

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Identificación y Eliminación de restricciones en un Proceso de
Ingreso y Salida de Contenedores de un puerto, empleando un
Modelo de Simulación”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Presentada por:

Gladys Maricela Quirola Molina

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de alguna forma colaboraron con la realización de este trabajo.

Al Ing. Samuel Ramirez y el personal de Naportec por permitirme desarrollar mi tesis en la empresa y al Ing. Marcos Buestán Director de Tesis por su valiosa ayuda.

DEDICATORIA

A Dios,

Mis Padres

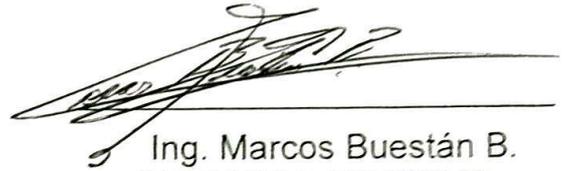
Y todas las personas
que han contribuido para
que esta meta se haga
realidad



TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



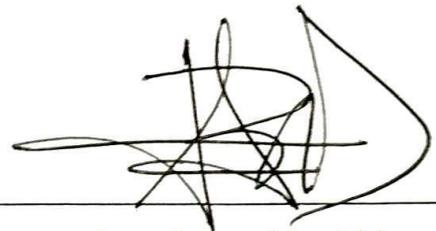
Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Marcos Buestán B.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Denisse Rodríguez Z.
VOCAL

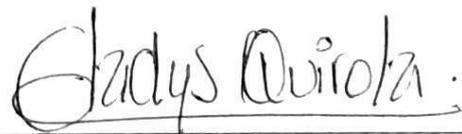


Ing. Jorge Abad M.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, reading "Gladys Quirola", is written over a horizontal line.

Gladys Maricela Quirola Molina

RESUMEN

El presente trabajo ha sido desarrollado en un puerto bananero de la ciudad de Guayaquil, el cual tiene como proceso principal la exportación de fruta al exterior.

Para que este proceso sea llevado a cabo es necesario que los contenedores vacíos salgan a las fincas, donde la fruta es cortada y colocada dentro del contenedor, para luego un transportista traer la carga hasta el puerto y que sea embarcada y exportada.

Los altos tiempos que mantienen los vehículos que desean dejar o recibir un contenedor en el puerto, es causa de reiteradas quejas por parte de los clientes, además de la frecuencia con la que se presentan largas colas fuera de la Terminal, impidiendo el paso de vehículos particulares y obstruyendo en tránsito vehicular a los habitantes del sector.

Es por esto que el presente trabajo se enfoca al proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto que permita identificar el cuello de botella del

proceso para luego plantear mejoras que ayuden a disminuir o eliminar su acción

Para el desarrollo del análisis de las operaciones e identificación de la operación restrictiva, se ha dividido la tesis en tres etapas:

Toma de tiempos de la Situación Actual, donde la información que se obtenga servirá de input para un modelo de simulación que será elaborado por un experto contratado por la compañía y sirva como herramienta para identificar el cuello de botella.

Desarrollo de un Estudio de Movimientos que permita analizar la operación restrictiva y así establecer medidas correctivas que ayuden a eliminar la restricción identificada o al menos reducir su acción sobre el sistema

Validación de las Mejoras, esta etapa consistirá en incluir las mejoras al modelo de simulación previo para obtener nuevos resultados, que luego serán comparados con los resultados iniciales para finalmente elaborar pruebas de hipótesis que ayuden a comprobar estadísticamente que las mejoras planteadas han ayudado a la reducción de los tiempos y Eliminación del cuello de botella.

Con la aplicación de este estudio se pretende conseguir una mejor atención a los transportistas y clientes del puerto, que en muchas ocasiones se inclinan por una operación eficaz y que en la actualidad marca la diferencia frente a la gran competencia que existe en la ciudad.

ABREVIATURAS

RTG	Rubber Tired Granty - Grúa Pórtica de Llantas de Goma
EIR	Equipment Interchange Receipt – Recepción e Intercambio de Equipo
GENSET	Generation Set – Unidad de Generación de Corriente

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ABREVIATURAS	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objetivo general de la Tesis.....	4
1.3. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Metodología	5
CAPITULO 2	
2. PROCESO DE INGRESO Y SALIDA DE CONTENEDORES AL PUERTO	7
2.1. Descripción del Proceso de Ingreso de Contenedores Llenos	9
2.2. Descripción del Proceso de Salida de Contenedores Vacíos	15
2.3. Conclusiones	21

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	22
3.1. Preparación para la toma de tiempos	23
3.2. Resultados de la toma de tiempos	25
3.2.1. Resultados del Ingreso de Contenedores Llenos	26
3.2.2. Resultados de la Salida de Contenedores vacíos	27
3.3. Descripción del Modelo de Simulación elaborado previamente ..	29
3.3.1. Descripción de la Herramienta de Simulación	29
3.3.2. Descripción del Modelo	31
3.4. Establecimiento del número de réplicas	33
3.4.1. Identificación de Indicadores y Estadísticos	36
3.4.2. Cálculo del número de réplicas	38
3.5. Análisis de los Resultados	40
3.6. Conclusiones	48

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DEL CUELLO DE BOTELLA	50
4.1. Descripción Detallada del Proceso de Atención de las Garitas ...	51
4.2. Análisis de Tiempos y Movimientos de la Situación Actual	55
4.2.1. Turnos del Personal	57
4.2.2. Documentos utilizados	57
4.3. Propuestas de Mejora	63

4.4. Análisis de Tiempos y Movimientos de la Situación propuesta ...	67
4.5. Conclusiones	70

CAPÍTULO 5

5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS MEJORAS, EMPLEANDO UN MODELO DE SIMULACIÓN	71
5.1. Aplicación de cambios en el Modelo de Simulación	72
5.1.1. Análisis de las Distribuciones de Probabilidad del Tiempo de Servicio en la Garita de Ingreso	72
5.2. Establecimiento del número de réplicas para el Modelo propuesto	74
5.3. Aplicación del Modelo y Análisis de los Resultados	76
5.4. Comparación entre el modelo actual y el propuesto	84
5.5. Conclusiones	93
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
6.1. Conclusiones	95
6.2. Recomendaciones	97

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama de Flujo del Proceso de Ingreso de Contenedores Llenos	9
Figura 2.2	Almacenamiento en Stacking	13
Figura 2.3	Almacenamiento sobre Chasis	14
Figura 2.4	Diagrama de Flujo del Proceso de Salida de Banano	15
Figura 2.5	Diagrama de Flujo del Proceso de Salida de Carga General	16
Figura 2.6	Diagrama de Recorrido para el Ingreso de Contenedores Cargados	20
Figura 3.1.	Gráfico del Modelo de Simulación Previo	32
Figura 3.2.	Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque – Día	41
Figura 3.3.	Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque – Noche	43
Figura 3.4.	Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque – Día	45
Figura 3.5.	Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque – Día	47
Figura 4.1.	Vista desde el exterior del puerto	51
Figura 4.2.	Diagrama de flujo del Micro-Proceso de atención de las garitas	54
Figura 4.3.	Diagrama de Actividades Simultáneas	56
Figura 4.4.	Formato Actual de EIR	59
Figura 4.5.	Formato de Hoja de Ruta	61
Figura 4.6.	Formato de Manifiesto de Producción	62
Figura 4.7.	Plano de Estaciones de Trabajo Actual y Propuesta	64
Figura 4.8.	Formato EIR Propuesto	66
Figura 4.9.	Frecuencia de arribos de contenedores al puerto	69
Figura 5.1.	Distribución de Probabilidad de la Atención de Garita de Entrada en el Turno de Día	73
Figura 5.2.	Distribución de Probabilidad de la Atención de Garita de Entrada en el Turno de Noche	73
Figura 5.3.	Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque – Día	77
Figura 5.4.	Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque – Noche	79
Figura 5.5.	Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque – Día	81

Figura 5.6.	Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque – Noche	83
Figura 6.1.	Vista Superior de Garitas Actual	91
Figura 6.2.	Vista Superior de Garitas Propuesta	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.	Escenarios Planteados para el Modelo	26
Tabla 3.2.	Tiempos de Ciclo del Ingreso de Contenedores, Escenario Sin Buque	26
Tabla 3.3.	Tiempos de Ciclo del Ingreso de Contenedores Escenario Con Buque	27
Tabla 3.4.	Tiempos de Ciclo del Proceso de Salida de Contenedores Escenario Con Buque	28
Tabla 3.5.	Tiempos de Ciclo del Proceso de Salida de Contenedores Escenario Sin Buque	28
Tabla 3.6.	Desviación Estándar por Escenario	39
Tabla 3.7.	Número de Réplicas por Escenario	39
Tabla 3.8.	Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque Día	41
Tabla 3.9.	Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque Día	42
Tabla 3.10.	Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque Noche	43
Tabla 3.11.	Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque Noche	44
Tabla 3.12.	Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque Día	45
Tabla 3.13.	Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque Noche	46
Tabla 3.14.	Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque Día	47
Tabla 3.15.	Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque Noche	48
Tabla 4.1.	Distribución del Personal por Turnos	57
Tabla 4.2.	Distribución de Actividades por Digitador	63
Tabla 4.3.	Resultados de la segunda Toma de Tiempos	67
Tabla 4.4.	Distribución Propuesta del Personal por Turnos	70
Tabla 5.1.	Nueva Desviación Estándar por Escenario	75

Tabla 5.2.	Nuevo Número de Réplicas por Escenario	76
Tabla 5.3.	Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque Día	77
Tabla 5.4.	Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque Día	78
Tabla 5.5.	Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque Noche	79
Tabla 5.6.	Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque Noche	80
Tabla 5.7.	Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque Día	81
Tabla 5.8.	Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Sin Buque Día	82
Tabla 5.9.	Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque Noche	83
Tabla 5.10.	Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Sin Buque Noche	84
Tabla 5.11.	Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y Propuestos del Escenario Con Buque Día	85
Tabla 5.12.	Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y Propuesto del Escenario Con Buque Noche	86
Tabla 5.13.	Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y Propuesto del Escenario Sin Buque Día	87
Tabla 5.14.	Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y Propuesto del Escenario Sin Buque Noche	88
Tabla 5.15.	Diferencias entre Modelo Anterior y Propuesto	89
Tabla 5.16.	Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Con Buque Día	90
Tabla 5.17.	Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Con Buque Noche	91
Tabla 5.18.	Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Sin Buque Día	91
Tabla 5.19.	Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Sin Buque Noche	92
Tabla 5.20.	Diferencia de Tiempos entre Modelo Actual y Propuesto.....	94

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo comprende el desarrollo de un análisis en los procesos de ingreso y salida de contenedores en un puerto bananero de la ciudad, el mismo que permite identificar el o los cuellos de botella que actualmente afectan al sistema.

Una vez identificada la operación restrictiva, se procederá a realizar un análisis más detallado que permita plantear mejoras que ayuden a eliminar o reducir su influencia, con el fin de agilizar el tiempo de ciclo dentro del puerto, es decir, desde que ingresa el vehículo por la garita hasta que vuelve a salir.

El análisis iniciará por el desarrollo de una toma de tiempos, con el objetivo de determinar la distribución de probabilidades y estadísticos descriptivos para los tiempos de operación de cada actividad.

Los resultados obtenidos en esta toma de tiempos servirán de *input* para un modelo de simulación que desarrolle un profesional experto en el tema, contratado por la compañía. Esta simulación ayudará a determinar las operaciones restrictivas del proceso, posterior a lo cual se realizará un estudio de movimientos que ayude a encontrar soluciones para eliminar o reducir el impacto de estos cuellos de botella.

Una vez identificadas las alternativas de solución de la operación restrictiva o la mejora para disminuir su efecto, se incluirán estas modificaciones al modelo de simulación previo, con el objetivo de validar dichas mejoras y conocer los efectos que se podrían generar.

1.1. Antecedentes

Una de las principales actividades que se realizan en el puerto bananero es el ingreso de cabezales con contenedores cargados para ser embarcados en grandes buques, así como la salida de los mismos vehículos con contenedores vacíos hacia las fincas para

recibir la fruta. Este proceso es realizado constantemente las 24 horas del día durante todo el año.

Los altos tiempos que mantienen los vehículos que desean dejar o recibir un contenedor dentro del puerto, es causa de reiteradas quejas por parte de los clientes y transportistas. Sin embargo, el desconocimiento del tiempo promedio de duración de cada uno de estos procesos, hace inevitable que los directivos de la empresa se puedan enfocar en el(los) proceso(s) crítico(s) del sistema para ejecutar acciones correctivas.

Otro problema que se presenta con frecuencia son las largas colas que se generan en la entrada del puerto, impidiendo el paso de vehículos particulares a las instalaciones e inclusive obstruyendo el tránsito vehicular en la avenida principal, causando molestias no solo al personal del puerto sino a los habitantes del sector.

En esto radica la importancia de realizar un análisis enfocado a las operaciones de ingreso y salida de los contenedores, que permita determinar el cuello de botella del proceso, para luego plantear mejoras que ayuden a disminuir o eliminar su acción.

1.2. Objetivo General de la Tesis

El presente trabajo tiene como objetivo identificar los cuellos de botella del proceso de ingreso y salida de contenedores de un puerto bananero de la ciudad en base a una toma de tiempos que proporcione la información necesaria para que a través de un modelo de simulación se identifiquen las operaciones restrictivas y se establezcan alternativas de mejora, que reduzcan su impacto.

1.3. Objetivos Específicos

- Identificar el cuello de botella del proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto en base a una toma de tiempos que ayude al desarrollo de un modelo de simulación.
- Realizar un análisis de movimientos de las operaciones restrictivas identificadas previamente con la simulación.
- Establecer alternativas de mejora para el cuello de botella, que permita eliminar o disminuir su acción en el proceso.
- Validar las mejoras planteadas como resultado del estudio de movimientos mediante el modelo de simulación.

1.4. Metodología

Para el desarrollo del análisis de las operaciones e identificación del cuello de botella del proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto se dividió el estudio en tres etapas:

La primera etapa está basada en una toma de tiempos, con el objetivo de determinar la distribución de probabilidades y estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión, para los tiempos de operación de cada actividad.

Los resultados obtenidos en este estudio serán los datos de entrada para la elaboración de un modelo de simulación desarrollado por un experto contratado por la empresa. Los resultados de la simulación confirmarán el(los) cuello(s) de botella del proceso con lo cual se procederá a analizarlo.

La segunda etapa comprende el desarrollo de un estudio de movimientos de las operaciones restrictivas. En función de este análisis se establecerán medidas correctivas que permitan eliminar la restricción identificada o al menos reducir su efecto sobre el sistema.

Finalmente la tercera etapa comprende la validación de las mejoras planteadas en el estudio de movimientos. Esta validación consistirá en incluir las mejoras al modelo de simulación previo y elaborar pruebas de hipótesis, con el fin de identificar los efectos en el proceso.

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE INGRESO Y SALIDA DE CONTENEDORES AL PUERTO

A través de este capítulo se pretende que el lector esté en capacidad de conocer y entender el proceso de ingreso y salida de contenedores de un puerto bananero de la ciudad.

El proceso comienza cuando un transportista proveniente de una finca ingresa al puerto con un contenedor lleno de fruta para que sea embarcado en un buque y exportado. Una vez que el contenedor ha sido despachado, el transportista recoge un nuevo contenedor vacío con el fin de transportarlo hacia la finca para que sea llenado y el proceso pueda volver a iniciar.

Para realizar un mejor y más detallado análisis del proceso antes descrito, se ha dividido el mismo en dos partes: a) Ingreso de contenedores

cargados al puerto y b) Salida de Contenedores vacíos hacia fincas. Cada proceso, conlleva un sin número de actividades que son realizadas internamente. Estas actividades se describen en detalle en el presente capítulo.

2.1. Descripción del Proceso de Ingreso de Contenedores Llenos

		#	Descripción de Actividad	Resumen					
				Símbolo		Actual	Propuesta	Mejora	
Proceso: Ingreso de Contenedores Llenos				Operac.	7				
				Transport	4				
				Demora	-				
				Inspecc.	2				
				Almacen.	-				
Garita	1	Llega transportista a la garita de entrada	○	➔	D	□	▽		
	2	Digitador ingresa datos de la carga en el sistema	○	➔	D	□	▽		
	3	Calidad abre el contenedor y coloca esponja cerca de la puerta	○	➔	D	□	▽		
	4	Inspectores revisan el contenedor y el equipo que ingresa	○	➔	D	□	▽		
	5	El vehículo con el contenedor lleno se dirige a la estación de lavado	○	➔	D	□	▽		
Lavadora	6	El transportista desengancha el contenedor lleno	○	➔	D	□	▽	Transportista se dirige a buscar un contenedor vacío	
	7	El contenedor lleno es lavado exteriormente	○	➔	D	□	▽		
	8	Cabezal interno engancha el contenedor lleno ya lavado	○	➔	D	□	▽		
Calidad	9	Cabezal interno se dirige al andén en caso de realizar la inspección de calidad	○	➔	D	□	▽	Sólo se realiza al 20% de los contenedores que ingresan	
	10	Realizan la inspección de calidad a la fruta	○	➔	D	□	▽		
Almacenamiento	11	Cabezal interno se dirige a la zona de almacenamiento con el contenedor lleno	○	➔	D	□	▽		
	12	Grúa Portacontenedores engancha el contenedor lleno y lo ubica en la zona	○	➔	D	□	▽		
	13	Conectan el contenedor a la fuente de poder	○	➔	D	□	▽		

Figura 2.1. Diagrama de Flujo del Proceso de Ingreso de Contenedores Llenos

La **llegada de los contenedores a la garita** se lleva a cabo durante las 24 horas del día y consiste en el arribo de los cabezales con

contenedores cargados de fruta que llegan a la cola y se estacionan, esperando su turno para ser atendidos.

La **atención en la garita** comienza una vez que el conductor entrega una hoja con sus datos y la información de la carga que trae, así como una hoja de recepción e intercambio de equipo EIR(1). Estos datos son ingresados al sistema del puerto por un digitador, el mismo que a su vez le indicará al transportista si debe llevar un contenedor vacío a la finca una vez que deje el contenedor cargado.

Mientras el conductor realiza el papeleo en la garita, se procede a abrir el contenedor para colocar una esponja en su marco superior con el fin mejorar la refrigeración de la fruta y mantenerla fresca. La **colocación de esponjas** es realizada por dos personas del departamento de calidad, los cuales una vez concluida esta operación, cierran el contenedor y colocan un sello que asegura que el contenedor no será abierto mientras esté almacenado en el patio.

(1)EIR-Equipment Intenchange Receipt- Recepción de Intercambio de Equipo: Documento que asegura la recepción del equipo en buenas condiciones.

La revisión del equipo es una operación realizada por inspectores que se encuentran ubicados en la garita, quienes en caso de encontrar algún defecto, proceden a registrar el daño e inmediatamente reportarlo al departamento de mantenimiento para realizar la investigación de la responsabilidad. En caso que el daño haya sido causado por el transportista, este tiene la responsabilidad de cubrir con los gastos.

A continuación de la garita, se encuentra la **estación de lavado**, la cual tiene como fin limpiar el contenedor exteriormente con ayuda de mangueras con chorros a presión y un detergente especial. El vehículo se estaciona y desengancha el chasis con el contenedor lleno. En este punto, el transportista termina su labor de ingreso de contenedores cargados y comienza la segunda parte que consiste en llevar un contenedor vacío a la finca.

Todos los contenedores que ingresan deben pasar por la estación de lavado sin excepción. La lavadora cuenta con 5 estaciones donde dependiendo del flujo de vehículos se las puede utilizar para ingreso o salida de contenedores.

Una vez que el transportista desengancha el contenedor lleno en la estación de lavado comienza la labor del puerto. Primero se procede

a lavar el contenedor, y una vez listo, un cabezal del puerto recoge el contenedor y lo lleva a la zona de almacenamiento correspondiente.

El puerto tiene dos tipos de **almacenamiento de contenedores**: el primero es llamado “stacking” que consiste en la colocación de un contenedor sobre otro. El otro tipo de almacenamiento es sobre chasis.

El almacenamiento de los contenedores en “stacking” inicia cuando el cabezal interno llega a la zona donde van a colocar el contenedor y se coloca bajo la grúa portacontenedores o RTG. Esta máquina engancha el contenedor y lo coloca en el lugar que le corresponde.

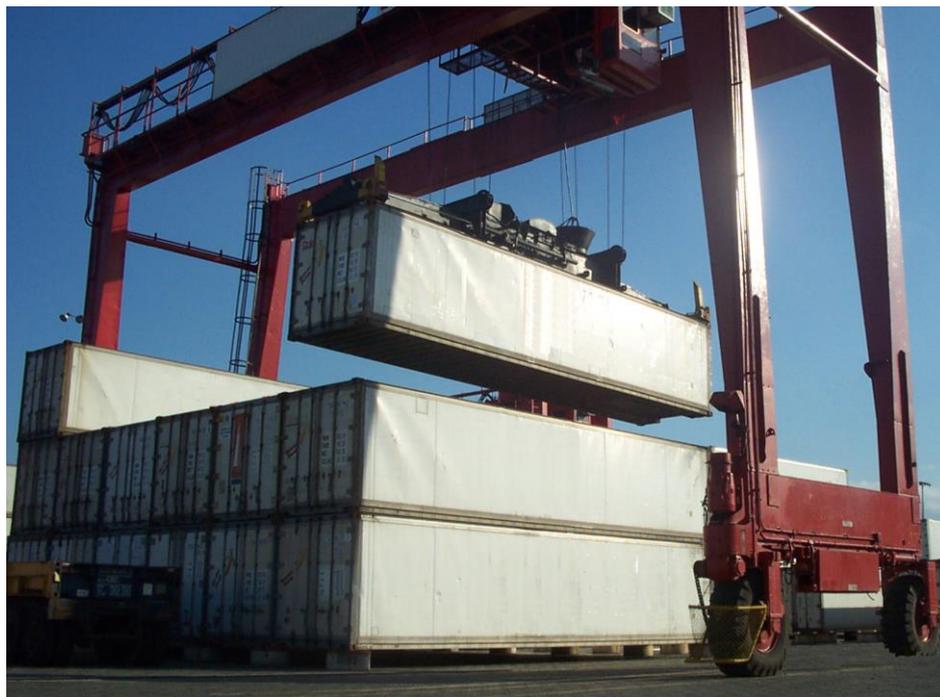


Figura 2.2. Almacenamiento en Stacking

La zona de almacenamiento en “stacking” tiene cuatro niveles de altura y los contenedores son depositados de acuerdo a la planificación que tenga el departamento de operaciones.

Dependiendo del tipo de carga, existen algunos contenedores que son almacenados sobre chasis. Este almacenamiento consiste en que el cabezal interno se estaciona en el lugar que le corresponde y desengancha el chasis con el contenedor encima.



Figura 2.3. Almacenamiento sobre Chasis

El proceso de almacenamiento de contenedores, ya sea en cualquiera de las dos formas, finaliza con la **conexión del contenedor a la fuente de poder**. Esta labor la realiza el personal de operaciones.

Existe una cantidad de contenedores cargados que no son almacenados inmediatamente después de ser lavados. Esto se debe a que el departamento de calidad realiza inspecciones de la fruta. El departamento de calidad escoge aleatoriamente una serie de contenedores de toda la lista que ingresan al puerto, entonces una vez lavados los contenedores pasan al andén de calidad donde se procede a inspeccionarlos.

2.2. Descripción del Proceso de Salida de Contenedores Vacíos

Existen dos tipos de carga que el puerto maneja: Carga general y Banano. La Carga general comprende todo tipo de fruta que no es banano, por ejemplo: piña, papaya, mango, etc. A continuación se describe el proceso de cada uno:

Proceso: Salida de Contenedores Vacíos para Banano		Resumen						
			Actual	Propuesta	Mejora			
		Operac.	6					
		Transport	5					
		Demora	-					
		Inspecc.	1					
Almacen.	-							
#	Descripción de Actividad	Símbolo					Observaciones	
Enganche Chasis	1	Transportista desengancha chasis con contenedor lleno en el área de lavado	○	➡	D	□	▽	
	2	Transportista se dirige a la zona de chasis	○	➡	D	□	▽	
	3	Engancha un chasis operativo	○	➡	D	□	▽	
Enganche conten	4	Transportista se dirige a la zona de almacenamiento	○	➡	D	□	▽	
	5	Entrega EIR con especificaciones del contenedor a llevar	○	➡	D	□	▽	
Lavado	6	Grúa Portacontenedores coloca contenedor vacío sobre chasis	○	➡	D	□	▽	
	7	Transportista se dirige a estación de lavado	○	➡	D	□	▽	
	8	Contenedor es lavado interiormente	○	➡	D	□	▽	
Garita	9	Transportista se dirige a garita de salida	○	➡	D	□	▽	
	10	Se inspecciona el contenedor vacío y el equipo	○	➡	D	▣	▽	
	11	Garita ingresa datos al sistema	○	➡	D	□	▽	
	12	Transportista se dirige a la finca asignada	○	➡	D	□	▽	

Figura 2.4. Diagrama de flujo del Proceso de Salida de Banano

Proceso: Salida de Contenedores Vacíos para Carga General		Resumen						
			Actual	Propuesta	Mejora			
		Operac.	8					
		Transport	8					
		Demora	-					
		Inspecc.	2					
Almacen.	-							
	#	Descripción de Actividad	Símbolo					Observaciones
Enganche Chassis	1	Transportista desengancha chasis con contenedor lleno en el área de lavado	○	➡	D	□	▽	
	2	Transportista se dirige a la zona de chasis	○	➡	D	□	▽	
	3	Engancha un chasis operativo	○	➡	D	□	▽	
Enganche Contener	4	Transportista se dirige a la zona de almacenamiento	○	➡	D	□	▽	
	5	Entrega EIR con especificaciones del contenedor a llevar	○	➡	D	□	▽	
	6	Grúa Portacontenedores coloca contenedor vacío sobre chasis	○	➡	D	□	▽	
Mantenim.	9	Transportista se dirige a la zona de Mantenimiento y Reparación	○	➡	D	□	▽	
	10	Técnico inspecciona el contenedor y enciende el genset	○	➡	D	□	▽	
Abast Comb	7	Transportista se dirige a estación de diesel	○	➡	D	□	▽	
	8	Despachador abastece de combustible al genset	○	➡	D	□	▽	
Balanza	11	Transportista se dirige a la báscula	○	➡	D	□	▽	
	12	Operador de la báscula pesa el contenedor	○	➡	D	□	▽	
Lavadora	13	Transportista se dirige a estación de lavado	○	➡	D	□	▽	
	14	Contenedor es lavado interiormente	○	➡	D	□	▽	
Garitas	15	Transportista se dirige a garita de salida	○	➡	D	□	▽	
	16	Se inspecciona el contenedor vacío y el equipo	○	➡	D	□	▽	
	17	Garita ingresa datos al sistema	○	➡	D	□	▽	
	18	Transportista se dirige a la finca asignada	○	➡	D	□	▽	

Figura 2.5. Diagrama de Flujo del Proceso de Salida de Carga General

La **salida de los contenedores vacíos** empieza para el transportista una vez que desengancha el cabezal del chasis en la zona de lavado. En ese momento el transportista se dirige a la zona de chasis desocupados y engancha uno que se encuentra identificado con el sticker de pre-viaje(2).

Una vez que el transportista tiene el **chasis enganchado** se dirige a la zona de almacenamiento de contenedores y se coloca bajo la grúa porta contenedores para que le coloquen el contenedor vacío que le corresponda.

Cuando el **transportista recibe un contenedor para carga de banano** inmediatamente se dirige a la zona de lavado para que procedan a abrir el contenedor y lavarlo por dentro para eliminar olores y partículas que hayan quedado del viaje anterior.

Si el transportista recibe un contenedor que es para carga general debe dirigirse a la estación de diesel que posee el puerto para cargar de combustible el genset(3).

(2) Pre-viaje: Término que se utiliza para chasis y contenedores que han pasado por una revisión de técnicos de mantenimiento y se encuentran en condiciones aptas para ser utilizados.

Una vez que llena de combustible el genset(3), el transportista se dirige al área de mantenimiento donde técnicos de refrigeración calibran la temperatura del contenedor y encienden la unidad de generación de corriente.

A continuación el transportista debe pasar por la báscula para pesar el contenedor vacío y registrarlo, para que cuando ingrese de nuevo al puerto se pueda obtener el peso neto de la carga.

Luego de realizar estas actividades finalmente el transportista se dirige a la zona de lavado, donde proceden a realizar la misma actividad que para los contenedores de banano.

Una vez que los contenedores de banano y carga general salen de la estación de lavado se dirigen a la garita de salida, donde los inspectores chequean el contenedor y el chasis para asegurar que están saliendo en buenas condiciones. Al mismo tiempo el digitador recibe el documento que le entrega el transportista con los datos del contenedor vacío.

(3) Genset: Generation Set, Unidad generadora de corriente al contenedor que permite mantener refrigerado su interior con el fin de mantener en buenas condiciones a la fruta.

El digitador ingresa al sistema los datos correspondientes al chasis que va a salir y el número de contenedor e imprime una hoja de ruta para el transportista donde le indican a que finca tienen que llevar el contenedor vacío.

En la sección de anexos se encuentra el mapeo del proceso con cada una de las actividades (Ver Anexo 1). A continuación se presenta un diagrama de recorrido para cada actividad que interviene en el proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto:

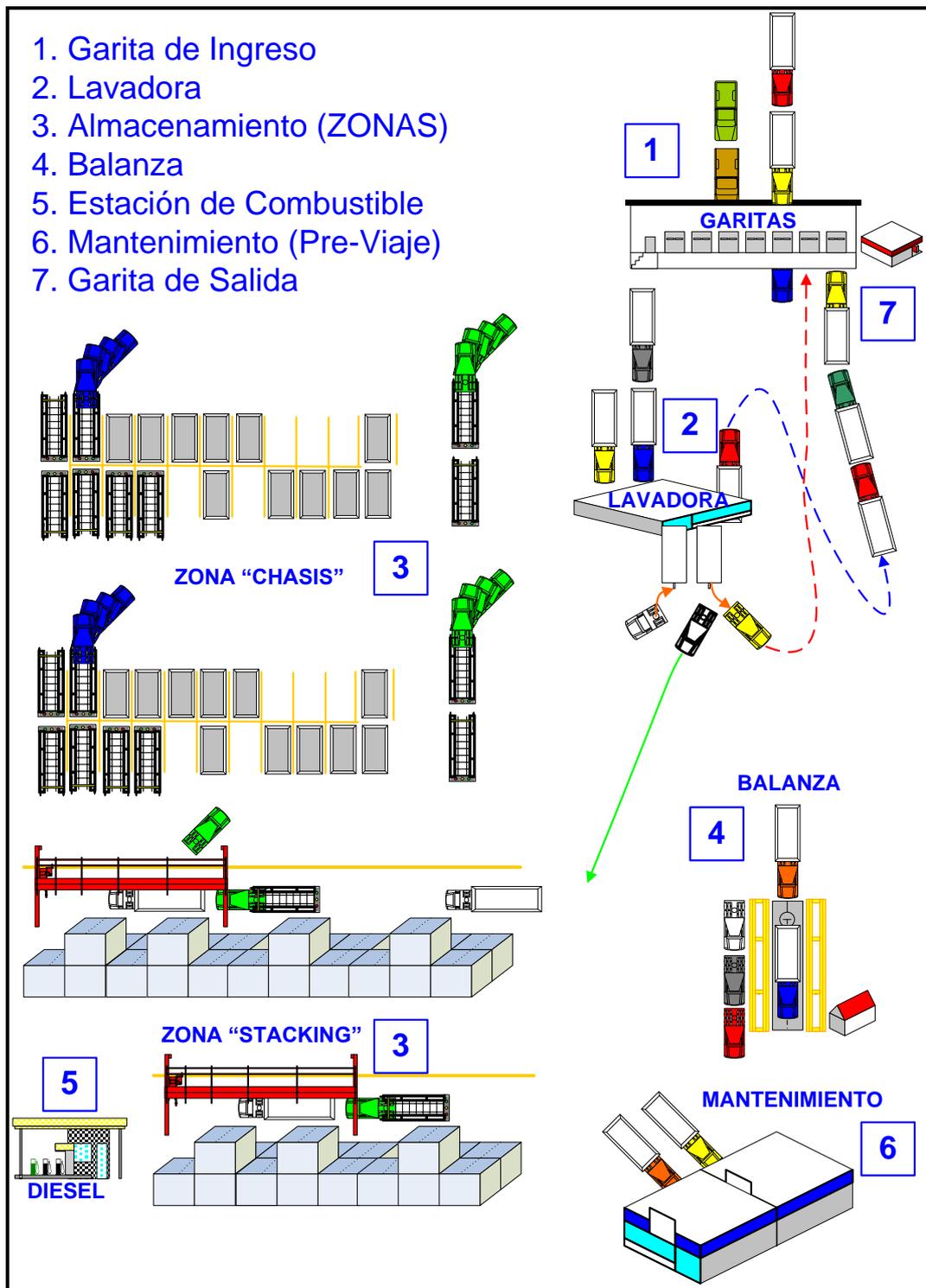


Figura 2.6. Diagrama de Recorrido para el Ingreso de Contenedores Cargados

2.3. Conclusiones

El proceso de ingreso de contenedores se puede resumir en las siguientes actividades: Ingreso por garita, lavado de contenedores, almacenamiento de contenedores cargados y conexión a la fuente de poder.

El proceso de salida de contenedores está clasificado de acuerdo a la carga que lleva: banano o carga general.

El proceso de salida de contenedores de carga general incluye actividades adicionales debido a que esta carga debe permanecer refrigerada todo el tiempo. Por esta razón el contenedor para salir del puerto debe llevar una unidad de generación de corriente que ayudará a permanecer encendido el contenedor durante el transporte de la fruta.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Una vez que se ha explicado el proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto, es necesario realizar un análisis de la situación actual en base a una toma de tiempos, el cual tiene como objetivo determinar los tiempos de operación de cada subproceso del sistema, indicando además, sus estadísticos básicos de tendencia central y desviación.

Esto permitirá determinar las distribuciones de probabilidad, que de mejor manera modelan los tiempos de operación. Esta información es de vital importancia al desarrollar el modelo, el cual gracias a ella considerará la variación presente en cada una de las operaciones.

3.1. Preparación para la toma de tiempos

Para obtener la mayor cantidad de datos posible de la operación del puerto, fue necesario dividir al equipo de trabajo en dos grupos de 6 personas para laborar en dos turnos durante dos semanas: en el día de 10H00 – 17H00 y en la noche de 19H30 – 02H30. Los horarios fueron establecidos de esta forma pues nos informaron que eran las horas de mayor recurrencia de los vehículos al puerto.

Luego se procedió a definir las áreas y/o procesos que iban a hacer objeto de medición según el alcance del proyecto, y con esto, ubicar a los miembros del equipo en puntos estratégicos del recinto portuario.

A continuación se determinó la herramienta para la toma de tiempos que mejor se ajustaba a las necesidades del proyecto, la cual era un estudio cronométrico. Esto se debe a que la toma de tiempos tiene lugar en el mismo momento en que se efectúan las operaciones cuyos tiempos se tratan de determinar, además por su sencillez es especialmente adecuado para la medida de tiempo de operaciones en los que la intervención del operador no influye en la duración de la operación.

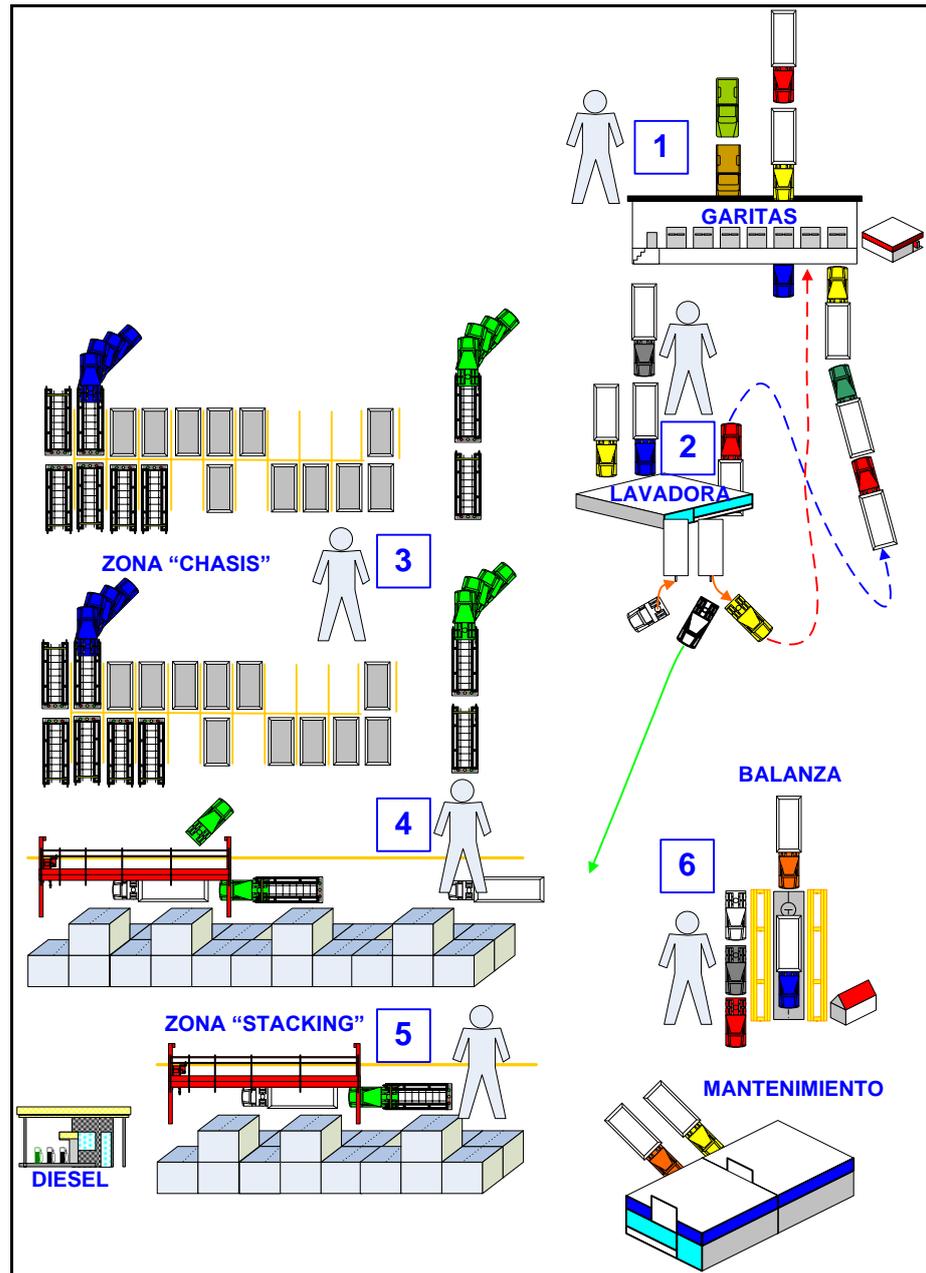


Figura 3.1. Ubicación de Tomadores de tiempos en el Puerto

El registro de los tiempos por parte de los miembros del equipo se realizó en un formato que se elaboró para fines de este proyecto. El mismo contaba con una sección donde los estudiantes podían incluir observaciones para resaltar eventos irregulares o contrarios a un procedimiento normal de trabajo (Ver anexo 2).

Durante la primera semana, la toma de tiempos se enfocó en el ingreso de contenedores al puerto, es decir desde que pasan por garita hasta que llegan a la zona de almacenamiento y son conectados a la fuente de poder.

La segunda semana se dedicó principalmente al proceso de salida de los contenedores vacíos hacia las fincas, iniciando con el desenganche del chasis en la lavadora, le colocan un contenedor vacío, hasta que sale por la garita nuevamente.

3.2. Resultados de la toma de tiempos

A continuación se presenta un resumen de los tiempos promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos de cada uno de los procesos.

Debido a las necesidades de los directivos de la empresa se segmentaron los datos según la ocupación del muelle (con buque o sin buque) y la jornada de trabajo (día o noche). Así cada uno de los datos fue tomado en los cuatro escenarios:

ESCENARIOS	
DÍA	NOCHE
CON BUQUE	CON BUQUE
SIN BUQUE	SIN BUQUE

Tabla 3.1. Escenarios Planteados para el Modelo

3.2.1. Resultados del Ingreso de Contenedores llenos

De acuerdo a cada escenario, a continuación se presenta el resumen de los tiempos promedios de cada actividad del proceso de ingreso de contenedores cargados al puerto. El detalle de los tiempos con su distribución de probabilidad en el Anexo 3.

SIN BUQUE - DÍA		SIN BUQUE - NOCHE	
Tiempo e/ arribos	14.53 min	Tiempo e/ arribos	4.42 min
Cola en garita	-	Cola en garita	26.66 min
Serv. Garita Ent.	7.66 min	Serv. Garita Ent.	17.76 min
Desenganch Cab. Lavado	1.42 min	Desenganch Cab. Lavado	1.42 min
Servicio Lavado	2.68 min	Servicio Lavado	3.02 min
Eng. Capacity Lavado	7.39 min	Eng. Capacity Lavado	4.17 min
Cola Carga RTG	8.71 min	Cola Carga RTG	3.95 min
Servicio Carga RTG	4.00 min	Servicio Carga RTG	1.71 min
Conexión	3.15 min	Conexión	3.15 min
Tiempo Ciclo	49.54 min	Tiempo Ciclo	66.25 min

Tabla 3.2. Tiempos de Ciclo del Ingreso de Contenedores,
Escenario Sin Buque

CON BUQUE - DIA		CON BUQUE - NOCHE	
Tiempo e/ arribos	12.57 min	Tiempo e/ arribos	7.45 min
Cola en garita	-	Cola en garita	39.09 min
Serv. Garita Ent.	5.22 min	Serv. Garita Ent.	15.23 min
Desenganch Cab. Lavado	1.42 min	Desenganch Cab. Lavado	1.42 min
Servicio Lavado	3.67 min	Servicio Lavado	3.02 min
Eng. Capacity Lavado	7.39 min	Eng. Capacity Lavado	8.09 min
Cola Carga RTG	8.71 min	Cola Carga RTG	3.95 min
Servicio Carga RTG	4.00 min	Servicio Carga RTG	1.81 min
Conexión	1.75 min	Conexión	1.75 min
Tiempo Ciclo	44.74 min	Tiempo Ciclo	81.80 min

Tabla 3.3. Tiempos de Ciclo del Ingreso de Contenedores
Escenario Con Buque

Como se puede observar en las tablas, la diferencia marcada se presenta entre los escenarios día y noche. Además en los turnos de la noche, el proceso de servicio en garita de entrada es el promedio más elevado de todo el ciclo, causando entre 25 y 40 minutos de cola fuera del puerto.

3.2.2. Resultados de la Salida de Contenedores vacíos

Como se mencionó anteriormente, el proceso de salida de contenedores vacíos, inicia en la estación de lavado cuando el transportista desengancha el contenedor lleno y termina con la salida del contenedor vacío por la garita.

A continuación se presenta un resumen de los tiempos promedios de acuerdo a cada escenario planteado. El detalle se encuentra en el Anexo 3.

CON BUQUE - DIA	Banano	C. General	CON BUQUE - NOCHE	Banano	C. General
Búsqueda Chassis	12.06 min	3.71 min	Búsqueda Chassis	9.71 min	15.92 min
Enganche Chassis	3.98 min	1.73 min	Enganche Chassis	3.23 min	1.88 min
Transp. a Stacking	-	-	Transp. a Stacking	-	-
Cola Grúa Portacont	-	-	Cola Grúa Portacont	4.39 min	-
Serv Grúa Portacont	9.52 min	3.45 min	Serv Grúa Portacont	5.35 min	-
Trans a Estac Diesel	-	2.59 min	Trans a Estac Diesel	-	-
Serv Estac Diesel	-	13.05 min	Serv Estac Diesel	-	7.32 min
Trans a Mantenimiento	-	-	Trans a Mantenimiento	-	1.77 min
Cola Mantenimiento	-	6.98 min	Cola Mantenimiento	-	1.99 min
Serv Mantenimiento	-	2.70 min	Serv Mantenimiento	-	7.49 min
Cola Balanza	-	4.63 min	Cola Balanza	-	3.53 min
Serv Balanza	-	3.99 min	Serv Balanza	-	4.92 min
Lavado Salida	2.75 min	3.24 min	Lavado Salida	3.10 min	2.96 min
Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 min	Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 min
Tiempo Ciclo Total	31.35 min	49.11 min	Tiempo Ciclo Total	28.81 min	50.80 min

Tabla 3.4. Tiempos de Ciclo del Proceso de Salida de Contenedores Escenario Con Buque

SIN BUQUE - DIA	Banano	C. General	SIN BUQUE - NOCHE	Banano	C. General
Búsqueda Chassis	10.43 min	3.71 min	Búsqueda Chassis	5.64 min	12.90 min
Enganche Chassis	2.71 min	4.04 min	Enganche Chassis	4.34 min	3.41 min
Transp. a Stacking	5.99 min	2.96 min	Transp. a Stacking	3.25 min	2.93 min
Cola Grúa Portacont	5.25 min	19.02 min	Cola Grúa Portacont	5.81 min	5.21 min
Serv Grúa Portacont	1.44 min	2.02 min	Serv Grúa Portacont	4.36 min	4.48 min
Trans a Estac Diesel	-	16.33 min	Trans a Estac Diesel	-	2.32 min
Serv Estac Diesel	-	5.67 min	Serv Estac Diesel	-	7.69 min
Trans a Mantenimiento	-	-	Trans a Mantenimiento	-	-
Cola Mantenimiento	-	1.08 min	Cola Mantenimiento	-	-
Serv Mantenimiento	-	8.50 min	Serv Mantenimiento	-	6.14 min
Cola Balanza	-	4.02 min	Cola Balanza	-	1.42 min
Serv Balanza	-	2.58 min	Serv Balanza	-	4.51 min
Lavado Salida	3.51 min	2.96 min	Lavado Salida	3.21 min	3.02 min
Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 min	Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 min
Tiempo Ciclo Total	32.37 min	75.94 min	Tiempo Ciclo Total	29.64 min	57.05 min

Tabla 3.5. Tiempos de Ciclo del Proceso de Salida de Contenedores Escenario Sin Buque

En el proceso de salida de contenedores, los resultados muestran la diferencia existente entre un contenedor de banano y uno de carga general. Los contenedores de banano

toman menos tiempo en salir del puerto y esto se debe a que pasan por menos subprocesos que los de carga general.

De los cuatro escenarios, los más críticos son cuando el muelle está sin buque en el día y la noche, puesto que es cuando la salida de contenedores a la finca para cargar se produce en su mayoría, previo al arribo del buque.

3.3. Descripción del modelo de simulación elaborado previamente

Debido a necesidades de la compañía por mejorar el flujo de sus procesos, una vez realizado la toma de tiempos, contrató los servicios de un experto en simulación para que tome estos datos y elabore un modelo base de las operaciones del puerto.

Los tiempos tomados anteriormente sirvieron para obtener las distribuciones de probabilidad de cada actividad en el proceso de ingreso y salida de contenedores al puerto.

3.3.1. Descripción de la Herramienta de Simulación

La herramienta de simulación utilizada para modelar el proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto es un software específicamente diseñado para este tipo de

proyectos, llamado Promodel. A continuación se describen brevemente sus características:

ProModel es una poderosa herramienta de simulación fácil de usar, desarrollada especialmente para ingenieros y administradores de la producción para ayudar a mejorar el diseño y operación de sistemas de manufactura y de servicios.

El modelo se construye empleando herramientas gráficas, tablas de entrada de datos y llenando blancos en cajas de diálogo. Al correr un modelo, la base de datos del modelo se traduce o compila para crear la base de datos de la simulación.

La animación se muestra al mismo tiempo que corre la simulación. Las gráficas pueden ser estáticas o dinámicas. Las estáticas pueden ser importadas de archivos en CAD.

Promodel proporciona estadísticas tanto resumidas como detalladas sobre medidas clave del desempeño. Se pueden presentar como reportes, gráficas, histogramas, etc. Los

reportes resumidos muestran totales, promedios y otros valores globales.

Las gráficas de series de tiempo e histogramas se utilizan para observar las fluctuaciones en el comportamiento del modelo a través del tiempo.

3.3.2. Descripción del modelo de simulación

Luego de realizar la toma de tiempos y obtener las curvas de distribución para cada operación, esta información fue entregada a un experto en simulación, contratado por la empresa, el cual procedió a realizar un primer modelo que permitió observar el comportamiento del proceso en circunstancias específicas.

El objetivo de este modelo de simulación será detectar la operación restrictiva del proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto, para posteriormente realizar un análisis que ayude a establecer mejoras en el proceso, eliminando o disminuyendo el efecto de este cuello de botella, causante de largas colas fuera de la Terminal.

Para este modelo se plantearon escenarios de acuerdo a la variación del flujo de vehículos que se produce durante el día y noche. Además los directivos de la empresa solicitaron incluir dos escenarios diferentes que corresponden al hecho de que exista o no buque en el puerto.

Finalmente se obtuvieron resultados de cada uno de los cuatro escenarios posibles, los cuales se simularon con arribos de 70 carros por jornada.

La cantidad de arribos se estableció de acuerdo a la información que proporcionó la empresa del promedio diario de ingresos de vehículos al puerto.

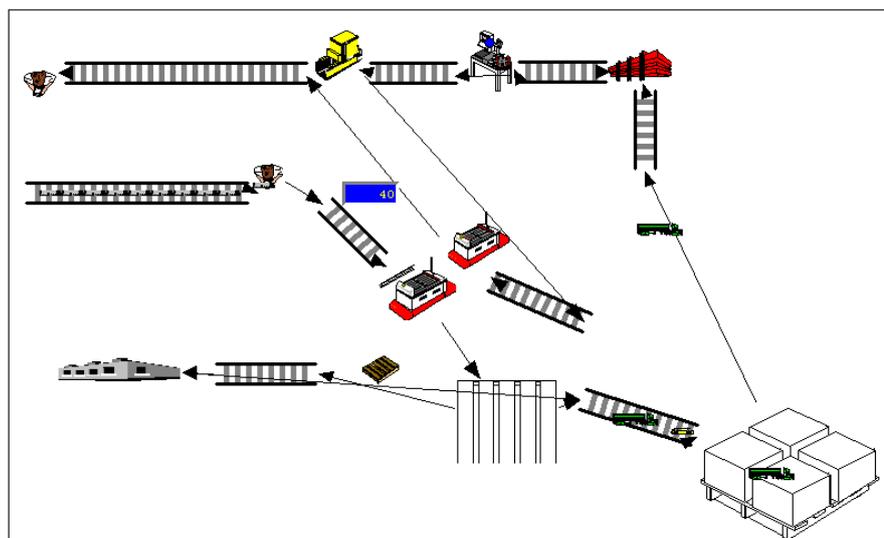


Figura 3.1. Gráfico del Modelo de Simulación Previo

3.4. Establecimiento del Número de Réplicas

Los modelos de simulación pueden ser de dos tipos: Simulaciones terminales y no terminales. Los modelos de tipo terminal tienen como característica principal la ocurrencia de un evento que da por terminada la simulación, por ejemplo: nos interesa conocer el tiempo en que un restaurante demoraría en vender 100 almuerzos.

En este caso emplearemos el modelo de tipo terminal, ya que al final de la jornada se espera que ninguno de los contenedores se encuentren dentro del puerto.

En una simulación de tipo terminal, lo más importante es determinar el número de réplicas necesarias para obtener estimaciones confiables y precisas.

La fórmula para establecer el número de réplicas se basa en la utilizada para calcular el intervalo de confianza para la media con varianza (σ) conocida, considerando una población distribuida normalmente o con un tamaño de muestra grande, pero también puede ser empleada reemplazando S en lugar de σ y obtendremos una buena aproximación para el número de réplicas para un nivel de

confianza y de error dados (Harrel,Ghosh,Bowden,2004). A continuación se muestra la fórmula:

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right]^2$$

Donde: n': Número de réplicas
Z $\alpha/2$: Nivel de confianza
e: Error
s: Desviación Estándar

Los factores que se deben tomar en cuenta para establecer el número réplicas en un modelo son: el error admisible, la desviación estándar y el nivel de confianza.

- Error Muestral: Es la diferencia entre un estadístico y su parámetro correspondiente. Nos da una noción clara de hasta dónde y con qué probabilidad una estimación basada en una muestra se aleja del valor que se hubiera obtenido por medio de un censo completo. Un estadístico será más preciso en cuanto y tanto su error es más pequeño.
- Nivel de Confianza: Es la probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad. Cualquier información que queremos recoger está distribuida según una ley de probabilidad, así

llamamos nivel de confianza a la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.

- **Desviación Estándar:** Cuando una población es más homogénea, la desviación estándar es menor y el número de réplicas necesarias para construir un intervalo de confianza, será más pequeño. Generalmente es un valor desconocido y hay que estimarlo a partir de datos de estudios previos.

Para calcular el número de réplicas es necesario partir de dos supuestos: en primer lugar, el nivel de confianza al que queremos trabajar; en segundo lugar, cual es el error máximo que estamos dispuestos a admitir en nuestra estimación.

Para este modelo de simulación, se trabajará con el 99% de nivel de confianza, es decir $\alpha = 0.01$ y un error de 0.25 minutos. En otras palabras, la probabilidad de que la media real sea diferente de la media estimada con ± 0.25 minutos es de 1%.

Estaremos seguros que con este número de réplicas, es 99% probable que la media real se encuentre en un intervalo de confianza que tendrá una amplitud de no más de 0.50 min ($0.25 \text{ min} \times 2$).

3.4.1. Identificación de Indicadores y Estadísticos

Dentro de la toma de tiempos realizada en cada paso del proceso de ingreso y salida de vehículos del puerto, se establecieron tiempos de ciclo tanto para la espera como para la operación, con el fin de determinar aquel donde se generaba mayor retraso en el sistema. A continuación se describen estos tiempos:

- **Cola en Garita:** Tiempo que deben esperar los vehículos para ser atendidos por la garita de entrada del Terminal.
- **Atención Garita de Entrada:** Consiste en la recepción de papeles y registro en el sistema del ingreso del vehículo al puerto.
- **Cola en Estación de Lavado:** Tiempo que deben esperar los vehículos para ser atendidos por la Estación de Lavado, luego de haber salido de la garita.
- **Servicio Lavada de Entrada:** Consiste en la limpieza exterior del contenedor.
- **Tiempo Búsqueda de Chasis:** Inicia cuando el vehículo desprende el contenedor en la estación de lavado y se dirige a buscar un chasis operativo para sacar un contenedor vacío

a las fincas. Termina justamente cuando el chofer del cabezal termina de conectar el chasis al vehículo.

- **Retirar Contenedor Vacío de Zona Stacking:** Inicia justo en el momento en que el transportista ha enganchado un chasis operativo y se dirige a la zona de stacking a recoger un contenedor vacío. Esta actividad termina cuando la grúa portacontenedores coloca el contenedor sobre el chasis del transportista.
- **Servicio Lavado de Salida:** Consiste en la limpieza del contenedor vacío antes de salir a la finca a cargar la fruta.
- **Abastecimiento de Diesel:** Consiste en el abastecimiento de combustible a las unidades generadoras de corriente para el contenedor, que se encuentran en un chasis.
- **Inspección de Mantenimiento:** Esta inspección es realizada para todos los contenedores vacíos que van a salir del puerto y consiste en la verificación del encendido del contenedor y la unidad generadora de corriente.
- **Servicio Balanza:** Los contenedores de carga general son pesados vacíos cuando salen del puerto y luego llenos cuando vuelven a entrar.

- **Atención Garita Salida:** Consiste en la emisión de papeles y comunicación de la ruta a donde el transportista debe llevar el contenedor.
- **Almacenamiento Contenedor Lleno en Stacking:** Inicia cuando un cabezal del puerto engancha un contenedor lavado y se dirige a la zona de stacking para almacenarlo. Termina justo en el momento en que la grúa portacontenedores ubica el contenedor en la zona correspondiente para su almacenamiento.

3.4.2. Cálculos del Número de Réplicas

Si queremos trabajar con el 99% de confianza ($1-\alpha = 0.99$) para un intervalo de 0.5 minutos con error de $e = 0.25$, se debe simular cada uno de los escenarios con un número de réplicas grande ($n'=30$) para obtener la desviación estándar de cada variable a medir. A continuación se muestra el resumen:

DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA CADA ESCENARIO

Nombre del Registro	Con Buque		Sin Buque	
	Día	Noche	Día	Noche
Cola en garita	30,50 min	47,17 min	1,23 min	20,26 min
Atención Garita de entrada	0,49 min	0,51 min	0,63 min	0,31 min
Cola en estación de lavado	0,02 min	0,03 min	0,06 min	0,06 min
Servicio lavado de entrada	0,26 min	0,23 min	0,22 min	0,20 min
Tiempo búsqueda chasis	0,29 min	0,26 min	0,34 min	0,30 min
Retirar Cont. Vacío zona stacking	0,40 min	0,48 min	0,41 min	0,39 min
Servicio lavado de salida	0,16 min	0,21 min	0,06 min	0,06 min
Abastecimiento diesel	0,60 min	0,92 min	0,61 min	0,41 min
Inspección de Mantenimiento	0,78 min	0,75 min	0,65 min	0,59 min
Servicio de Balanza	0,29 min	0,25 min	0,15 min	0,18 min
Atención garita de salida	0,29 min	0,33 min	0,73 min	0,71 min
Almacen. Cont lleno zona stacking	0,06 min	0,06 min	0,59 min	0,58 min

Tabla 3.6. Desviación Estándar por Escenario

Luego a través de la fórmula a continuación anotada, se

obtendrá el número de réplicas necesarias: $n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right]^2$

NÚMERO DE RÉPLICAS PARA CADA ESCENARIO

Nombre del Registro	Con Buque		Sin Buque	
	Día	Noche	Día	Noche
Cola en garita	27	65	0	12
Atención Garita de entrada	25	27	42	10
Cola en estación de lavado	0	0	0	0
Servicio lavado de entrada	7	6	5	4
Tiempo búsqueda chasis	9	7	12	10
Retirar Cont. Vacío zona stacking	17	24	18	16
Servicio lavado de salida	3	5	0	0
Abastecimiento diesel	38	89	39	18
Inspección de Mantenimiento	64	59	45	37
Servicio de Balanza	9	7	2	3
Atención garita de salida	9	12	56	53
Almacen. Cont lleno zona stacking	0	0	37	36

Tabla 3.7. Número de Réplicas por Escenario

El número de réplicas a usar para simular el modelo será el de mayor valor en la tabla anterior, para satisfacer el requerimiento de las operaciones con mayor variación en sus tiempos. Es decir que se realizarán 89 réplicas al simular el modelo para obtener el 99% de confianza en los valores.

Es importante mencionar que para la actividad “Cola Garita”, se utilizó un error $e= 15$ minutos. Esto se debió a que la desviación estándar en los cuatro escenarios era superior a los 20 minutos y al aplicar la fórmula con un error de $e=0.25$, el número de réplicas obtenido era 98,500. Como esta cifra es demasiado elevada, se aumentó el error esperado y se obtuvieron valores adecuados.

3.5. Análisis de Resultados

Una vez corridas las 89 réplicas para el modelo de simulación, a continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos. El detalle de los resultados se encuentra en el Anexo 4.

Escenario: Con Buque - Día

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	68.69 min	35.74 min	58.25 min	79.13 min
Atención garita entrada	17.26 min	0.57 min	17.09 min	17.43 min
Cola estación de lavado	0.49 min	0.03 min	0.48 min	0.50 min
Servicio lavado de entrada	5.25 min	0.32 min	5.16 min	5.35 min
Tiempo búsqueda chasis	4.91 min	0.29 min	4.82 min	5.00 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	6.68 min	0.44 min	6.55 min	6.81 min
Servicio lavado de salida	3.89 min	0.20 min	3.83 min	3.95 min
Abastecimiento diesel	6.28 min	0.59 min	6.11 min	6.45 min
Inspección de Mantenimiento	11.29 min	0.69 min	11.08 min	11.49 min
Servicio de Balanza	6.05 min	0.29 min	5.96 min	6.14 min
Atención garita de salida	3.39 min	0.28 min	3.31 min	3.48 min
Almacen. cont lleno zona stacking	4.61 min	0.07 min	4.59 min	4.63 min

Tabla 3.8. Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque – Día

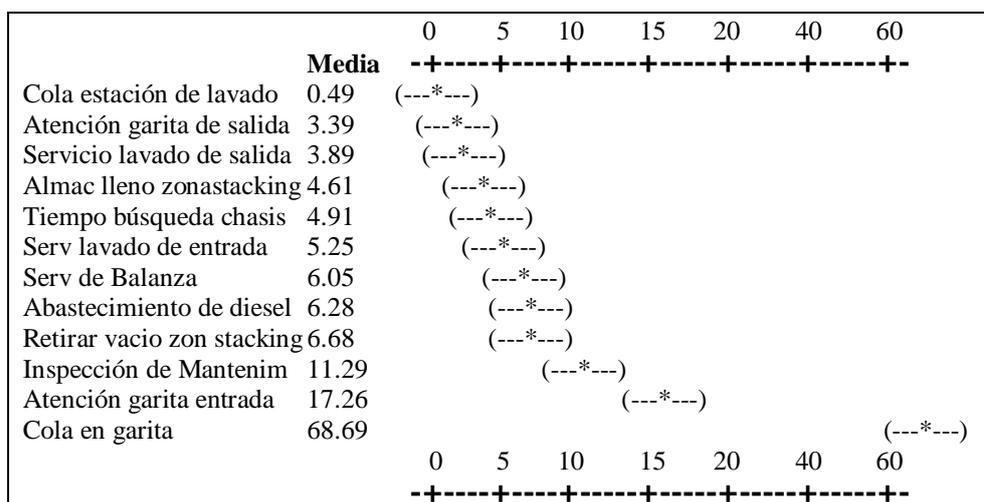


Figura 3.2. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque - Día

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Atención garita entrada	90.02%	4.33%	88.75%	91.28%
Servicio lavado de entrada	14.63%	1.28%	14.26%	15.01%
Zona stacking	56.83%	3.63%	55.77%	57.89%
Servicio lavado de salida	9.63%	0.78%	9.41%	9.86%
Abastecimiento diesel	21.29%	2.94%	20.43%	22.15%
Inspección de Mantenimiento	67.48%	4.57%	66.14%	68.81%
Servicio de Balanza	32.14%	2.62%	31.38%	32.91%
Atención garita de salida	15.33%	1.96%	14.75%	15.90%

Tabla 3.9. Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque - Día

Como se puede observar en el gráfico, el tiempo de espera o de servicio en cada una de las operaciones se concentra dentro de un rango de 0 – 10 minutos, excepto la atención en la garita de entrada y la cola que se forma fuera de la garita con 17.26 min y 68.69 min en promedio respectivamente. Además, la operación con mayor porcentaje de utilización es la atención de la garita de entrada con 90.02%, lo cual nos confirma que la operación restrictiva de este escenario es la atención en la garita.

Escenario: Con Buque - Noche

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	210 min	50 min	195 min	224 min
Atención garita entrada	17.34 min	0.56 min	17.18 min	17.50 min
Cola estación de lavado	0.49 min	0.03 min	0.49 min	0.50 min
Servicio lavado de entrada	5.28 min	0.24 min	5.21 min	5.35 min
Tiempo búsqueda chasis	4.90 min	0.28 min	4.81 min	4.98 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	6.76 min	0.50 min	6.61 min	6.91 min
Servicio lavado de salida	3.81 min	0.18 min	3.75 min	3.86 min
Abastecimiento diesel	6.39 min	0.71 min	6.18 min	6.60 min
Inspección de Mantenimiento	11.33 min	0.83 min	11.09 min	11.57 min
Servicio de Balanza	6.06 min	0.31 min	5.97 min	6.16 min
Atención garita de salida	3.37 min	0.31 min	3.28 min	3.46 min
Almacén. cont lleno zona stacking	4.59 min	0.06 min	4.57 min	4.61 min

Tabla 3.10. Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque – Noche

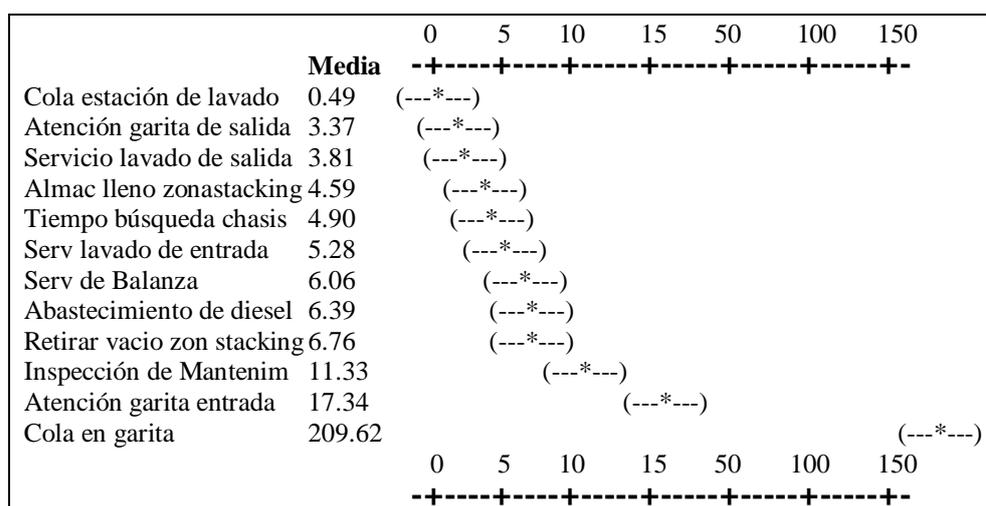


Figura 3.3. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque - Noche

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Atención garita entrada	91.98%	3.04%	91.10%	92.87%
Servicio lavado de entrada	14.89%	1.09%	14.57%	15.21%
Zona stacking	57.91%	3.97%	56.75%	59.07%
Servicio lavado de salida	9.47%	0.68%	9.27%	9.66%
Abastecimiento diesel	22.86%	4.83%	21.45%	24.27%
Inspección de Mantenimiento	67.76%	4.18%	66.54%	68.98%
Servicio de Balanza	32.81%	2.43%	32.10%	33.52%
Atención garita de salida	15.46%	1.99%	14.88%	16.04%

Tabla 3.11. Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque - Noche

Para el escenario Con Buque – Noche, tenemos resultados muy parecidos al escenario Con Buque – Día, la gran diferencia la marca la cola en la garita, la cual se dispara a 209.62 minutos, mientras que en el escenario anterior era sólo de 68.69 min. Esto se debe principalmente a que la mayoría de los arribos de los contenedores al puerto se produce entre las 20H00 – 24H00. Por consiguiente, la espera fuera del puerto es mayor por la noche. Además coincide que el porcentaje de ocupación de la garita es de 91.98%. En resumen podemos decir que en este escenario, el cuello de botella del proceso también es la atención de la garita de entrada.

Escenario: Sin Buque – Día

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	3.58 min	1.27 min	3.21 min	3.96 min
Atención garita entrada	8.70 min	0.76 min	8.48 min	8.92 min
Cola estación de lavado	0.54 min	0.05 min	0.53 min	0.56 min
Servicio lavado de entrada	4.31 min	0.25 min	4.24 min	4.39 min
Tiempo búsqueda chasis	5.00 min	0.33 min	4.91 min	5.10 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	7.57 min	0.42 min	7.44 min	7.69 min
Servicio lavado de salida	1.27 min	0.07 min	1.25 min	1.29 min
Abastecimiento diesel	8.07 min	0.56 min	7.91 min	8.24 min
Inspección de Mantenimiento	7.55 min	0.58 min	7.38 min	7.72 min
Servicio de Balanza	1.76 min	0.15 min	1.72 min	1.80 min
Atención garita de salida	3.66 min	0.65 min	3.47 min	3.85 min
Almacen. cont lleno zona stacking	9.46 min	0.56 min	9.29 min	9.63 min

Tabla 3.12. Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque – Día

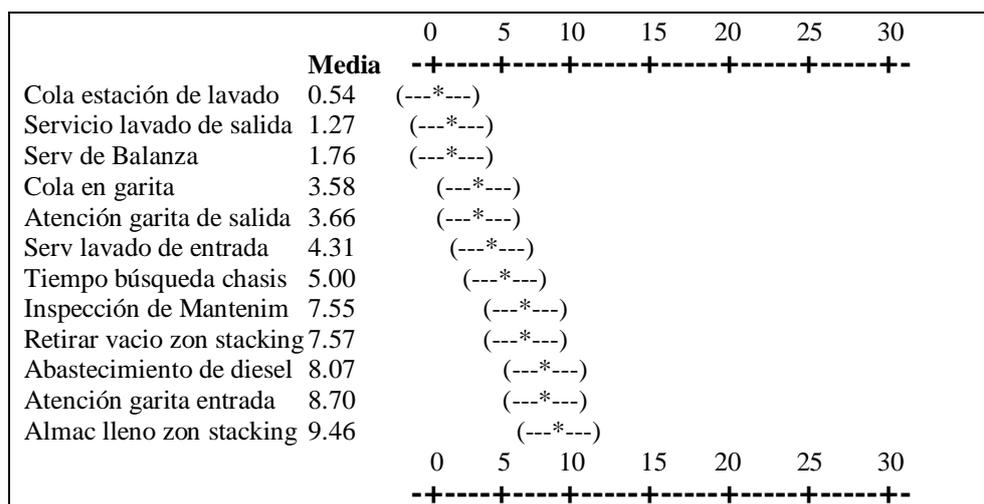


Figura 3.4. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque - Día

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Atención garita entrada	22.77%	10.02%	19.84%	25.70%
Servicio lavado de entrada	8.11%	3.68%	7.04%	9.19%
Zona stacking	54.20%	24.01%	47.19%	61.22%
Servicio lavado de salida	1.19%	0.55%	1.03%	1.34%
Abastecimiento diesel	16.64%	7.58%	14.43%	18.86%
Inspección de Mantenimiento	24.71%	11.10%	21.47%	27.95%
Servicio de Balanza	4.04%	1.89%	3.49%	4.59%
Atención garita de salida	10.30%	4.66%	8.94%	11.67%

Tabla 3.13. Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque - Noche

El gráfico muestra que en este escenario el comportamiento de todas las actividades del proceso están dentro de un rango entre 0 – 10 min. El tiempo de espera fuera del puerto es apenas 3.58 min. Esto se debe a la baja frecuencia con que arriban los vehículos durante el día en que el muelle está sin buque. Además, el porcentaje de utilización es mayor en la zona de Stacking. Podríamos decir que en un supuesto caso de falla de las máquinas, el cuello de botella del proceso sería el almacenamiento de los contenedores en Stacking.

Escenario: Sin Buque – Noche

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	137 min	22 min	131 min	144 min
Atención garita entrada	7.44 min	0.48 min	7.30 min	7.58 min
Cola estación de lavado	0.61 min	0.08 min	0.59 min	0.63 min
Servicio lavado de entrada	3.98 min	0.22 min	3.92 min	4.05 min
Tiempo búsqueda chasis	4.44 min	0.29 min	4.35 min	4.52 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	7.59 min	0.46 min	7.45 min	7.72 min
Servicio lavado de salida	1.27 min	0.06 min	1.25 min	1.29 min
Abastecimiento diesel	7.81 min	0.54 min	7.65 min	7.97 min
Inspección de Mantenimiento	7.30 min	0.55 min	7.14 min	7.46 min
Servicio de Balanza	1.79 min	0.16 min	1.74 min	1.84 min
Atención garita de salida	3.59 min	0.64 min	3.40 min	3.77 min
Almacen. cont lleno zona stacking	9.38 min	0.59 min	9.21 min	9.56 min

Tabla 3.14. Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque – Día

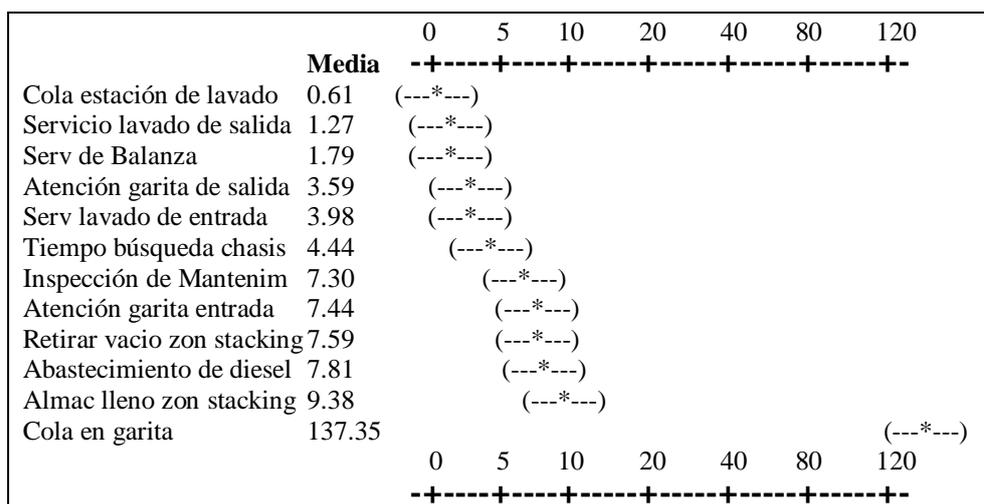


Figura 3.5. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque - Día

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Atención garita entrada	40.50%	3.78%	39.40%	41.61%
Servicio lavado de entrada	14.22%	1.23%	13.86%	14.58%
Zona stacking	95.26%	2.71%	94.47%	96.05%
Servicio lavado de salida	2.09%	0.24%	2.02%	2.16%
Abastecimiento diesel	29.31%	3.11%	28.40%	30.22%
Inspección de Mantenimiento	42.83%	3.64%	41.77%	43.89%
Servicio de Balanza	7.22%	1.04%	6.91%	7.52%
Atención garita de salida	18.40%	3.47%	17.39%	19.42%

Tabla 3.15. Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque - Noche

Los resultados muestran que los tiempos de operación se encuentran dentro de un rango de 0 – 10 minutos, excepto por la cola de espera fuera de la garita que llega a 137.35 minutos en promedio durante la noche. El mayor tiempo de ciclo en este escenario es el almacenamiento de contenedores en la zona de stacking y su porcentaje de utilización es de 95.26%. Lo cual nos indica que cuando la mayoría de los contenedores ingresan cargados para almacenarse antes de la llegada del buque al muelle, el funcionamiento de las máquinas es una actividad crítica que en caso de falla puede ocasionar el cuello de botella de todo el proceso.

3.6. Conclusiones

Luego de haber analizado cada uno de los escenarios. Podemos concluir lo siguiente:

- La cantidad de réplicas necesarias para obtener el 99% de confianza con un error de 0.25 minutos en los datos es 89.
- Para la actividad “Cola Garita” fue necesario trabajar con un error de 15 minutos debido a su elevada desviación estándar. De lo contrario, el número de réplicas obtenido hubiera sido 98,500.
- El cuello de botella del proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto en tres de los cuatro escenarios es la atención de la garita de entrada.
- En los dos escenarios por la noche existe una larga espera fuera del puerto y esto se debe por un lado a la operación restrictiva dentro de la terminal y por otro lado a la gran concentración de ingreso de vehículos al puerto entre las 20H00 – 24H00.
- De la toma de tiempos pudimos obtener que el 50% de los arribos al puerto se producen entre las 20H00 y las 24H00, lo que nos indica que al plantear mejoras se debe considerar este punto.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DEL CUELLO DE BOTELLA

En el capítulo anterior se realizó un análisis para determinar cuál es la operación restrictiva del proceso de Ingreso y Salida de Contenedores mediante una toma de tiempos y un modelo de simulación, el cual dio como resultado que la garita de entrada es el cuello de botella del proceso.

El presente capítulo tiene como objetivo realizar un estudio de Movimientos, que ayude a establecer alternativas de mejora en el proceso de atención de la garita con lo cual se espera disminuir el efecto de la operación restrictiva del proceso y agilizará el tiempo de ciclo de los transportistas dentro de la Terminal.

4.1. Descripción detallada del Proceso de Atención de las Garitas

La entrada al puerto está compuesta por tres garitas con cuatro accesos: dos de entrada y dos de salida. La puerta 1 y 3 es para salida e ingreso de contenedores respectivamente y las puertas 2 y 4, corresponden a la salida e ingreso de camiones.

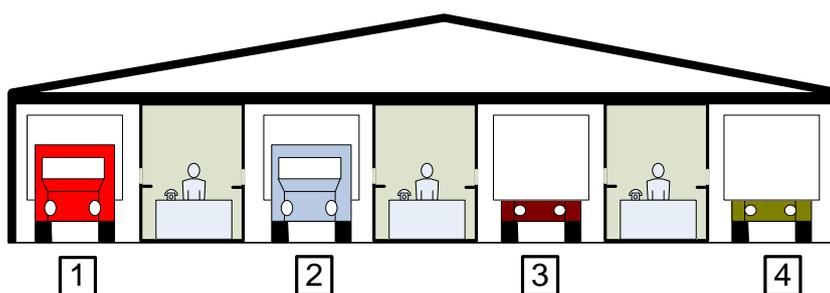


Figura 4.1. Vista desde el exterior del puerto

Cada garita cuenta con un digitador, el cual tiene como responsabilidad el registro de todo contenedor que ingresa o sale del puerto y verificar que la carga que ingresa es la correcta. Además del digitador, existe un grupo de inspectores los cuales son responsables de comprobar que el equipo ingresa y sale en óptimas condiciones. También encontramos un grupo del departamento de calidad, los cuales tienen la responsabilidad de colocar esponjas en la puerta del contenedor para optimizar la ventilación de la fruta.

El proceso inicia cuando los transportistas llegan al puerto a recoger contenedores vacíos para llevarlos a cargar a las fincas. El digitador ingresa los datos del transportista en el sistema e imprime un documento llamado Hoja de Recepción e Intercambio de Equipo - EIR de salida, donde le indica el contenedor que va a llevar.

El transportista ingresa al patio y una vez que ha recogido el contenedor vacío, se dirige a la garita de salida. Los inspectores verifican el estado del equipo y llenan el EIR de salida con toda la información y características del contenedor, chasis y unidad generadora de corriente que está llevando.

El digitador registra en el sistema la salida del equipo e imprime un documento llamado Hoja de Ruta, donde le indican al transportista la finca a donde debe llevar el contenedor. El digitador guarda el original del EIR y entrega la copia de constancia al chofer.

Una vez que el contenedor ha sido cargado en la finca, el transportista regresa al puerto y entrega al digitador la Hoja de Ruta, el mismo que debe registrar el ingreso del contenedor en el sistema e imprimir un EIR de entrada.

Mientras tanto, el personal de calidad abre el contenedor para colocar una esponja en la puerta, asegurando que la ventilación de la fruta sea la adecuada para mantenerla en buenas condiciones.

El inspector verifica el estado del equipo que ingresa y recibe del chofer el EIR de salida, el cual lo compara con el EIR de entrada y en caso de que encuentre un daño o faltante lo apunta en las observaciones y lo reporta al supervisor.

Es importante mencionar que el EIR es un documento legal, el cual debe tener la firma del chofer y de la persona que realizó la inspección, puesto que en caso de existir un daño o faltante, este será cobrado a la compañía de transportes.

A continuación se presenta el diagrama de flujo del micro-proceso de atención de las garitas:

Proceso: Atención de las Garitas		Resumen						
			Actual	Propuesta	Mejora			
		Operac.	8					
		Transport	5					
		Demora	-					
		Inspecc.	2					
Almacen.	-							
#	Descripción de Actividad	Símbolo				Observaciones		
Garita Entrada	1	Llega transportista a la garita de entrada	○	➡	D	□	▽	
	2	Digitador imprime EIR de salida (pick empty).	○	➡	D	□	▽	Pick empty - Recoge cont vacío y lo lleva a la finca.
	3	Transportista ingresa al puerto a recoger contenedor vacío	○	➡	D	□	▽	
Garita Salida	4	Llega a la garita de salida con el contenedor vacío	○	➡	D	□	▽	
	5	Inspector chequea el equipo que está saliendo y llena EIR de salida.	○	➡	D	□	▽	Llena registro con todo el detalle del estado del equipo.
	6	Entrega EIR a digitador, el cual ingresa datos en el sistema	○	➡	D	□	▽	
	7	Digitador imprime Hoja de Ruta y entrega al transportista.	○	➡	D	□	▽	
Garita Entrada	8	Transportista lleva contenedor vacío a la finca y regresa cargado.	○	➡	D	□	▽	
	9	Transportista llega a la garita de entrada y entrega Hoja de Ruta y EIR de salida.	○	➡	D	□	▽	
	10	Digitador registra información del contenedor en el sistema	○	➡	D	□	▽	
	11	Digitador imprime EIR de entrada (Full in).	○	➡	D	□	▽	Full in - Ingresar contenedor cargado para almacenaje.
	12	Inspector verifica el estado en que entra el equipo.	○	➡	D	□	▽	
	13	Calidad abre el contenedor y coloca esponja para mejorar refrigeración	○	➡	D	□	▽	
	14	Compara EIR de salida con EIR de entrada y verifica si existe daño	○	➡	D	□	▽	Debe anotar todas las novedades encontradas.
	15	En caso de existir daño o faltante, reporta vía mail.	○	➡	D	□	▽	En caso de faltantes también debe poner observaciones.

Figura 4.2. Diagrama de flujo del Micro-Proceso de atención de las garitas

4.2. Análisis de Tiempos y Movimientos de la Situación Actual

El análisis de tiempos y movimientos se centrará en las actividades que se desarrollan en la garita de ingreso, puesto que esta operación se identificó como restrictiva luego de la toma de tiempos y la simulación realizada previamente.

Dicho estudio, consistirá en el análisis visual de las actividades y el registro del tiempo que toma cada una de ellas en un formato (Ver Anexo 5), para luego establecer el método adecuado que ayude a reducir el efecto de cuello de botella al proceso.

Como mencionamos anteriormente la garita de ingreso tiene tres operaciones diferentes realizadas por personal diferente que se desarrolla en una misma área de trabajo, éstos son: digitador, inspector y colocador de esponja. A continuación se presenta un Diagrama de Operaciones Simultáneas que describe mejor las actividades por persona:

ACTIVIDADES DEL DIGITADOR	Tiempo MIN	ACTIVIDADES DEL INSPECTOR	ACTIVIDADES DEL COLOCADOR DE ESPONJA
Espera	0.0 - 1.0	Recibe el EIR de salida del chofer	Rompe el sello plástico y abre las puertas del contenedor
	1.0 - 2.0		Coloca andamio para subir al contenedor
Recibe la Hoja de Ruta del chofer	2.0 - 3.0	Realiza la inspección del contenedor y chasis y llena EIR de ingreso	Coloca la esponja dentro del contenedor
	3.0 - 4.0		
Verifica información y llena sticker	4.0 - 5.0	Espera	Cierra las puertas del contenedor y coloca nuevo sello plástico
	5.0 - 6.0		Registra el número de sello de salida y entrada en el formato
Llena datos de chofer en HR, firma y sella	6.0 - 7.0	Retira sticker y coloca en contenedor	
	7.0 - 8.0		
Ingresar la información de la carga en el sistema	8.0 - 9.0	Espera	
	9.0 - 10.0		
Imprime EIR de ingreso y entrega al inspector	10.0 - 11.0	Compara EIR de salida con EIR de entrada	
	11.0 - 12.0	Si encuentra daño en el equipo reporta al coordinador	
Digita en el sistema, información del booking	12.0 - 13.0		
	13.0 - 14.0		
Imprime EIR de salida y entrega al chofer	14.0 - 15.0		

Figura 4.3. Diagrama de Actividades Simultáneas

Como se puede observar en el gráfico, el tiempo promedio que demora el transportista en la garita de entrada es aproximadamente 15 minutos. Luego de este tiempo, el contenedor se dirige a la estación de lavado para continuar el proceso.

4.2.1. Turnos del Personal

A continuación se describe el personal que labora en el área de la Garita de Ingreso y los turnos que realizan para cubrir los puestos de trabajo las 24 horas del día:

DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL ACTUAL			
Actividad	Turno 1 (08H00 - 20H00)	Turno 2 (20H00 - 08H00)	Pers. x turno
Digitación	1	1	2
Inspección	1	2	3
Coloc. de Esponja	2	2	4
Total x día	4	5	9

Tabla 4.1. Distribución del Personal por Turnos

Suponiendo que el pago por hora para cada persona sea de \$1 (un dólar), y de acuerdo a las leyes laborales el pago por horas extras según las jornadas de trabajo con el recargo del 25%, 50% y 100% según corresponde, el costo total de mano de obra para el personal de garita por día es de \$141.00.

4.2.2. Documentos Utilizados

Las actividades que se desarrollan en la garita de ingreso, ameritan el uso de documentos que permiten el registro, respaldo y seguimiento de información para el control de las operaciones diarias.

A continuación se describen cada uno de estos documentos:

- **Recepción de Intercambio de Equipo (EIR):** Este documento asegura la recepción de los equipos de la compañía en buen estado. Cada vez que un chasis con un contenedor van a salir del puerto sea por cualquier motivo, se debe elaborar un EIR de salida, donde el inspector describe el estado de los equipos y las características generales del mismo.

Una vez que el equipo regresa al puerto, el personal de garita emite un EIR de entrada, en donde el inspector verifica que el equipo ingrese en el mismo estado como salió y en caso de encontrar novedades, reportarlas al personal de mantenimiento para proceder a cobrarle los valores respectivos al transportista. A continuación se presenta el formato actual de EIR:

PATIO DE CONTENEDORES EIR RECEIPT												
FECHA		NO. DE TRANSACTION		NO. EIR			ORDEN DE TRANSPORTE					
CONTAINER		CHASSIS		GENSET		LICENCIA DEL CONDUCTOR						
NO. DE PLACA		SELLOS		TRANSPORTISTA								
HUBOMETRO		ENTRADA		SALIDA		OTRAS MARCAS						
GENERADOR		ENTRADA		SALIDA								
COMBUSTIBLE		ENTRADA		SALIDA								
NO. DE BOOKING		BARCO		VIAJE		DESTINO		PESO				
CARGA		TEMPERATURA		HAZARDOUS INFO.								
INSPECCION DE SEGURIDAD												
Marque con una X en el área correspondiente (N/A no es aplicable)												
Pisos falsos Techos falsos Armazón del contenedor Paredes delanteras y laterales falsas Remaches de bisagras de puertas Remaches de paredes Remaches nuevos		SI NO N/A			Pegamento o material extraño en las paredes Paredes desiguales o sinuosas Llantas de chasis y remolque Tanques de aire Tanques de combustibles Marcas o quemaduras recientes de soldadura Pintura nuevas en partes o parches				SI NO N/A			
CONTENEDOR			PARCHES	HUECO	ROTO	ABOLLADURA	ACCIDENTADO	DELAMINADO	RAYON	FALTANTE		
VISTA	POSICION	COD	PAR	HO	RO	AB	AC	DE	RA	FA		
LADO IZQUIERDO	ARRIBA	IAR										
	MEDIO	IMD										
	ABAJO	IAB										
LADO DERECHO	ARRIBA	DAR										
	MEDIO	DMD										
	ABAJO	DAB										
ATRAS	DERECHO	ADE										
	IZQUIERDO	AIZ										
FRENTE	ARRIBA	FAR										
	ABAJO	FAB										
TECHO	ADELANTE	TAD										
	MEDIO	TMD										
	ATRAS	TAT										
SELLO DE LLANTAS			<input type="checkbox"/> TOMAS DE AIRE MANITO (2) TAM <input type="checkbox"/> ANOS DE RUEDAS (3) ADR <input type="checkbox"/> LUCES FRITAS LAT. (3) LFL <input type="checkbox"/> LUCES DIREC. POSTERIOR (2) LDP <input type="checkbox"/> TOMAS DE LUZ (1) TEL <input type="checkbox"/> TANQUE DE AIRE DE RESERVA (2) TAR <input type="checkbox"/> PAPAUBOS (4) TPC <input type="checkbox"/> LUCES STOP POSTERIOR (2) LSP <input type="checkbox"/> CABLE ENCHUFE GENSET (1) CES <input type="checkbox"/> VALVULAS DE AIRE (3) VDA <input type="checkbox"/> ESPARRAMOS (2) ESP <input type="checkbox"/> CORDERAS (2) LDO <input type="checkbox"/> MANIVELA (1) MVL <input type="checkbox"/> MANGUERAS (3) MGR <input type="checkbox"/> TUERCAS DE RUEDAS (2) TOR <input type="checkbox"/> PARACHOQUES POSTERIOR (1) PPO <input type="checkbox"/> PINTAS DE CHASSIS (2) PCH <input type="checkbox"/> PALMONES DE AIRE (4) PMA <input type="checkbox"/> CHAVETAS (2) CHA <input type="checkbox"/> CABLE PLUG CONTENEDOR (1) CPC <input type="checkbox"/> SEGUROS DE CHASSIS (2) SCH <input type="checkbox"/> PARCHES FRENS (4) PRF						LLANTAS			
REF	DEF	IEA	DEA	BATERIAS								
OBSERVACIONES:												
ACEPTO QUE EN ESTA FECHA HE INSPECCIONADO CUIDADOSAMENTE EL EQUIPO DESCRITO ARRIBA Y QUE EN LO QUE EN ESTE DOCUMENTO SE REPORTA ES CIERTO Y CORRECTO Y ES EL RESULTADO DE DICHA INSPECCION. COPIA DE ESTE DOCUMENTO FUE ENTREGADO Y RECIBIDO POR LOS ABAJO FIRMANTES.												
NOMBRE DEL INSPECTOR:			FIRMA DEL INSPECTOR:			NOMBRE CHOFER:			FIRMA DEL CHOFER:			

Figura 4.4. Formato Actual de EIR

- **Hoja de Ruta:** Este formato se utiliza para especificar la carga que tiene el contenedor. Aquí se describe la cantidad de cajas, el tipo de caja, tipo de fruta, origen y destino. Este documento es llenado en las fincas pero lo genera la garita de salida. A continuación se presenta el formato:

objetivo de este manifiesto es hacer el seguimiento de la fruta hasta su exportación, para en caso de presentarse algún problema de calidad se pueda detectar el origen. Este proceso tiene el nombre de trazabilidad de la fruta, a continuación se presenta el formato:

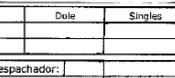
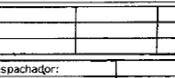
MANIFIESTO DE PRODUCCION - PLATANOS EN PALLETS										
Manifiesto #:		Código Finca:		Empecedora:		Orden de corte:				
Embarque #:		Nave / Viaje:		Mercado:		Pto. Destino Fruta				
No. Orden:		Cliente:		Serie Contenedor:		Licencia: Cabecal				
Licencia Chasis:		Cierre Fecha / Hora:		Despacho Fecha / Hora:		Sello Salida:				
Fecha Corte:		PPMS / PCMS:		Llegada Transporte:		Mes		Año		Hora am / pm
Sup. Cosecha & Empaque:		Sello Entrada:		OBSERVACIONES:						
1		Código	Producto	Cajas	2		Código	Producto	Cajas	
3		Código	Prod.	Cajas	4		Código	Producto	Cajas	
5		Código	Producto	Cajas	6		Código	Producto	Cajas	
7		Código	Producto	Cajas	8		Código	Producto	Cajas	
9		Código	Producto	Cajas	10		Código	Producto	Cajas	
11		Código	Producto	Cajas	12		Código	Producto	Cajas	
13		Código	Producto	Cajas	14		Código	Producto	Cajas	
15		Código	Producto	Cajas	16		Código	Producto	Cajas	
17		Código	Producto	Cajas	18		Código	Producto	Cajas	
19		Código	Producto	Cajas	20		Código	Producto	Cajas	
Distrib		Doble		Singles		Open Top		Babies		Total
Paletas:										
Cajas:										
Nombre Despachador:				Firma Despachador:						
Empresa Transportista:				Nombre Chofer:						
Nombre Resp. Sistema:				Firma Resp. Sistema:						

Figura 4.6. Formato de Manifiesto de Producción

4.3. Propuestas de Mejora

Después de un análisis exhaustivo de las operaciones que se realizan en la garita de ingreso, se plantearon algunas alternativas de mejora a los métodos de trabajo, con el fin de reducir el tiempo actual de 15 minutos aproximadamente por vehículo.

De acuerdo al estudio de métodos, las actividades del digitador al ingreso son las de mayor demora (Figura 4.3). Analizando cada una de ellas se puede observar que podrían ser divididas de la siguiente manera:

DIGITADOR 1
Recibir hoja de ruta del chofer
Verificar información de la carga
Llenar sticker con temperatura del contenedor
Llenar Hoja de ruta, firmar y sellar
Entregar Hoja de Ruta al digitador 2
Digitar en el sistema la información del cupo
Imprimir EIR de salida y entregar al chofer

DIGITADOR 2
Recibir Hoja de Ruta del Digitador 1
Ingresar los datos del chofer al sistema
Imprimir EIR de ingreso y entregar al inspector
Ingresar la información de la carga al sistema

Tabla 4.2. Distribución de Actividades por Digitador

En conclusión, agregar otra estación de trabajo para el proceso de digitación, que disminuya el tiempo de atención.

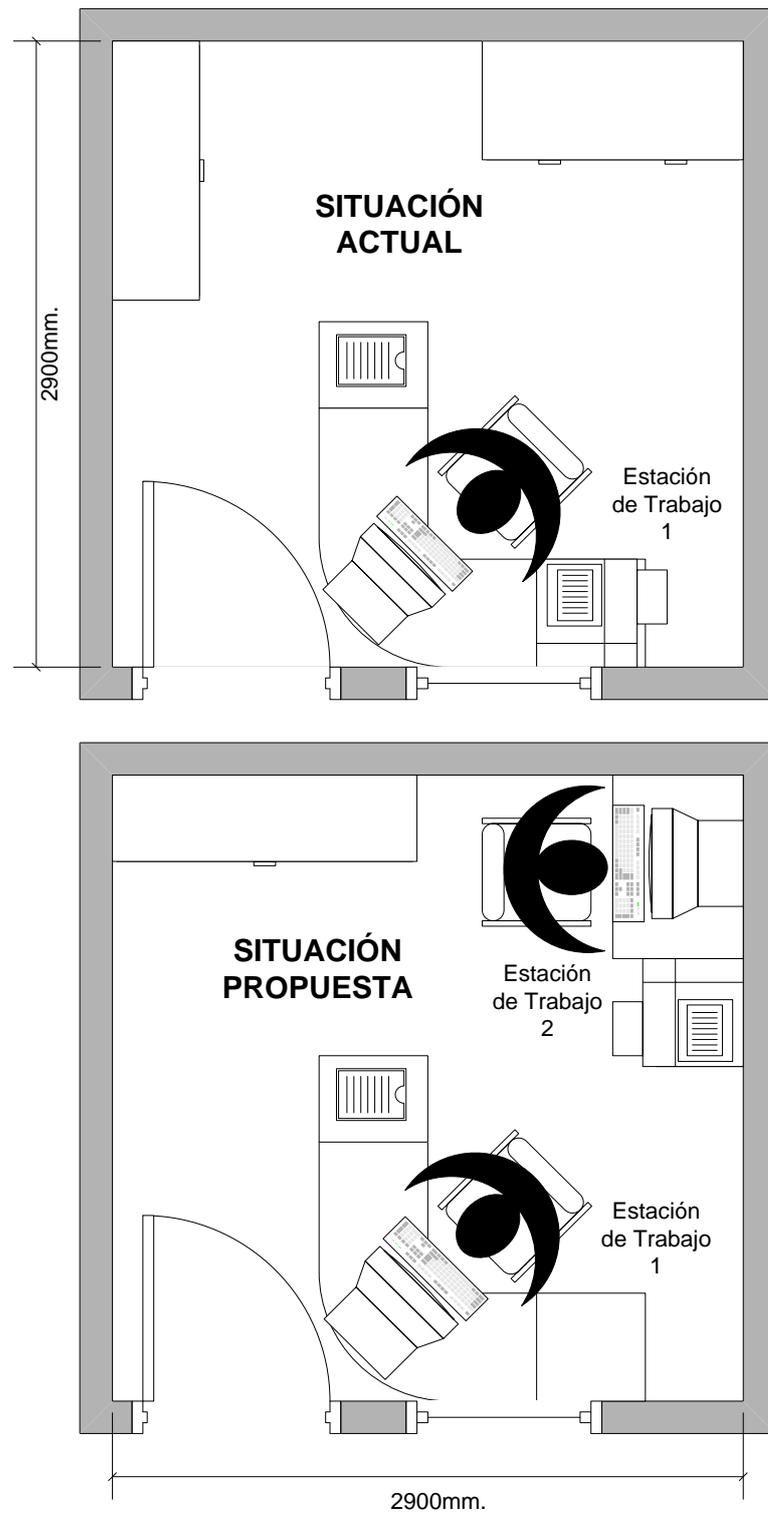


Figura 4.7. Plano de Estaciones de Trabajo Actual y Propuesta

Luego, se pudo observar que los inspectores tardaban en llenar el formato de EIR con la inspección (Figura 4.8). Para mejorar este tiempo utilizado por los inspectores para verificar el estado de los equipos, se observó que mejorando la metodología de llenado, es decir facilitando la labor del personal haciendo más gráfico el formato y eliminando la cantidad de celdas con información a llenar iba a ayudar a disminuir el tiempo de inspección e inclusive la cantidad de errores al llenado. A continuación se presenta la modificación al formato planteada:

contenedor. El inspector debe ubicar en la matriz el espacio donde se encuentra el rayón en el contenedor, pero esto toma su tiempo. En el formato propuesto se elaboró un gráfico del contenedor donde puedan encerrar la ubicación del daño haciendo más práctico su uso. Así mismo se modificó dicho formato para los otros equipos como chasis y genset.

4.4. Análisis de Tiempos y Movimientos de la Situación Propuesta

Después de haber planteado alternativas de mejora en el proceso de ingreso de contenedores, se tomaron nuevamente los tiempos de las actividades en la garita de entrada y se obtuvieron los siguientes resultados.

ATENCIÓN GARITA DE ENTRADA		
Día	Promedio	Desv Estándar
Lunes	8.28 min	5.69 min
Martes	8.28 min	4.23 min
Miércoles	7.39 min	2.49 min
Jue-Vie-Sa-Do	7.76 min	2.63 min
Promedio Total	8.10 min	4.33 min

Tabla 4.3. Resultados de la segunda Toma de Tiempos

Como se puede observar el tiempo promedio de atención por vehículo disminuyó aproximadamente 7 minutos. Esto afecta

directamente en la cola fuera del puerto. El detalle de los tiempos se encuentra en el Anexo 6.

De acuerdo a la programación de corte de la fruta para almacenarla en el contenedor y llevarla al puerto, la mayor parte de contenedores ingresan por la noche y sobretodo el día previo al embarque. Por este motivo el flujo de vehículos a partir de las 18H00 se incrementa causando cola y esperas a los transportistas.

A continuación se presenta un gráfico obtenido de un estudio elaborado por la compañía, donde se muestra la distribución de probabilidades de las horas de arribo al puerto:

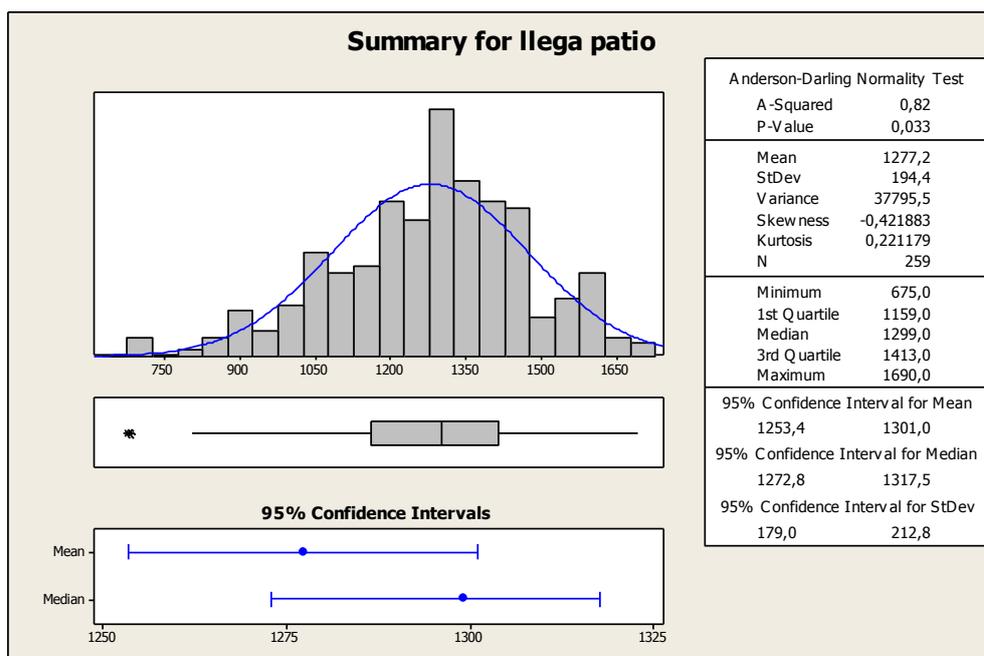


Figura 4.9. Frecuencia de arribos de contenedores al puerto

Como se puede observar, la mayor frecuencia de ingresos de vehículos se encuentra entre los valores 1,200 y 1,350, que corresponden a las 20H00 y 23H00 respectivamente. Es decir que:

- 25% de los vehículos arriban antes de las 19H00
- 25% de los vehículos arriban entre las 19H00 y las 21H45
- 25% de los vehículos arriban entre las 21H45 y 24H00
- 25% de los vehículos arriban en la madrugada

De acuerdo a esta distribución de frecuencia de arribos, se puede plantear como mejora para disminuir el porcentaje de desocupación

del personal, un cuadro con la cantidad de personas necesarias por turno de acuerdo al flujo de vehículos. Teniendo así:

DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL PROPUESTO				
Actividad	Turno 1 (08H00 - 16H00)	Turno 2 (16H00 - 00H00)	Turno 3 (00H00 - 08H00)	Pers. x turno
Digitación	1	2	2	5
Inspección	1	2	2	5
Coloc. de Esponja	1	2	2	5
Total x día	3	6	6	15

Tabla 4.4 Distribución Propuesta del Personal por Turnos

4.5. Conclusiones

De las propuestas de mejora planteadas durante este capítulo, podemos concluir las siguientes:

- Incluir una segunda estación de trabajo en la garita, que comparta la labor de atención a los vehículos y disminuya el tiempo promedio actual de 15 minutos a 8.10 minutos.
- Modificar el formato de Recepción e Intercambio de Equipo actual, de tal manera que sea más gráfico y agilite la labor del inspector.
- Se distribuyó el horario del personal de atención en las garitas, de acuerdo al flujo de vehículos, para reducir el porcentaje de desocupación del personal mientras no ingresan vehículos al puerto.

CAPÍTULO 5

4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS MEJORAS, EMPLEANDO UN MODELO DE SIMULACIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo validar las mejoras propuestas al proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto. Y para ello, es necesario obtener las distribuciones de probabilidad de los tiempos tomados en el estudio realizado en el capítulo anterior.

Dichas distribuciones serán ingresadas en el modelo de simulación obtenido de la compañía y se correrán nuevamente para comparar los resultados. De esta forma se podrá validar si los cambios efectuados han generado una mejora en el sistema o no.

Finalmente, se realizará una prueba de hipótesis, para comprobar estadísticamente lo obtenido del modelo.

5.1. Aplicación de cambios en el Modelo de Simulación

Luego de haber implementado ciertas mejoras en la operación restrictiva del proceso de ingreso y salida de contenedores, se tomaron nuevos tiempos a las actividades de la garita de entrada, con el fin de establecer el número de réplicas adecuado y correr nuevamente el modelo de simulación para validar dichas mejoras al sistema.

5.1.1. Análisis de las distribuciones de probabilidad del tiempo de servicio en la garita de Ingreso

En los gráficos que se presentan a continuación, se encuentran las distribuciones de probabilidad que siguen los nuevos tiempos de atención de la garita de entrada para los turnos diurno y nocturno respectivamente. El eje de las abscisas representa los tiempos y el eje de las ordenadas son las probabilidades con las que se producen esos tiempos.

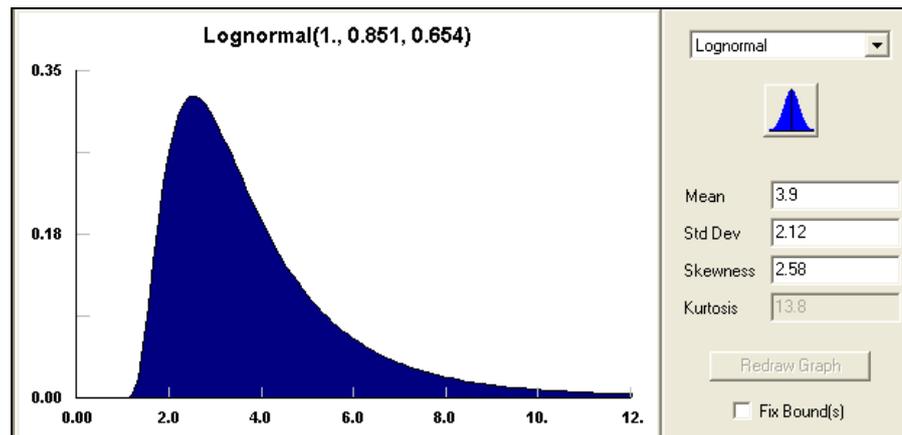


Figura 5.1. Distribución de Probabilidad de la Atención de Garita de Entrada en el Turno de Día

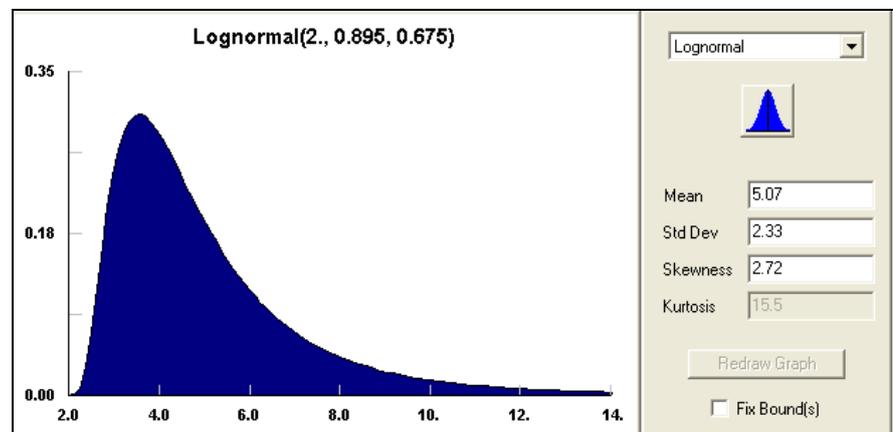


Figura 5.2. Distribución de Probabilidad de la Atención de Garita de Entrada en el Turno de Noche

La distribución Log-normal se caracteriza por ajustarse bien a un gran número de distribuciones empíricas debido a que depende de dos parámetros, media aritmética del logaritmo y desviación estándar del logaritmo.

Es idónea para parámetros que son a su vez producto de numerosas cantidades aleatorias. La media en la distribución Log-normal es mayor que su mediana. De este modo tiende por tanto a ser pesimista.

Como podemos observar, para el turno de día, la media del proceso de atención de la garita de entrada es de 3.90 minutos con una desviación de 2.12 minutos. Para el turno nocturno en cambio, la media es 5.07 minutos con una desviación estándar de 2.33 minutos.

5.2. Establecimiento del Número de Réplicas para el Modelo

Propuesto

Como ya lo vimos anteriormente en el Capítulo 3, la fórmula para establecer el número de réplicas es la siguiente:

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right]^2$$

Donde: n': Número de réplicas
 $Z_{\alpha/2}$: Nivel de confianza
 e: Error
 s: Desviación Estándar

Para realizar el cálculo, es necesario partir de dos supuestos: el nivel de confianza y el error máximo que estamos dispuestos a admitir en nuestra estimación.

Continuando con el mismo patrón que en el primer modelo, se trabajará con el 99% de nivel de confianza, es decir $\alpha = 0.01$ y un error de 0.25 minutos. De igual forma, simularemos primero cada uno de los escenarios con un número de réplicas grande ($n'=30$) para obtener la desviación estándar de cada variable a medir (Ver Anexo 7).

DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA CADA ESCENARIO

Nombre del Registro	Con Buque		Sin Buque	
	Día	Noche	Día	Noche
Cola en garita	0.10 min	0.33 min	0.06 min	4.86 min
Atención Garita de entrada	0.19 min	0.22 min	0.22 min	0.13 min
Cola en estación de lavado	0.19 min	0.46 min	0.10 min	2.31 min
Servicio lavado de entrada	0.31 min	0.27 min	0.24 min	0.13 min
Tiempo búsqueda chasis	0.32 min	0.28 min	0.27 min	0.20 min
Retirar Cont. Vacío zona stacking	0.43 min	0.44 min	0.57 min	0.56 min
Servicio lavado de salida	0.23 min	0.20 min	0.07 min	0.07 min
Abastecimiento diesel	0.36 min	1.25 min	0.50 min	0.47 min
Inspección de Mantenimiento	3.39 min	7.65 min	0.52 min	0.60 min
Servicio de Balanza	0.24 min	0.28 min	0.16 min	0.16 min
Atención garita de salida	0.20 min	0.29 min	0.49 min	0.53 min
Almacen. Cont lleno zona stacking	0.08 min	0.06 min	0.62 min	0.54 min

Tabla 5.1. Nueva Desviación Estándar por Escenario

Luego, se aplica la fórmula mencionada y se obtiene el número de réplicas adecuado. A continuación se muestra el resumen de los resultados:

NÚMERO DE RÉPLICAS PARA CADA ESCENARIO

Nombre del Registro	Con Buque		Sin Buque	
	Día	Noche	Día	Noche
Cola en garita	1	12	0	39
Atención Garita de entrada	4	5	5	2
Cola en estación de lavado	4	22	1	35
Servicio lavado de entrada	10	8	6	2
Tiempo búsqueda chasis	11	8	8	4
Retirar Cont. Vacío zona stacking	20	20	34	33
Servicio lavado de salida	6	4	1	1
Abastecimiento diesel	14	10	26	23
Inspección de Mantenimiento	76	97	29	38
Servicio de Balanza	6	8	3	3
Atención garita de salida	4	9	25	30
Almacen. Cont lleno zona stacking	1	0	41	31

Tabla 5.2. Nuevo Número de Réplicas por Escenario

El número de réplicas a usar para simular el modelo será el de mayor valor en la tabla anterior. Es decir que se realizarán 97 réplicas al simular el modelo para obtener el 99% de confianza en los valores.

5.3. Aplicación del Modelo y Análisis de los Resultados

Una vez corridas las 97 réplicas para el modelo de simulación incluyendo las mejoras propuestas en la garita, se obtuvieron los siguientes resultados por escenario:

Escenario: Con Buque - Día

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	0.71 min	0.12 min	0.67 min	0.74 min
Atención garita entrada	3.41 min	0.21 min	3.35 min	3.47 min
Cola estación de lavado	0.85 min	0.19 min	0.80 min	0.91 min
Servicio lavado de entrada	4.42 min	0.28 min	4.34 min	4.50 min
Tiempo búsqueda chasis	4.05 min	0.32 min	3.97 min	4.14 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	6.73 min	0.48 min	6.59 min	6.86 min
Servicio lavado de salida	3.80 min	0.24 min	3.74 min	3.87 min
Abastecimiento diesel	5.72 min	0.48 min	5.59 min	5.86 min
Inspección de Mantenimiento	15.06 min	4.09 min	13.91 min	16.21 min
Servicio de Balanza	5.83 min	0.28 min	5.75 min	5.91 min
Atención garita de salida	3.40 min	0.29 min	3.32 min	3.48 min
Almacen. cont lleno zona stacking	4.60 min	0.07 min	4.58 min	4.62 min

Tabla 5.3. Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque – Día

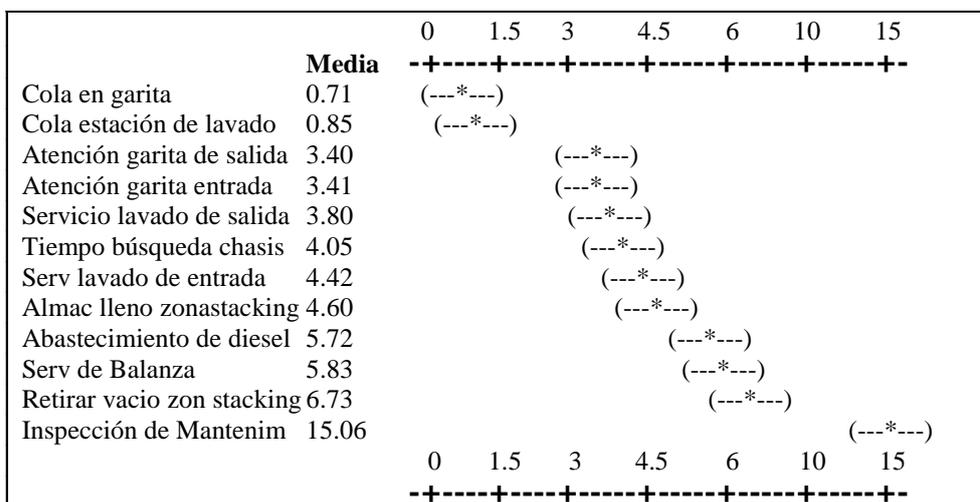


Figura 5.3. Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque - Día

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Garita entrada	12,60%	1,70%	12,12%	13,07%
Servicio lavado de entrada	18,39%	2,43%	17,71%	19,07%
Zona stacking	70,21%	8,31%	67,88%	72,53%
Servicio lavado de salida	11,84%	1,64%	11,38%	12,30%
Abastecimiento diesel	26,34%	4,84%	24,99%	27,69%
Inspección de Mantenimiento	82,41%	8,84%	79,94%	84,89%
Servicio de Balanza	39,62%	4,83%	38,27%	40,97%
Atención garita de salida	19,03%	3,05%	18,18%	19,89%

Tabla 5.4. Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque - Día

De acuerdo a los resultados mostrados, la nueva operación restrictiva del proceso de ingreso y salida de contenedores en el puerto, en el escenario con buque – día, es la inspección de mantenimiento de los equipos, no sólo por su elevado tiempo promedio sino por el porcentaje de utilización.

Podemos notar además que la cola fuera del puerto casi no existe y que la zona de stacking está siendo utilizada en un 70% de su capacidad. Es decir que una falla en la máquina portacontenedores podría ocasionar una gran restricción al flujo de los vehículos alrededor del proceso.

Escenario: Con Buque – Noche

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	1.25 min	0.33 min	1.16 min	1.35 min
Atención garita entrada	6.79 min	0.81 min	6.57 min	7.02 min
Cola estación de lavado	1.47 min	0.46 min	1.34 min	1.60 min
Servicio lavado de entrada	3.85 min	0.27 min	3.77 min	3.93 min
Tiempo búsqueda chasis	3.41 min	0.28 min	3.33 min	3.49 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	6.71 min	0.44 min	6.59 min	6.84 min
Servicio lavado de salida	3.82 min	0.20 min	3.76 min	3.88 min
Abastecimiento diesel	5.70 min	1.27 min	5.35 min	6.06 min
Inspección de Mantenimiento	21.61 min	7.69 min	19.46 min	23.76 min
Servicio de Balanza	5.88 min	0.28 min	5.80 min	5.96 min
Atención garita de salida	3.33 min	0.29 min	3.25 min	3.41 min
Almacen. cont lleno zona stacking	4.60 min	0.06 min	4.58 min	4.62 min

Tabla 5.5. Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Con Buque – Noche

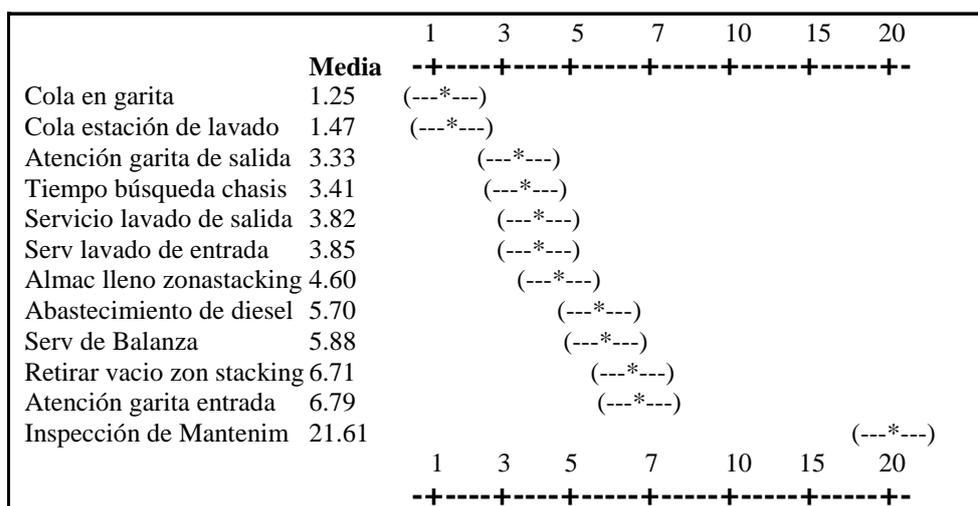


Figura 5.4. Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque - Noche

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Garita entrada	14,18%	1,49%	13,76%	14,59%
Servicio lavado de entrada	19,94%	2,03%	19,37%	20,51%
Zona stacking	76,70%	6,90%	74,78%	78,63%
Servicio lavado de salida	12,93%	1,38%	12,54%	13,32%
Abastecimiento diesel	30,54%	5,20%	29,09%	32,00%
Inspección de Mantenimiento	90,26%	6,72%	88,38%	92,14%
Servicio de Balanza	43,43%	4,68%	42,12%	44,74%
Atención garita de salida	20,50%	2,63%	19,76%	21,24%

Tabla 5.6. Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Con Buque - Noche

De igual manera, en el escenario Con Buque – Noche, la inspección de mantenimiento es la operación restrictiva del proceso. A pesar de que la atención en la garita es el segundo tiempo promedio más alto, la cola no pasa de 1.5 minutos.

En porcentaje de utilización, la inspección de mantenimiento trabaja al 90.26%. Como observación podemos anotar que al parecer el personal que queda en turno para realizar esta actividad por la noche es insuficiente, por tal motivo, demoran demasiado la atención y su utilización es muy elevada.

Escenario: Sin Buque – Día

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	0.54 min	0.06 min	0.53 min	0.56 min
Atención garita entrada	3.38 min	0.22 min	3.32 min	3.44 min
Cola estación de lavado	0.65 min	0.10 min	0.62 min	0.68 min
Servicio lavado de entrada	4.14 min	0.22 min	4.07 min	4.20 min
Tiempo búsqueda chasis	4.67 min	0.33 min	4.58 min	4.77 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	7.56 min	0.53 min	7.41 min	7.71 min
Servicio lavado de salida	1.26 min	0.07 min	1.24 min	1.28 min
Abastecimiento diesel	8.07 min	0.51 min	7.92 min	8.21 min
Inspección de Mantenimiento	7.57 min	0.68 min	7.38 min	7.76 min
Servicio de Balanza	1.79 min	0.13 min	1.75 min	1.83 min
Atención garita de salida	3.54 min	0.49 min	3.40 min	3.68 min
Almacen. cont lleno zona stacking	9.36 min	0.62 min	9.19 min	9.54 min

Tabla 5.7. Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque – Día

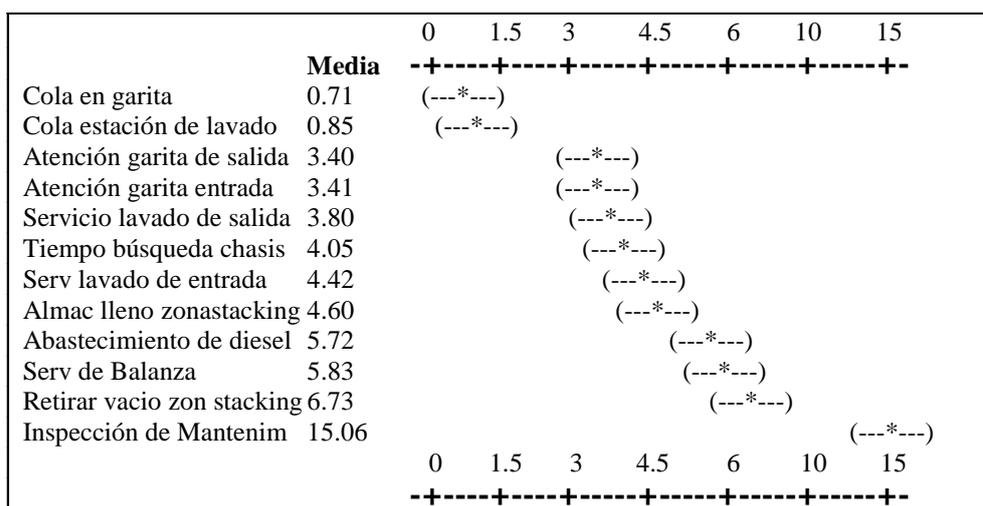


Figura 5.5. Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque - Día

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Garita entrada	6.04%	3.06%	5.18%	6.90%
Servicio lavado de entrada	7.76%	3.89%	6.67%	8.84%
Zona stacking	51.54%	25.68%	44.36%	58.73%
Servicio lavado de salida	1.09%	0.54%	0.94%	1.24%
Abastecimiento diesel	15.76%	7.94%	13.54%	17.98%
Inspección de Mantenimiento	23.28%	11.72%	20.00%	26.56%
Servicio de Balanza	3.90%	1.99%	3.34%	4.45%
Atención garita de salida	9.73%	5.14%	8.29%	11.17%

Tabla 5.8. Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Sin Buque - Día

En este escenario, podemos notar que la inspección de mantenimiento es el cuello de botella del proceso, pero su utilización es baja (23.28%). Estos valores nos indican que no justificaría aumentar la cantidad de personas que realizan esta labor para disminuir el tiempo promedio de la actividad.

Escenario: Sin Buque – Noche

Actividades	Tiempo Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Cola en garita	7.72 min	4.91 min	6.33 min	9.09 min
Atención garita entrada	6.02 min	0.44 min	5.90 min	6.15 min
Cola estación de lavado	4.63 min	2.64 min	3.89 min	5.37 min
Servicio lavado de entrada	2.94 min	0.16 min	2.89 min	2.98 min
Tiempo búsqueda chasis	2.39 min	0.21 min	2.33 min	2.46 min
Retirar cont. Vacío zona stacking	7.58 min	0.48 min	7.44 min	7.71 min
Servicio lavado de salida	1.27 min	0.07 min	1.25 min	1.29 min
Abastecimiento diesel	7.62 min	0.57 min	7.46 min	7.78 min
Inspección de Mantenimiento	7.37 min	0.57 min	7.21 min	7.53 min
Servicio de Balanza	1.78 min	0.17 min	1.73 min	1.83 min
Atención garita de salida	3.47 min	0.61 min	3.30 min	3.64 min
Almacen. cont lleno zona stacking	9.35 min	0.64 min	9.17 min	9.53 min

Tabla 5.9. Nuevos Tiempos Promedio por Actividad del Escenario Sin Buque – Noche

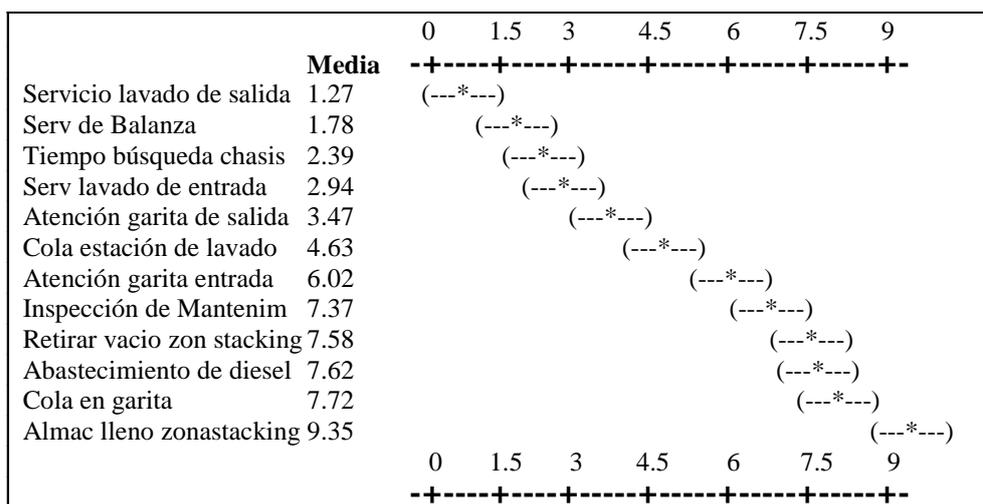


Figura 5.6. Nuevo Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque - Noche

Actividades	Utiliz. Promedio	Desv. Est.	99% C.I. Low	99% C.I. High
Garita entrada	11.63%	1.10%	11.32%	11.93%
Servicio lavado de entrada	14.51%	1.29%	14.15%	14.87%
Zona stacking	96.69%	4.00%	95.57%	97.81%
Servicio lavado de salida	2.14%	0.24%	2.07%	2.21%
Abastecimiento diesel	29.80%	3.06%	28.94%	30.65%
Inspección de Mantenimiento	43.84%	4.41%	42.61%	45.08%
Servicio de Balanza	7.33%	1.01%	7.05%	7.61%
Atención garita de salida	18.29%	3.86%	17.21%	19.37%

Tabla 5.10. Nuevo Porcentaje de Utilización de la Operación para el Escenario Sin Buque - Noche

En el presente escenario, la operación restrictiva es la zona de almacenamiento en stacking, esto se debe a la gran cantidad de contenedores que ingresan para ser embarcados antes de que llegue el buque. A esto se suma la cola de 7.72 minutos en la garita, pese a que el promedio de atención de la garita es de 3.47 minutos.

Como se puede observar, el mayor porcentaje de utilización también corresponde a la zona de stacking, donde la capacidad de las máquinas es el limitante para atender más rápido la actividad.

5.4. Comparación entre el modelo actual y el propuesto

A continuación se realizará una comparación de los resultados de los tiempos de ciclo tomados, por escenario, del proceso de ingreso y salida de contenedores, antes de las mejoras y después de las

mejoras. Esto nos permitirá identificar si efectivamente se redujeron los cuellos de botella detectados al inicio del análisis.

CON BUQUE - DÍA	ACTUAL		PROPUESTA	
	Banano	C. General	Banano	C. General
COLA GARITA	68.69 min	68.69 min	0.71 min	0.71 min
SERV. GARITA ENT.	17.26 min	17.26 min	3.41 min	3.41 min
SERV. LAVADO	5.25 min	5.25 min	4.42 min	4.42 min
ENG. CAPACITY LAV.	7.39 min	7.39 min	7.39 min	7.39 min
SERV CARG GR. PORTACONT	4.61 min	4.61 min	4.60 min	4.60 min
CONEXION	1.75 min	1.75 min	1.75 min	1.75 min
Tiempo Ciclo Ingreso	104.95 min	104.95 min	22.28 min	22.28 min
BUSQUEDA CHASSIS	12.06 min	3.71 min	12.06 min	3.71 min
ENGANCHE CHASSIS	3.98 min	1.73 min	3.98 min	1.73 min
COLA GRÚA PORTACONT	-	-	-	-
SERV DESC GRÚA PORTACONT	9.52 min	3.45 min	9.52 min	3.45 min
TRANS. A ESTACIÓN. DIESEL	-	2.59 min	-	2.59 min
SERV. ESTACIÓN DIESEL	6.28 min	13.05 min	5.72 min	13.05 min
TRANS. A MANTENIMIENTO	-	-	-	-
COLA MANTENIMIENTO	-	6.98 min	-	6.98 min
SERV. MANTENIMIENTO	-	11.29 min	-	15.06 min
COLA BALANZA	-	4.63 min	-	4.63 min
SERV. BALANZA	-	6.05 min	-	5.83 min
LAVADO SALIDA	-	-	-	-
SERV. GARITA SALIDA	3.39 min	3.39 min	3.40 min	3.40 min
Tiempo Ciclo Salida	35.23 min	56.87 min	34.68 min	60.43 min
TIEMPO DE CICLO TOTAL	140.19 min	161.83 min	56.97 min	82.72 min

Tabla 5.11. Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y Propuestos del Escenario Con Buque - Día

CON BUQUE - NOCHE	ACTUAL		PROPUESTA	
	Banano	C. General	Banano	C. General
ACTIVIDAD				
COLA GARITA	39.09 min	39.09 min	1.25 min	1.25 min
SERV. GARITA ENT.	15.23 min	15.23 min	6.79 min	6.79 min
SERV. LAVADO	3.02 min	3.02 min	3.67 min	3.67 min
ENG. CAPACITY LAV.	8.09 min	8.09 min	7.39 min	7.39 min
SERV CARG GR. PORTACONT	4.59 min	4.59 min	4.60 min	4.60 min
CONEXION	2.45 min	2.45 min	1.75 min	1.75 min
Tiempo Ciclo Total	72.47 min	72.47 min	25.45 min	25.45 min
BUSQUEDA CHASSIS	9.71 min	15.92 min	9.71 min	15.92 min
ENGANCHE CHASSIS	3.23 min	1.88 min	3.23 min	1.88 min
COLA GRÚA PORTACONT	4.39 min	-	4.39 min	-
SERV DESC GRÚA PORTACONT	5.35 min	-	5.35 min	-
TRANS. A ESTACIÓN. DIESEL	-	-	-	-
SERV. ESTACIÓN DIESEL	-	7.32 min	-	7.32 min
TRANS. A MANTENIMIENTO	-	1.77 min	-	1.77 min
COLA MANTENIMIENTO	-	1.99 min	-	1.99 min
SERV. MANTENIMIENTO	-	7.49 min	-	7.49 min
COLA BALANZA	-	3.53 min	-	3.53 min
SERV. BALANZA	-	4.92 min	-	4.92 min
LAVADO SALIDA	-	-	-	-
SERV. GARITA SALIDA	3.03 min	3.03 min	3.03 min	3.03 min
Tiempo Ciclo Total	25.71 min	47.84 min	25.71 min	47.84 min
TIEMPO DE CICLO TOTAL	98.18 min	120.31 min	51.16 min	73.29 min

Tabla 5.12. Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y Propuesto del Escenario Con Buque – Noche

SIN BUQUE - DIA	ACTUAL		PROPUESTA	
	Banano	C. General	Banano	C. General
ACTIVIDAD				
COLA GARITA	3.58 min	3.58 min	0.54 min	0.54 min
SERV. GARITA ENT.	7.66 min	7.66 min	3.38 min	3.38 min
SERV. LAVADO	4.31 min	4.31 min	4.14 min	4.14 min
ENG. CAPACITY LAV.	7.39 min	7.39 min	7.39 min	7.39 min
SERV CARG GR. PORTACONT	4.00 min	4.00 min	4.00 min	4.00 min
CONEXIÓN	3.15 min	3.15 min	3.15 min	3.15 min
Tiempo Ciclo Total	30.09 min	30.09 min	22.60 min	22.60 min
BUSQUEDA CHASSIS	10.43 min	3.71 min	10.43 min	3.71 min
ENGANCHE CHASSIS	2.71 min	4.04 min	2.71 min	4.04 min
TRANSP. A STACKING	5.99 min	2.96 min	5.99 min	2.96 min
COLA GRÚA PORTACONT	5.25 min	19.02 min	5.25 min	19.02 min
SERV GRÚA PORTACONT	1.44 min	2.02 min	1.44 min	2.02 min
TRANS. A ESTACIÓN. DIESEL	-	16.33 min	-	16.33 min
SERV. ESTACIÓN DIESEL	-	5.67 min	-	5.67 min
TRANS. A MANTENIMIENTO	-	-	-	-
COLA MANTENIMIENTO	-	1.08 min	-	1.08 min
SERV. MANTENIMIENTO	-	8.50 min	-	8.50 min
COLA BALANZA	-	4.02 min	-	4.02 min
SERV. BALANZA	-	2.58 min	-	2.58 min
LAVADO SALIDA	3.51 min	-	3.51 min	-
SERV. GARITA SALIDA	3.03 min	3.03 min	3.03 min	3.03 min
Tiempo Ciclo Total	32.37 min	72.98 min	32.37 min	72.98 min
TIEMPO DE CICLO TOTAL	62.45 min	103.06 min	54.97 min	95.58 min

Tabla 5.13. Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y
Propuesto del Escenario Sin Buque – Día

SIN BUQUE - NOCHE	ACTUAL		PROPUESTA	
	Banano	C. General	Banano	C. General
ACTIVIDAD				
COLA GARITA	26.66 min	26.66 min	7.72 min	7.72 min
SERV. GARITA ENT.	17.76 min	17.76 min	6.02 min	6.02 min
SERV. LAVADO	3.02 min	3.02 min	3.02 min	3.02 min
ENG. CAPACIDAD LAV.	4.16 min	4.16 min	4.16 min	4.16 min
SERV CARG GR. PORTACONT	1.71 min	1.71 min	1.71 min	1.71 min
CONEXION	2.45 min	2.45 min	2.45 min	2.45 min
Tiempo Ciclo Total	55.76 min	55.76 min	25.08 min	25.08 min
BUSQUEDA CHASSIS	5.64 min	12.90 min	5.64 min	12.90 min
ENGANCHE CHASSIS	4.34 min	3.41 min	4.34 min	3.41 min
TRANSP. A STACKING	3.25 min	2.93 min	3.25 min	2.93 min
COLA GRÚA PORTACONT	5.81 min	5.21 min	5.81 min	5.21 min
SERV GRÚA PORTACONT	4.36 min	4.48 min	4.36 min	4.48 min
TRANS. A ESTACIÓN. DIESEL	-	2.32 min	-	2.32 min
SERV. ESTACIÓN DIESEL	-	7.69 min	-	7.69 min
TRANS. A MANTENIMIENTO	-	-	-	-
COLA MANTENIMIENTO	-	-	-	-
SERV. MANTENIMIENTO	-	6.14 min	-	6.14 min
COLA BALANZA	-	1.42 min	-	1.42 min
SERV. BALANZA	-	4.51 min	-	4.51 min
LAVADO SALIDA	0.23 min	-	0.23 min	-
SERV. GARITA SALIDA	3.03 min	3.03 min	3.03 min	3.03 min
Tiempo Ciclo Total	26.67 min	54.03 min	26.67 min	54.03 min
TIEMPO DE CICLO TOTAL	82.43 min	109.80 min	51.74 min	79.11 min

Tabla 5.14. Comparación de Tiempos entre el Modelo Actual y Propuesto del Escenario Sin Buque – Noche

Los resultados reflejan una gran diferencia entre el modelo anterior y el propuesto en cada escenario. La variación entre tipo de carga (banano y carga general) es mínima. A continuación presentamos un resumen de las diferencias promedio entre el modelo anterior y el propuesto.

ESCENARIO	BANANO	C. GENERAL
CON BUQUE DÍA	83,22 min	79,11 min
CON BUQUE NOCHE	47,02 min	47,02 min
SIN BUQUE DÍA	7,49 min	7,49 min
SIN BUQUE NOCHE	30,69 min	30,69 min

Tabla 5.15. Diferencias entre Modelo Anterior y Propuesto

Aún con estos resultados, será necesario realizar una prueba de hipótesis de la media poblacional para muestras grandes, con el fin de comprobar estadísticamente la sospecha de que los tiempos de las actividades de la garita en el modelo propuesto son menores que los tiempos en el modelo anterior.

Para comprobar tal sospecha, se planteará una hipótesis alternativa H_a (La media del modelo propuesto es menor que la media del modelo anterior) y una hipótesis nula H_0 (la media de los modelos anterior y propuesto son iguales), para cada una de las actividades de la garita que fueron mejoradas.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 > \mu_2$$

Donde:

μ_1 : Media del modelo anterior

μ_2 : Media del modelo propuesto

Para establecer cuál de los dos hipótesis es verdadera, se necesita determinar un valor para el nivel de significación α . Para continuar con el mismo nivel de confianza que en los análisis realizados anteriormente, se trabajará con el 99% de confianza, es decir $\alpha=0.01$

Además, necesitamos los valores de la media muestral de los datos \bar{x} y su desviación estándar s , para aplicar el estadístico de prueba:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$$

A continuación se muestra un resumen de los resultados. El detalle de los cálculos de la prueba de hipótesis se encuentra en el Anexo 8

Actividades	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	15,91	0	Se rechaza H_0
Atención garita entrada	203,29	0	Se rechaza H_0
Cola estación de lavado	-100,40	0,5	No se rechaza H_0
Servicio lavado de entrada	21,70	0	Se rechaza H_0
Tiempo búsqueda chasis	24,81	0	Se rechaza H_0
Retirar cont. Vacío zona stacking	-0,95	0,5	No se rechaza H_0
Servicio lavado de salida	3,76	0	Se rechaza H_0
Abastecimiento diesel	7,94	0	Se rechaza H_0
Inspección de Mantenimiento	-45,71	0,5	No se rechaza H_0
Servicio de Balanza	6,35	0	Se rechaza H_0
Atención garita de salida	-0,30	0,5	No se rechaza H_0
Almacen. cont lleno zona stacking	1,20	0,1	No se rechaza H_0

Tabla 5.16. Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Con Buque Día

Actividades	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	34,67	0	Se rechaza H_0
Atención garita entrada	157,62	0	Se rechaza H_0
Cola estación de lavado	-273,31	0,5	No se rechaza H_0
Servicio lavado de entrada	49,85	0	Se rechaza H_0
Tiempo búsqueda chasis	44,52	0	Se rechaza H_0
Retirar cont. Vacío zona stacking	0,84	0,2	No se rechaza H_0
Servicio lavado de salida	-0,46	0,5	No se rechaza H_0
Abastecimiento diesel	8,13	0	Se rechaza H_0
Inspección de Mantenimiento	-103,62	0,5	No se rechaza H_0
Servicio de Balanza	4,86	0	Se rechaza H_0
Atención garita de salida	1,08	0,1	No se rechaza H_0
Almacen. cont lleno zona stacking	-1,39	0,5	No se rechaza H_0

Tabla 5.17. Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Con Buque - Noche

Actividades	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	20,03	0	Se rechaza H_0
Atención garita entrada	58,57	0	Se rechaza H_0
Cola estación de lavado	-18,41	0,5	No se rechaza H_0
Servicio lavado de entrada	5,69	0	Se rechaza H_0
Tiempo búsqueda chasis	8,37	0	Se rechaza H_0
Retirar cont. Vacío zona stacking	0,20	0,4	No se rechaza H_0
Servicio lavado de salida	1,20	0,1	No se rechaza H_0
Abastecimiento diesel	0,00	0,5	No se rechaza H_0
Inspección de Mantenimiento	-0,29	0,5	No se rechaza H_0
Servicio de Balanza	-1,67	0,5	No se rechaza H_0
Atención garita de salida	1,54	0,06	No se rechaza H_0
Almacen. cont lleno zona stacking	1,49	0,07	No se rechaza H_0

Tabla 5.18. Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Sin Buque Día

Actividades	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	49,19	0	Se rechaza H_0
Atención garita entrada	24,75	0	Se rechaza H_0
Cola estación de lavado	-420,42	0,5	No se rechaza H_0
Servicio lavado de entrada	39,55	0	Se rechaza H_0
Tiempo búsqueda chasis	59,14	0	Se rechaza H_0
Retirar cont. Vacío zona stacking	0,18	0,43	No se rechaza H_0
Servicio lavado de salida	0,00	0,5	No se rechaza H_0
Abastecimiento diesel	2,94	0,002	Se rechaza H_0
Inspección de Mantenimiento	-1,06	0,5	No se rechaza H_0
Servicio de Balanza	0,52	0,30	No se rechaza H_0
Atención garita de salida	1,57	0,06	No se rechaza H_0
Almacen. cont lleno zona stacking	0,43	0,08	No se rechaza H_0

Tabla 5.19. Resultados de la Prueba de Hipótesis del Escenario Sin Buque Noche

De acuerdo a las hipótesis planteadas, H_0 establece que la media de los dos modelos son iguales, mientras que H_a indica que la media del modelo anterior es mayor que la media del modelo propuesto. En otras palabras la hipótesis alternativa H_a , intenta probar que los tiempos en el modelo propuesto son menores, por lo tanto las mejoras planteadas han reducido o eliminado el cuello de botella.

Si se observan los resultados, cada vez que se indica “Se rechaza H_0 ”, esto nos dice que la hipótesis alternativa es correcta y se cumple para cada una de las actividades marcadas con esta cláusula.

Mientras que si indica “No se rechaza H_0 ”, esto nos dice que no existen pruebas suficientes como para determinar que los tiempos en el modelo propuesto han disminuido.

5.5. Conclusiones

- La cantidad de réplicas necesarias para obtener el 99% de confianza con un error de 0.25 minutos en los datos en el modelo propuesto es 97.
- La actividad de inspección de mantenimiento, que se realiza para los contenedores con carga general es la nueva operación restrictiva del proceso en tres de los cuatro escenarios, con un tiempo promedio de 15 minutos.
- Luego de comparar los modelos actual y propuesto, se obtuvo que existe una variación de 35% menos en los tiempos promedio. Es decir que se han mejorado los tiempos en la garita en un 35%.
- Finalmente, una vez realizadas las pruebas de hipótesis para cada escenario, se puede concluir que estadísticamente los tiempos que disminuyeron realmente son los siguientes:

Diferencia del Modelo Actual Vs. Propuesto

Actividades	CON BUQUE DÍA	CON BUQUE NOCHE	SIN BUQUE DÍA	SIN BUQUE NOCHE
Cola en garita	67.98 min	208.37 min	3.04 min	129.63 min
Atención garita entrada	13.85 min	10.55 min	5.32 min	1.42 min
Servicio lavado de entrada	0.83 min	1.43 min	0.17 min	1.04 min
Tiempo búsqueda chasis	0.86 min	1.49 min	0.33 min	2.05 min
Servicio lavado de salida	0.09 min	-	-	-
Abastecimiento diesel	0.56 min	0.69 min	-	0.19 min
Servicio de Balanza	0.22 min	0.18 min	-	-

Tabla 5.20. Diferencia de Tiempos entre Modelo Actual y Propuesto

CAPÍTULO 6

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Luego de todos los análisis elaborados durante los capítulos desarrollados en el presente trabajo, a continuación se presentan las conclusiones finales:

1. Luego de obtener los resultados de la toma de tiempos e ingresarlo al modelo de simulación que sirvió como herramienta para establecer el cuello de botella del proceso, se identificó que la garita de entrada generaba el mayor tiempo y por lo tanto era la operación restrictiva del proceso de ingreso y salida de contenedores del puerto.
2. El ingreso de los vehículos al puerto tiene mayor concentración entre las 20H00 y las 24H00. Esto se debe a que la mayor parte

de las fincas corta la fruta desde las 06H00 hasta las 17H00 y los transportistas viajan desde las diferentes regiones del país hasta Guayaquil y llegan en ese rango de horas. Por tal motivo las actividades por la noche presentan mayor congestión que en el día.

3. Luego de realizar el estudio de movimientos, se establecieron algunas propuestas de mejora que fueron implementadas en el puerto. Estas propuestas se resumen en:

- Implementación de una estación de trabajo adicional en la garita de ingreso. Esto llevó a distribuir las actividades que realizaba el digitador 1 y nombrar un digitador 2. Cada uno de los digitadores tiene actividades distintas que al concluir, terminan la atención al transportista.
- Modificación de los formatos de Recepción e Intercambio de Equipo que utilizan en las garitas los inspectores, haciéndolos más gráficos y fáciles de llenar para así disminuir el tiempo de inspección de los equipos.

- Distribución adecuada del personal durante los turnos de trabajo de acuerdo al flujo de vehículos que ingresa al puerto. Anteriormente todo el personal de la garita realizaba dos turnos (08H00 – 20H00 y 20H00 – 08H00). La mejora consistió en planificar tres turnos (08H00 – 16H00, 16H00 – 24H00 y 24H00 – 08H00), y el personal asignado en cada turno varía de acuerdo a la frecuencia con la que arriban los transportistas, es decir que a mayor concentración de vehículos en el puerto, mayor cantidad de personal atendiendo, y con esto agilizar el tiempo de servicio.
4. Luego de implantar las mejoras se tomaron nuevamente tiempos de atención en la garita. Estos datos fueron analizados y se obtuvieron nuevas distribuciones de probabilidad, que fueron ingresadas en el modelo de simulación para la obtención de nuevos datos.
 5. Estos datos fueron comparados con los tiempos tomados inicialmente para determinar si las mejoras planteadas habían ayudado a eliminar el cuello de botella que era la garita de ingreso. Además, para comprobar estadísticamente dicha comparación, se realizó una prueba de hipótesis, en la cual los

resultados concluyen que efectivamente existe una disminución del tiempo de atención de las garitas en un 35%.

4.2. Recomendaciones

Luego de haber realizado los análisis de tiempos y movimientos de las actividades del proceso de ingreso y salida de contenedores, se han planteado algunas recomendaciones adicionales que de cierta forma puedan ayudar al proceso y que se prestan para nuevos análisis por parte de la compañía. A continuación se detallan:

1. Iluminación: Se recomienda mejorar la iluminación de la zona de ingreso de vehículos, pues en ese lugar se realiza la inspección de los equipos y en la actualidad cada inspector porta una linterna que ayuda a visualizar el estado del contenedor y chasis, pero de forma deficiente, dificultando el registro de la información en los formatos. La recomendación es instalar reflectores móviles en la zona de ingreso que puedan ser ajustados de acuerdo a la necesidad de iluminación del inspector. Además es necesario que la luz sea amarilla para que no atraiga insectos que puedan ingresar al contenedor y contaminar la fruta.

2. Mejorar el diseño de la garita de ingreso: En la actualidad, el chofer del vehículo debe bajarse del cabezal para entregar al digitador los documentos. La recomendación es trasladar el cubículo del digitador a una distancia y altura tal que el chofer no tenga que bajarse del vehículo y tenga contacto directo con el digitador desde su ventana. Esto ayudará a disminuir el tiempo de atención y por consiguiente la cola de espera.
3. En la actualidad, la colocación de esponjas se realiza en la garita de ingreso. Esta esponja como se había mencionado anteriormente ayuda a la circulación adecuada del flujo de aire dentro del contenedor. Pero esta actividad bien puede ser realizada en las fincas, luego de haber cargado la fruta y antes de cerrar el contenedor. La eliminación de esta actividad en el puerto no sólo ayuda a disminuir el tiempo de atención de las garitas sino también evita la contaminación de la fruta con insectos que pueden ingresar al contenedor en época de lluvias, puesto que el área donde se realiza esta actividad no tiene las condiciones apropiadas para evitar dicha contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

1. CASTANYER FIGUERAS FRANCESC - Control de Métodos y Tiempos Alfaomega Grupo Editor, Año 1999
2. CENTRO UNIVERSITARIO DE LA CIÉNAGA - Curso de Ingeniería de Métodos, Guadalajara México, 2005
<http://148.202.148.5/cursos/id209/mzaragoza/index.htm>
3. FERNÁNDEZ RÍOS MANUEL, Análisis y Descripción de Puestos de Trabajo, Ediciones Díaz de Santos S.A., España, 1995
4. GARCÍA DUNNA EDUARDO, GARCÍA REYES HERIBERTO, CÁRDENAS LEOPOLDO, Simulación y Análisis de Sistemas con Promodel, Pearson Prentice Hall, 1ra Edición, México 2006.
5. HARREL CHARLES, GLOSH BIMAN K., BOWDEN ROYCE, Simulation Using ProModel, McGraw-Hill Higher Education, First Edition, 2000
6. HUYNH NATHAN N., WALTON C. MICHAEL, Methodologies for Reducing Truck Turn Time at Marine Container Terminals, Austin Texas E.E.U.U., Mayo 2005
7. MENDENHALL WILLIAM, BEAVER ROBERT, BEAVER BARBARA, Introducción a la Probabilidad y Estadística, International Thomson Editores, 1ra Edición, 2002.
8. NIEBEL BENJAMIN, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor, México D.F.

APÉNDICES

ANEXO 1

Mapeo de Procesos del Puerto



ANEXO 2

Formato de Registro de Tiempos

Nombre: _____		Actividad: _____			
Fecha: _____		Turno: _____			
No.	Actividad	Responsable	Hora Inicio	Hora Fin	Observación
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

ANEXO 3

Resultados de la Toma de Tiempos

ESCENARIO: MUELLE SIN BUQUE / DÍA

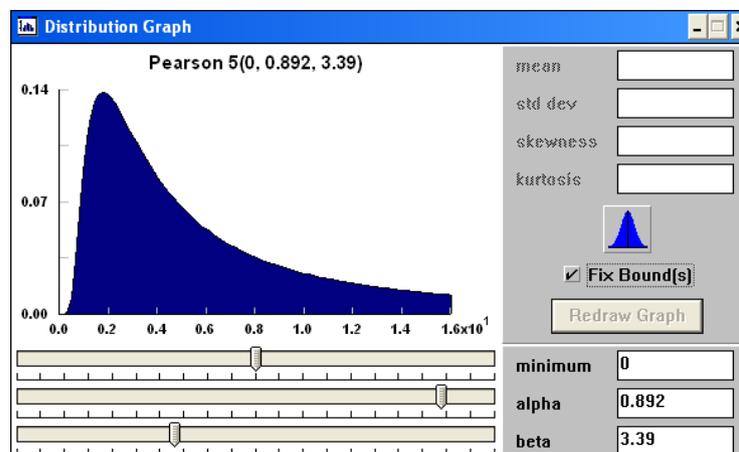
Tiempos entre arribos:

Distribución Pearson 5 (alpha = 0.892; beta= 3,39)

Las características de una curva Pearson 5 es que es una distribución continua con cota en el lado inferior, se la utiliza para modelar tiempos de arribos cuando el tiempo mínimo es mas probable que ocurra, es decir que la probabilidad que ocurran los tiempos mínimos es mayor que ocurran los máximos.

Media= 6 min Moda= 2 min

PROCESO	DATOS	
TIEMPO ENTRE ARRIBOS	Promedio	14,52 min
	Desvest	21,79 min
	Máximo	96,00 min
	Mínimo	0,00 min



Tiempo de Servicio en Garita:

Distribución Weibull (alpha= 1,7691; beta= 15,068)

Este proceso incluye los tiempos de espuma y el tiempo de servicio de garita, es decir desde que pasa el transporte por la puerta de entrada hasta que sale a lavado.

Cuando no hay buque y es de día, el tiempo que les toma en garita es 13,4 min. Es decir que la mayor concentración de los datos se encuentra en la media, valor que esta muy cerca de la moda el cual aproximadamente es 11 min. Es por eso que esta curva parece una normal.

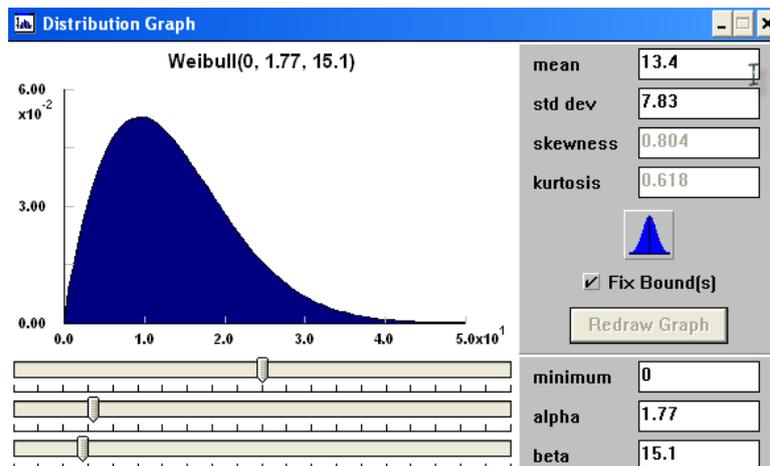
La distribución Weibull es una distribución continua. Es muy parecida a una curva normal, se la utiliza para modelar fuerzas, tiempos de vida, velocidades, confiabilidad y sistemas de servicios (aeropuertos, transporte, etc).

Media =13,4 min

Desv est =7,83 min

Moda =11 min

PROCESO	DATOS	
SERVICIO GARITA ENTRADA	Promedio	7,65 min
	Desvest	4,05 min
	Máximo	21,00 min
	Mínimo	1,00 min



Otras Actividades

PROCESO	DATOS	
SERV. LAVADO	Promedio	2,676 min
	Desvest	1,412 min
	Máximo	6,550 min
	Mínimo	1,000 min

PROCESO	DATOS	
DESENGANCHE CABEZAL	Promedio	1,42 min
	Desvest	1,12 min
	Máximo	5,62 min
	Mínimo	0,16 min

PROCESO	DATOS	
ENGANCHE CAPACITY	Promedio	7,391 min
	Desvest	6,753 min
	Máximo	20,000 min
	Mínimo	0,750 min

PROCESO	DATOS	
SERVICIO DESCARGA	Promedio	1,33 min
	Desvest	0,67 min
	Máximo	3,28 min
	Mínimo	0,37 min

PROCESO	Datos	Total
CONEXIÓN A FUENTE	Promedio	3,15 min
	Desvest	4,91 min
	Máximo	20,68 min
	Mínimo	0,00 min

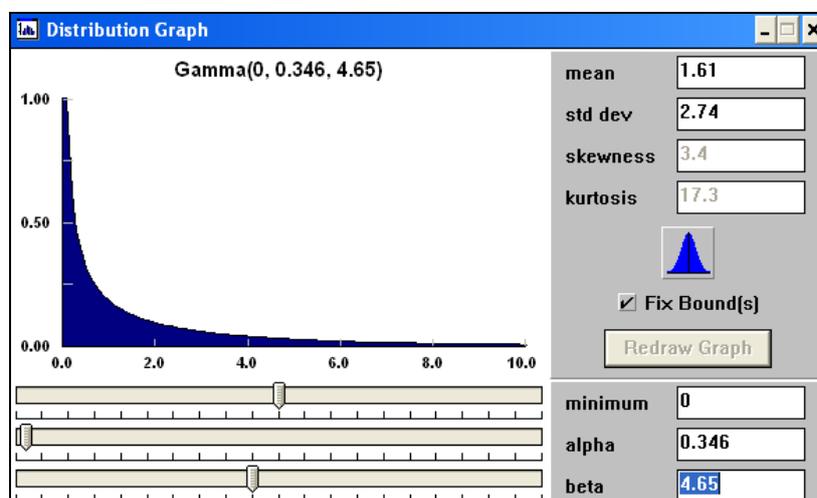
ESCENARIO: MUELLE SIN BUQUE / NOCHE

Tiempo entre arribos:

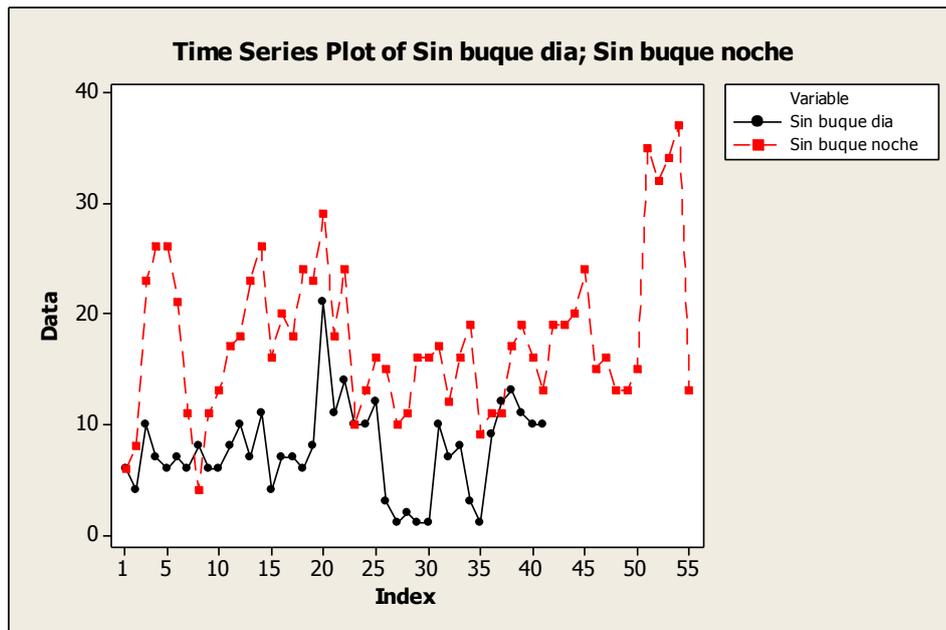
Distrib. Gamma (alpha= 0.346; beta = 4.65)

La mayoría de los vehículos ingresan al puerto entre 0 y 1 min (moda), la media es 1.61, se parece a la curva exponencial debido a que es bastante aleatoria es decir que los carros no siguen un patrón para la llegada, lo hacen aleatoriamente.

PROCESO	DATOS	
TIEMPO ENTRE ARRIBOS	Promedio	4,42 min
	Desvest	4,96 min
	Máximo	17,05 min
	Mínimo	0,00 min



A continuación se presenta un gráfico donde se detallan las series de tiempo para el servicio de garita de entrada tanto para el turno de la noche como para el turno del día. Como se observa, existe una gran diferencia entre estos dos tiempos, aproximadamente de 10 min.



Otras Actividades

PROCESO	DATOS		PROCESO	DATOS	
SERVICIO GARITA ENTRADA	Promedio	17,76 min	SERVICIO LAVADO	Promedio	3,02 min
	Desvest	7,14 min		Desvest	1,85 min
	Máximo	37,00 min		Máximo	12,41 min
	Mínimo	4,00 min		Mínimo	1,00 min

PROCESO	DATOS	
ENGANCHE CAPACITY	Promedio	4,16 min
	Desvest	6,10 min
	Máximo	42,92 min
	Mínimo	0,42 min

ESCENARIO: MUELLE CON BUQUE / DÍA

Tiempo entre arribos:

Weibull ($\alpha= 0.712$; $\beta= 9.47$)

Curva parecida a una exponencial debido a que los arribos son aleatorios.

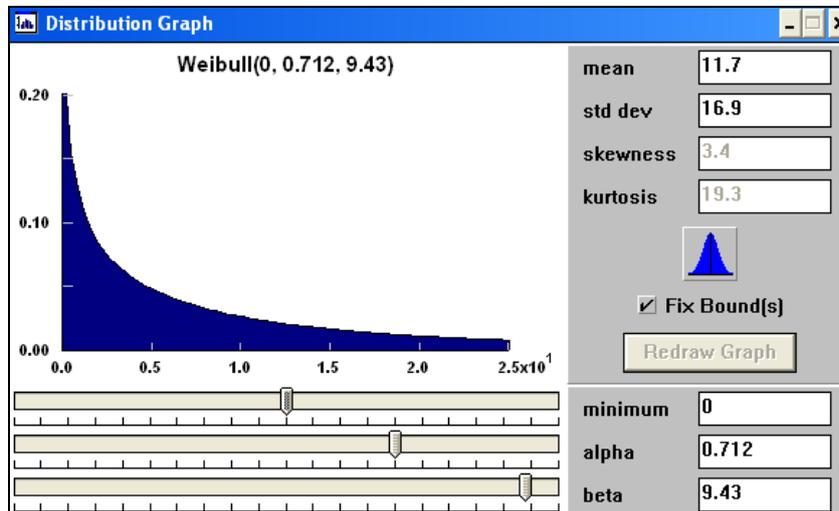
La curva Weibull es bien flexible, es decir que basta con que uno de los parámetros cambie para que la curva se transforme en una normal o exponencial.

Media = 11,7 min

Desv est = 16,9 min

Moda = 1 min

PROCESO	DATOS	
TIEMPO ENTRE ARRIBOS	Promedio	12,57 min
	Desvest	16,62 min
	Máximo	73,57 min
	Mínimo	0,95 min



Tiempo de Servicios en Garita:

Pearson 5 (alpha=19; beta= 593)

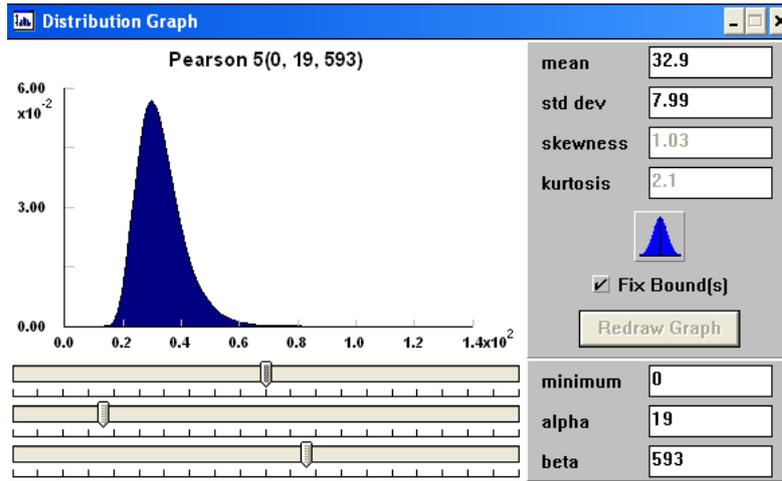
Esta curva nos indica que existe mayor probabilidad que ocurran eventos donde el tiempo de servicio de garita sea el mínimo de los tiempos.

El problema es que el tiempo promedio es muy alto y la desviación es grande, esto se debe principalmente a que el tiempo que se demoran en atender los carros no está estandarizado, en algunas ocasiones se demorarán 5 min pero en otras esto tomará 35 minutos. La moda es aproximadamente 28 minutos.

Media =32,9 min

Desv est= 7.99 min

PROCESO	DATOS	
SERVICIO GARITA ENTRADA	Promedio	5,22 min
	Desvest	3,56 min
	Máximo	10,28 min
	Mínimo	0,32 min



Otras Actividades

PROCESO	DATOS	
SERVICIO LAVADO	Promedio	3,67 min
	Desvest	1,15 min
	Máximo	5,00 min
	Mínimo	3,00 min

PROCESO	DATOS	
CONEXIÓN A FUENTE	Promedio	1,75 min
	Desvest	1,26 min
	Máximo	4,18 min
	Mínimo	0,50 min

PROCESO	DATOS	
SERVICIO DESCARGA	Promedio	1,01 min
	Desvest	0,98 min
	Máximo	5,00 min
	Mínimo	0,12 min

PROCESO	DATOS	
SERVICIO GARITA SALIDA	Promedio	3,03 min
	Desvest	3,01 min
	Máximo	8,38 min
	Mínimo	0,07 min

ESCENARIO: MUELLE CON BUQUE / NOCHE

Tiempo entre arribos:

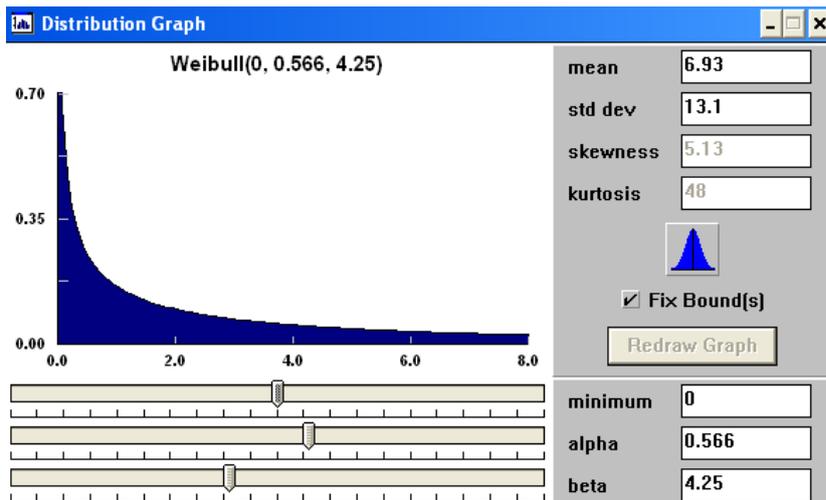
Weibull (alpha= 0.566; beta=4.25)

Parecida a exponencial debido a la aleatoriedad de la llegada de los transportistas.

Media = 6.93 min

Desv est= 13.1 min

PROCESO	DATOS	
TIEMPO ENTRE ARRIBOS	Promedio	7,45 min
	Desvest	9,98 min
	Máximo	50,00 min
	Mínimo	0,00 min



Otras Actividades

PROCESO	DATOS	
SERVICIO GARITA ENTRADA	Promedio	15,23 min
	Desvest	6,42 min
	Máximo	33,00 min
	Mínimo	3,00 min

PROCESO	DATOS	
SERVICIO LAVADO	Promedio	3,02 min
	Desvest	1,96 min
	Máximo	13,97 min
	Mínimo	0,32 min

PROCESO	DATOS	
SERVICIO DESCARGA	Promedio	1,05 min
	Desvest	0,62 min
	Máximo	2,00 min
	Mínimo	0,00 min

PROCESO	DATOS	
ENGANCHE CAPACITY	Promedio	8,09 min
	Desvest	7,90 min
	Máximo	48,75 min
	Mínimo	0,15 min

ANEXO 4

Resultados de la Primera Simulación

ESCENARIO: MUELLE CON BUQUE - DÍA

Log Name	Number of Observations	Average	Std. Dev.	Minimun Value	Maximun Value	Average Contents
Tiempo cola garita	70	66,77	33,23	0,23	323,15	9,53
Tiempo garita entrada	70	17,14	0,39	0,9	40,98	2
Tiempo cola lavado	70	0,49	0,02	0,01	0,98	1,95
Tiempo lavado entrada	70	5,2	0,26	0,8	14,5	2
Tiempo entrada	70	78,74	37,42	0,59	357,11	
Tiempo restiba	13	18,49	3,55	2,69	48,01	1,85
Tiempo chasis	70	4,85	0,35	0,86	13,57	2
Tiempo stacking vacios	70	6,67	0,38	1,35	20,94	1
Tiempo lavado salida	70	3,89	0,16	1,09	11,71	
Tiempo diesel	70	6,22	0,56	0,81	24,07	2
Tiempo M&R	70	11,24	0,86	0,68	34,67	1
Tiempo Balanza	70	6,22	0,32	0,96	14,33	1
Tiempo garita salida	70	3,5	0,26	0,3	9,97	1
Tiempo stacking llenos	70	4,57	0,04	3,45	6,19	3,4

ESCENARIO: MUELLE CON BUQUE – NOCHE

Log Name	Number of Observations	Average	Std. Dev.	Minimun Value	Maximun Value	Average Contents
Tiempo cola garita	70	200	53,11	0,24	653,15	18
Tiempo garita entrada	70	17,26	0,5	0,93	38,94	2
Tiempo cola lavado	70	0,49	0,03	0,01	0,98	1
Tiempo lavado entrada	70	5,32	0,26	1,13	16,44	2
Tiempo entrada	70	222,49	56,39	0,61	691,3	-
Tiempo restiba	17	18,6	4,54	2,35	50,1	0
Tiempo chasis	70	4,85	0,27	0,54	2,65	2
Tiempo stacking vacios	70	6,93	0,55	1,34	19,09	1
Tiempo lavado salida	70	3,82	0,22	1,21	10,58	0
Tiempo diesel	70	6,18	0,58	0,67	25,19	2
Tiempo M&R	70	11,54	0,7	0,64	32,4	1
Tiempo Balanza	70	6,08	0,24	1,16	14,44	1
Tiempo garita salida	70	3,37	0,31	0,29	9,35	1
Tiempo stacking llenos	70	4,56	0,06	3,47	6,09	-

ESCENARIO: MUELLE SIN BUQUE – DÍA

Log Name	Number of Observations	Average	Std. Dev.	Minimum Value	Maximum Value	Average Contents
Tiempo cola garita	70	3,67	1,29	0,03	30,09	4,8
Tiempo garita entrada	70	8,75	0,65	0,49	28,94	2
Tiempo cola lavado	70	0,55	0,05	0,01	2,58	1,1
Tiempo lavado entrada	70	4,34	0,24	0,56	11,28	2
Tiempo entrada	70	12,68	1,29	0,47	47,39	-
Tiempo restiba	17	16,94	4,45	2,07	47,36	1,9
Tiempo chassis	70	4,96	0,33	0,51	14,64	3,2
Tiempo stacking vacios	70	7,58	0,4	2,35	21,72	1
Tiempo lavado salida	70	1,26	0,05	0,33	3,64	1,85
Tiempo diesel	70	8,05	0,55	0,87	27,3	2
Tiempo M&R	70	7,36	0,68	0,34	20,91	1
Tiempo Balanza	70	1,8	0,17	0,28	6,38	1
Tiempo garita salida	70	3,5	0,65	0,31	18,42	1
Tiempo stacking llenos	70	9,49	0,58	3,84	32,18	-

ESCENARIO: MUELLE SIN BUQUE – NOCHE

Log Name	Number of Observations	Average	Std. Dev.	Minimum Value	Maximum Value	Average Contents
Tiempo cola garita	70	137,85	22,36	0,15	357,36	10,44
Tiempo garita entrada	70	7,49	0,33	0,62	24,34	1
Tiempo cola lavado	70	0,62	0,04	0,01	3,58	1
Tiempo lavado entrada	70	4,04	0,19	0,54	10,97	2
Tiempo entrada	70	152,44	23,48	0,49	379,57	-
Tiempo restiba	17	15,96	3,35	2,12	45,03	2
Tiempo chassis	70	4,45	0,31	0,43	11,91	1
Tiempo stacking vacios	70	7,56	0,42	2,5	21,08	1
Tiempo lavado salida	70	1,28	0,07	0,34	3,78	0
Tiempo diesel	70	7,81	0,46	0,68	23,92	0
Tiempo M&R	70	7,11	0,57	0,36	21,62	0
Tiempo Balanza	70	1,86	0,12	0,23	6,95	0
Tiempo garita salida	70	3,6	0,83	0,33	20,38	1
Tiempo stacking llenos	70	9,42	0,65	3,98	31,07	1

ANEXO 6

Resultados del Estudio de Tiempos en las Garitas

GARITA DE SALIDA

Tiempo de Servicio de Garita

Estado	Promedio	Desv Est	Máx	Min
Sin Buque	2.37 min	1.67 min	13.83 min	0.40 min
Con Buque	2.78 min	1.79 min	12.38 min	0.92 min
Total	2.58 min	1.73 min	13.11 min	0.66 min

ANTES

Estado	Promedio	Desv Est	Máx	Min
Sin Buque	2.80 min	3.42 min	11.60 min	0.80 min
Con Buque	3.03 min	3.01 min	8.38 min	0.60 min
Total	2.92 min	3.22 min	9.99 min	0.70 min

GARITA DE ENTRADA

Tiempo de Servicio de Garita

Estado	Promedio	Desv Est	Máx	Min
Sin Buque	3.33 min	1.67 min	13.83 min	0.40 min
Con Buque	3.42 min	1.79 min	12.38 min	0.92 min
Total	3.38 min	1.73 min	13.11 min	0.66 min

ANTES

Estado	Promedio	Desv Est	Máx	Min
Sin Buque	13.45 min	7.82 min	37.00 min	1.00 min
Con Buque	13.60 min	7.09 min	33.00 min	0.40 min
Total	13.53 min	7.46 min	35.00 min	0.70 min

ANEXO 7

Resultados de la Simulación con $n=30$

ESCENARIO: CON BUQUE DÍA

Nombre del Registro	Promedio	Desv. Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Cola en garita	0,70 min	0,10 min	0,01 min	4,23 min
Atención Garita de entrada	3,43 min	0,19 min	1,50 min	10,60 min
Cola en estación de lavado	0,91 min	0,19 min	0,02 min	6,99 min
Servicio lavado de entrada	4,37 min	0,31 min	1,65 min	15,68 min
Tiempo búsqueda chasis	4,15 min	0,32 min	0,40 min	13,22 min
Retirar Cont. Vacío zona stacking	6,69 min	0,43 min	1,32 min	18,89 min
Servicio lavado de salida	3,80 min	0,23 min	1,43 min	11,74 min
Abastecimiento diesel	5,64 min	0,36 min	1,52 min	24,86 min
Inspección de Mantenimiento	14,34 min	3,39 min	1,57 min	84,11 min
Servicio de Balanza	5,78 min	0,24 min	1,04 min	13,15 min
Atención garita de salida	3,49 min	0,20 min	1,36 min	9,42 min
Almacén. Cont lleno zona stacking	4,61 min	0,08 min	3,46 min	6,27 min
Tiempo Total Entrada	6,84 min	0,44	1,48 min	20,81 min

ESCENARIO: SIN BUQUE DÍA

Nombre del Registro	Promedio	Desv. Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Cola en garita	0,56 min	0,06 min	0,01 min	2,69 min
Atención Garita de entrada	3,32 min	0,22 min	1,38 min	10,68 min
Cola en estación de lavado	0,67 min	0,10 min	0,01 min	4,10 min
Servicio lavado de entrada	4,19 min	0,24 min	1,40 min	13,39 min
Tiempo búsqueda chasis	4,67 min	0,27 min	1,45 min	13,57 min
Retirar Cont. Vacío zona stacking	7,57 min	0,57 min	2,52 min	20,37 min
Servicio lavado de salida	1,25 min	0,07 min	1,33 min	3,94 min
Abastecimiento diesel	7,92 min	0,50 min	1,74 min	26,49 min
Inspección de Mantenimiento	7,47 min	0,52 min	1,40 min	22,92 min
Servicio de Balanza	1,90 min	0,16 min	1,24 min	6,33 min
Atención garita de salida	3,52 min	0,49 min	1,36 min	20,13 min
Almacén. Cont lleno zona stacking	9,35 min	0,62 min	3,80 min	30,73 min
Tiempo Total Entrada	6,08 min	0,4	1,35 min	17,49 min

ESCENARIO: CON BUQUE NOCHE

Nombre del Registro	Promedio	Desv. Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Cola en garita	1,25 min	0,33 min	0,02 min	7,89 min
Atención Garita de entrada	3,11 min	0,22 min	1,38 min	9,72 min
Cola en estación de lavado	1,46 min	0,46 min	0,02 min	9,27 min
Servicio lavado de entrada	3,84 min	0,27 min	1,39 min	11,60 min
Tiempo búsqueda chasis	3,41 min	0,28 min	1,34 min	10,84 min
Retirar Cont. Vacío zona stacking	6,72 min	0,44 min	1,33 min	20,94 min
Servicio lavado de salida	3,81 min	0,20 min	1,03 min	11,09 min
Abastecimiento diesel	5,70 min	1,25 min	1,53 min	30,12 min
Inspección de Mantenimiento	21,45 min	7,65 min	1,51 min	141,18 min
Servicio de Balanza	5,88 min	0,28 min	0,92 min	13,27 min
Atención garita de salida	3,32 min	0,29 min	1,33 min	9,49 min
Almacén. Cont lleno zona stacking	4,60 min	0,06 min	3,44 min	6,20 min
Tiempo Total Entrada	6,78 min	0,81	1,41 min	21,21 min

ESCENARIO: SIN BUQUE NOCHE

Nombre del Registro	Promedio	Desv. Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Cola en garita	7,95 min	4,86 min	0,10 min	33,93 min
Atención Garita de entrada	2,45 min	0,13 min	1,23 min	7,14 min
Cola en estación de lavado	5,35 min	2,31 min	0,10 min	34,42 min
Servicio lavado de entrada	2,95 min	0,13 min	1,37 min	8,00 min
Tiempo búsqueda chasis	2,38 min	0,20 min	1,23 min	7,52 min
Retirar Cont. Vacío zona stacking	7,55 min	0,56 min	2,56 min	21,26 min
Servicio lavado de salida	1,25 min	0,07 min	0,52 min	3,43 min
Abastecimiento diesel	7,25 min	0,47 min	1,63 min	21,88 min
Inspección de Mantenimiento	7,34 min	0,60 min	1,28 min	23,11 min
Servicio de Balanza	1,75 min	0,16 min	0,72 min	6,15 min
Atención garita de salida	3,50 min	0,53 min	1,36 min	18,69 min
Almacén. Cont lleno zona stacking	9,19 min	0,54 min	3,79 min	30,20 min
Tiempo Total Entrada	20,49 min	9,08	1,27 min	75,82 min

ANEXO 8

Resultados de la Prueba de Hipótesis

ESCENARIO: CON BUQUE - DÍA		ANTERIOR		PROPUESTA			
Actividades	# Obs.	Media Anterior (m_1)	Desv. Est.	Media Propuesta (m_2)	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	70	68,69 min	35,74 min	0,71 min	15,91	0	Se rechaza H_0
Atención garita entrada	70	17,26 min	0,57 min	3,41 min	203,29	0	Se rechaza H_0
Cola estación de lavado	70	0,49 min	0,03 min	0,85 min	-100,40	0,5	No se rechaza H_0
Servicio lavado de entrada	70	5,25 min	0,32 min	4,42 min	21,70	0	Se rechaza H_0
Tiempo búsqueda chasis	70	4,91 min	0,29 min	4,05 min	24,81	0	Se rechaza H_0
Retirar cont. Vacío zona stacking	70	6,68 min	0,44 min	6,73 min	-0,95	0,5	No se rechaza H_0
Servicio lavado de salida	70	3,89 min	0,20 min	3,80 min	3,76	0	Se rechaza H_0
Abastecimiento diesel	70	6,28 min	0,59 min	5,72 min	7,94	0	Se rechaza H_0
Inspección de Mantenimiento	70	11,29 min	0,69 min	15,06 min	-45,71	0,5	No se rechaza H_0
Servicio de Balanza	70	6,05 min	0,29 min	5,83 min	6,35	0	Se rechaza H_0
Atención garita de salida	70	3,39 min	0,28 min	3,40 min	-0,30	0,5	No se rechaza H_0
Almacen. cont lleno zona stacking	70	4,61 min	0,07 min	4,60 min	1,20	0,1	No se rechaza H_0

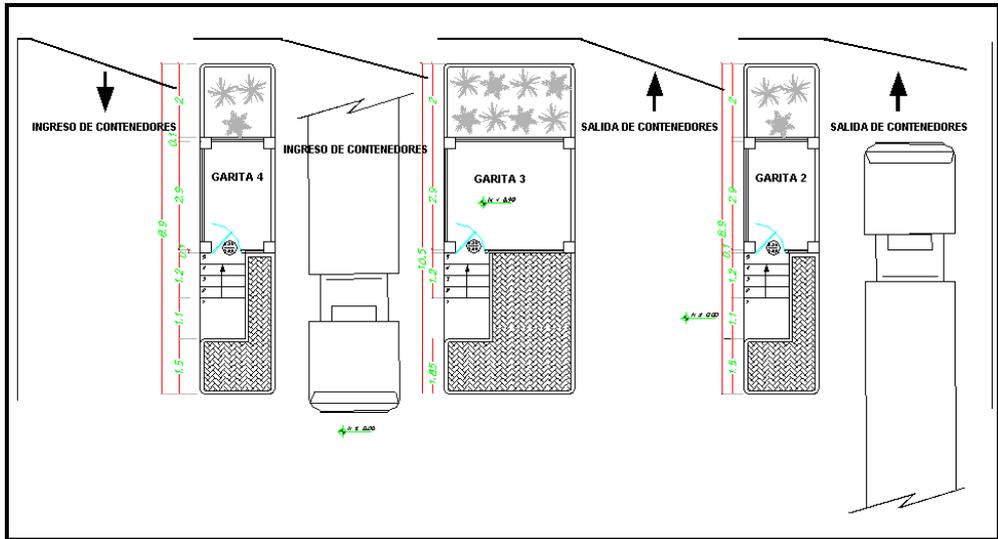
ESCENARIO: CON BUQUE - NOCHE		ANTERIOR		PROPUESTA			
Actividades	# Obs.	Media Anterior (m ₁)	Desv. Est.	Media Propuesta (m ₂)	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	70	210 min	50 min	1,25 min	34,67	0	Se rechaza H ₀
Atención garita entrada	70	17,34 min	0,56 min	6,79 min	157,62	0	Se rechaza H ₀
Cola estación de lavado	70	0,49 min	0,03 min	1,47 min	-273,31	0,5	No se rechaza H ₀
Servicio lavado de entrada	70	5,28 min	0,24 min	3,85 min	49,85	0	Se rechaza H ₀
Tiempo búsqueda chasis	70	4,90 min	0,28 min	3,41 min	44,52	0	Se rechaza H ₀
Retirar cont. Vacío zona stacking	70	6,76 min	0,50 min	6,71 min	0,84	0,2	No se rechaza H ₀
Servicio lavado de salida	70	3,81 min	0,18 min	3,82 min	-0,46	0,5	No se rechaza H ₀
Abastecimiento diesel	70	6,39 min	0,71 min	5,70 min	8,13	0	Se rechaza H ₀
Inspección de Mantenimiento	70	11,33 min	0,83 min	21,61 min	-103,62	0,5	No se rechaza H ₀
Servicio de Balanza	70	6,06 min	0,31 min	5,88 min	4,86	0	Se rechaza H ₀
Atención garita de salida	70	3,37 min	0,31 min	3,33 min	1,08	0,1	No se rechaza H ₀
Almacén. cont lleno zona stacking	70	4,59 min	0,06 min	4,60 min	-1,39	0,5	No se rechaza H ₀

ESCENARIO: SIN BUQUE - DÍA		ANTERIOR		PROPUESTA			
Actividades	# Obs.	Media Anterior (m ₁)	Desv. Est.	Media Propuesta (m ₂)	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	70	3,58 min	1,27 min	0,54 min	20,03	0	Se rechaza H ₀
Atención garita entrada	70	8,70 min	0,76 min	3,38 min	58,57	0	Se rechaza H ₀
Cola estación de lavado	70	0,54 min	0,05 min	0,65 min	-18,41	0,5	No se rechaza H ₀
Servicio lavado de entrada	70	4,31 min	0,25 min	4,14 min	5,69	0	Se rechaza H ₀
Tiempo búsqueda chasis	70	5,00 min	0,33 min	4,67 min	8,37	0	Se rechaza H ₀
Retirar cont. Vacío zona stacking	70	7,57 min	0,42 min	7,56 min	0,20	0,4	No se rechaza H ₀
Servicio lavado de salida	70	1,27 min	0,07 min	1,26 min	1,20	0,1	No se rechaza H ₀
Abastecimiento diesel	70	8,07 min	0,56 min	8,07 min	0,00	0,5	No se rechaza H ₀
Inspección de Mantenimiento	70	7,55 min	0,58 min	7,57 min	-0,29	0,5	No se rechaza H ₀
Servicio de Balanza	70	1,76 min	0,15 min	1,79 min	-1,67	0,5	No se rechaza H ₀
Atención garita de salida	70	3,66 min	0,65 min	3,54 min	1,54	0,06	No se rechaza H ₀
Almacén. cont lleno zona stacking	70	9,46 min	0,56 min	9,36 min	1,49	0,07	No se rechaza H ₀

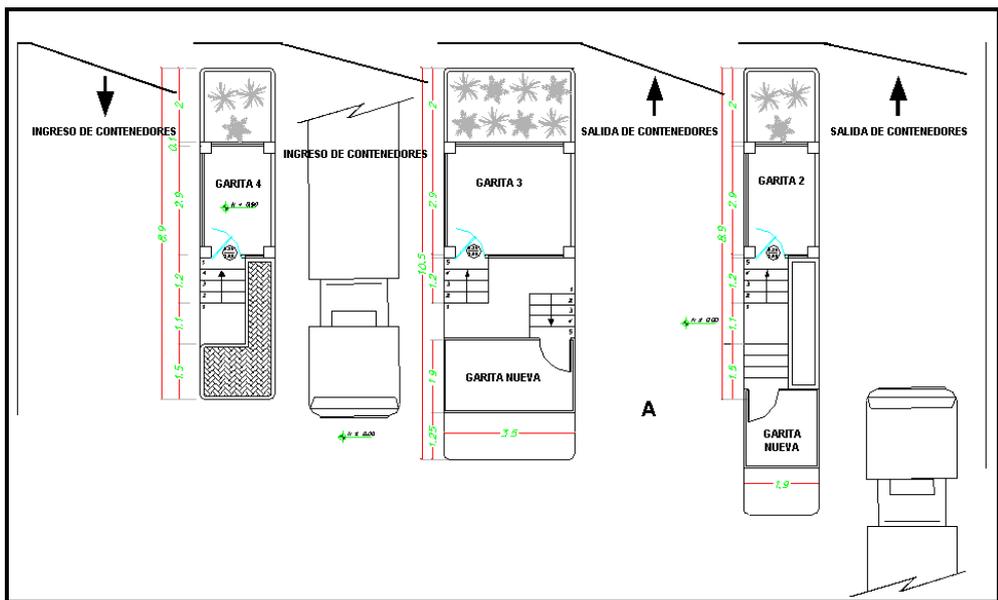
ESCENARIO: SIN BUQUE - NOCHE		ANTERIOR		PROPUESTA			
Actividades	# Obs.	Media Anterior (m ₁)	Desv. Est.	Media Propuesta (m ₂)	Estadístico de Prueba	Valor p	Conclusión
Cola en garita	70	137 min	22 min	7,72 min	49,19	0	Se rechaza H ₀
Atención garita entrada	70	7,44 min	0,48 min	6,02 min	24,75	0	Se rechaza H ₀
Cola estación de lavado	70	0,61 min	0,08 min	4,63 min	-420,42	0,5	No se rechaza H ₀
Servicio lavado de entrada	70	3,98 min	0,22 min	2,94 min	39,55	0	Se rechaza H ₀
Tiempo búsqueda chasis	70	4,44 min	0,29 min	2,39 min	59,14	0	Se rechaza H ₀
Retirar cont. Vacío zona stacking	70	7,59 min	0,46 min	7,58 min	0,18	0,43	No se rechaza H ₀
Servicio lavado de salida	70	1,27 min	0,06 min	1,27 min	0,00	0,5	No se rechaza H ₀
Abastecimiento diesel	70	7,81 min	0,54 min	7,62 min	2,94	0,002	Se rechaza H ₀
Inspección de Mantenimiento	70	7,30 min	0,55 min	7,37 min	-1,06	0,5	No se rechaza H ₀
Servicio de Balanza	70	1,79 min	0,16 min	1,78 min	0,52	0,30	No se rechaza H ₀
Atención garita de salida	70	3,59 min	0,64 min	3,47 min	1,57	0,06	No se rechaza H ₀
Almacen. cont lleno zona stacking	70	9,38 min	0,59 min	9,35 min	0,43	0,08	No se rechaza H ₀

ANEXO 9

Distribución de las Garitas Actual y Propuesta



Vista Superior de Garitas Actual



Vista Superior de Garitas Propuesta