	1	\$ 545.58
52	110.40	109.57	0	4	\$ 545.58
53	82.69	81.85	0	8	\$ 545.58
54	98.32	97.49	0	7	\$ 545.58
55	65.95	65.12	0	10	\$ 545.58
56	98.29	91.50	0	8	\$ 545.58
57	102.49	83.30	0	8	\$ 545.58
58	89.10	88.27	0	2	\$ 545.58
59	106.26	105.43	0	4	\$ 545.58
60	150.50	149.67	0	5	\$ 970.58
61	97.70	96.86	0	3	\$ 545.58
62	93.99	93.15	0	5	\$ 545.58
63	41.02	40.19	0	4	\$ 545.58
64	86.09	85.26	0	6	\$ 545.58
65	119.50	97.61	0	11	\$ 545.58
66	0.00	0.00	0	0	\$ 545.58

ANEXO #3: IMPRESIÓN DE PANTALLA – RESULTADOS EN PROMODEL



escenario #1.rdb - Output Viewer 3DR

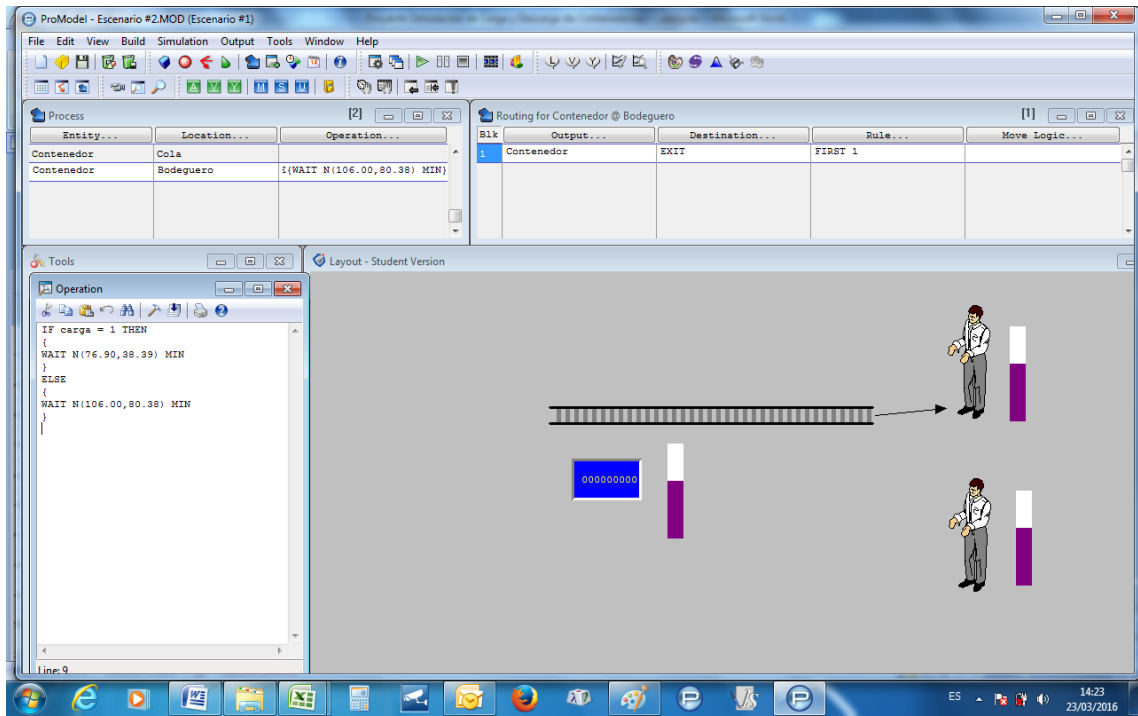
Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - All Reps)

General Locations Location States Multi Location States Single Entity Activity Entity States

Escenario #1.MOD (Normal Run - All Reps)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Cola	1	8.00	20.00	9.00	145.08	2.72	6.00	5.00	10.46
Cola	2	8.00	20.00	3.00	4.64	0.03	1.00	0.00	0.11
Cola	3	8.00	20.00	5.00	78.12	0.81	3.00	1.00	3.13
Cola	4	8.00	20.00	6.00	155.27	1.94	4.00	2.00	7.46
Cola	5	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00	0.03
Cola	6	8.00	20.00	6.00	23.41	0.29	2.00	2.00	1.13
Cola	7	8.00	20.00	8.00	135.52	2.26	5.00	5.00	8.69
Cola	8	8.00	20.00	4.00	49.28	0.41	1.00	1.00	1.58
Cola	9	8.00	20.00	5.00	42.26	0.44	2.00	2.00	1.69
Cola	10	8.00	20.00	3.00	174.68	1.09	2.00	1.00	4.20
Cola	11	8.00	20.00	8.00	179.01	2.98	6.00	5.00	11.47
Cola	12	8.00	20.00	3.00	19.93	0.12	1.00	0.00	0.48
Cola	13	8.00	20.00	11.00	49.32	1.13	7.00	7.00	4.35
Cola	14	8.00	20.00	8.00	69.48	1.16	5.00	5.00	4.45
Cola	15	8.00	20.00	7.00	95.61	1.39	4.00	3.00	5.36
Cola	16	8.00	20.00	6.00	6.57	0.08	1.00	1.00	0.32
Cola	17	8.00	20.00	10.00	137.00	2.85	5.00	4.00	10.98
Cola	18	8.00	20.00	10.00	106.82	2.23	7.00	7.00	8.56
Cola	19	8.00	20.00	9.00	223.03	4.18	6.00	6.00	16.08
Cola	20	8.00	20.00	6.00	169.96	2.12	4.00	0.00	8.17
Cola	21	8.00	20.00	4.00	134.33	1.12	2.00	0.00	4.31
Cola	22	8.00	20.00	3.00	38.76	0.24	1.00	1.00	0.93
Cola	23	8.00	20.00	5.00	42.55	0.44	2.00	2.00	1.70
Cola	24	8.00	20.00	9.00	139.53	2.62	5.00	5.00	10.06
Cola	25	8.00	20.00	1.00	0.83	0.00	1.00	0.00	0.01
Cola	26	8.00	20.00	7.00	50.12	0.73	3.00	3.00	2.81
Cola	27	8.00	20.00	5.00	112.19	1.17	3.00	2.00	4.49
Cola	28	8.00	20.00	4.00	188.87	1.57	3.00	1.00	6.05
Cola	29	8.00	20.00	8.00	101.55	1.69	4.00	3.00	6.51
Cola	30	8.00	20.00	9.00	178.23	3.34	6.00	4.00	12.85
Cola	31	8.00	20.00	9.00	103.29	1.94	4.00	2.00	7.45
Cola	32	8.00	20.00	6.00	13.12	0.16	1.00	1.00	0.63
Cola	33	8.00	20.00	1.00	0.83	0.00	1.00	0.00	0.01



escenario #2.rdb - Output Viewer 3DR

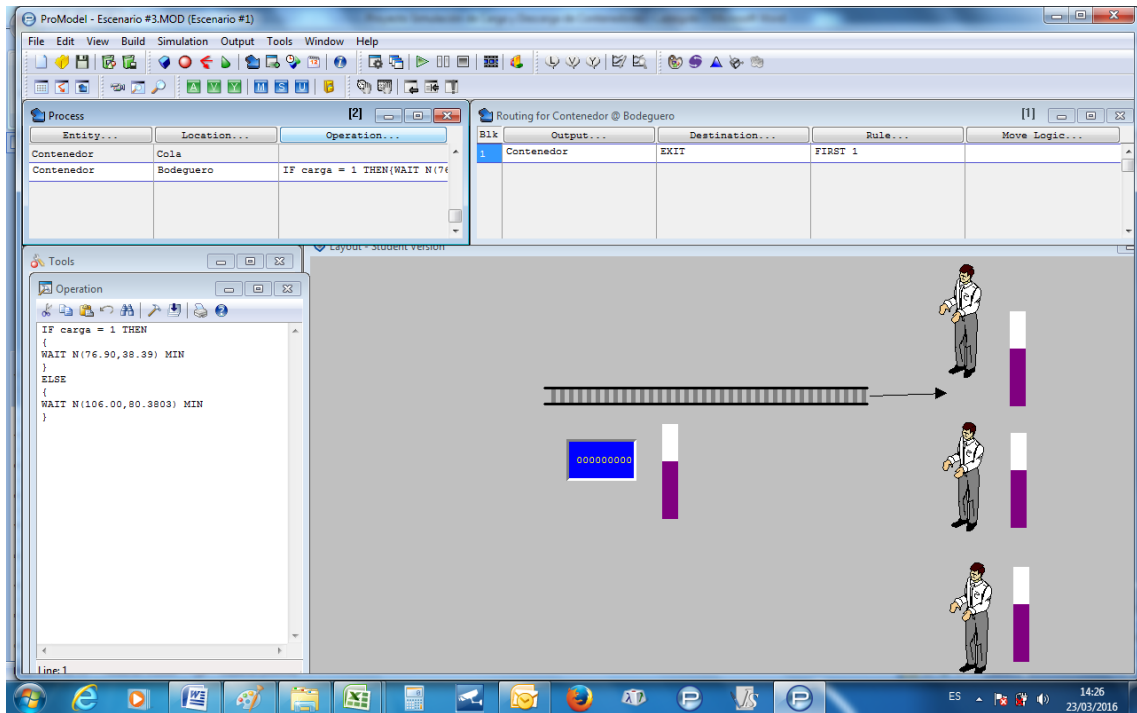
Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - All Reps)

General | **Locations** | Location States Multi | Location States Single | Entity Activity | Entity States

Escenario #2.MOD (Normal Run - All Reps)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents
Cola	1	8.00	20.00	9.00	14.05	0.26	2.00	0.00
Cola	2	8.00	20.00	7.00	8.48	0.12	1.00	1.00
Cola	3	8.00	20.00	7.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	4	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	5	8.00	20.00	6.00	14.21	0.18	1.00	1.00
Cola	6	8.00	20.00	8.00	20.37	0.34	2.00	0.00
Cola	7	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	8	8.00	20.00	6.00	40.00	0.50	2.00	0.00
Cola	9	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	10	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	11	8.00	20.00	7.00	6.37	0.09	1.00	1.00
Cola	12	8.00	20.00	7.00	31.72	0.46	2.00	1.00
Cola	13	8.00	20.00	6.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	14	8.00	20.00	6.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	15	8.00	20.00	8.00	15.84	0.26	1.00	1.00
Cola	16	8.00	20.00	12.00	94.35	2.36	5.00	3.00
Cola	17	8.00	20.00	7.00	3.20	0.05	1.00	0.00
Cola	18	8.00	20.00	1.00	0.83	0.00	1.00	0.00
Cola	19	8.00	20.00	6.00	10.24	0.13	1.00	0.00
Cola	20	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	21	8.00	20.00	8.00	15.55	0.26	2.00	0.00
Cola	22	8.00	20.00	7.00	22.90	0.33	2.00	0.00
Cola	23	8.00	20.00	7.00	52.89	0.77	3.00	1.00
Cola	24	8.00	20.00	4.00	10.67	0.09	1.00	0.00
Cola	25	8.00	20.00	3.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	26	8.00	20.00	7.00	10.05	0.15	2.00	0.00
Cola	27	8.00	20.00	4.00	23.97	0.20	1.00	0.00
Cola	28	8.00	20.00	9.00	0.83	0.02	1.00	0.00
Cola	29	8.00	20.00	5.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	30	8.00	20.00	8.00	63.88	1.06	3.00	2.00
Cola	31	8.00	20.00	5.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	32	8.00	20.00	2.00	0.83	0.00	1.00	0.00



escenario #3.rdb - Output Viewer 3DR

File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - All Reps)

General Locations Location States Multi Location States Single Entity Activity Entity States

Escenario #3.MOD (Normal Run - All Reps)

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents
Cola	1	8.00	20.00	9.00	2.87	0.05	1.00	0.00
Cola	2	8.00	20.00	7.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	3	8.00	20.00	3.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	4	8.00	20.00	5.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	5	8.00	20.00	5.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	6	8.00	20.00	10.00	21.59	0.45	2.00	1.00
Cola	7	8.00	20.00	3.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	8	8.00	20.00	6.00	6.17	0.08	1.00	0.00
Cola	9	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	10	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	11	8.00	20.00	7.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	12	8.00	20.00	7.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	13	8.00	20.00	6.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	14	8.00	20.00	6.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	15	8.00	20.00	8.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	16	8.00	20.00	9.00	16.30	0.31	2.00	1.00
Cola	17	8.00	20.00	6.00	1.42	0.02	1.00	0.00
Cola	18	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	19	8.00	20.00	6.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	20	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	21	8.00	20.00	8.00	3.49	0.06	1.00	0.00
Cola	22	8.00	20.00	7.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	23	8.00	20.00	7.00	12.03	0.18	1.00	0.00
Cola	24	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	25	8.00	20.00	10.00	2.88	0.06	1.00	0.00
Cola	26	8.00	20.00	4.00	0.83	0.01	2.00	0.00
Cola	27	8.00	20.00	2.00	0.83	0.00	1.00	0.00
Cola	28	8.00	20.00	1.00	0.83	0.00	1.00	0.00
Cola	29	8.00	20.00	8.00	6.46	0.11	2.00	0.00
Cola	30	8.00	20.00	8.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	31	8.00	20.00	6.00	0.83	0.01	1.00	0.00
Cola	32	8.00	20.00	7.00	0.83	0.01	1.00	0.00