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.

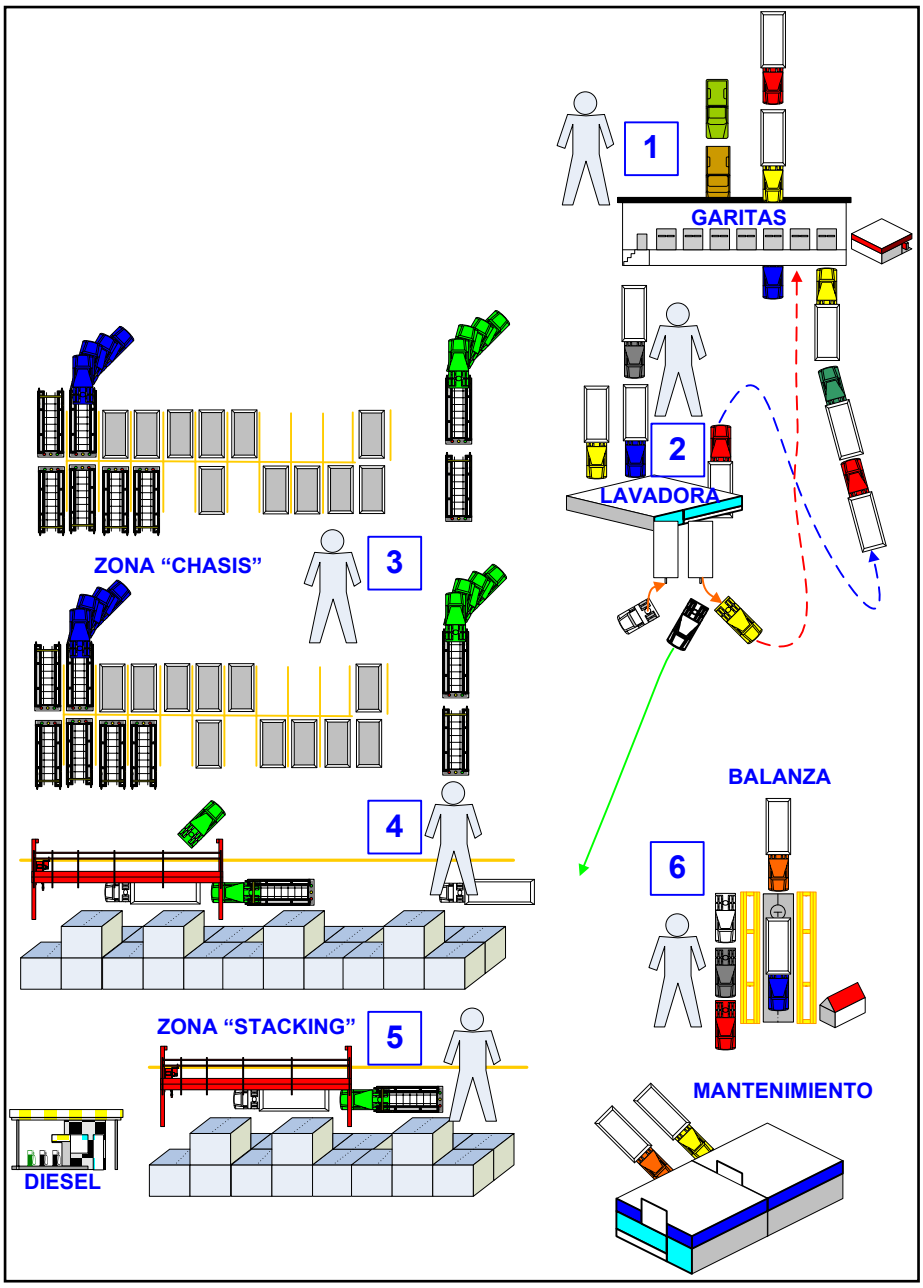

Figura 3.1. Ubicación de Tomadores de tiempos en el Puerto

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	
Tiempo e/ arribos	14.53 min
Cola en garita	-
Serv. Garita Ent.	7.66 min
Desenganch Cab. Lavado	1.42 min
Servicio Lavado	2.68 min
Eng. Capacity Lavado	7.39 min
Cola Carga RTG	8.71 min
Servicio Carga RTG	4.00 min
Conexión	3.15 min
Tiempo Ciclo	**49.54 min**

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

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

CON BUQUE - DÍA	
Tiempo e/ arribos	12.57 min
Cola en garita	-
Serv. Garita Ent.	5.22 min
Desenganch Cab. Lavado	1.42 min
Servicio Lavado	3.67 min
Eng. Capacity Lavado	7.39 min
Cola Carga RTG	8.71 min
Servicio Carga RTG	4.00 min
Conexión	1.75 min
Tiempo Ciclo	**44.74 min**

CON BUQUE - NOCHE	
Tiempo e/ arribos	7.45 min
Cola en garita	39.09 min
Serv. Garita Ent.	15.23 min
Desenganch Cab. Lavado	1.42 min
Servicio Lavado	3.02 min
Eng. Capacity Lavado	8.09 min
Cola Carga RTG	3.95 min
Servicio Carga RTG	1.81 min
Conexión	1.75 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 - DÍA	Banano	C. General
Búsqueda Chassis	12.06 min	3.71 min
Enganche Chassis	3.98 min	1.73 min
Transp. a Stacking	-	-
Cola Grúa Portacont	-	-
Serv Grúa Portacont	9.52 min	3.45 min
Trans a Estac Diesel	-	2.59 min
Serv Estac Diesel	-	13.05 min
Trans a Mantenimiento	-	-
Cola Mantenimiento	-	6.98 min
Serv Mantenimiento	-	2.70 min
Cola Balanza	-	4.63 min
Serv Balanza	-	3.99 min
Lavado Salida	2.75 min	3.24 min
Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 min
Tiempo Ciclo Total	**31.35 min**	**49.11 min**

CON BUQUE - NOCHE	Banano	C. General
Búsqueda Chassis	9.71 min	15.92 min
Enganche Chassis	3.23 min	1.88 min
Transp. a Stacking	-	-
Cola Grúa Portacont	4.39 min	-
Serv Grúa Portacont	5.35 min	-
Trans a Estac Diesel	-	-
Serv Estac Diesel	-	7.32 min
Trans a Mantenimiento	-	1.77 min
Cola Mantenimiento	-	1.99 min
Serv Mantenimiento	-	7.49 min
Cola Balanza	-	3.53 min
Serv Balanza	-	4.92 min
Lavado Salida	3.10 min	2.96 min
Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 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 - DÍA	Banano	C. General
Búsqueda Chassis	10.43 min	3.71 min
Enganche Chassis	2.71 min	4.04 min
Transp. a Stacking	5.99 min	2.96 min
Cola Grúa Portacont	5.25 min	19.02 min
Serv Grúa Portacont	1.44 min	2.02 min
Trans a Estac Diesel	-	16.33 min
Serv Estac Diesel	-	5.67 min
Trans a Mantenimiento	-	-
Cola Mantenimiento	-	1.08 min
Serv Mantenimiento	-	8.50 min
Cola Balanza	-	4.02 min
Serv Balanza	-	2.58 min
Lavado Salida	3.51 min	2.96 min
Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 min
Tiempo Ciclo Total	**32.37 min**	**75.94 min**

SIN BUQUE - NOCHE	Banano	C. General
Búsqueda Chassis	5.64 min	12.90 min
Enganche Chassis	4.34 min	3.41 min
Transp. a Stacking	3.25 min	2.93 min
Cola Grúa Portacont	5.81 min	5.21 min
Serv Grúa Portacont	4.36 min	4.48 min
Trans a Estac Diesel	-	2.32 min
Serv Estac Diesel	-	7.69 min
Trans a Mantenimiento	-	-
Cola Mantenimiento	-	-
Serv Mantenimiento	-	6.14 min
Cola Balanza	-	1.42 min
Serv Balanza	-	4.51 min
Lavado Salida	3.21 min	3.02 min
Serv Garita Salida	3.03 min	3.03 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.

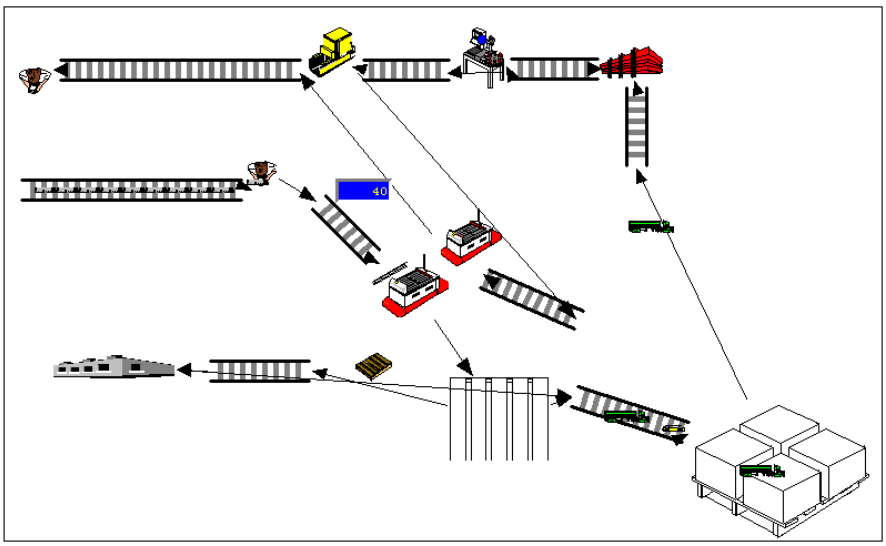

Figura 3.1. Gráfico del Modelo de Simulación Previo

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:

$$n' = \left[\frac{\mathbf{Z}_{\alpha/2}\, \hat{S}}{e} \right]^2$$

Donde: n': Número de réplicas
Zα/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 (0.25minx2).

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 enganchando 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 contendor 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-α = 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 chassis	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: $n' = \left[\frac{(C_{\alpha/2})\, S}{e} \right]^2$

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 chassis	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

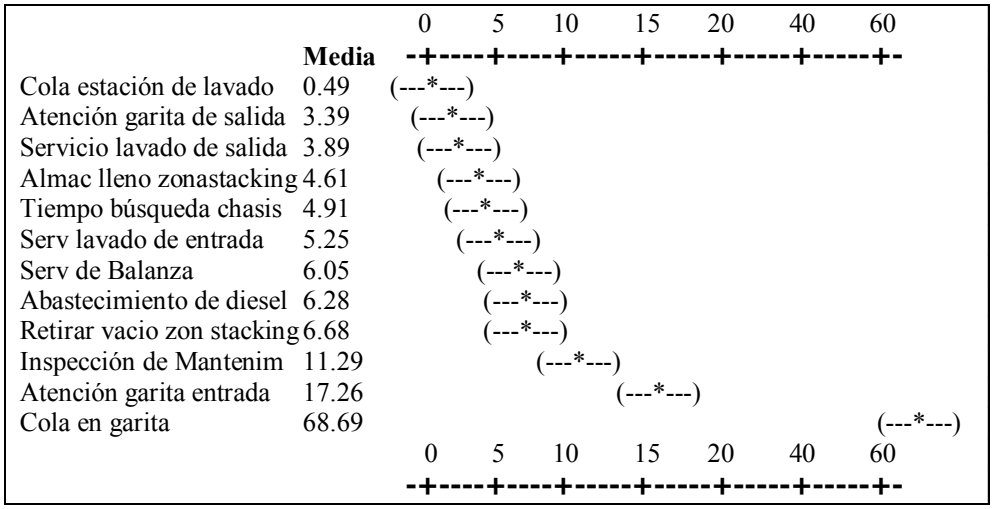

Figura 3.2. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque - Día

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
Almacen. 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

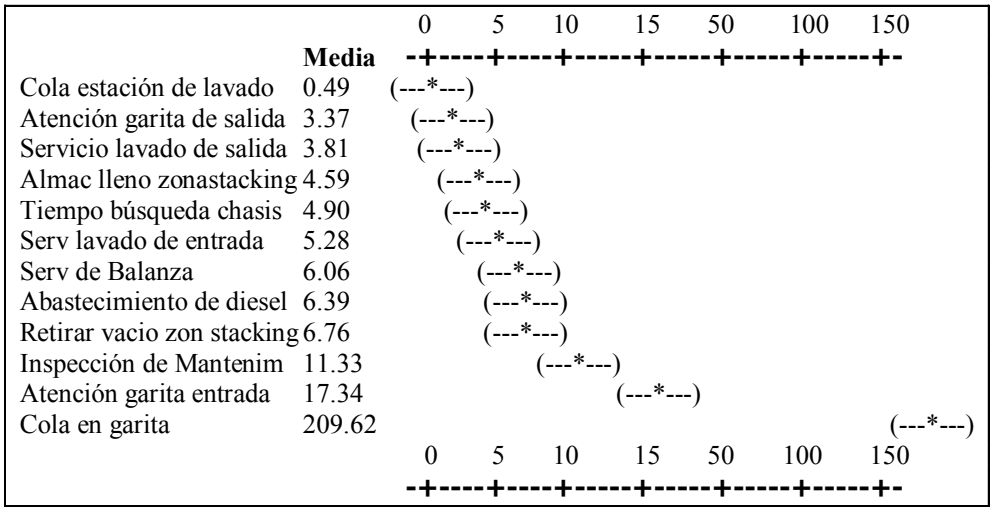

Figura 3.3. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Con Buque - Noche

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

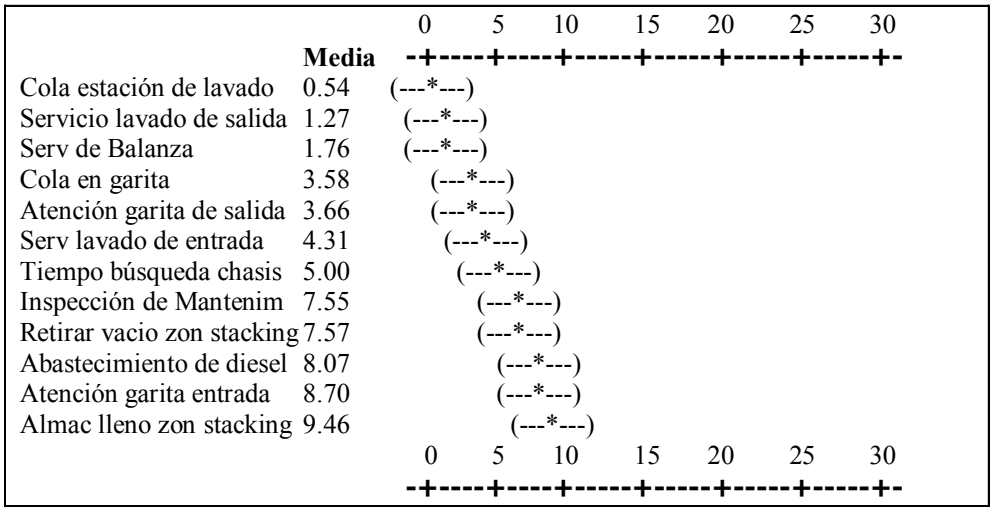

Figura 3.4. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque - Día

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

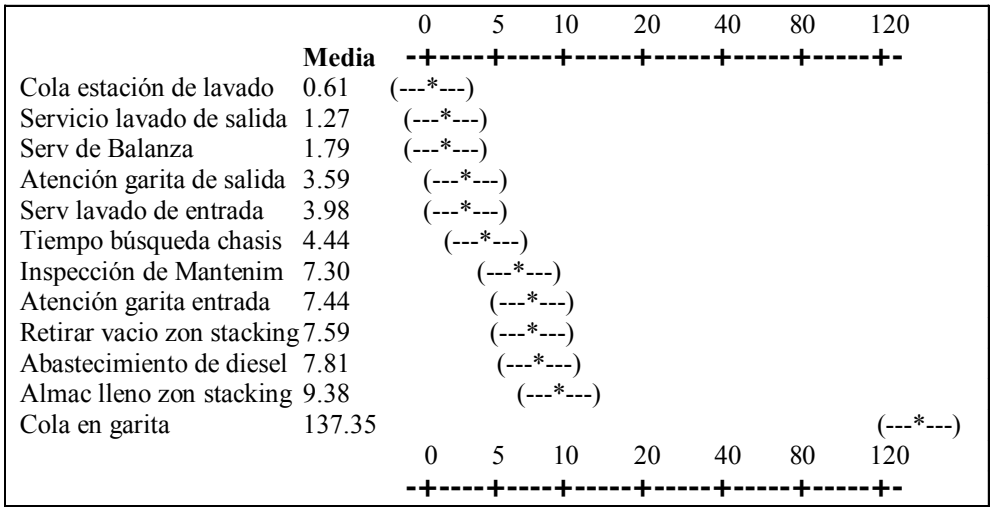

Figura 3.5. Gráfico de Concentración de Tiempos para el Escenario Sin Buque - Día

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 escenario 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.