

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO
DE RECEPCIÓN Y DESPACHO DE CONTENEDORES DE UN
TERMINAL PORTUARIO.

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presenta el bachiller:

Rodrigo Alonso Fuentes Boggiano

ASESOR: Eduardo Carbajal López

Lima, Agosto del 2016

RESUMEN DE TESIS

El presente proyecto de investigación se basa en el diagnóstico de un terminal portuario, en el que se propuso como herramienta de ingeniería la simulación de sistemas con el objetivo de cuantificar un ahorro significativo y lograr que el proceso de recepción y despacho de contenedores sea más eficiente.

En el primer capítulo, se presenta la descripción de la metodología empleada para llevar a cabo una correcta simulación. Asimismo, explica 3 herramientas utilizadas para el diagnóstico como las estratégicas, de calidad y selección. Por último, menciona 2 casos de estudios que aplicaron la simulación de sistemas como propuesta de mejora.

En el segundo capítulo, se describe la situación actual del terminal portuario. Asimismo, las herramientas estratégicas desarrolladas como el mapa de macro-procesos, *Balanced Scored Card* y la matriz voz del cliente orientaron el enfoque del proyecto al área de operaciones, en especial al proceso de gestión de recepción y despacho de contenedores. Del mismo modo, se gestionaron los indicadores de dicho proceso a fin de plantear y seleccionar las causas raíces de sus problemas, mediante herramientas de calidad como Pareto, Ishikawa y los 5 porqués en los que se determinó que la sanción por multas por retener un camión más de 30 minutos dentro del terminal y el consumo innecesario de diésel de las maquinarias *Rubber Tyred Gantry* (RTG) son los más importantes. Finalmente, como herramienta de selección se emplea una matriz FACTIS, la que seleccionó la simulación de sistemas como la contramedida más relevante.

En el tercer capítulo, se detalla la metodología empleada desde el proceso de recopilación de datos hasta la aplicación de la herramienta de optimización *Optquest*. Adicionalmente, se presenta la elaboración del modelo de simulación, así como la validación y el correcto análisis de resultados. La mejor alternativa de solución del modelo sugiere la compra de 2 balanzas y 2 garitas tanto de entrada como de salida. Finalmente, se describen 2 *Quick Wins* que están alineadas en reducir la estadía de un camión dentro del terminal y lograr un consumo de diésel más eficiente a través de una buena señalización y un sistema de consumo híbrido.

Por último, se realiza la evaluación técnica y económica. Por un lado, la primera indica que el tiempo dentro del terminal portuario mejorará en un 16.29%, cuantificado un ahorro anual de S/.514,403. Adicionalmente, el sistema de consumo híbrido presenta un ahorro de S/.924,218, es decir, 16.41% más eficiente frente al sistema actual. Por otro lado, la segunda sustenta la viabilidad del proyecto a través de un Valor Actual Neto de S/ 2,761,271 y una tasa Interna de retorno del 18.75% en horizonte de 5 años. Finalmente, mostrando un periodo de recuperación de 3.09 años.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en este proceso de superación personal y académico.

A los colaboradores del terminal portuario en estudio, por su tiempo brindado en las entrevistas y resolver mis dudas e inquietudes.

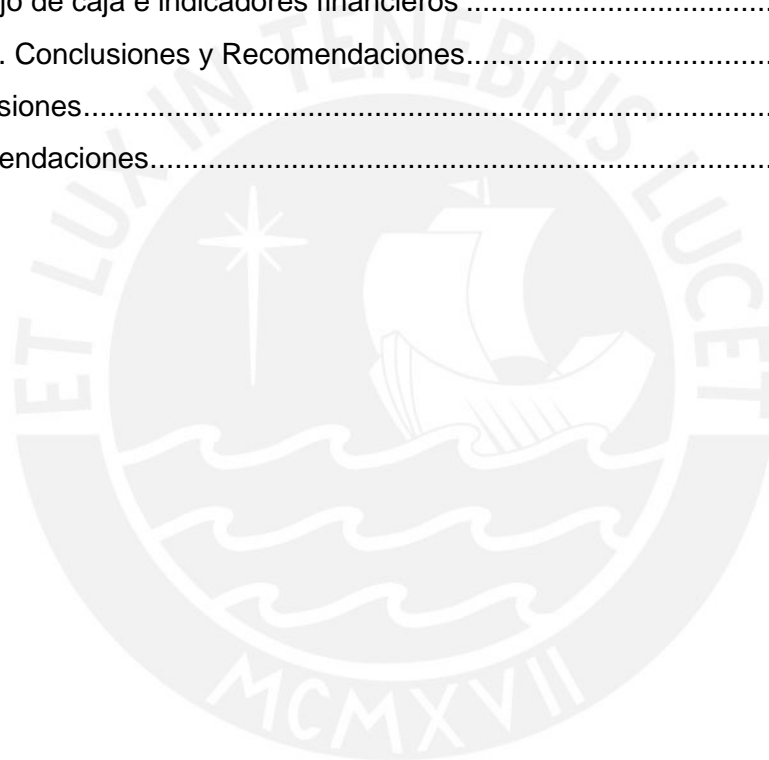
A mi asesor, por orientarme en este proceso.

INDICE

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Simulación de sistemas discretos.....	1
1.1.1 Adquisición y Análisis de Datos de entrada.....	1
1.1.3 Validación y Análisis de Resultados.....	4
1.1.4 SOFTWARE ARENA	7
1.2 Herramientas de Diagnóstico	8
1.2.1 Herramientas estratégicas	8
1.2.2 Herramientas de Calidad	12
1.2.3 Herramientas de Selección.....	15
1.3 Estudio de casos.....	17
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA.....	21
2.1 Descripción de la empresa	21
2.1.1 Principios organizacionales.....	21
2.1.2 Actividades y código CIU	22
2.1.3 Clientes.....	23
2.1.4 Servicios.....	24
2.1.5 Estado Actual.....	25
2.2 Diagnóstico de la empresa	27
2.2.1 Mapeo y Priorización de procesos.....	27
2.2.2 Gestión de Indicadores	40
2.2.3 Planteamiento y selección de problemas	47
2.2.4 Análisis de Causas	50
2.2.5 Planteamiento y selección de contramedidas.....	58
CAPÍTULO 3. Propuesta de mejora	60
3.1. Recopilación de datos	60
3.1.1 Clasificación de datos	61
3.2 Muestreo	62
3.2.1 Tamaño de población (N).....	62
3.2.2 Estimación de la media y proporción.....	62
3.3 Análisis de Datos.....	66
3.3.1 Pruebas de bondad de Ajuste.....	66
3.3.2 Resumen de las pruebas de bondad de ajuste	67
3.4 Desarrollo del Modelo.....	68
3.4.1 Elementos del modelo.....	68
3.4.2 Entidades.....	68

3.4.3 Recursos	68
3.4.4 Atributos	68
3.4.5 Estaciones	69
3.4.6 Variables.....	69
3.5 Supuestos del Modelo	70
3.6 Descripción del Modelo	71
3.6.1 Arribo de camiones al antepuerto	71
3.6.2 Espera en el antepuerto.....	72
3.6.3 Llamado de camiones por el torreón	73
3.6.4 Servicio de inspección y pesado	73
3.6.5 Servicio documentario en Garita	74
3.6.6 Desplazamiento y servicios en la zona operativa	76
3.6.7 Destare y pesado de camiones.....	79
3.6.8 Revisión documentaria al final en los gates de salida	79
3.6.9 Medición de indicadores finales	80
3.7 Validación y Análisis de resultados.....	81
3.7.1 Verificación del modelo	81
3.7.2 Validación del modelo	81
3.7.3 Validación del Truck Time.....	81
3.7.4 Validación del tiempo en el sistema	82
3.7.5 Validación de cantidad de camiones rechazados.....	83
3.7.6 Validación del tiempo en cola en el antepuerto	83
3.7.7 Validación del Nivel de servicio.....	84
3.7.8 Test de touring.....	84
3.8 Análisis de resultados.....	85
3.8.1 Cálculo de la longitud de réplica (LR).....	85
3.8.2 Análisis para el Truck Time.....	86
3.8.3 Análisis para el Tiempo en el Sistema	87
3.8.4 Selección de la longitud de réplica	88
3.9 Alternativas de mejora	88
3.9.1 Quick wins	88
3.9.2 Señalización en el terminal portuario	88
3.9.3 Conversión de motores RTG diésel a motores eléctricos.....	88
3.10 Optquest Arena	89
3.10.1 Controles	90
3.10.2 Variables de respuesta	90

3.10.3 Restricciones	91
3.10.4 Función Objetivo	91
3.10.5 Premisas del modelo.....	91
CAPÍTULO 4. Evaluación técnica y económica.....	92
4.1 Evaluación técnica	92
4.2 Evaluación económica.....	92
4.2.1 Inversión	92
4.2.2 Beneficio económico	93
4.2.3 Determinación del COK	93
4.2.4 Calculo de ingresos relevantes	95
4.2.5 Flujo de caja e indicadores financieros	96
CAPÍTULO 5. Conclusiones y Recomendaciones.....	98
5.1 Conclusiones.....	98
5.2 Recomendaciones.....	99



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Tiempo de truncamiento.....	6
Ilustración 2: Las 4 perspectivas del BSC	9
Ilustración 3: Diagrama BSC	9
Ilustración 4: Diagrama de Pareto	12
Ilustración 5: Esquema Diagrama de Ishikawa. Método 6M	13
Ilustración 6: Herramienta de los porqués	14
Ilustración 7: Mision, Visión, Valores	22
Ilustración 8: Proceso de exportación.....	24
Ilustración 9: Terminal muelle sur.....	25
Ilustración 10: Mapa de Macroprocesos.....	28
Ilustración 11: El proceso BSC.....	30
Ilustración 12: Diagrama de Operaciones.	35
Ilustración 13: Niveles de Satisfacción por Item-Clientes tierra.....	36
Ilustración 14: Niveles de Satisfacción cliente línea.....	37
Ilustración 15: Nivel de satisfacción 2014	37
Ilustración 16: Diagrama de Flujo del despacho de contenedores.....	39
Ilustración 17: Diagrama de flujo de la recepción de contenedores.....	40
Ilustración 18: NS Histórico Muelle sur.....	41
Ilustración 19: Nivel de Servicio	42
Ilustración 20: Valorización monetaria de Multas 2014.....	43
Ilustración 21: Truck Time	43
Ilustración 22: Diagrama de Pareto-Proceso de recepción y despacho	48
Ilustración 23: Consumo RTG	49
Ilustración 24: Productividad diaria RTG	49
Ilustración 25: Colas de despacho	50
Ilustración 26: Causas por permanencia de más de 30 minutos.....	51
Ilustración 27: Gate en entrada	51
Ilustración 28: Asignación de tareas.....	52
Ilustración 29: Causas del consumo sumo innecesario de diésel	53
Ilustración 30: Método del Porqué- Raíz crítica	56
Ilustración 31: Método del porqué. Causas raíz	57
Ilustración 32: Filtros Software Navis Spacs N4	61
Ilustración 33: Tiempo entre llegadas.....	66
Ilustración 34: Diagrama de bloques. Llegada de camiones.....	71

Ilustración 35: Diagrama de bloques: Selección de la cola más corta ..	72
Ilustración 36: Diagrama de bloques Espera en Antepuerto.....	72
Ilustración 37: Diagrama de Bloques llamado hacia servicios	73
Ilustración 38: Diagrama de bloques: Servicio de inspección y pesado	74
Ilustración 39: Diagrama de la selección de carril para inspección.....	74
Ilustración 40: Diagrama de bloques. Selección de garita de entrada ..	75
Ilustración 41: Diagrama del servicio documentario en garitas	75
Ilustración 42: Diagrama de bloques. Vuelta en U.....	76
Ilustración 43: Desplazamiento y servicio en zona de llenos	77
Ilustración 44: Desplazamiento y servicio en zona de vacíos	78
Ilustración 45: Diagrama de bloques. Destare y pesado de camiones..	79
Ilustración 46: Diagrama de bloques. Revisión en Gates de salida	80
Ilustración 47: Diagrama de medición de indicadores principales.....	80
Ilustración 48: Determinación del Periodo de calentamiento	85
Ilustración 49: Consumo diesel vs Movimientos por hora	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribuciones probabilísticas	2
Tabla 2: Valorización de Macro procesos.....	10
Tabla 3: Matriz VOC para la elaboración de harina de maíz	11
Tabla 4: Matriz Probabilidad Impacto	15
Tabla 5: Criterios de selección FACTIS.....	16
Tabla 6: Evaluación FACTIS	16
Tabla 7: Demanda Anual por escenario	17
Tabla 8: Indicadores para diferentes combinaciones ITT	18
Tabla 9: Resultados de la Optimización	20
Tabla 10: Recursos operativos.....	25
Tabla 11: Cantidad de Transacciones	26
Tabla 12: Procesos de soporte.....	29
Tabla 13: Objetivos Estratégicos	31
Tabla 14: Cálculo porcentual por objetivo estratégico	32
Tabla 15: Asignación porcentual por objetivo estratégico.....	32
Tabla 16: Valorización de Macro-procesos	34
Tabla 17: Matriz VOC.....	38
Tabla 18: Citas de Importación.....	44
Tabla 19: Tolerancias por transacción.....	45
Tabla 20: Rango de transacciones.....	45
Tabla 21: Alcance de indicadores	46
Tabla 22: Ingreso por hora	46
Tabla 23: Lista de problemas	47
Tabla 24: Frecuencia-Impacto.....	48
Tabla 25: Citas no usadas Empty pool Fuente: Muelle sur	54
Tabla 26: Citas generadas por hora Fuente: Muelle sur	54
Tabla 27: Matriz Probabilidad-Impacto	55
Tabla 28: Contramedidas	58
Tabla 29: Matriz de decisión FACTIS	59
Tabla 30: Clasificación de datos.....	62
Tabla 31: Tamaño de Muestra	63
Tabla 32: Valores Determinísticos.....	64
Tabla 33: Tipo de clientes	64
Tabla 34: Contenedor asignado al proceso de recepción.....	64

Tabla 35: Contenedor asignado al proceso de despacho.....	65
Tabla 36: Distancias en el patio de operaciones	65
Tabla 37: Mejor ajuste de Distribución	67
Tabla 38: Recursos del modelo.....	68
Tabla 39: Atributos del modelo.....	69
Tabla 40: Estaciones del modelo	69
Tabla 41: Variables del modelo	69
Tabla 42: Validación del truck time.....	82
Tabla 43: Validación del tiempo en sistema	82
Tabla 44: Validación de la cantidad de camiones rechazados	83
Tabla 45: Validación del tiempo de cola - Antepuerto.....	83
Tabla 46: Validación del Nivel de servicio	84
Tabla 47: Validación - Test de Touring.....	84
Tabla 48: Batch mean para el truck time	86
Tabla 49: Batch mean para el tiempo en el sistema.....	87
Tabla 50: Controles para Optquest	90
Tabla 51: Responses para el Optquest	91
Tabla 52: Restricciones para el Optquest.....	91
Tabla 53: Comparación de indicadores	92
Tabla 54: Costos de inversión	93
Tabla 55: Parámetros financieros.....	94
Tabla 56: Indicadores de decisión.....	94
Tabla 57: Ahorro por multas.....	95
Tabla 58: Costo de conversión RTG híbrida.....	95
Tabla 59: Costo total de consumo diésel.....	96
Tabla 60: Gasto eléctrico	96
Tabla 61: Ahorro anual utilizando sistema hibrido HDG	96
Tabla 62: Flujo de caja.....	97
Tabla 63: Indicadores Financieros	97

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se tomarán 3 temas fundamentales. El primero, trata sobre la metodología de la herramienta seleccionada para implementar el proceso de mejora. El segundo, tratará sobre las herramientas utilizadas para elaborar el diagnóstico del terminal portuario en estudio. Por último, se presentará el resumen de dos *papers* del mismo rubro de la empresa a evaluar, en las que se implementó la simulación de sistemas como herramienta de mejora.

1.1 Simulación de sistemas discretos

Según Fábregas (2010), la simulación es una herramienta que minimiza el riesgo e incertidumbre en la toma de decisiones. Adicionalmente, permite analizar la utilización de los recursos, el tiempo utilizado y las probabilidades de riesgo.

Asimismo, Kelton (2010) refiere a la simulación como el conjunto de métodos y aplicaciones que replican el comportamiento de un sistema real. Del mismo modo, puede ser aplicado a diversos campos de estudio como las industrias. También afirma que en estos días la simulación es cada vez más popular y poderosa debido a que las computadoras y software son mejores que antes.

Complementariamente, Naylor (1971) afirmó que la experiencia de diseñar un modelo de simulación en computadora, puede ser más valiosa que la simulación en sí misma. Del mismo modo, mencionó que la simulación puede tomarse como una prueba de pre-servicio para ensayar nuevas políticas y reglas de decisión en la operación de un sistema antes de tomar el riesgo de experimentar con el sistema real.

1.1.1 Adquisición y Análisis de Datos de entrada

A continuación se detallarán como se clasifican los datos, seguidamente a través de un muestro aleatorio simple se definirá el tamaño de muestra a recolectar; finalmente mediante pruebas de bondad se determinará que distribución estadística se ajusta mejor a estos.

a. Clasificación de Datos

Los datos de entrada se clasifican de la siguiente manera:

- 1) Datos determinísticos: Son datos conocidos con certeza.
- 2) Proporciones o probabilísticos: Es la propiedad que se obtiene luego de la experimentación continua de un proceso, en la cual la proporción de veces en la que ocurra un resultado será considerado como proporción.
- 3) Variables Aleatorias: Según Garcia (2006), son la representación de fenómenos no determinísticos. A diferencia de una variable

determinística, no se sabe con certeza el valor que toma. No obstante, estos pueden tomar valores dentro de un determinado rango, de manera tal que exista una probabilidad de que la variable tome un valor dentro de dicho rango. Estas pueden clasificarse en discreta y continuas.

Como resumen, en la Tabla 1 se presentan las distribuciones probabilísticas, a las cuales pueden ajustarse los datos.

Variable Discretas	Variabes continuas
Bernoullí	Uniforme
Binomial	Normal
Geométrica	Gamma
Pascal	Exponencial
Hipergeométrica	Chi-cuadrado
Poission	Triangular
	Weibull
	Erlang
	Beta
	Log-Normal
	Distribución t
	Distribución F

Tabla 1: Distribuciones probabilísticas
Fuente: Córdova (2008)

b. Muestreo Aleatorio Simple

Según Córdova (2008), el muestro aleatorio simple es un conjunto de n variables aleatorias que cumplan con las condiciones de independencia y sigan la misma distribución de la población. Los método empleados para determinar un tamaño de muestra aleatorio adecuado son los siguientes.

1) Media: En caso la población sea infinita el cálculo se basa como se indica en la fórmula (1).

$$n = \frac{Z^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)^2 \sigma^2}{e^2} \tag{1}$$

Mientras que si se tiene un tamaño de población definido N, el tamaño de muestra será calculado como lo indica la fórmula (2).

$$n = \frac{Z^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)^2 \sigma^2 N}{Z^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)^2 \sigma^2 + e^2 (N - 1)} \tag{2}$$

Donde “e” es definido como el error porcentual.

2) Proporciones: La muestra se calcula como lo indica la fórmula (3).

$$n = \frac{Z^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)^2 \bar{p} (1 - \bar{p})}{e^2} \tag{3}$$

c. Pruebas de Bondad de Ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste se aplican en diseños en los que se estudia un único grupo. Asimismo, dichas pruebas permitirán verificar si la distribución a la cual se ajustaron los datos es la apropiada. Las pruebas a emplear en esta tesis son la Chi-Cuadrado y Kolmogorov Smirnov

1) Chi-Cuadrado: El objetivo es determinar si la prueba de hipótesis nula se ajusta a un modelo de probabilidad teórico, discreto o continuo. Asimismo, una de las condiciones que debe seguir es que el tamaño de muestra sea mayor a 90.

Los pasos para realizar esta prueba son los siguientes:

Paso1. Plantear la prueba de hipótesis

H0: Los datos se ajustan a la distribución

H1: Los datos no se ajustan a la distribución

Paso2. Calcular el estadístico de prueba, como indica la fórmula (4).

$$W = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - e_i)^2}{e_i} \sim \chi^2(m - k - 1) \quad (4)$$

Donde: X_i : Es la frecuencia observada

e_i : Es la frecuencia esperada

K: Es el número de parámetros estimados

m: Es el número de categorías en que se agrupan los datos

Paso3. Evaluar el estadístico calculado como indica la fórmula (5) con la región crítica. De tal manera que se rechaza la hipótesis nula si:

$$\sum_{i=1}^k \frac{(X_i - e_i)^2}{e_i} > \chi^2_{(1-\alpha)}(k - 1) \quad (5)$$

Prueba Kolmogorov Smirnov (K-S): Basada en la diferencia absoluta máxima D entre los valores esperados acumulados de una muestra aleatoria de tamaño n y una distribución teórica específica, como indica la fórmula (6).

$$D_{max} = |O_{Ai} - E_{Ai}|_{max} \quad (6)$$

Donde: OA: Es la probabilidad observada en cada intervalo.

EA: Es la probabilidad esperada para cada intervalo de clase.

Para poder realizar esta prueba se deben cumplir dos condiciones. Por un lado, las variables deben ser aleatorias y continuas. Por otro lado,

aplica para cualquier tamaño de muestra. No obstante, se obtendrá un mejor ajuste mientras más pequeño sea el estadístico de prueba K-S.

Criterio del P-value: Es una probabilidad a través de la cual se puede determinar el resultado de una prueba de hipótesis. Para ello sea α , el nivel de significancia entonces la fórmula (7) muestra las siguientes conclusiones.

$$\begin{aligned}
 p - \text{value} > \alpha, & \text{Rechazo } H_0 \\
 p - \text{value} < \alpha, & \text{Acepto } H_0
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

1.1.3 Validación y Análisis de Resultados

En esta etapa se desea comprobar que los resultados sean confiables y aproximados a la realidad. Para ello, es necesario definir si el sistema es terminal o no terminal, con la finalidad de aplicar una metodología específica de análisis de resultados para cada caso. Del mismo modo, los datos deben de pasar por pruebas de hipótesis para validar si el modelo es una representación adecuada de la realidad.

a. Validación de Resultados

Según Naylor (1971), el problema de la validez es el de asegurar que el modelo de computadora utilizado sea un modelo válido del mundo real, tal que las conclusiones e inferencias obtenidas de la experimentación con el modelo, puedan aplicarse al mundo real. Asimismo Banks (2010), afirma que validar la simulación es de gran importancia ya que las decisiones son tomadas en base a los resultados obtenidos. Por tanto, las dos técnicas más empleadas para validar la simulación son las siguientes.

Test de Touring : Consultar a expertos del rubro a analizar sobre el comportamiento del sistema y la estructura del modelo, entrada de datos y salida de estos. Por ejemplo, se puede mostrar un reporte de los resultados de la simulación junto al reporte real, en caso no logre distinguir los datos entonces se puede concluir que no hay evidencia.¹

Prueba t-student: Se utiliza con frecuencia cuando la media μ y la varianza σ^2 no son conocidas. Esta prueba consiste en comparar la media maestra de los resultados obtenidos con los datos reales. La fórmula (8) indica el procedimiento a emplear.

$$\begin{aligned}
 \text{Paso 1. Plantear la hipótesis: } & H_0: E(Y) = c, \\
 & H_1: E(Y) \neq c
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

¹ Ejemplo tomado de las diapositivas del curso "Simulación de Sistemas" 2015-0

Paso 2. Calcular el estadístico como indica la fórmula (9).

$$t_0 = \frac{E(Y) - C}{S\sqrt{n}} \quad (9)$$

Donde n y S son el tamaño y desviación estándar muestral respectivamente. S es calculado como indica la fórmula (10).

$$S = \frac{\sqrt{\sum (Y_i - E(Y_i))^2}}{(n-1)} \quad (10)$$

Paso 3. Se Compara el estadístico t_0 con el t de Tablas. Donde se rechaza la hipótesis nula H_0 como indica la fórmula (11).

$$|t_{\text{calculado}}| > t_{\alpha/2}, n-1 \quad (11)$$

b. Sistema Terminal y Sistema No Terminal

Kelton (2010) define los sistemas terminales como modelos que tienen condiciones específicas de inicio y fin, debido a la naturaleza de como el sistema opera. Asimismo, sus condiciones iniciales son conocidas e importantes. Los sistemas terminales responden a la problemática de la cantidad de réplicas necesarias que deberán correrse en la simulación para que el análisis sea confiable. Cada réplica es una semilla diferente, lo cual garantiza que son independientes estadísticamente, por lo tanto se obtendrán indicadores de salida diferentes.

Para hallar el número de réplicas necesario, primero se debe establecer un intervalo de confianza aplicando la t -student. Previamente a ello los datos a analizar deben ser independientes y seguir una distribución normal ($n > 30$) como indica la fórmula (12).

$$h = t_{(1-\alpha/2), n-1} S_x / \sqrt{n} \quad (12)$$

Sea h = la mitad del ancho del intervalo.

Con la finalidad de hallar el número de réplicas n^* que se necesitan para alcanzar un ancho de intervalo específico h^* se utiliza la relación que indica la fórmula (13).

$$n^* = n \left(\frac{h}{h^*} \right)^2 \quad (13)$$

Por otro lado, los sistemas no terminales no tienen una condición fija de comienzo y tampoco una final. Se caracteriza debido a que las condiciones iniciales no son importantes. Este tipo de sistema responde a la problemática sobre la cantidad de tiempo que debería correrse el modelo, es decir, encontrar la longitud de réplica adecuada. A continuación, la ilustración 1 muestra las dos etapas de un sistema no terminal.

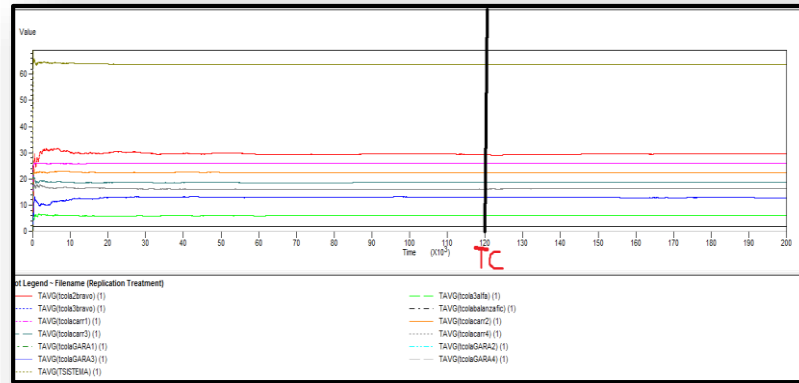


Ilustración 1: Tiempo de truncamiento

Las etapas de un sistema no terminal están definidas por el Periodo de Calentamiento y el estado estacionario. El primero se define esta manera debido a que se trata del tiempo que debe transcurrir hasta que los datos tengan cierto grado de estabilidad.

Para hallar una correcta longitud de réplica que permita obtener un buen análisis de datos, se emplea el Método de las medias de Grupo (Batch mean)

Según Banks (2010), el método de batch means se basa en una larga corrida en la cual los datos solo deben ser eliminados una sola vez. Los pasos para la aplicación del método es la siguiente.

Paso 1. Eliminar el periodo de calentamiento.

Paso 2. Definir un intervalo de tiempo de agrupamiento A_1 en el periodo estable, se recomienda que $A_1 = 1000$.

Paso 3. Calcular el promedio de cada grupo. Y_k

Paso 4. Encontrar el primer valor del correlograma menor o igual a 0.1

Paso 5. Se aplica nuevamente el método Batch means para obtener el valor de k_2 para definir un intervalo de confianza k_2-1 grados de libertad y con una distribución t. La fórmula (14) indica el cálculo de la LR.

$$LR = T + A_1 A_2 (k_2^*) \tag{14}$$

Donde: LR: Longitud de Réplica

T: periodo de calentamiento

$A_1 A_2 (k_2^*)$: Estado Estable

1.1.4 SOFTWARE ARENA

A continuación, se presentan las bondades del software Arena así como los diferentes paquetes de computo que este ofrece.

a. Definición

Según Fábregas (2013), Arena es un sistema que provee un entorno de trabajo integrado para construir modelos de simulación en una amplia variedad de campos; integra, en un ambiente fácilmente comprensible, todas las funciones necesarias para el desarrollo de una simulación. Del mismo modo, el autor con la finalidad de brindar un mejor entendimiento del software, lista los siguientes conceptos:

Sistema: Es un conjunto de elementos que se encuentran en interacción y que buscan alguna meta o metas comunes; es decir, es el conjunto de componentes interrelacionados que recibe entradas, las procesa y emite salidas para obtener una meta común.

Entidad: Es un objeto o persona que fluye a través del sistema y que causa cambios en la variable de salida. Adicionalmente, en su funcionamiento solicitan recursos.

Recurso: Es un elemento estacionario que puede ser ocupado por una entidad. Tienen una capacidad finita, asimismo tienen una serie de estados, por ejemplo: ocupado, ocioso, inactivo o dañado.

Atributo: Es una característica propia de cada entidad. Cada entidad tiene individualmente su propio valor de atributo.

Variables: Representan características del sistema; pues son de carácter global, en otras palabras, su valor es constante en cualquier parte del modelo.

Evento: Es la ocurrencia que perturba el estado del sistema.

b. Input Analyzer

Según Fábregas (2010), el analizador de datos de entrada o *Input Analyzer* es una poderosa herramienta que se encuentra en el ambiente de arena. En el cual se puede utilizar para determinar a qué distribución de probabilidad pertenecen los datos de entrada; así como para ajustarlos a una distribución específica de datos, con el objetivo de compararlos con funciones de distribución o visualizar el efecto de los cambios de parámetros en una misma distribución.

c. Output Analyzer

Dado que las variables de entrada se generan a través de números aleatorios, entonces las variables de respuesta o salida también se comportan de forma aleatoria; es decir, muestran aleatoriedad. Por esta

razón, Arena ofrece la herramienta *Output analyzer* con el objetivo de realizar un análisis estadístico de los datos de salida mediante histogramas, gráficos de promedio acumulado, intervalos de confianza y correlogramas, además cuando se comparan dos situaciones de una variable de salida, recurre a pruebas de medias y análisis de varianza.

d. Process Analyzer

Fábregas también menciona que en un sistema se encuentran factores tanto controlables como incontrolables que producen un efecto en una determinada variable de respuesta. De esta manera se desprende la definición de escenarios, la cual trata de la manipulación del conjunto de valores que afectan a las variables de respuesta. Por tanto, Arena cuenta con la herramienta *Proccees Analyzer* que permite al analista evaluar y completar diversos escenarios de un sistema.

e. Optquest

Según Kelton (2010), la herramienta *Optquest* decide la mejor forma de disponer de los datos de entrada, seleccionados por el diseñador, sujetos a restricciones, con la finalidad de encontrar la mejor combinación para optimizar la función objetivo del modelo.

1.2 Herramientas de Diagnóstico

En este punto se especificarán las herramientas estratégicas, de mapeo de procesos, de calidad y selección que serán empleadas para diagnosticar al terminal portuario en estudio.

1.2.1 Herramientas estratégicas

Las herramientas estratégicas empleadas para justificar la selección del proceso en el cual enfocar el desarrollo de la presente tesis son las siguientes.

a. Balanced ScoreCard (BSC)

Según Jin Hua Yang (2009), “el *balance scorecard* (BSC) enfoca el desempeño medible de una organización, a través del alineamiento de los indicadores con las metas y planeamiento estratégico de la empresa”. Asimismo, según Keon Leong (2009), “el BSC está diseñada para otorgar a los gerentes una estructura que consigue un balance entre los resultados financieros y no financieros tanto en el mediano como en el corto plazo”.

El BSC consiste en 4 perspectivas (Financiera, Cliente, Proceso y Aprendizaje) en las cuales son clasificados los principales objetivos estratégicos de la empresa.

En la Ilustración 2 se muestra cómo interactúan las 4 perspectivas del modelo BSC.

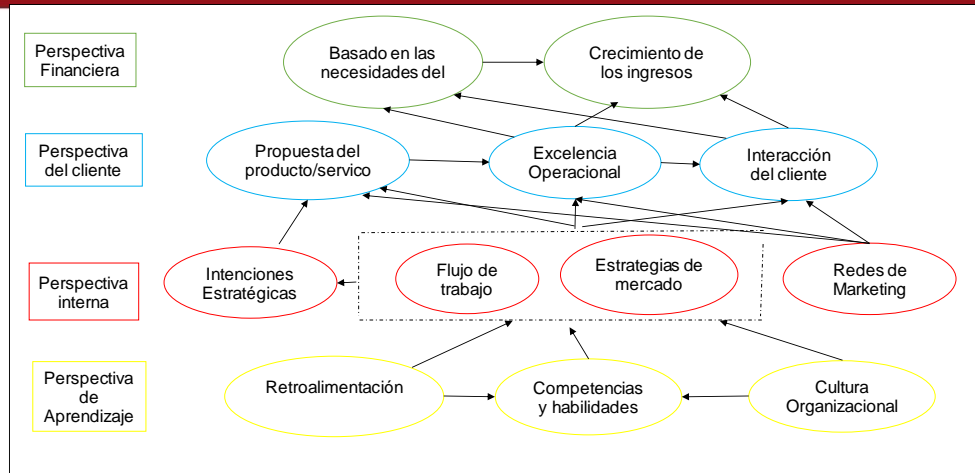


Ilustración 2: Las 4 perspectivas del BSC
Fuente: IEEXPLORE Base de datos

Una vez clasificadas los objetivos estratégicos de la empresa en las 4 perspectivas de la empresa. Se procesa a alinear los principales KPI (“Key performance Indicators”) de cada área con la finalidad de valorar los objetivos estratégicos de la empresa. En la ilustración 3, se muestra como elaborar BSC para la empresa en estudio.

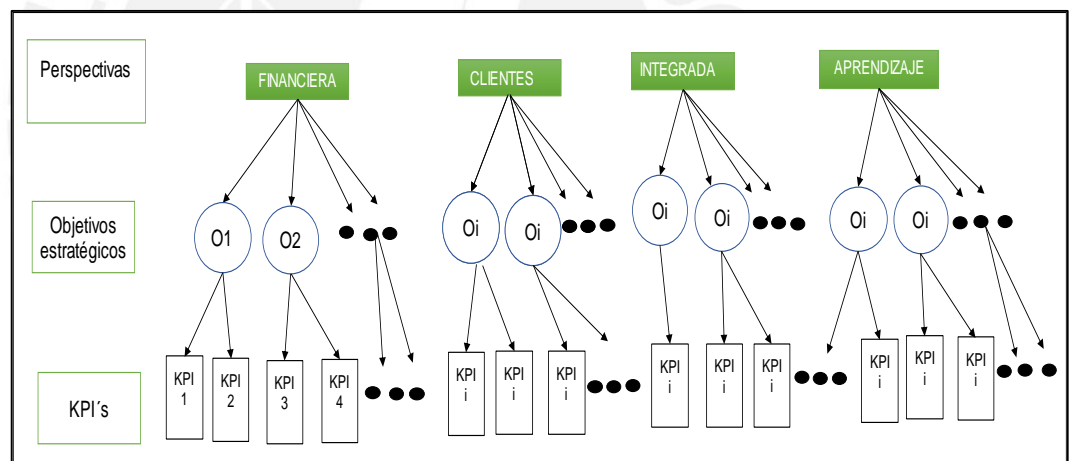


Ilustración 3: Diagrama BSC

b. Matriz de Valorización de Macro-procesos

La siguiente matriz tiene como objetivo enfrentar los macro procesos de la empresa con los objetivos estratégicos de la compañía. Con la finalidad de seleccionar el proceso más relevante para la empresa a evaluar. No obstante, previamente el análisis BSC, permite justificar los pesos porcentuales para cada perspectiva en la que fue categorizado cada objetivo estratégico. A continuación, la Tabla 2 muestra un ejemplo de la valorización de la matriz de macro proceso.

3) Cuantificar la relación entre de cada qué (necesidad) con cada cómo (procesos o subprocesos). En las que 5 es una relación muy fuerte. 3 una relación media y 1 para una relación débil.

4) Realizar un análisis comparativo en el cual se prioriza el tipo de cliente con relación a la necesidad de este

5) Establecer prioridades para requerimientos técnicos. Se realiza una operación suma producto. En esta etapa se identifica y selecciona el proceso o necesidad en el cual enfocarse.

A continuación, en la Tabla 3 se muestra un ejemplo de la Matriz VOC:

Variables del producto y Críticas de la calidad	Prioridad	Recepción del maíz	Preparación del maíz	Almacenaje del maíz	Elaboración del Nixtamal	Lavado y reposo del Nixtamal	Molienda	Deshidratación	Envasado y Almacenaje
Color	1	5	3	3	5	5	3	1	1
Sabor	5	3	3	3	5	5	1	1	0
Olor	5	1	1	1	5	5	1	1	0
Humedad	3	1	3	3	5	3	3	5	3
Rendimiento	1	3	3	3	5	3	3	1	3
Peso	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Quejas acerca del sabor y olor	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Presentacion y Calidad de envasado	5	1	1	1	5	5	3	1	1
Resultados Internos	5	5	5	5	5	5	3	1	0
Importancia		61	65	65	125	117	55	37	28
Importancia relativa		5	5	5	10	9	4	3	2

Tabla 3: Matriz VOC para la elaboración de harina de maíz
Fuente: "Control estadístico de Calidad y seis Sigma".

1.2.2 Herramientas de Calidad

Las siguientes herramientas de calidad se utilizarán en el desarrollo de la presente tesis. Con la finalidad de elaborar un diagnóstico que permita identificar los principales problemas y causa raíz del proceso seleccionado.

a. Pareto

Según Gutiérrez (2009), la viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocida como la ley “80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte de los efectos (80%). Asimismo, Yang (2009), menciona el diagrama puede ser utilizado para analizar y determinar los principales problemas de calidad en un determinado proceso. Los pasos para la construcción del diagrama son los siguientes:

1. Decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender.
2. Construir una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos,
3. Es preciso determinar el periodo de tiempo en el cual se recolecto la data.
4. Se construye una Tabla en la cual se cuantifica la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
5. Seleccionar el criterio con el cual se va a jerarquizar las diferentes categorías. Es decir, si será solo a través de las frecuencias o si será necesario multiplicarla por su costo o intensidad correspondiente.
6. Dibujar la gráfica y realizar la interpretación del diagrama

En la ilustración 4 se muestra un ejemplo del Diagrama de Pareto.

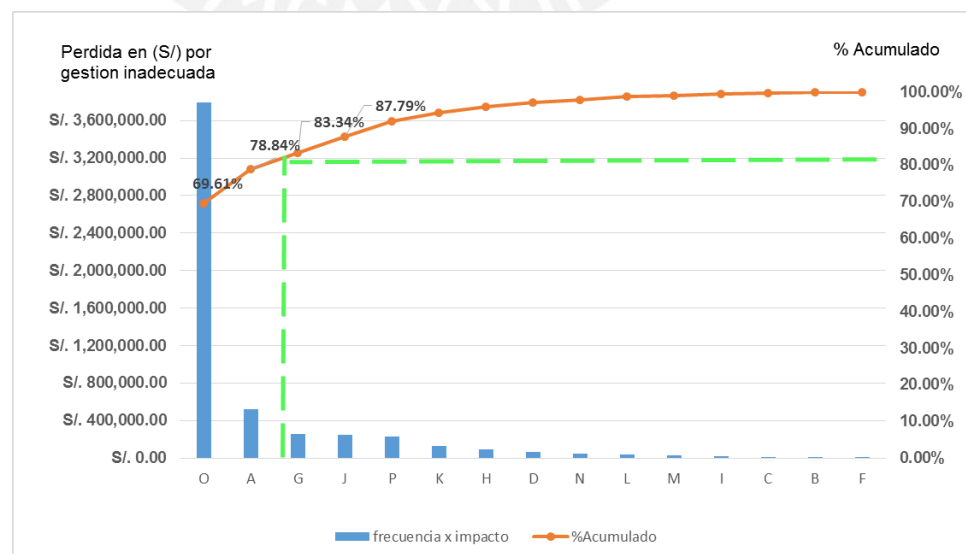


Ilustración 4: Diagrama de Pareto

b. Diagrama de Ishikawa

Según de la Vara (2009), el diagrama de Ishikawa² o Causa-Efecto es un método gráfico que relaciona un problema con las posibles causas que lo generan. La importancia de este diagrama es que evita buscar directamente las soluciones sin previamente a ver realizado un análisis de causas. Por ello, el método de las 6M es el más recomendable ya que agrupa las posibles causas en 6 categorías principales.

Mano de obra: Conocimiento, entrenamiento, habilidad, capacidad

Métodos: Estandarización, procedimientos alternativos, definición de operaciones.

Máquinas: Capacidad, mantenimiento, condiciones de operación.

Material: Tipos, proveedores, variabilidad o surtido, cambios.

Medición: Tamaño de muestra, repetibilidad, reproducibilidad, calibración.

Los pasos para la construcción del diagrama de Ishikawa son los siguientes:

1. Especificar el problema a analizar. Es recomendable seleccionar un problema importante y, en lo posible, que ya esté delimitado por un diagrama de Pareto.
2. Buscar causas probables, tratar que sean las más concretas posibles.

En la ilustración 5, se muestra un ejemplo de la aplicación del método de las 6M en el diagrama causa-efecto.

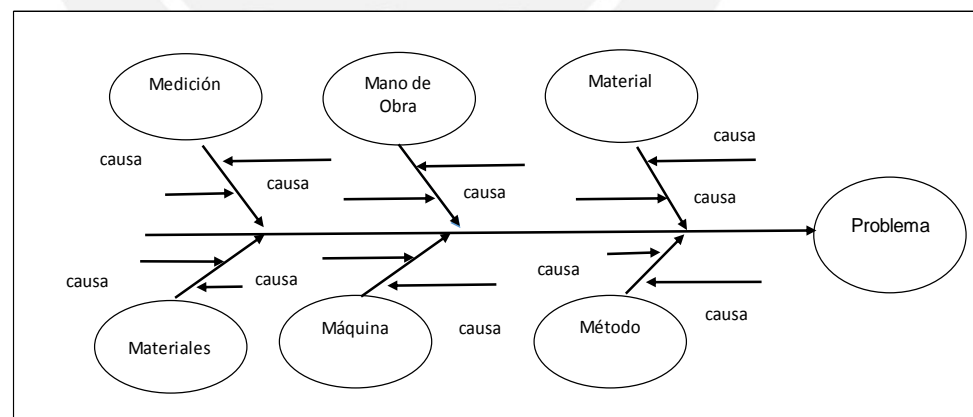


Ilustración 5: Esquema Diagrama de Ishikawa. Método 6M

² El nombre del Diagrama es en honor al doctor Kaoru Ishikawa, uno de los principales en enfatizar la calidad en Japón

c. Herramienta de los 5 porqués

Según Perez (2013), Los 5 porqués son una técnica de análisis aplicable a los Sistemas de gestión para analizar las causas que originan las No conformidades. Asimismo, es una herramienta tan sencilla que consiste en preguntar ¿Por qué? tantas veces como sea necesario, encadenando cada pregunta a la respuesta anterior, de tal forma que se van depurando y profundizando las causas, hasta llegar a la causa raíz que realmente ha producido el problema a analizar. La metodología a emplear para aplicar es la siguiente:

Paso 1. Identificar el problema a analizar

Paso 2. Identificar la causa crítica de dicho problema

Paso 3. Preguntarse el porqué de esta causa

Paso 4. Preguntarse el porqué de la respuesta dada del paso 3 y así sucesivamente hasta encontrar la causa raíz del problema.

En la ilustración 6, se puede apreciar la aplicación de la herramienta de los 5 porqués.

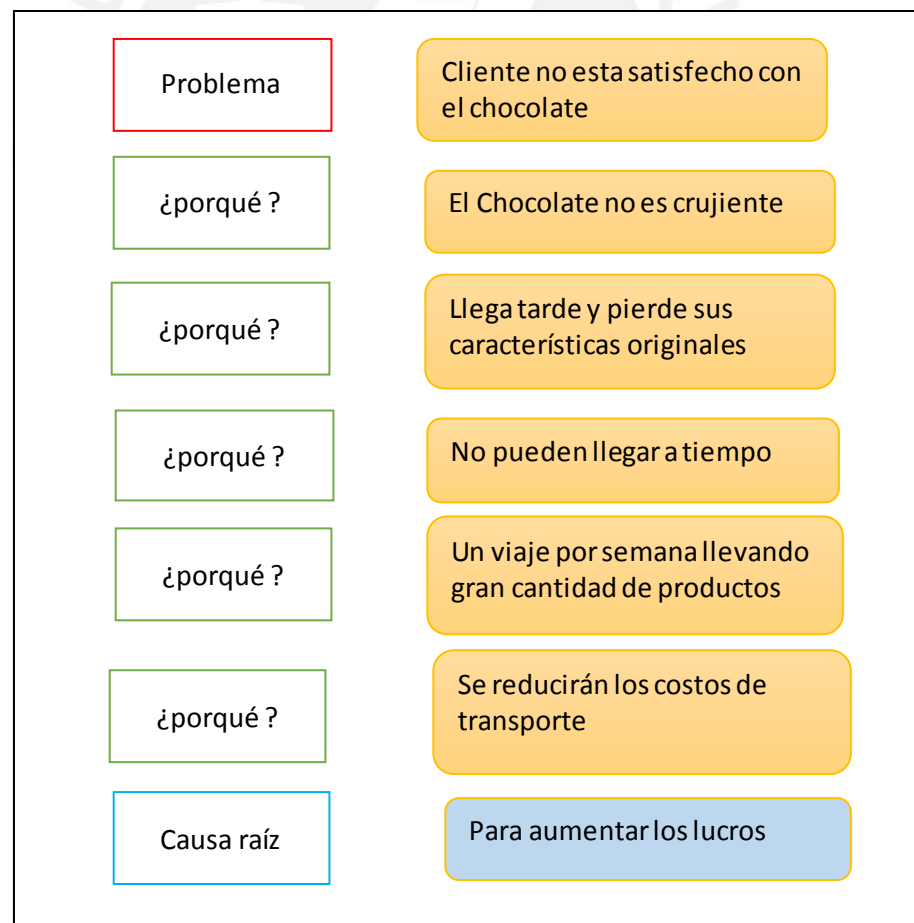


Ilustración 6: Herramienta de los porqués
Fuente: Total Qualidade.

1.2.3 Herramientas de Selección

Con la finalidad de comparar y seleccionar tanto las causas críticas como la mejorar herramienta de mejora se procedió a través de una Matriz PI y una Matriz FACTIS. Las cuales mediante condiciones y ponderaciones brindaran un mejor criterio para la toma de decisiones.

a. Matriz Probabilidad Impacto

La Matriz PI es una herramienta utilizada para determinar que causas tienen mayor grado de impacto dentro de una empresa. Los pasos para la elaboración de la Matriz PI son los siguientes:

1. Determinar el porcentaje de impacto de cada campo a enfrentar.
2. Evaluar del 1 al 5 el grado de impacto de cada campo a enfrentar.
3. Realizar una ponderación suma producto de cada causa.
4. Comparar y seleccionar las causas de mayor impacto.

A continuación, la Tabla 4 muestra el esquema de la Matriz Probabilidad-Impacto:

	Causas	Impactos			Ponderación	Nivel de Importancia
		Económico	Operativo	Clientes		
		30%	40%	30%		
Permanencia mayor a 30 minutos	Choferes no ubican posición en el patio					
	Choferes se quedan dormidos					
	Falta de capacidad del operarios del gate en el uso del software Navis N4					
	Se tienen 4 balanzas para 9 carriles					
	Superintendentes asignan más tareas a las embarcaciones					

Tabla 4: Matriz Probabilidad Impacto

b. Matriz FACTICS

Es una herramienta para tomar decisiones en la cual se utilizan condiciones y criterios de selección Por otro lado, también es posible implementarla para evaluar y seleccionar listas de soluciones potenciales a un determinado problema.

Según Blancas y Rodríguez (2005), se denomina matriz FACTIS porque tiene en consideración los siguientes criterios.

1. **F**acilidad para solucionarlo.
2. El solucionarlo contribuya a otras **Á**reas.
3. Mejora la **C**alidad.

- 4. Tiempo que implica solucionarlo.
- 5. Requiere Inversión.
- 6. Mejora la Seguridad.

Los cuales son resumidos en la Tabla 5, con la finalidad de tener un factor de ponderación y un criterio de evaluación para cada campo.

CRITERIOS DE SELECCIÓN		FACTOR DE PONDERACIÓN
F	Facilidad para solucionarlo 1. Muy difícil 2. Difícil 3. Fácil	5
A	Afecta a otras áreas su implementación 1. Si 2. Algo 3. Nada	3
C	Mejora la Calidad 1. Poco 2. Medio 3. Mucho	2
T	Tiempo que Implica solucionarlo 1. Largo 2. Medio 3. Corto	3
I	Requiere Inversión 1. Alta 2. Media 3. Poca	4
S	Mejora la Seguridad 1. Poco 2. Medio 3. Mucho	3

Tabla 5: Criterios de selección FACTIS
Fuente: Centro de desarrollo Industrial del Perú

En la Tabla 6, se muestra un ejemplo de la aplicación de la Matriz FACTIS, el cual fue empleado por la empresa SIMA (Servicios industriales de la Marina del Perú), con la finalidad de evaluar el problema relacionado a la “Falta de Capacitación del personal en periodos de no veda”.

CRITERIO DE SELECCIÓN	PROBLEMA: FALTA DE CAPACITACIÓN			
	CRITERIO	PUNTAJE	FACTOR	TOTAL
F	Fácil	2	5	10
A	Si	1	3	3
C	Medio	1	2	2
T	Medio	2	3	6
I	Poco	3	4	12
S	Mucho	1	3	3
TOTAL				36

Tabla 6: Evaluación FACTIS
Fuente: Centro de desarrollo Industrial del Perú

1.3 Estudio de casos

A continuación, se mostrará el resumen de dos *papers*, en los que se detalla el análisis realizado después de haber aplicado la Simulación de sistemas como una herramienta para obtener resultados que permitan orientar la toma de decisiones

1.31. Caso 1: *EVALUATION OF INTER TERMINAL TRANSPORT CONFIGURATIONS AT ROTTERDAM MAASVLAKTE USING DISCRETE EVENT SIMULATION*

a) Metas de la investigación

La meta de esta investigación es encontrar la mejor configuración del Transporte Inter Terminal (ITT) para atender el pronóstico de la demanda del año 2030 para el sistema ITT Maasvlakte 1 y Maasvlakte 2.

b) Literatura

El siguiente modelo puede operar con 4 tipos de vehículos.

1. Vehículos de Guía Automatizados (AGV): Transportan contenedores desde las grúas pórticos hacia la ruma de contenedores. Tiene una capacidad de 2 TEUs.
2. Vehículos de Elevación Automatización (ALV): Es similar al AGV solo que tiene un sistema de elevación que le permite recoger contenedores desde una plataforma. Tiene una capacidad de 2 TEUs.
3. Sistema Multi Trailer (MTS): Es parecido a un tren ya que amarra 5 carretas, lo cual le da una capacidad de 10 TEUs.
4. Embarcación (*Barge*): Se transportan a través del mar. Usualmente tienen una capacidad de 50 a 100 TEUs.

c) Descripción del Problema

La infraestructura de Massvlakte (MSV) consiste en dos diferentes conexiones, una conexión de tierra y otra de agua. Las cuales conectan 18 terminales de contenedores. Aunque el modelo de simulación está delimitado solamente al área de MSV, este también podría ser empleado para cualquier configuración del sistema ITT.

d) Demanda de Transporte

La tarea de definir la demanda de los escenarios para el ITT de MSV1 y MSV 2 para el año 2030 fue realizada por Gerrise (2014). En la Tabla 7 se observa la demanda transporte anual para los tres escenarios:

Scenario	Annual transport demand [TEU]	Mean nr. of cont. to be transported / hour
1	3.340.000	223
2	2.150.000	144
3	1.420.000	95

Tabla 7: Demanda Anual por escenario
Fuente: Winter Simulation Conference

e) Indicadores de Rendimiento

La tarea más importante del sistema ITT es entregar contenedores a su destino a tiempo. Con la finalidad de medir en que grado el sistema cumple las tareas asignadas. El indicador “*non-performance*” es el KPI principal del sistema ITT ya que muestra el porcentaje de contenedores que no fueron entregados a tiempo. Además de este indicador, también se consideran otros como el tiempo promedio de contenedores que fueron entregados tarde, número de vehículos inactivos, tiempos de espera en el terminal, retrasos asignados al tráfico, etc.

f) Modelo de Simulación

La simulación de eventos discretos fue desarrollada utilizando las herramientas Dolphi y la simulación orientada a objetos, dada la complejidad del sistema ITT.

g) Resultados del experimento

El tiempo de corrida de la simulación ha sido de 12 semanas. Las dos primeras semanas fueron utilizadas como el periodo de calentamiento. Asimismo, se puede observar que los ALVs muestra el indicador “*non-performance*” más bajo en los 3 escenarios, ello se debe porque son la configuración más flexible ya que no tienen que esperar por una grúa Pórtico para ser cargado. A continuación se muestra la Tabla 8.

Scenario	Config	Non-perf %	Avg late [m]	Avg late cont [m]	Mean occ
1	51 ALVs	18.3	84.1	460.2	0.91
	65 AGVs	41.5	927.5	2234.4	0.97
	16 MTSs	40.7	1908.0	4690.5	0.97
	41 Trucks + 2 Barges	98.6	15468.5	15689.4	0.99
2	33 ALVs	11.2	40.9	366.0	0.95
	42 AGVs	39.4	492.9	1249.6	0.99
	12 MTSs	26.7	220.6	825.1	0.98
	22 Trucks + 3 Barges	98.5	26258.5	26650.5	1.00
3	24 ALVs	2.5	0.9	36.2	0.92
	32 AGVs	21.7	49.7	229.6	0.93
	9 MTSs	19.3	42.8	221.5	0.98
	17 Trucks + 2 Barges	98.7	20965.6	21231.2	1.00

Tabla 8: Indicadores para diferentes combinaciones ITT
Fuente: Winter Simulation Conference

f) Conclusiones

Adicionalmente, los resultados mostraron que utilizando un algoritmo de prioridades por contenedor se obtienen menores retrasos. Ello porque el algoritmo selecciona entre múltiples vehículos que están por cruzar al mismo tiempo. Mientras que el algoritmo FIFO selecciona el primer vehículo que esta por cruzar. Finalmente, se concluye que la velocidad asignada a cada Vehículo ITT pudo influenciar en el rendimiento del sistema; del mismo modo que es el primer modelo en incluir el modelamiento del tráfico en el sistema ITT.

1.3.2 Caso 2 : CONTAINER TERMINAL GATE APPOINTMENT SYSTEM OPTIMIZATION

a) Objetivo

El presente artículo simula un modelo de colas multi-servicio con la finalidad de analizar la congestión del Gate y cuantificar el costo atribuible al tiempo de espera de los camiones del Puerto de New York/New Jersey.

b) Literatura

Hay pocos estudios sobre las operaciones de Recepción y Despacho de contenedores, especialmente en los tiempos de espera de los camiones en el gate. Entre los más destacables se encuentran Huynh y Walton (2008), quienes a través de una simulación determinaron el número óptimo de camiones para ser aceptados bajo el sistema de citas y el impacto del tiempo de camiones dentro del terminal ("*truck turn time*").

c) Problemática

Hay dos enfoques en los cuales poner atención para tratar de solucionar la congestión de camiones, el suministro y la demanda. Por un lado, el suministro se orienta a incrementar el número de gates y mejorar su productividad. Por otro lado, la demanda se enfoca en controlar la llegada de camiones. Por ende, tanto el suministro como la demanda están en cierto grado enlazados.

d) Optimización del Gate

Para optimizar las operaciones del Gate, el objetivo es identificar el número óptimo de líneas S , el ratio de llegadas de camiones λ y el ratio de servicio de Gate μ . Además se deben tener presente los siguientes parámetros con la finalidad de analizar la siguiente función objetivo que indica la fórmula (15) : (C_{TS}) Costo total del sistema con S líneas (C_g) Costo horario de operaciones de gate por línea (\$/hora) (C_t) : Costo total por permanencia de camiones en el gate (\$), (C_h): Costo por hora del gate por camión (\$/hora) y (L_c) : Costo por hora por líneas del gate (\$/hora).

$$\text{Minimize} \quad C_{TS} = C_g + C_t \quad (15)$$

$$C_g = f(L_c, S)$$

$$C_t = f(C_h, N_t)$$

$$N_t = f(\lambda, \mu, S)$$

$$L_c, C_h, S, N_t, \lambda \text{ and } \mu \geq 0$$

e) Análisis de resultados

- 1) El gate se encuentra congestionado 2 horas por día (Entre las 12:00 y 2:00)
- 2) El promedio de tiempo de espera es muy sensible debido al incremento de la tasa de llegada o a la tasa de servicio..
- 3) El número de camiones esperando fue de 79 con un tiempo promedio de espera de 32 minutos.
- 4) El costo del tiempo de espera para 2 horas fue valorizada en \$4938. El costo total de las operaciones de gate fue \$6921. Por tanto, el costo total del sistema fue de \$11858.

Para realizar la optimización se baso en el control del parámetro (S) líneas de atención, así como un control de llegada de camiones a través de citas. Obteniéndose los resultados de la Tabla 9.

Hour	λ	Observed performances						Optimized scenario						
		S	N_t	AWT	C_g	C_t	$C_{(ts)}$	λ'	S'	N_t'	AWT'	C_g'	C_t'	$C_{(ts)}'$
0600-0700	90	4	6	4	503	194	697	105	5	3.2	1.8	629	102	731
0700-0800	95	4	15.9	10	503	512	1015	105	5	3.2	1.8	629	102	731
0800-0900	138	6	9.3	4.1	755	300	1055	105	5	3.2	1.8	629	102	731
0900-1000	94	6	0.6	0.4	755	18	773	105	5	3.2	1.8	629	102	731
1000-1100	105	6	1	0.6	755	33	788	105	5	3.2	1.8	629	102	731
1100-1200	95	6	0.5	0.3	755	17	772	105	5	3.2	1.8	629	102	731
1200-1300	145	6	36.8	16.2	755	1259	2014	105	5	3.2	1.8	629	102	731
1300-1400	147	6	78.6	21.4	755	2527	3282	105	5	3.2	1.8	629	102	731
1400-1500	81	5	0.6	0.4	629	19	648	105	5	3.2	1.8	629	102	731
1500-1600	79	4	1.7	1.3	504	54	558	105	5	3.2	1.8	629	102	731
1600-1630 ^a	25	4	0.2	0.2	252	5	256	43	4	4.1	2.8	315	65	380
Total	1093	57	—	—	6921	4938	11858	1093	54	—	—	6605	1085	7690

Tabla 9: Resultados de la Optimización
Fuente: ProQuest Base de datos

f) Conclusiones

- 1) El costo Operativo del gate se redujo de \$6921 a \$6605. Sin embargo, el ahorro más notable se dio en el costo de espera de los camiones, pues se redujo de \$4938 a \$1085 un 78% de reducción. Por ello, el ahorro total diario obtenido por el sistema es de \$4168.
- 2) A medida que los volúmenes de contenedores siga incrementado el problema de costos de espera será relevante en el futuro.
- 3) El modelo realizado proporciona una herramienta importante para analizar la congestión del Gate, así como identificar los parámetros para mejorar el rendimiento del Gate.
- 4) Una adecuada gestión de citas por contenedor ayudaría a disminuir el tiempo de espera y la congestión del gate. Por tanto incrementaría la eficiencia del sistema.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA

En el presente capítulo se describirá la descripción y situación actual del terminal portuario en estudio. Asimismo, se justificará la selección del proceso de recepción y despacho de contenedores como proceso crítico, el cual, a través de diferentes herramientas de calidad, se diagnosticará con la finalidad de encontrar las causas raíz de los principales problema de dicho proceso. Por último, se evaluara con una matriz de decisión FACTIS la herramienta de ingeniería a utilizar.

2.1 Descripción de la empresa

El terminal en estudio es líder internacional en operaciones logísticas portuarias y servicios relacionados al rubro marítimo en más de 65 países a través del continente, quien tiene su sede principal en Dubai. La empresa firmo la concesión con la Autoridad Portuaria Nacional (APN), por un periodo de 30 años en el año 2005. No obstante inicio operaciones a mediados de Mayo del 2010.

La misión y visión del terminal son las siguientes:

a) Misión

“Crear Valor sostenible a través del crecimiento global, de servicio y excelencia.”

b) Visión

“Enfoque global del ambiente de negocio donde la excelencia, innovación y rentabilidad conduzcan el giro de negocio a través de una filosofía de brindar un excepcional servicio al cliente”.

2.1.1 Principios organizacionales

Con la finalidad de obtener la máxima satisfacción de los clientes, la empresa en estudio ha adoptado los siguientes compromisos.

-Desarrollar los procesos brindando los más altos estándares de calidad que aseguren una óptima respuesta a las necesidades de los clientes.

-Asegurar la formación necesaria para que el personal sea componente y capaz de llevar a cabo sus actividades, cumpliendo eficientemente con sus procesos.

-Buscar permanente la mejora continua en el desarrollo de nuestros procesos y en la prestación de servicios.

-Suministras los equipos para la operación, alineados con la prioridad que nuestra empresa otorga a la calidad.

a) Valores

- Compromiso con nuestro personal y nuestros clientes.
- Crecimiento Global de las ganancias.
- Responsabilidad corporativa y comportamiento personal.



Ilustración 7: Mision, Visión, Valores

“Tenemos que adaptarnos a los constantes cambios de nuestro ambiente y necesidades del cliente. Nuestra estrategia debe ser flexible y proveer una guía para lograr nuestra visión. A través de metas e indicadores podremos medir nuestro desempeño y desarrollo para el cumplimiento de los objetivos”

2.1.2 Actividades y código CIU

El terminal portuario muelle sur cuenta con 2 unidades de negocio principales el servicio de terminal portuario y el servicio de Depósito temporal, los cuales son categorizados según el Código Industrial Internacional Uniforme (CIU) de la siguiente manera:

Código 63329: Servicios complementarios para el transporte por agua n.c.p. (Incluye explotación de servicios terminales como puertos y muelles).

Código 63200: Servicios de almacenamiento y depósito (Incluye silos de granos, cámaras frigoríficas, almacenes para mercancías diversas, incluso productos de zona franca, etc).

a. Servicio de Terminal portuario

Se divide en dos servicios. Por un lado, se encuentran los servicios a la nave, el cual comprende la provisión del muelle a través de ventanas garantizadas; amarre y desamarre; estiba y desestiba; transmisión y procedimiento de datos vía EDI. Por otro lado, se dan servicios a la carga, el cual comprende los servicios de carga y/o embarque, transferencia interna de carga, manipuleo, así como la utilización de la infraestructura del terminal y cualquier otro servicio aplicable a la carga movilizada en el terminal.

Asimismo, se tienen los siguientes servicios especiales a la carga:

- Re- estiba de contenedores.
- Uso de área operativa contenedores llenos y vacíos.
- Manipuleo de carga sobredimensionados.
- Servicio de contenedores con carga peligrosa.
- Energía, monitoreo y manipuleo de contenedores *reefers*.

b. Servicios de Depósito Temporal

El terminal muelle sur cuenta con licencia de Depósito Temporal Aduanero, a fin de poder ofrecer a los clientes la facilidad de realizar sus trámites aduaneros con mayor rapidez y eficiencia dentro del terminal.

Adicionalmente, este servicio incluye días de almacenaje, revisión documentaria, emisión de volante, verificación de datos, transmisiones electrónicas ante aduanas y trámites relacionados con la modalidad “Despacho Excepcional”³

En el Anexo 1, se puede apreciar los cobros realizados por los servicios brindados por el puerto en estudio.

2.1.3 Clientes

Los principales clientes del terminal portuario se dividen en dos categorías. los clientes línea y los clientes tierra.

Los clientes línea son las Líneas Navieras, las principales líneas son MOL, CCNI, Hapag-Lloyd , etc . (Ver Anexo 2)

Por otro lado, se encuentran los clientes tierra, quienes están conformados por los Operadores Logísticos, agencias de aduanas, agencias de carga, importadores y exportadores.

³ Despacho Excepcional: Numeración o trámites aduaneros después de la llegada de la nave

2.1.4 Servicios.

En la sección 2.2.2 se detallaron los principales servicios que brinda el terminal portuario muelle sur. Siendo estos los Servicios de Terminal Portuario y Depósito temporal.

Respecto al servicio, el muelle sur a través del are comercial vende espacios disponibles, conocidas en el ámbito portuario como “Ventanas” a las líneas navieras para que estas puedan recalar y se les pueda brindar los servicios a la nave y a la carga.

Adicionalmente, se brinda el servicio de Depósito temporal, área donde son ubicados contenedores tanto llenos como vacíos con el propósito de esperar a ser recogidos para cargarlos a las embarcaciones o para que sean recogidas por los operadores logísticos extra portuarios. En la ilustración 8, se puede apreciar el flujo global de operaciones de importación y exportación.

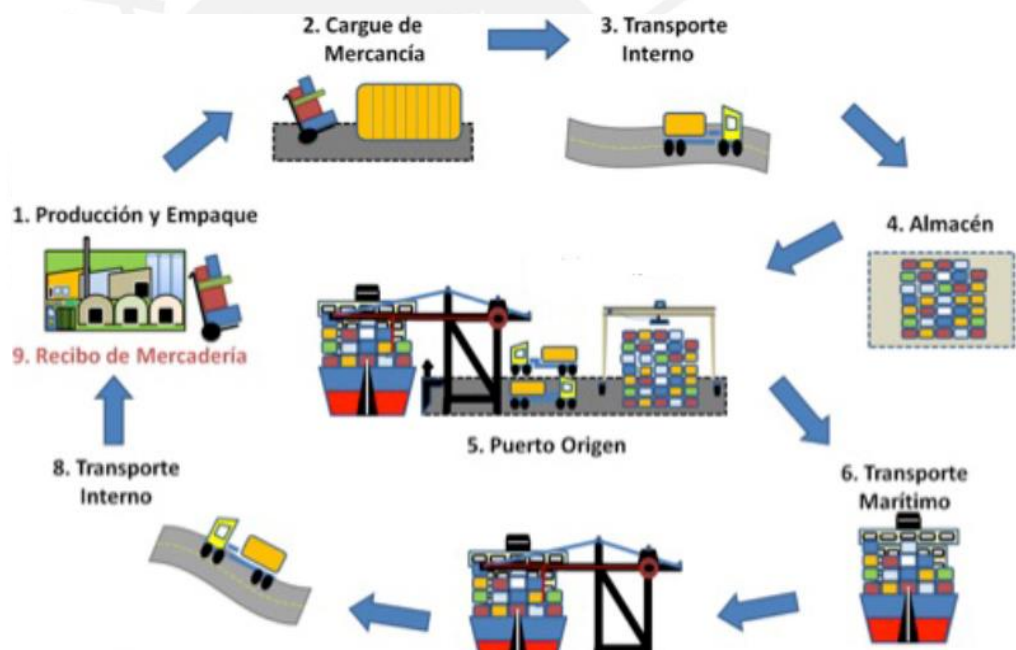


Ilustración 8: Proceso de exportación

2.1.5 Estado Actual

Para Poder realizar los servicios mencionados en la sección 2.1.4 (Vease el Anexo 3) , en el cual se detallan las maquinarias que el terminal muelle sur utiliza para la realización de sus procesos. Asimismo, véase el Anexo 4, para complementar los tipos de contenedores que el terminal puede recibir. En la Tabla 10, se muestra el resumen de los recursos del terminal.

Maquinarias	Cantidad
Grúas de muelle QC	6
Grúas de patio RTG	21
ITV	35
Reach Stacker	2
Empty Handler	3

Tabla 10: Recursos operativos

Asimismo, en la ilustración 9 se puede apreciar la infraestructura con la que cuenta para la realización de sus actividades:

- 650 metros de muelle
- 14 Hectáreas de almacenamiento
- 16 metros de calado



Ilustración 9: Terminal muelle sur

a) Transacciones

El terminal muelle sur realizó 679 263 transacciones⁴ durante el año 2014, 8% más que el 2013. Ello indica que los clientes tierra están incrementando su preferencia por realizar sus exportaciones en dicho terminal. Asimismo, la calidad y excelencia en el servicio son claros indicadores de este incremento. A continuación, la Tabla 11 muestra el resumen de la cantidad de transacciones realizadas

Mes	2012	%	2013	%	2014
Enero	56078	0.29%	56243	-13.46%	48673
Febrero	49588	-2.81%	48193	-0.42%	47992
Marzo	55772	-10.41%	49968	6.57%	53250
Abril	52026	-7.32%	48217	9.20%	52651
Mayo	59409	-9.63%	53686	7.39%	57655
Junio	55252	-6.01%	51934	15.61%	60041
Julio	59477	-7.87%	54798	14.00%	62468
Agosto	63656	-6.76%	59351	2.59%	60890
Septiembre	51382	-0.29%	51232	21.62%	62306
Octubre	54429	-10.19%	48885	17.58%	57478
Noviembre	54480	-5.57%	51447	10.44%	56817
Diciembre	55706	-2.46%	54337	8.66%	59042
Total Trans	668255	-5.98%	628291	8.11%	679263

Tabla 11: Cantidad de Transacciones

Finalmente, la empresa en estudio aún se encuentra en espera de la aprobación del proyecto de expansión fase 2 por parte de la APN. El cual podrá ampliar las operaciones en el terminal. Asimismo, se está evaluando las alternativas de que en esta nueva etapa se puedan recibir Naves RORO (*Roll of Roll on*); es decir autos, así como la posibilidad de traer carga suelta.

⁴ Transacción es el registro de la entrada o salida de un contenedor sean tanto de importación, exportación o free pool.

2.2 Diagnóstico de la empresa

Si bien todas las áreas de la empresa, por exigencias de las normas ISO 9001, su propia declaración de calidad (Vease Anexo 5) y auditorias, se encuentra desarrollando y mejorando sus manuales e instructivos de procedimientos para cada evento que se presente en el puerto. No obstante, se pueden encontrar alternativas de mejora que optimicen la gestión del terminal. En este punto, se trata de justificar la razón por la cual las Gestiones Operativas son el principal objeto de estudio en la presente tesis a través de herramientas de decisión tanto cualitativas como cuantitativas.

2.2.1 Mapeo y Priorización de procesos.

Para el diagnóstico inicial de la empresa, el estudio se basó en:

- Identificar las principales gestiones y direcciones en un mapa de macro-procesos.
- Identificar los objetivos estratégicos de la empresa y ponderarlos utilizando la metodología *Balance Scorecard* (BSS).
- Elaborar una matriz de enfrentamiento entre los macro procesos de la empresa y los objetivos estratégicos.
- Elaborar la matriz Voz del Cliente (VOC).
- Justificar la selección del proceso de mayor nivel de importancia para la empresa.

a. Mapa de macro procesos

Es la representación gráfica que define y refleja la estructura de los diferentes procesos de gestión de una organización⁵. El muelle sur basado en las normas y políticas de calidad ISO 9001, requerimientos del cliente y el cumplimiento de los estándares de productividad y eficiencia del tráfico de contenedores presenta, como indica la ilustración 10, el siguiente mapa de macro procesos el cual permite una visión lógica y sistémica del funcionamiento interno del terminal portuario.

⁵ Definición de Macro procesos tomada del Ministerio de Salud peruano.

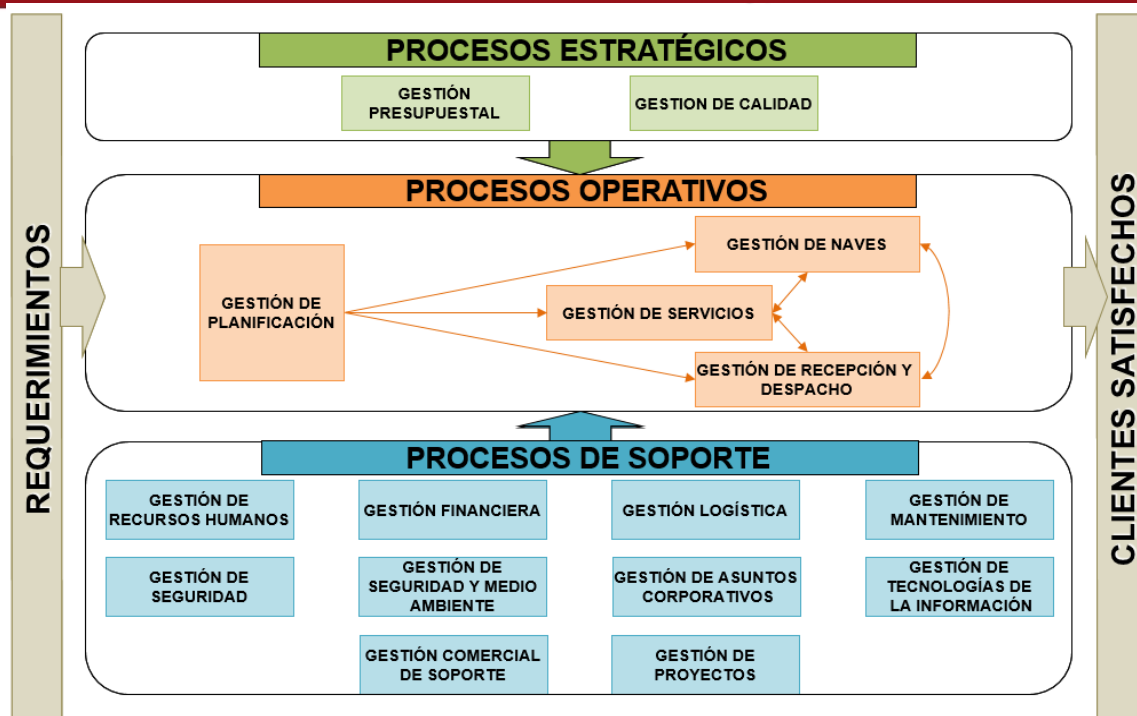


Ilustración 10: Mapa de Macroprocesos.

Como se puede observar tanto los procesos estratégicos y de soporte giran alrededor de los procesos operativos del puerto, ello debido a que el *core* del negocio se basa principalmente en las gestión y planificación de la llegada de naves, recepción y despacho de contenedores y los servicios brindados en la Zona de aforo.

Por un lado, los procesos estratégicos están enfocados en garantizar el direccionamiento del puerto a través de las gestiones efectivas de las estrategias implementadas. Además, la gestión presupuestal trata de elaborar, controlar y evaluar los gastos e inversiones del muelle sr. Asimismo, la gestión de calidad, orienta sus esfuerzos al control de cambios y al cumplimiento de las siguientes normas:

Norma ISO 9001: La cual regula los sistemas de gestión de calidad, dirección y recursos para ofrecer un servicio que cumpla con los estándares de calidad.

Norma ISO 4001: Traza un marco de trabajo para que el terminal en estudio pueda establecer un sistema de gestión ambiental del mismo modo que ofrecer garantías del impacto ambiental el cual se está midiendo y mejorando.

Norma ISO 28000: El Sistema de Gestión de Seguridad de la cadena de Abastecimiento, tiene como objetivo reducir el riesgo para las personas y las cargas en la cadena de suministro.

Por otro lado, los procesos de soporte permiten ejecutar la estrategia portuaria tratando de alcanzar las expectativas planteadas y lograr los

niveles de satisfacción del cliente. Los procesos de soporte se presentan en la Tabla 12.

Procesos de Soporte	
Gestion	Funciones
Recursos Humanos	.Selección y Contratación .Capacitación .Gestión del Desempeño .Gestión del Desarrollo .Administración del Personal .Bienestar del Personal .Comunicación Interna
Financiera	Facturación a Clientes Directos Facturación a Extraportuarios Facturación a Líneas Gestión de Estados Financieros
Logística	Compras Gestión de Almacén Gestión de Grifo
Mantenimiento	Gestión de Mantenimiento de QC Gestión de Mantenimiento de RTG Gestión de Mantenimiento de EM Gestión de Mantenimiento de Terminal
Seguridad	Gestión de Protección Evaluación de Riesgos Operaciones de Protección Control de Accesos Control de Precintos
Seguridad y medio ambientes	Gestión Ambiental Servicios Portuarios
Asuntos Corporativos	Gestión de Contrato de Concesión Gestión de Controversias Proc. Admin. y Judiciales
Tecnologías de la información	Gestión de Incidentes Gestión de Problemas Gestión Operacional de TI Continuidad del Negocio Gestión de Proveedores de TI Gestión de Cambios de TI
Comercial de soporte	Servicio al Cliente Descuentos
Proyectos	Responsabilidad de Gestión Corporativa Proyectos Sistema Integrado

Tabla 12: Procesos de soporte.

a. Balance Scorecard (BSC)

El puerto en estudio, con la finalidad de balancear los principales indicadores de la empresa en un sistema medible ha desarrollado un modelo BSC. Método que permite alcanzar la meta y objetivos de la empresa, utilidades del negocio son evaluadas de diferentes perspectivas que pueden ser medidas a través de indicadores financieros y no financieros que brindan información de cada área de la empresa⁶. A continuación en la ilustración 11 se muestra el proceso del BSC.



Ilustración 11: El proceso BSC

Las perspectivas estratégicas son de gran importancia para la elaboración del BSC ya que no solo se enfocan en la rentabilidad sino también en integrar los principales objetivos de la empresa. Las principales perspectivas son las siguientes:

-Perspectiva Financiera: Particularmente centrada en crear valor para el accionista, los cuales son medidos a través de índices financieros como el ROA , ROE , etc

-Perspectiva de Clientes: Responde a como nos vemos frente a los clientes, para ello las principales medidas son indicadores de imagen y reputación, relación con clientes, calificación del servicio, encuestas.

⁶ Tomado del Balanced Scorecard-Based Management System for Performance Evaluation of Organizations

-Perspectiva de Procesos Internos: Para lograr satisfacer a los accionistas y clientes los procesos y servicios deben ser medibles y gestionables.

-Perfectiva de Aprendizaje: A través de la retroalimentación del personal, capacitaciones y motivación al personal se podrá mejorar y sostener el aprendizaje del recurso humano.

Dado este concepto de perspectivas, la gerencia ha clasificado los 10 objetivos estratégicos del puerto como indica la Tabla 13.

Perspectiva	Objetivo Estratégico
Financieros	Incrementar Utilidades.
Clientes	Mantener la posición de la compañía: eficiencia, productividad, protección, seguridad y capacidad.
	Desarrollar servicios tecnológicos diferenciados por clientes.
	Promover nuevos servicios/negocios.
	Fortalecer el compromiso con los accionistas.
Procesos	Garantizar la mejora continua de los procesos.
	Optimizar la efectividad, productividad y protección.
	Garantizar y proporcionar una capacidad adecuada a las necesidades del mercado.
Aprendizaje	Garantizar clima y cultura adecuados.
	Proporcionar el talento requerido para la organización.

Tabla 13: Objetivos Estratégicos

Según Aldo Sarria, Subgerente de Planificación estratégica, el terminal portuario tiene 20 indicadores principales, conformado por los mejores KPIs (*Key performance Indicators*) de cada área, los cuales son utilizados para medir los objetivos estratégicos de la empresa. Asimismo, comento que para la empresa cada uno de estos KPIs son igual de importantes; no obstante, uno a diferencia de otro puede tener mayor impacto. Por esta razón, al realizar la distribución de pesos a cada indicador se le asignó el mismo porcentaje, 5%. Por motivos de confidencialidad del muelle sur, de los 20 KPIs que utiliza solo se presentaran 9 de estos con los cuales se justificará la asignación porcentual de cada objetivo. En la Tabla 14 se muestran el detalle del cálculo porcentual.

Objetivo Estratégico	Indicadores	Asignación
Incrementar Utilidades	1. ROA 2. ROE 3. EBITDA 4. EVA	20%
Optimizar la efectividad, productividad y protección	1. Capacidad 2. Cero accidentes 3. Truck Time 4. BMPH 5. GMPH	25%

Tabla 14: Cálculo porcentual por objetivo estratégico

Se mencionó que cada KPI es de igual importante pero pueden tener impactos diferentes. Por ejemplo, el indicador Cero accidentes en caso se incremente en una unidad, todos los demás indicadores se verán afectados, pues afecta directamente los indicadores de safety, financieros y operativos. En la Tabla 15, se muestra el resumen de la asignación porcentual para cada estrategia.

Objetivos Estratégicos	Asignación
Incrementar Utilidades.	5%
Mantener la posición de la compañía: eficiencia, productividad, protección, seguridad y capacidad.	20%
Desarrollar servicios tecnológicos diferenciados por clientes.	5%
Promover nuevos servicios/negocios.	5%
Fortalecer el compromiso con los accionistas.	5%
Garantizar la mejora continua de los procesos.	5%
Optimizar la efectividad, productividad y protección.	25%
Garantizar y proporcionar una capacidad adecuada a las necesidades del mercado.	5%
Garantizar clima y cultura adecuados.	5%
Proporcionar el talento requerido para la organización.	5%

Tabla 15: Asignación porcentual por objetivo estratégico

b. Matriz de relación

Con la finalidad de seleccionar el proceso en el cual enfocar el estudio de la presente tesis, se elaboró una matriz que relacione los macro procesos del muelle sur con los objetivos estratégicos. Para la valoración de cada casillero de enfrentamiento se realizaron conversaciones con los jefes, subgerentes y coordinadores de cada área, con quienes en base a su experiencia evaluaron dentro de una escala del 1 al 5 el impacto de sus

funciones con los objetivos estratégicos de la empresa. En la Tabla 16 se muestra la matriz de relación.

c. Justificación

Como se puede apreciar en la Tabla 16 el macro proceso con mayor nivel de importancia es la gestión de recepción y despacho con un valor del 7.76%, ello se debe principalmente a que garantiza el correcto flujo de entrada y salida de los transportistas. Además, porque el mantener más de 30 minutos un camión dentro del terminal significaría la obtención de una multa.

Asimismo, en base a la información brindada por el área de Gate, planeamiento puede asignar los recursos de acuerdo a la cantidad de camiones de importación y exportación pronosticados a llegar a determinada hora. Además, junto a la gestión de la planificación y gestión de naves son los procesos que mayor impacto tienen en el objetivo estratégico operativo de mayor peso porcentual del 25% , es decir, garantizar la efectividad, productividad y protección.

En la Ilustración 12, se puede apreciar como interactúan los procesos operativos del terminal portuario muelle sur. En el cual, los procesos empiezan desde la planificación de llegada naves hasta la gestión de citas de recepción y despacho.

Objetivos estratégicos	Financiero			Clientes			Operaciones			Aprendizaje		Ponderación	Nivel de Importancia
	Incrementar Utilidades.	Mantener la posición de la compañía: eficiencia, productividad, protección, seguridad y capacidad.	Desarrollar servicios tecnológicos diferenciados por clientes.	Promover nuevos servicios/negocios.	Fortalecer el compromiso con los accionistas.	Garantizar la mejora continua de los procesos.	Optimizar la efectividad, productividad y protección.	Garantizar y proporcionar una capacidad adecuada a las necesidades del mercado.	Garantizar clima y cultura adecuados.	Proporcionar el talento requerido para la organización.			
Estratégicos	Gestión Presupuestal	3	20%	3	5%	3	5%	2	5%	4	2	2.65	5.48%
	Gestión de Calidad	2	4	2	2	2	2	2	2	3	1	2.55	5.27%
	Gestión de Planificación	4	4	1	1	2	4	4	5	1	2	3.65	7.55%
Operativos	Gestión de Naves	4	4	2	1	2	4	4	2	1	1	3.5	7.24%
	Gestión de Servicios	4	3	2	2	2	3	3	3	2	1	2.9	6.00%
	Gestión de Recepción y despacho	2	5	2	4	2	5	5	5	3	3	3.75	7.76%
	Gestión de Recursos Humanos	2	3	1	2	2	2	2	2	5	5	2.45	5.07%
Soporte	Gestión Financiera	4	4	2	2	4	2	2	2	2	2	2.9	6.00%
	Gestión Logística	3	3	3	2	2	2	2	3	2	3	2.75	5.69%
	Gestión de Mantenimiento	4	3	2	3	2	2	2	4	2	2	3.15	6.51%
	Gestión de Seguridad	2	5	2	2	2	4	3	2	5	3	3.15	6.51%
	Gestión de Seguridad y Medio Ambiente	3	2	2	4	4	3	3	3	3	2	2.8	5.79%
	Gestión de asuntos corporativos	3	3	2	4	3	3	2	2	2	2	2.6	5.38%
	Gestión de Tecnologías de la información	4	4	4	3	2	3	2	2	2	2	3	6.20%
	Gestión comercial de soporte	5	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3.35	6.93%
	Gestión de proyectos	4	4	4	3	2	3	3	3	2	2	3.2	6.62%

Tabla 16: Valorización de Macro-procesos

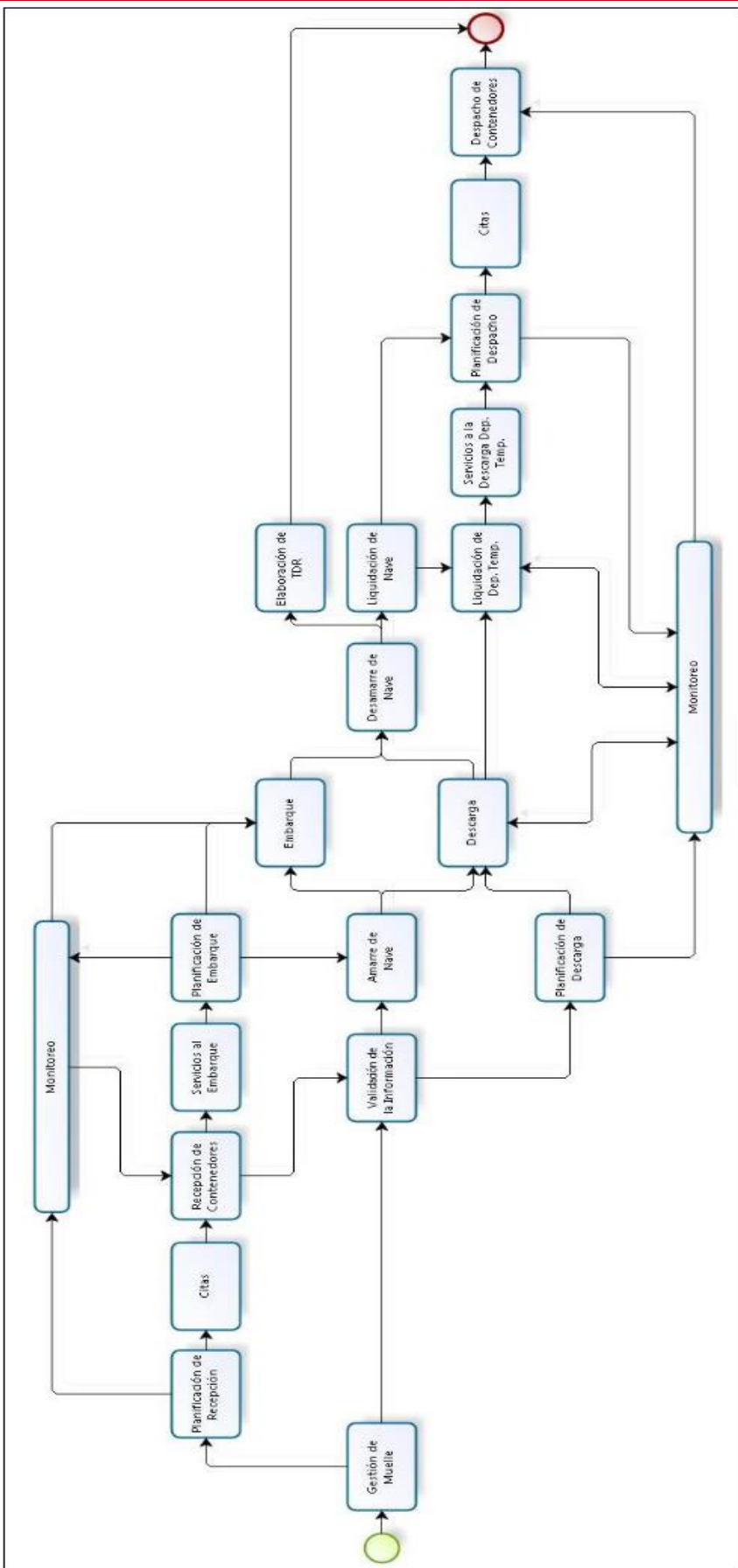


Ilustración 12: Diagrama de Operaciones.

d. Matriz VOC

La voz del consumidor es una herramienta que describe las necesidades y requerimientos del cliente que sirve para alinear las actividades de la organización hacia la satisfacción de este. Con ella también se busca priorizar las necesidades del cliente y mejorar las coordinaciones internas para incrementar sus niveles de satisfacción.

El terminal en estudio, a través de encuestas a los clientes línea (líneas navieras) y tierra (importador, exportador, agente de aduana, agente de carga y despachadores). Véase Anexo 6, ha logrado documentar las principales necesidades de estos, asimismo ha podido priorizar y medir los niveles de satisfacción de sus clientes. En la ilustración 13 se muestran los niveles de satisfacción tanto de los clientes tierra.

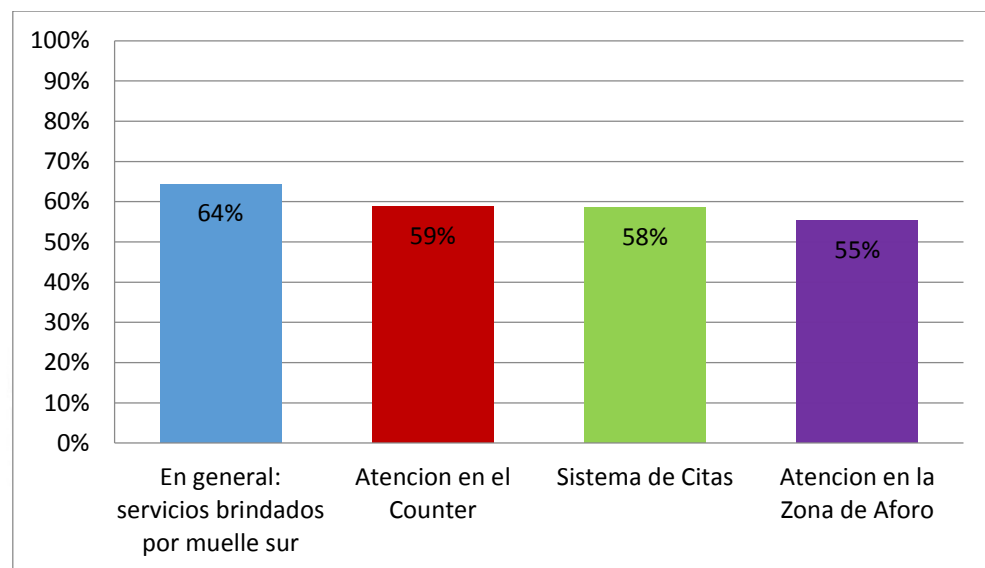


Ilustración 13: Niveles de Satisfacción por Item-Clientes tierra

Como se puede observar en general los servicios brindados por el muelle sur para los clientes tierras son calificados como satisfactorios por parte del área comercial ya que se supera el 63% de nivel de satisfacción. No obstante, la atención del *counter* recibe quejas pese a las 7 ventanillas que tiene ya que se congestionan de agentes de aduana, marítimos y de terminales. Por otro lado, la atención en la zona de aforo es buena pero las recomendaciones que los clientes suelen dar es que incrementen el número de cuadrillas y no se maltrate la carga al tener que abrirla. Por último, se reciben constantes quejas por el sistema de citas ya que en la mayoría de casos estas no pueden ser ampliadas, asimismo hay dificultades para generarlas vía Faro⁷. A continuación, la ilustración 14 muestra los niveles de satisfacción de los clientes línea.

⁷ Portal Faro: Página web del terminal que permite la creación de citas.

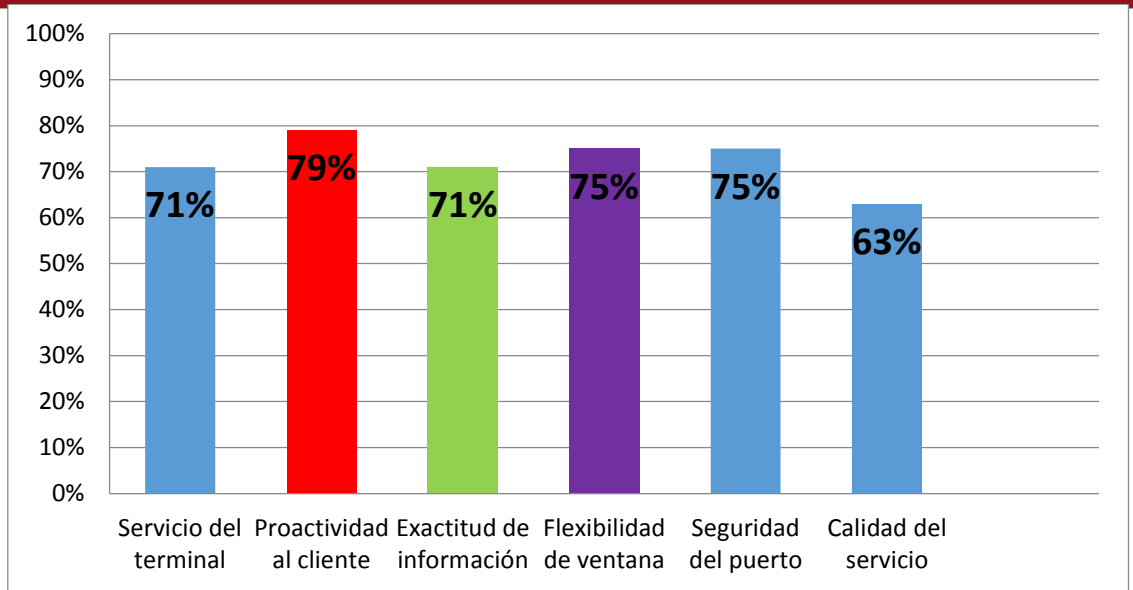


Ilustración 14: Niveles de Satisfacción cliente línea

Los servicios brindados por el muelles para los clientes línea destaca por la precisión de información transmitida a SUNAT y a los agentes marítimos , tales como el termino de descarga, berth plan⁸, validación de CAL y CDL⁹ ,reporte de daños , flexibilidad , productividad y seguridad portuaria son calificados como muy satisfactorios. No obstante, la velocidad de respuesta y atención del área de servicio al cliente tiene un porcentaje de 63% el cual es calificado como satisfactorio, por lo cual debe enfatizarse para que se logre la excelencia en el servicio. La ilustración 15 muestra los niveles de satisfacción para ambos clientes en el periodo 2014.

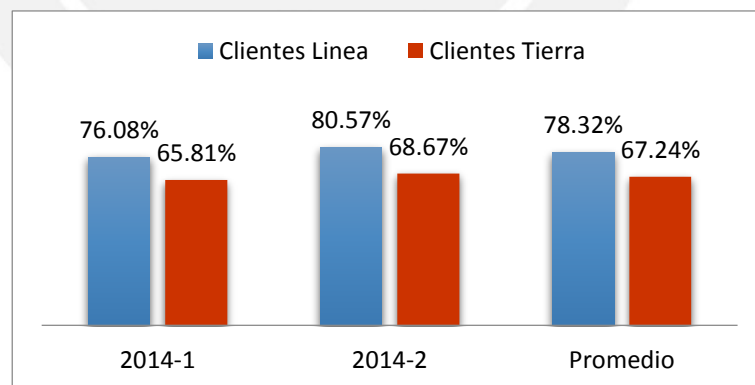


Ilustración 15: Nivel de satisfacción 2014

⁸ Berth plan: Plan de llegada de naves al puerto

⁹ CAL: Información de Contenedores a embarcar ; CDL información de contenedores a descargar.

En resumen del año 2014, las metas de satisfacción asignadas por el área de Gestión comercial fueron superadas ,75% para los clientes líneas y 65% para los clientes tierra. Por lo que se demuestra que la atención al cliente se encuentra mejorando continuamente.

Basado en la información brindada por el Sub-Gerente Comercial, se procedió a elaborar una adaptación de la Matriz VOC con el objetivo de entender los requerimientos del cliente e identificar que cree el cliente que es lo más importante y lo menos satisfactorio del servicio. A continuación, la Tabla 17 indica la Matriz VOC del muelle sur.

Peso	Cliente	Comentarios más frecuentes	Importancia	Ponderado
15%	Agente de Aduana	Podrían mejorar los horarios de atención en las ventanillas.	10	1.5
		Deben ampliar el horario de citas .	10	1.5
		Deberían implementar otro acceso de camiones a sus instalaciones.	10	1.5
		Hay muchas ventanillas a las que hay que acercarse para realizar un solo trámite.	5	0.75
		La congestión de agentes de aduana, marítima y terminales hacen que el sistema se vea afectado.	10	1.5
15%	Agente de carga	Deberían buscar mejoras para la obtención de citas.	10	1.5
		Más rapidez de consultas realizadas vía email.	10	1.5
		Los bultos son aperturados y luego no son bien cerrados	15	2.25
15%	Exportador	Ampliar los carriles de entrada y salida del terminal.	15	2.25
		Mejorar el sistema de citas	10	1.5
		Debe tener mayor y mejor contacto con sus clientes	10	1.5
15%	Importador	Mejorar el servicio de citas	10	1.5
		Flexibilidad de cobros en almacenaje mediante descuentos	10	1.5
		Colocar más seguridad a los alrededores	10	1.5
15%	Despachador	Deberían colocar más gente en las cuadrillas	10	1.5
		Sistema de citas vía web genera muchos errores	10	1.5
35%	Lineas navieras	Podría comunicar más rápidamente cual incidente durante las operaciones	10	3.5
		La disponibilidad y flexibilidad de "beerthing windows" no es la ideal	15	5.25
		Los proyectos de capacidad y expansión deben ser considerados rápidamente	15	5.25
		Automatizar el registro de reservas de exportación	15	5.25

Tabla 17: Matriz VOC

Como se puede observar, las líneas navieras son los clientes con mayor asignación de peso 35% ya que con ellos se coordina la llegada de naves y se valida la cantidad de contenedores a cargar y descargar, información de puertos de destino, naves de conexión, etc. No obstante, pese a que los clientes tierra tienen una función más documentaria, se pudo observar que estos tienen un descontento en común “La generación de citas no es la adecuada”. Lo cual se refleja en 7.5 puntos en la suma de ponderación recibida por este servicio, superando de esta manera los 5.25 puntos de las necesidades de los clientes línea.

e. Selección del proceso

Dado del análisis realizado por la matriz de enfrentamiento entre los macro procesos y objetivos estratégicos de la empresa, se determinó que la Gestión de Recepción y Despacho de contenedores es el proceso más crítico en el puerto. Asimismo, la elección de este proceso se reforzó con la matriz VOC, pues la inadecuada gestión de citas afecta directamente a la planificación de recursos del patio de operaciones así como a la gestión de recepción y despacho de estos.

En las ilustraciones 16 y 17 se muestra el diagrama de procesos del proceso seleccionado

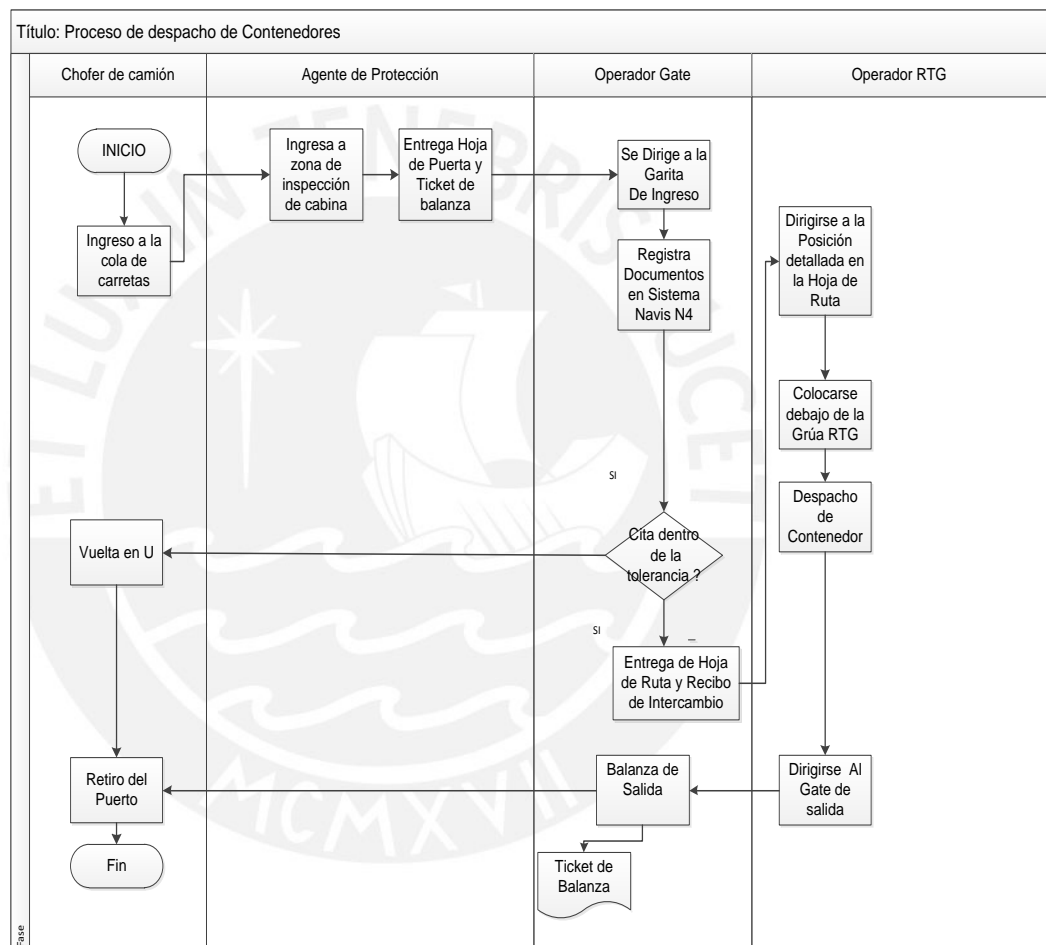


Ilustración 16: Diagrama de Flujo del despacho de contenedores

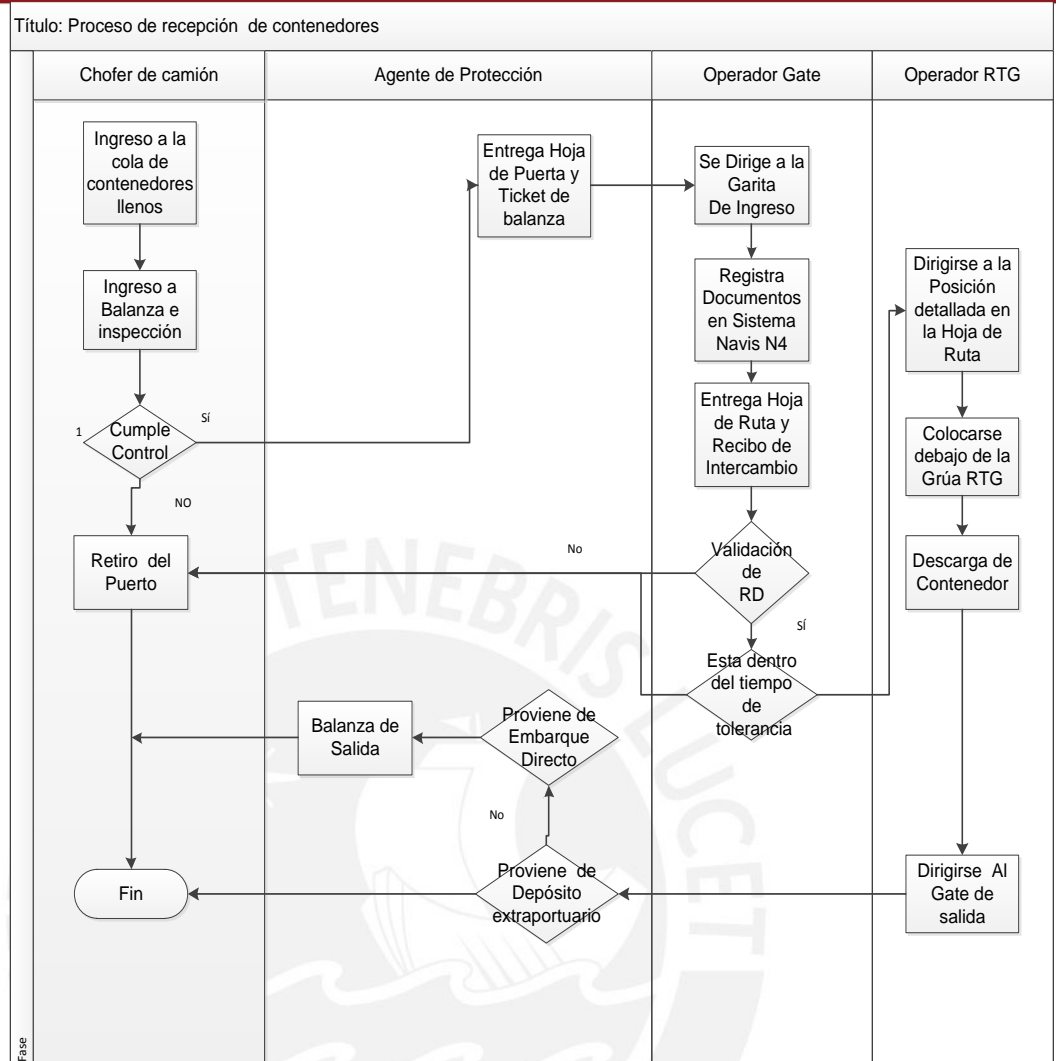


Ilustración 17: Diagrama de flujo de la recepción de contenedores

2.2.2 Gestión de Indicadores

La medición para la toma de decisiones en el mejoramiento de los procesos es fundamental ya que permite entender y comparar los bajos y altos rendimientos de la empresa en un periodo de tiempo respecto a la meta planteada. Asimismo, facilitan identificar los síntomas que se derivan del desarrollo normal de las actividades¹⁰.

a) Metas de la Gestión de recepción y despacho para el año 2015:

¹⁰ Fuente: “Los indicadores claves del desarrollo logístico” pag.26

Dado que el proceso en estudio seleccionado fue la Gestión de recepción y despacho se procederá a mostrar las principales metas e indicadores de dicho proceso.

- Obtener un nivel de servicio en las transacciones del Gate mayor al 97%.
- Tiempo de un camión dentro del puerto no mayor a 16 minutos.
- Planificación y cumplimiento de citas al 85%.
- El 80% de transacciones en garita sea menor o igual a un minuto

b) El nivel de servicio (NS) es un indicador que mide la cantidad de despachos realizados en un tiempo mayor a 30 minutos sobre el total de transacciones¹¹. Este indicador es importante ya que controla las salidas de dinero innecesarias de la empresa, hechas efectivas a través de multas, ya que OSITRAN¹² penaliza al puerto por cada despacho que se realiza en más de 30 minutos con un porcentaje del valor UIT.

Este indicador es calculado de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Despachos} > 30 \text{ minutos}}{\text{Total de Transacciones}} \times 100\%$$

En la ilustración 18, se puede apreciar que el nivel de servicio histórico del terminal ha mejorado ya que la cantidad de multas efectuadas por año disminuyeron debido a la implementación de procedimientos y estándares para la atención de contenedores.

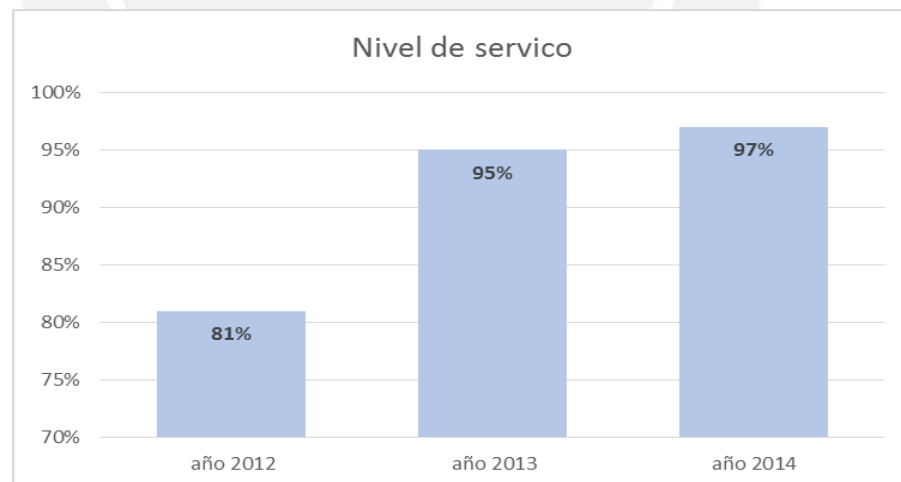


Ilustración 18: NS Histórico Muelle sur.

¹¹ Transacción es el registro de los movimientos realizados en el Gate del puerto tanto de importación como de exportación.

¹²OSITRAN(Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público)

Sin embargo, al realizar un seguimiento mensual del indicador en el periodo 2014, se pudo observar en la ilustración 19, que en el primer semestre el NS se encontró por debajo del valor Meta de 97%. Por tanto aún se puede evidenciar que hay problemas en la gestión de este indicador ya que ello representa que las multas en el proceso de recepción y despacho aún persisten lo cual significa cuantiosas salidas de dinero para el estado.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agos	sep	oct	nov	dic
NIVEL DE SERVICIO	97.96%	97.02%	96.72%	95.64%	95.01%	93.16%	92.95%	97.39%	98.55%	97.71%	97.37%	98.62%

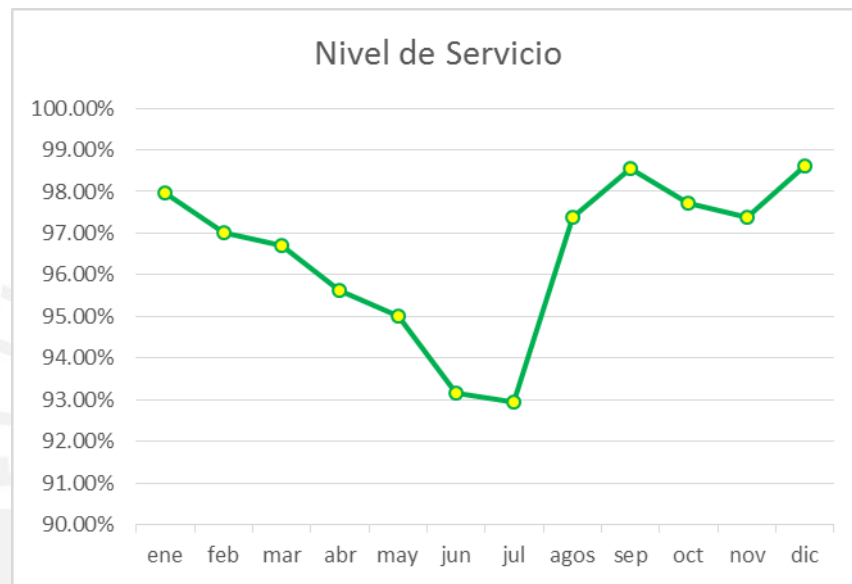


Ilustración 19: Nivel de Servicio

Asimismo, en la ilustración 20 se puede apreciar que la cantidad de dinero que se pagó a OSITRAN en el año 2014 fue de S/.517, 883. Pese a que represento una reducción de 9.57% a comparación de los S/.572.612 gastados en el 2013, aún la cantidad promedio de despachos mensuales que caen en multa es superior a las 2200 unidades.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agos	sep	oct	nov	dic	UIT	19
MULTAS	1152	1621	2274	2696	3292	4450	4896	1927	1103	1513	1383	950		27257
Total Costos	S/. 21,888	S/. 30,799	S/. 43,206	S/. 51,224	S/. 62,548	S/. 84,550	S/. 93,024	S/. 36,613	S/. 20,957	S/. 28,747	S/. 26,277	S/. 18,050		S/. 517,883

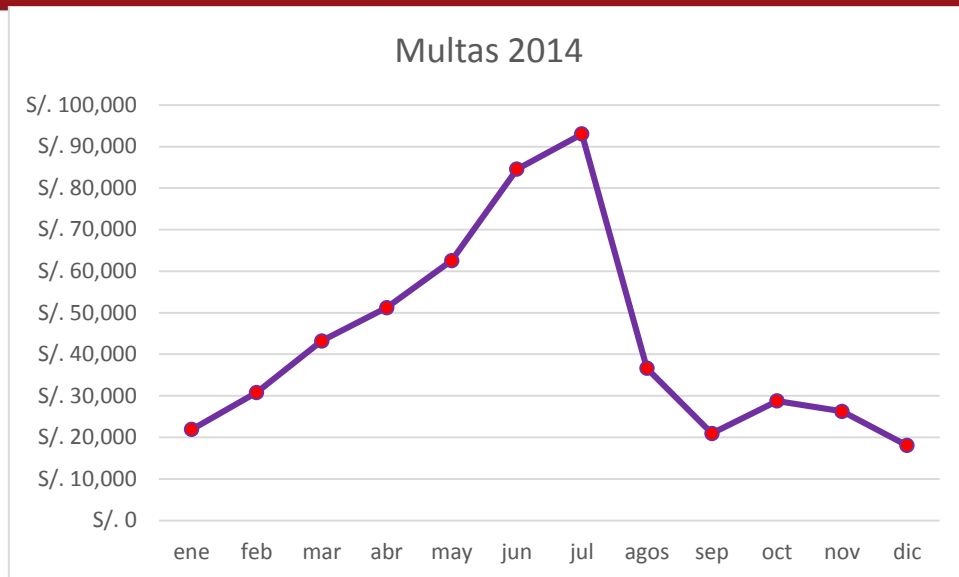


Ilustración 20: Valorización monetaria de Multas 2014

c) Tiempo de camión - Truck Time

Este indicador mide el tiempo de permanencia de un camión tanto de recepción como de despacho dentro del terminal. Esta medición es complementaria al Nivel de Servicio ya que se tiene como meta que no se superen los 16 minutos en promedio dentro del terminal. En la ilustración 21 se muestra el promedio de permanencia de las transacciones del muelle sur.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agos	sep	oct	nov	dic
TRUCK TIME (AVG)	17	17	17	17	17	18	18	15	14	15	16	15

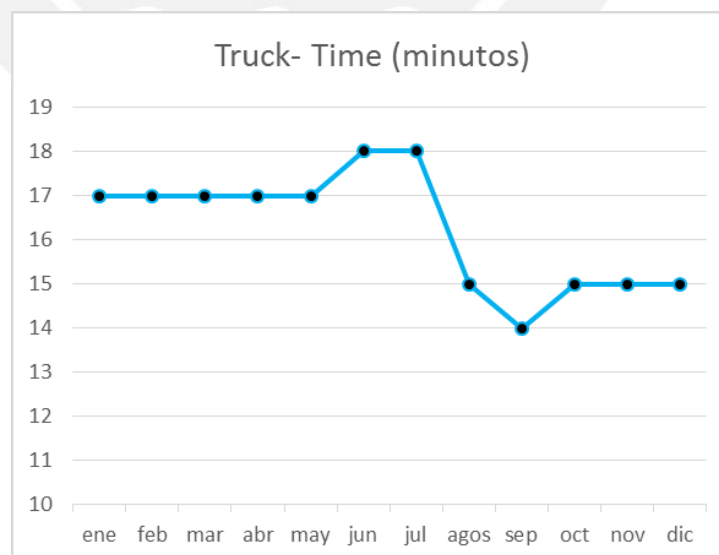


Ilustración 21: Truck Time

Como se puede observar, durante el primer semestre se obtuvieron promedios que superaron el valor meta del terminal, ello se explica mayormente por no haber una buena gestión de citas¹³ o asignación de recursos. Asimismo, pese a que los promedio mensuales se encuentren por debajo de los 20 minutos, el indicador de nivel de servicio aún se ve afectado por las gestiones operativas al interior del patio.

d) Planificación de citas

Este indicador mide la cantidad de citas utilizadas sobre las planificadas para los servicios de importación, exportación y Empty pool. Este indicador empezó a utilizarse en el año 2014 con la finalidad de segregar el incumplimiento de citas por cliente. Asimismo, de la cantidad de citas utilizadas trata de medir cuantas de estas estuvieron dentro del rango de 3 horas.

Cálculo:

$$\frac{\text{Citas Utilizadas}}{\text{Total de Citas planificadas}} \times 100$$

Por ejemplo, como se muestra en la Tabla 18, del total de citas generadas para importación solo fueron utilizadas el 9% de estas. Lo cual evidencia problemas en la gestión de citas tanto por el incumplimiento de los clientes tierra o la falta de control en la generación de citas.

Almacén	2014	
	Sin usar	Usadas
Extraportuario	30220	237916
Deposito	598	35933
SADA	1371	49381
Total	32181	323230

Tabla 18: Citas de Importación.

Asimismo, en garita se obtuvo el registro trimestral del año 2015 de la cantidad de transacciones que se registraron dentro del rango de 3 horas. En la cual se considera adelantada si llega una hora antes de la cita pactada y atrasada en caso llegue 2 horas después de esta. A continuación se muestra en la Tabla 19 resumen del rango de tolerancias del terminal en estudio.

¹³ Cita es el ticket que entrega el terminal para recepcionar o despachar un contenedor a una hora y fecha determinada.

		Atrasada	Adelantada	Dentro del rango
Impo	Extraportuario	23%	-	77%
	Deposito	25%	-	75%
	SADA	23%	-	77%
Expo	Extraportuario	18%	10%	72%
	Deposito	24%	14%	62%
	Embarque Directo	31%	5%	64%

Tabla 19: Tolerancias por transacción

e) Transacciones

El presente indicador fue implementado a principios del presente año, con la finalidad de entender la razón por la que se consideraba cuello de botella la actividad de registro de transacciones. Según Susana Flores, Jefa de Gate. Las transacciones de importación deben tener un 1 minuto en promedio mientras que las transacciones de exportación un promedio de 3 minutos, se considera un mayor tiempo en las exportaciones debido a que la mayoría de clientes que utilizan el Depósito temporal del puerto aún no tienen una posición asignada en el patio. En la Tabla 20, se muestra el rango de minutos que tuvo cada transacción en el primer trimestre.

	Enero		Febrero		Marzo	
	0'a 1'	1'a 10'	0'a 1'	1'a 10'	0'a 1'	1'a 10'
Free Pool	76%	24%	74%	26%	75%	25%
Exportación	78%	22%	78%	22%	80%	20%
Importación	86%	14%	86%	14%	89%	11%
Promedio	80%	20%	79%	21%	81%	19%

Tabla 20: Rango de transacciones

Cálculo:

$$\frac{\text{Transacciones de 0' a 1'}}{\text{Cantidad de transacciones}} \times 100$$

Pese a que en promedio la mayoría de transacciones se encuentra dentro del rango de 0'a 1' aún se puede observar que aproximadamente el 20% de transacciones se encuentra en el rango de 1'a 10' motivo por el cual se originan colas en garita y por ello no permitiendo un flujo más eficiente.

f) Alcance

Dado los indicadores del proceso de recepción y despacho del terminal en la Tabla 21 se indica un resumen de las actividades involucradas dentro del alcance de cada indicador y su impacto dentro del proceso.

Actividad	Intención	Indicador	Alineamiento
Proceso de despacho	Garantiza la estadia sea menor a 30 minutos	Nivel de servicio	100%
Estadia del camión en el proceso de despacho	Cumplir con la menta de atender un camion en menos de 16 minutos	Truck Time	100%
Ingreso de camiones	Mayoría de transportistas llegan a la hora planeada	Citas Utilizadas	70%
Registro de Transacción	Permitir el registro de una transacción entre 1 a 3 minutos	Transacciones	100%

Tabla 21: Alcance de indicadores

EL nivel de servicio netamente es utilizado para medir y valorizar la estadia de un camión de importación en el proceso de despacho, mientras que el Truck time incluye además el servicio de recepción para exportaciones. Estas dos actividades son complementarias y sus indicadores están alineados en un 100% con estas actividades. Por otro lado, la actividad Ingreso de camiones está alineada a un 70% con el indicador citas utilizadas, ya que el flujo de llegada pese a los intento de controlarlos aún son variables y aproximadamente un 30% llegan fuera del rango de cita. Finalmente, registrar las transacciones en un periodo menor a 3 minutos también tiene un indicador alineado al 100% pues permite medir una de las actividades que es considerada cuello de botella. No obstante, en esta actividad también se toma el registro de la cantidad de transacciones que se realizan por hora la cual tiene un efecto en la capacidad de atención en el terminal, pues actualmente en promedio se tiene un ingreso de 60¹⁴ camiones por hora. En la Tabla 22, se puede apreciar un análisis más detallado.

Hora	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM
00:00	59	91	109	77	110	85	85
01:00	53	82	105	81	110	81	82
02:00	48	80	93	80	108	76	79
03:00	38	69	81	70	85	64	69
04:00	47	71	84	72	87	62	66

Tabla 22: Ingreso por hora

Asimismo, se interpreta que en la mayoría de horas la cantidad de transacciones fue mayor al promedio, razón por la cual tiene un impacto considerable en la capacidad del terminal.

¹⁴ Tener en cuenta que este promedio de 56 camiones fue obtenido en un periodo de estudio de Octubre a Diciembre.

2.2.3 Planteamiento y selección de problemas

Si bien el área de planeamiento del muelle sur puede asignar con mayor precisión grúas QC para la carga/descarga de contenedores ya que tiene controlado el flujo de entrada de contenedores por parte de las embarcaciones debido a la transmisión del baplie¹⁵ que al agente marítimo de origen envía. Sin embargo, existen problemas en controlar eficientemente el flujo de entrada de contenedores en el Gate, pese a la implementación de un sistema de citas que intenta controlarlo.

A continuación, en la Tabla 23 se listaran los 15 problemas principales que se encuentran en el proceso de recepción y despacho de contenedores.

CLASE	PROBLEMAS
A	Tiempo de permanencia de más de 30 minutos dentro del terminal
B	Retrasos en las identificaciones por los agentes de seguridad
C	Camiones averiados dentro del terminal
D	Grandes colas antes de ingresar al puerto y en el antepuerto
F	Choferes no respetan llamado del torreón para entrar a la zona de inspección
G	Error "Fail to dake" del software N4 en el gate de entrada
H	Tiempo de permanencia en el antepuerto por mas de 15 minutos
I	Falta de capacitación del personal del gate en el software N4
J	Pocas balanzas en en el gate de entrada y salida
K	Pocos carrilles asignados para camiones de exportación
L	Falta de orientación de los choferes para ubicarse en la posición indicada en la hoja de ruta
M	Errores de despacho
N	Contenedores fuera de piñas
O	Consumo innecesario de Diesel por las RTG
P	Paralización de salida de camiones para permitir la "vuelta en U" por rechazo de contenedores

Tabla 23: Lista de problemas

a) Pareto

Para determinar los problemas principales dentro del proceso de recepción y despacho de contenedores. Se implementará la herramienta de análisis de Pareto, el cual sigue la regla "80-20"; es decir el 20% de los problemas producen o impactan en el 80% de los resultados. En la Tabla 24, se muestra la frecuencia e impacto económico de los problemas del proceso en un periodo de tiempo anual.

¹⁵ Baplie: Información transmitida vía EDI(Intercambio Electrónico de Datos) que muestra la ubicación exacta de los contenedores dentro del barco. Es utilizada para planificar la descarga en el terminal de destino.

Clase	frecuencia (f)	Impacto economico(I)	(f x I)	%Acumulado
O	80597.4	S/. 48.46	S/. 3,905,750.00	69.61%
A	27257	S/. 19.00	S/. 517,883.00	78.84%
G	101028	S/. 2.50	S/. 252,570.00	83.34%
J	1	S/. 250,000.00	S/. 250,000.00	87.79%
P	19299	S/. 12.00	S/. 231,588.00	91.92%
K	1	S/. 130,000.00	S/. 130,000.00	94.24%
H	23730	S/. 4.00	S/. 94,920.00	95.93%
D	424624	S/. 0.15	S/. 63,693.60	97.07%
N	1351	S/. 35.00	S/. 47,285.00	97.91%
L	20736	S/. 2.00	S/. 41,472.00	98.65%
M	70	S/. 350.00	S/. 24,500.00	99.08%
I	96	S/. 250.00	S/. 24,000.00	99.51%
C	94	S/. 125.00	S/. 11,750.00	99.72%
B	130659	S/. 0.08	S/. 10,452.72	99.91%
F	20736	S/. 0.25	S/. 5,184.00	100.00%

Tabla 24: Frecuencia-Impacto

Dado los resultados mostrados en la Tabla 24, se elaboró el Diagrama de Pareto en el cual se puede observar que los problemas principales dentro del proceso de recepción y despacho son atribuibles principalmente al Consumo Innecesario de diésel de las maquinarias RTG y el Tiempo de permanencia de más de 30 minutos dentro del terminal. Por esta razón, la mayoría de los esfuerzos deben ser enfocados en estos dos problemas del puerto muelle sur. Por otro lado, el impacto económico del primero se basó en el producto de la cantidad de horas no productivas de las máquinas RTG (Véase Anexo 8) por el valor del consumo de diésel por hora, mientras que para el segundo, se valorizo según las cantidad de transacciones que cayeron en multa. Los demás costos son justificados en el Anexo 7. En la Ilustración 22, se presenta el diagrama de Pareto.

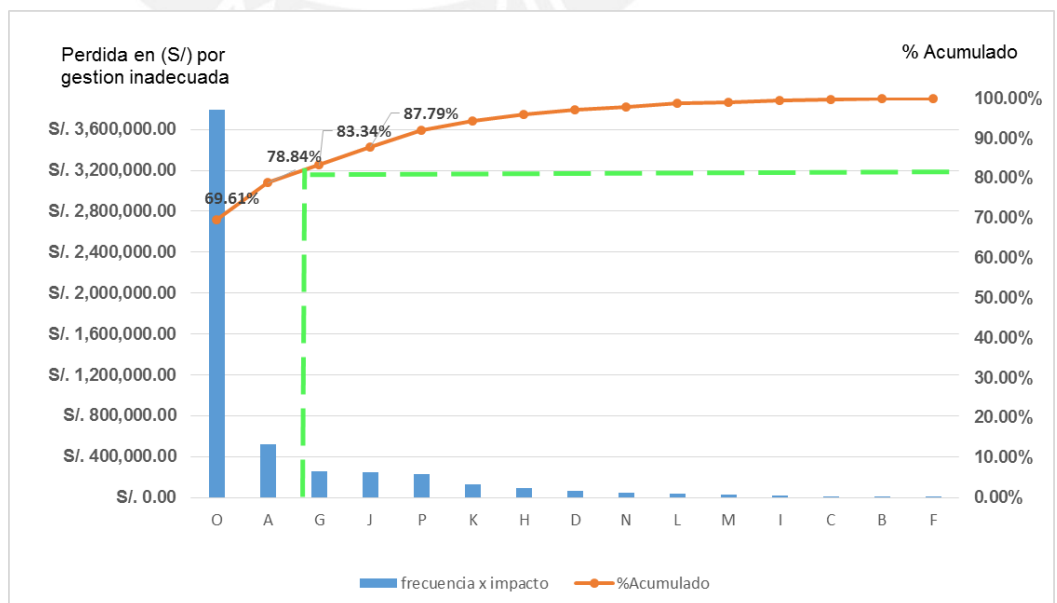


Ilustración 22: Diagrama de Pareto-Proceso de recepción y despacho

Por un lado, el tiempo de permanencia de más de 30 minutos, tiene un fuerte impacto en la empresa ya que afecta directamente el indicador nivel de servicio y *trucktime*, los cuales se cuantifican con salidas de dinero por el pago de multas; asimismo, se congestiona la capacidad del patio y por ende es flexible. Por otro lado, el consumo innecesario de diésel de las “*Rubber Tired Gantry* “ (RTG) es el problema de mayor costo para el terminal en estudio, ya que esta máquina al asignarse a un área en el cual no es productiva; es decir, realiza menos de 13 movimientos por hora, adicionalmente el estar prendida y no tener tareas asignadas estas aún siguen consumiendo diésel innecesariamente. En la ilustración 23, se muestra el alto consumo de diésel por TEU, el cual impacta en un 25% de la estructura de costos del terminal en estudio.

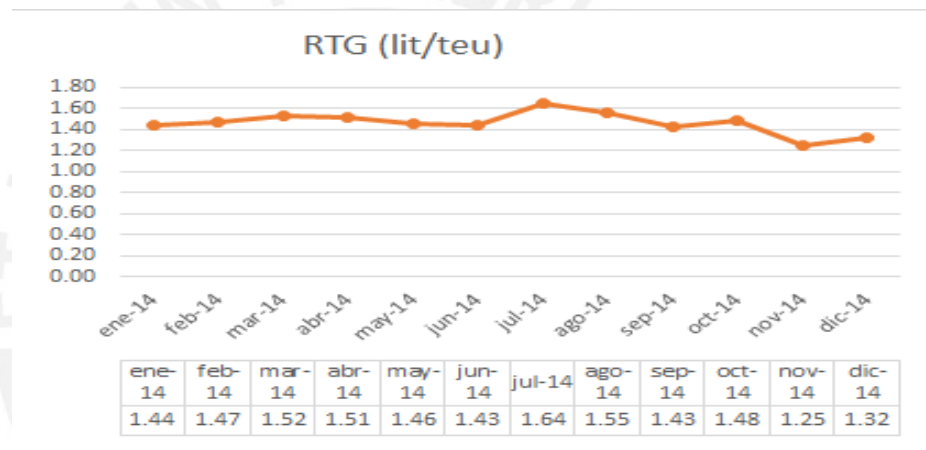


Ilustración 23: Consumo RTG

En la ilustración 24, se observa la productividad diaria en promedio del recurso RTG el cual se encuentra realizando menos cantidad de movimientos que el valor meta establecido de 13 movimientos por hora.

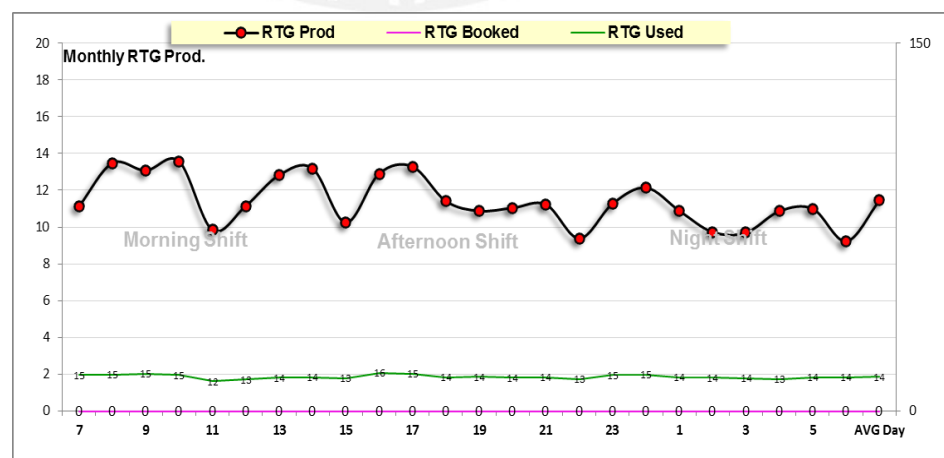


Ilustración 24: Productividad diaria RTG

En el anexo 8 , se muestra el análisis de la cantidad de movimientos por hora durante el mes de enero 2015. Los resultados del análisis, muestran que tan solo el 19% de horas del mes de enero las RTG fueron utilizadas eficientemente; es decir, realizaron una cantidad de movimientos dentro del promedio. No obstante, se evidencia que el 23% de las horas fueron utilizadas ineficientemente, mientras que en el 14% de horas estas pudieron haberse apagado y así ahorrar diésel.

Por otro lado, pese a que las colas dentro y fuera del terminal y los retrasos debido al proceso de identificaciones a través de los agentes de seguridad, no fueron seleccionados, también forman parte de la problemática ya que tienen mayor impacto en los clientes, más aún en los choferes por la cantidad de horas en espera para hacer atendidos. En la ilustración 25, se observan las colas de espera fuera y dentro del terminal.



Ilustración 25: Colas de despacho

2.2.4 Análisis de Causas

En la sección 2.2.1 se observó que el indicador nivel de servicio y truck time estaban afectados tanto por la mala asignación de RTGs como la falta de control del flujo de entrada.

a) Ishikawa

Con la finalidad de encontrar las causas del tiempo de permanencia y del consumo innecesario de diésel, se utilizará la herramienta de espina de pescado o diagrama de causa-efecto del profesor Kaoru Ishikawa. Como se puede apreciar en la ilustración 26.

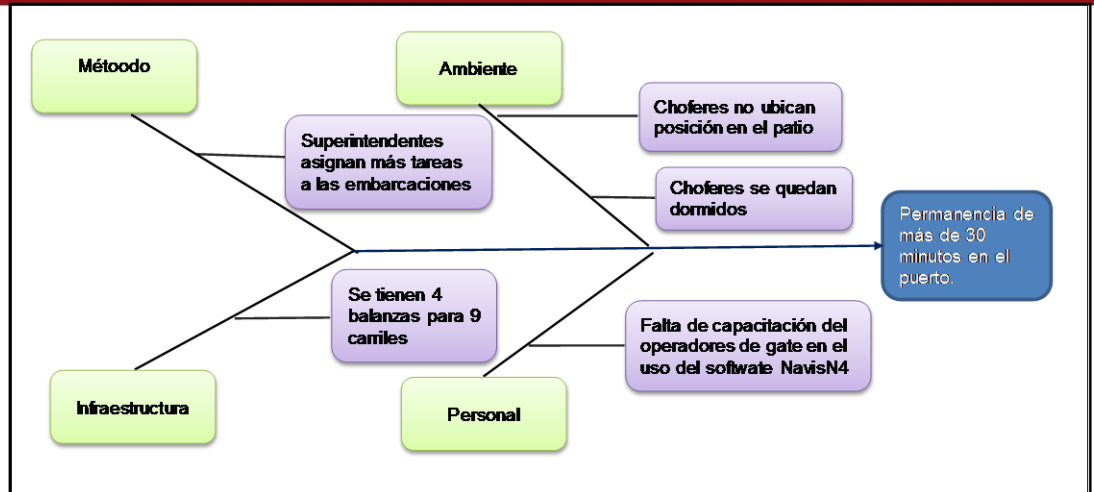


Ilustración 26: Causas por permanencia de más de 30 minutos

1) Infraestructura

El contar con solo 4 balanzas (2 de entrada y 2 de salida) para atender 9 carriles genera colas para los camiones de exportación ya que estos deben ser pesados obligatoriamente antes del ingreso. Asimismo, todos los camiones de importación deben ser pesados en la salida del terminal. En la ilustración 27, se puede apreciar el *lay out* del terminal en estudio.

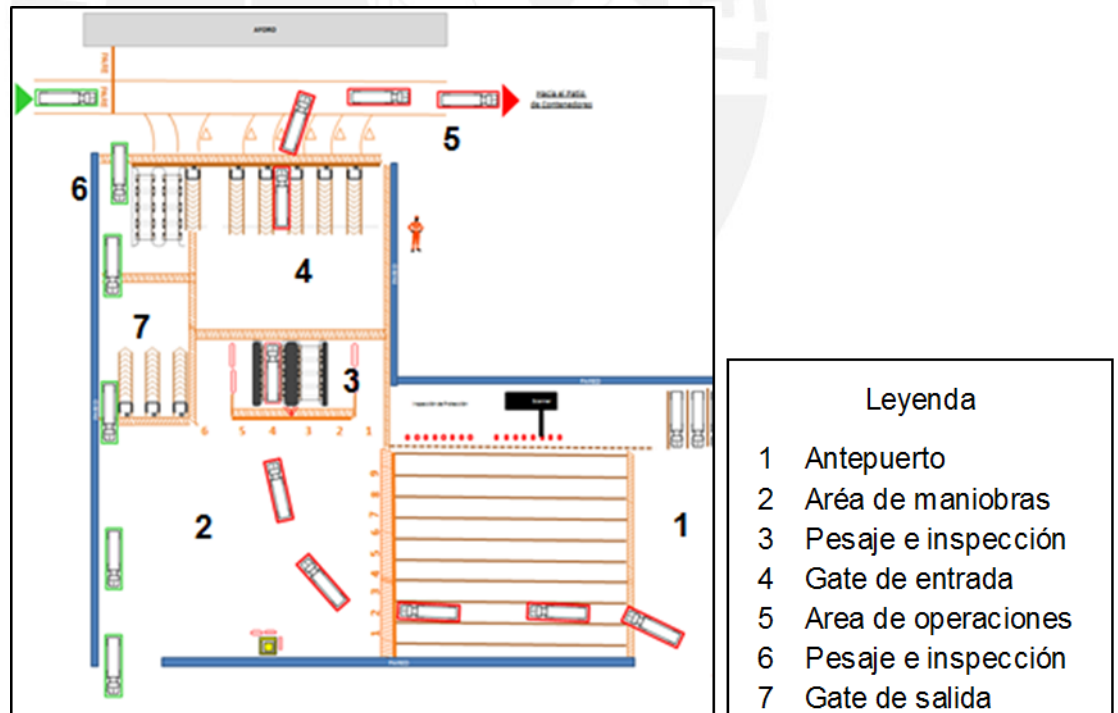


Ilustración 27: Gate en entrada

2) Personal

La falta de capacitación del operador del gate en el uso del software NAVIS N4¹⁶. Asimismo, la falta de capacidad de respuesta ante el error *Fail To Dake*¹⁷ que genera el sistema por lo que se origina que el tiempo de espera del camión aumente ya que el personal de *gate* debe comunicarse con los monitores de patio para asignarle una posición al contenedor.

3) Ambiente

Ocasionalmente los choferes se equivocan al ubicar su posición dentro del patio. Asimismo, también se pudo observar que en los turnos de amanecida estos tienden a quedarse dormidos mientras esperan hacer atendidos por la RTG, ello se debe al cansancio de haber realizado largas horas de espera para entrar al terminal.

4) Método

Los super intendentes junto a los monitores de patio y buque son los encargados de autorizar y asignar las tareas a los recursos QC y RTG. No obstante, por el afán de lograr una productividad de las grúas QC GMPH (Gross movement per hour) de 30, se enfocan más en la atención de la nave. Como muestra de ello, se presenta la ilustración 28 del software SPARCS N4.



	DLVR	DSCH	LOAD	YARD	TTL
1B					
1D				1	1
1HA			1		1
1RA					
2A				1	1
2B	1		2		3
2C		3	1		4
2D				1	1
2E			2		2
2R			19		19
3A		2	6		8
3B		4	1		5
3C				4	4
3D			7		7
BALANZ					
EC					
FLD		4			4
VC					
TTL	1	13	39	7	60

Ilustración 28: Asignación de tareas

De la ilustración 28 se puede observar, que se asignaron 13 y 39 tareas para la descarga y carga respectivamente para la embarcación. No obstante para los despachos solamente se asignó una tarea. Motivo por el cual se originó que los despachos sean más lentos e insuficientes.

¹⁶ NAVIS N4: Software especializado para realizar operaciones portuarias.

¹⁷ Fail To dake: Error que generará el software N4 cuando un camión llega al gate y este aún no tiene una posición asignada dentro del patio de contenedores.

A continuación, en la ilustración 29 se presenta el diagrama de Causa-Efecto del consumo innecesario de diésel.

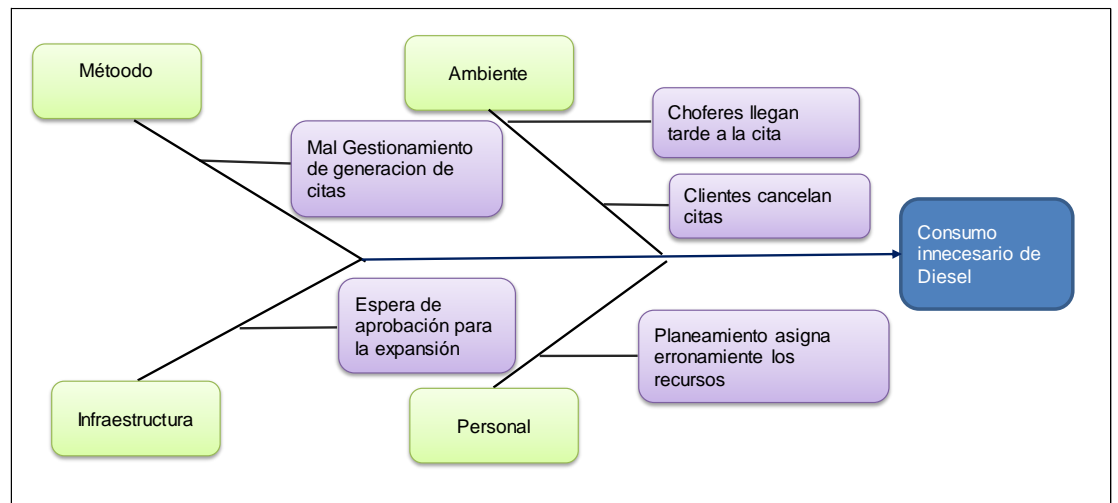


Ilustración 29: Causas del consumo sumo innecesario de diésel

1) Método

La mala gestión de citas es una de las principales causas del consumo innecesario de diésel, ello se debe a que existen 3 modalidades para generar citas a los clientes del terminal muelle sur.

1.Planning crea citas para clientes extraportuarios de exportación y para ingreso a depósito temporal.

2.El área de Documentación y citas también genera citas para importación y exportación.

3.El Portal Faro se encuentra dentro de la pagina web del terminal en estudio, en la cual una vez creado el booking¹⁸ el cliente puede generar una cita.

Según el Jefe de planeamiento, “No hay un control para la generación de citas a través del portal Faro, motivo por el cual el cliente aprovecha en sacar citas en diferentes horarios con la finalidad de asegurar el ingreso de su carga al terminal”.

En la Tabla 25 se puede apreciar la cantidad de citas que no fueron utilizadas para el ingreso al empty pool durante el 2014. Mientas que en la Tabla 26, se observa que se generaron más citas por hora que la capacidad del puerto puede atender ya que el terminal portuario

¹⁸ Booking es una reserva de exportación que tiene información de la nave a embarcar, cantidad y tipo de contenedores, etc.

aproximadamente tiene una capacidad de atención de recepción y despacho de 55 camiones por hora.

Citas no usadas - Generadas vía	Total
Citas & Ss	6316
Planning	7356
Faro	38964
Total	52636

Tabla 25: Citas no usadas Empty pool

Citas	Empty Pool	Export	Import	Total
07:00	6	12	57	75
08:00	5	9	71	85
09:00	7	1	76	84
10:00	7	0	56	63
11:00	7	3	46	56
12:00	10	5	49	64
13:00	9	6	42	57
14:00	9	2	26	37

Tabla 26: Citas generadas por hora

2) Personal

Por otro lado, dada una generación de citas excesivas el área de planeamiento realiza un Yard Schedule¹⁹ erróneo, por tal razón la asignación de RTG es inadecuada, obteniéndose niveles de productividad bajos como se explicó en la sección 2.2.3 Tabla 24.

Mantener las maquinarias RTGs prendidas a la espera de una tarea consume diésel innecesariamente. Como se mostró en la sección 2.2.3. Tabla 24. El 14% de horas del mes de enero las maquinarias pudieron haber estado apagadas en vez de estar consumiendo diésel.

3) Ambiente

Por una mala gestión del cliente y su interacción con el agente de aduanas, así como por problemas documentarios se suelen cancelar las citas o que el camión llegue tarde al terminal.

4) Infraestructura

El Terminal portuario en estudio aún no ha podido expandirse dado a problemas legales con la Autoridad Portuaria Nacional (APN).

¹⁹ Yard Schedule, es la asignación de recursos horaria para la recepción y despachos.

b) MATRIZ PI

Estas causas impactan de diferente medida a los indicadores mencionados en la sección 2.2.1, especialmente al Nivel de Servicio y al Truck time. Por esta razón, con colaboración de Giancarlo Mora, analista de Gate, se procedió a elaborar la matriz Probabilidad-Impacto con el objetivo de seleccionar las causas críticas de este proceso. Para ello, se consideró una escala del 1 a. 5 siendo 1 el de menos impacto y 5 el de mayor impacto. A continuación, la Tabla 27 presenta la Matriz PI

	Impactos Causas	Económico	Operativo	Clientes	Ponderación	Nivel de Importancia
		30%	40%	30%		
Permanencia mayor a 30 minutos	Choferes no ubican posición en el patio	3	3	2	2.7	18%
	Choferes se quedan dormidos	2	3	2	2.4	16%
	Falta de capacidad del operarios del gate en el uso del software Navis N4	2	4	3	3.1	20%
	Colas en garita y antepuerto	4	4	2	3.4	22%
	Superintendentes asignan más tareas a las embarcaciones	3	4	4	3.7	24%
Consumo Inecesario de diésel	Choferes llegan tarde a las citas	3	4	3	3.4	22%
	Choferes cancelan citas	2	3	1	2.1	14%
	Planeamiento asigna erróneamente los recursos	5	4	3	4	26%
	Mal gestionamiento de generación de citas	3	3	3	3	19%
	Espera de aprobación para la expansión	4	3	2	3	19%

Tabla 27: Matriz Probabilidad-Impacto

De los resultados obtenidos de la Matriz PI, se consideraron las siguientes causas críticas para las dos problemáticas seleccionadas del Diagrama de Pareto. Para el tiempo de permanencia mayor a 30 minutos, tener una infraestructura de tan solo 4 balanzas tiene un gran impacto en la fluidez del proceso de despacho de contenedores, mientras que la asignación prioritaria de tareas a la Nave por parte de los superintendentes también retrasa la permanencia de un camión dentro del terminal. Por otro lado, el problema de consumo de diésel inadecuado de RTG's se explica mayormente por el planeamiento erróneo del recurso.

c) Método del ¿ Porqué ?

Con la finalidad, se obtener las causas raíz de las problemáticas seleccionadas se procedió a aplicar el método del porqué con el cual en base a cuestionamientos reiterativos se fue desarticulando y encontrando los motivos principales de las casuísticas seleccionadas en la Matriz PI. En las ilustraciones 30 y 31 se muestra los resultados obtenidos del método empleado.

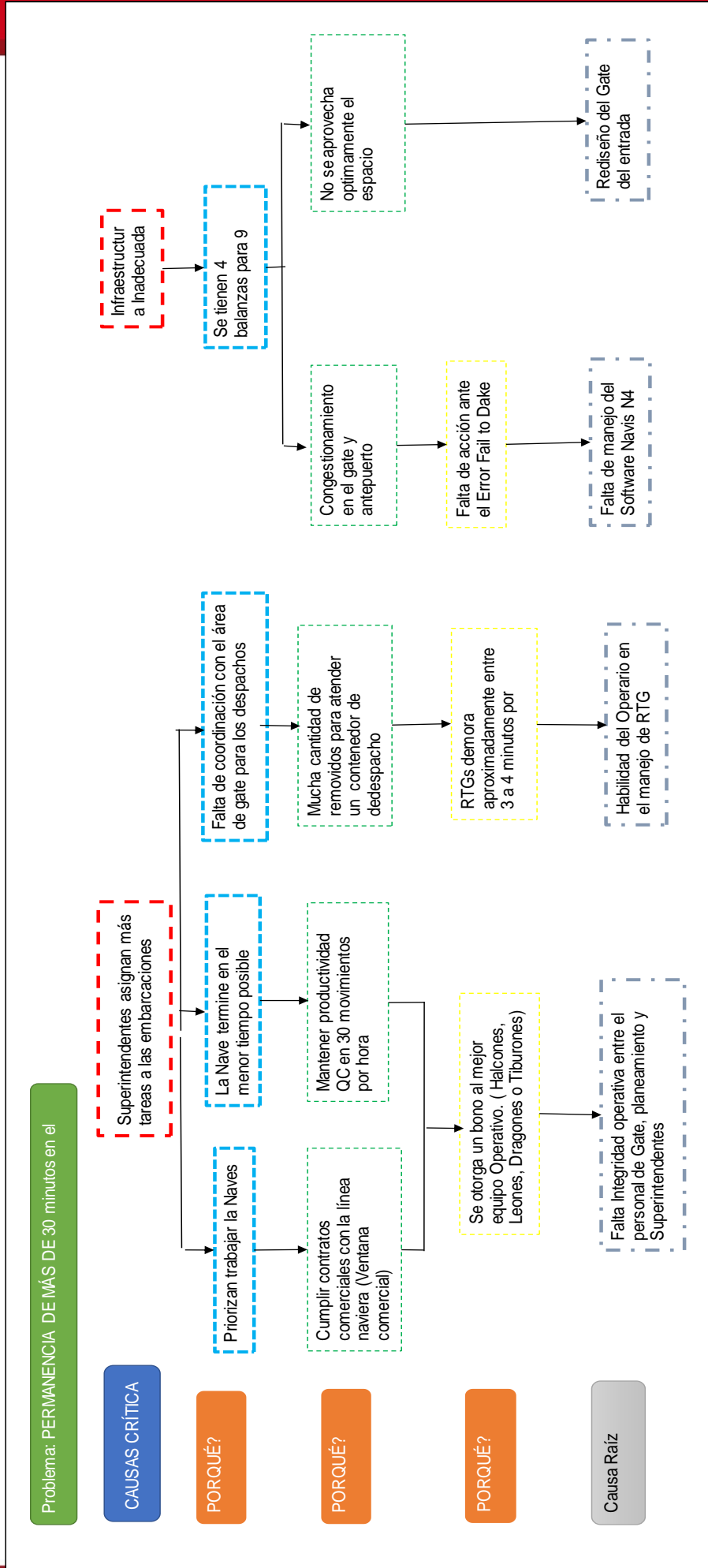


Ilustración 30: Método del ¿Porqué?- Raíz crítica

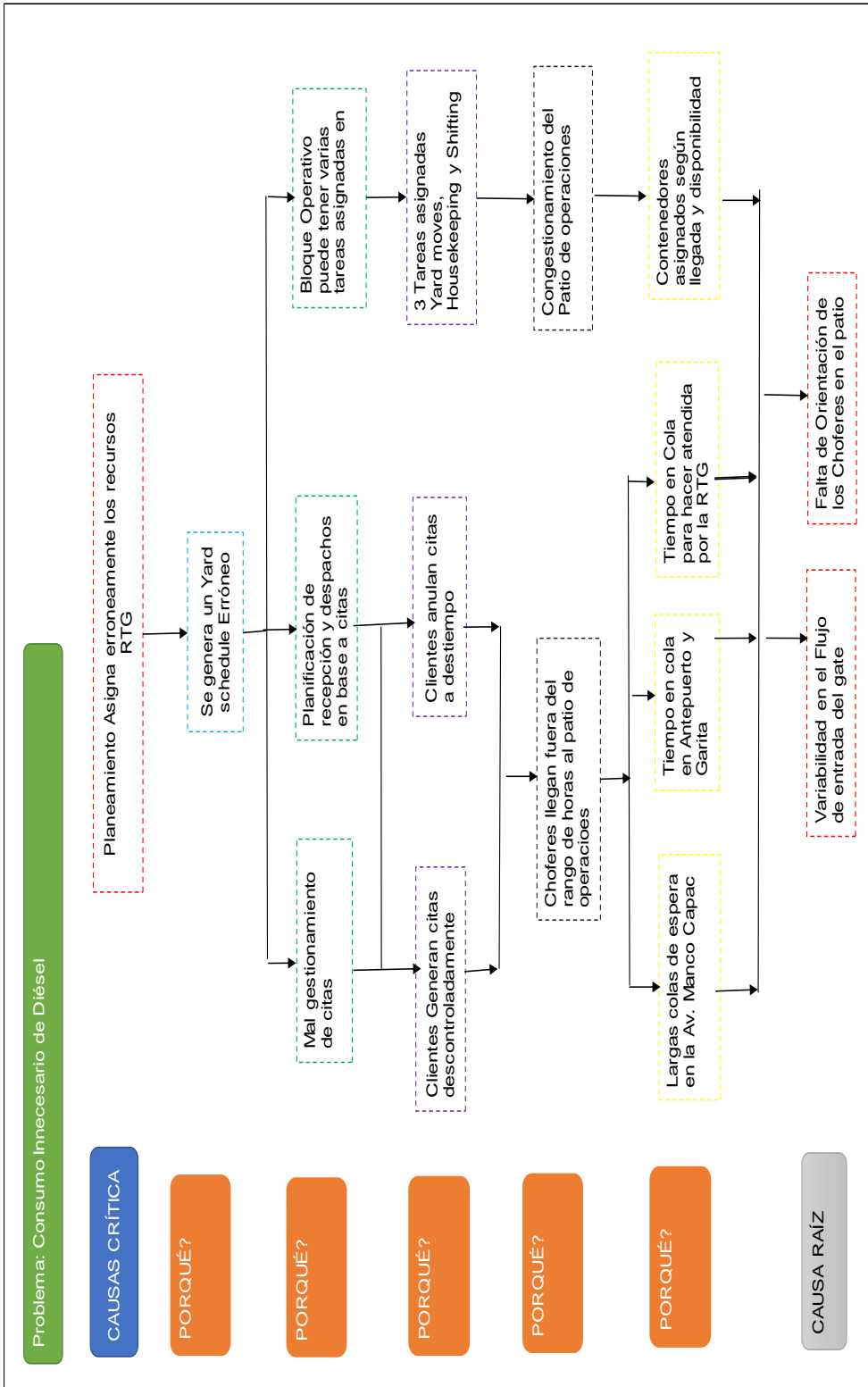


Ilustración 31: Método del ¿Porqué?. Causas raíz

2.2.5 Planteamiento y selección de contramedidas.

Con el objetivo de reducir el tiempo de permanencia dentro del terminal, mejorar el nivel de servicio y reducir el consumo de diésel del recurso RTG, se evaluaron las siguientes contramedidas para atacar las causas raíces detectadas en el método del porqué. A continuación, se muestra el detalle en la Tabla 28.

Causa Raíz	Contramedidas
Habilidad del Operario en el manejo de RTG	Implementación de Software SCADA
Rediseño del Gate del entrada	Simulación de Sistemas
Variabilidad en el Flujo de entrada del gate	Six Sigma
Falta de Orientación de los Choferes en el patio	Sistema Poka Yoke
Falta de manejo del Software Navis N4	Capacitaciones en manejo de software N4
Falta Integridad operativa entre el area de Gate, planeamiento y Superintendentes	Capacitación y bonos por turno

Tabla 28: Contramedidas

1. Automatizar el encendido y apagado de las RTG a través de la implementación de controladores lógicos programables (PLC) y un software SCADA²⁰. A través de este software se podría monitorear y controlar a las RTGs desde las pantallas de los computadores del área de operaciones. Los principales beneficios a obtener son reducción del consumo de diésel y control de la productividad.

2. Simulación de Sistemas: Realizado un correcto modelamiento del alcance del proyecto y su interacción con los demás procesos y variables ,podrá ser factible la simulación utilizando el Rockwell Software Arena, a partir de la cual podrían realizarse optimizaciones o minimizaciones a través de controladores e indicadores. Asimismo, permite medir el impacto de una decisión antes de implementarse físicamente.

3. Metodología Esbelta Six Sigma : Es una estrategia de negocio capaz de acelerar mejoras en procesos, productos y servicios. Asimismo trata de buscar la excelencia en los procesos permitiendo que la probabilidad de error sea muy baja. Para implementar esta herramienta es necesario conocimientos estadísticos y conceptos de calidad total con el objetivo de obtener los defectos por millón pertenecientes al proceso. El beneficio de aplicar esta herramienta podrá ser mejorar la gestión de citas y de esta manera reducir la variabilidad en los procesos.

4. Sistema Poka Yoke, metodología que permite prevenir los errores antes de que sucedan. Se enfoca en eliminar los defectos de un producto

²⁰ SCADA: Por sus siglas en ingles *Supervisory Control and Data Acquisition*

o servicio previniendo o corrigiendo los errores. Para el caso del terminal, dicha herramienta podría utilizarse para eliminar los errores de los choferes al perderse y no encontrar su ubicación en la hoja de ruta a través de una mejor señalización o instructivos para choferes nuevos.

5. Capacitaciones en el software N4 para los operarios de Garita, garantizaría mejorar la velocidad de transacciones y comunicar el error Fail to Dake a tiempo a los monitores de patio.

6. Capacitación y Bonos por turno. Es muy importante que el personal de gate, planeamiento y superintendentes puedan integrarse lo máximo posible para lograr no solo un objetivo sino los objetivos de cada área. Por ello, charlas de trabajo en equipo y una repartición de bonos por turno equitativo para las áreas involucradas en la operación en conjunto podrían mejorar el flujo y la asignación de recursos para los procesos.

Con la finalidad de decidir que herramienta utilizar en el desarrollo de la presente tesis, se elaboró una adaptación de la matriz de decisión FACTIS , indicada en la Tabla 29, que permita identificar la herramienta con mayor impacto en el proceso de recepción y despacho .

Herramienta	FACTIS						Ponderación
	Facil Implementación	Afecta a otras areas	Calidad del proceso	Tiempo de Implementación	Inversión Requerida	Seguridad de implementarla	
	10%	20%	10%	20%	20%	20%	
Sistema Poka Yoke	4	3	4	3	2	4	3.2
Implementacion de Software SCADA	3	5	5	3	3	3	3.6
Capacitaciones en manejo de software N4	5	4	3	3	3	3	3.4
Simulación de Sistemas	4	5	4	4	4	4	4.2
Six Sigma	4	4	4	3	3	5	3.8
Capacitación y bonos por turno	4	4	3	2	2	4	3.1

Tabla 29: Matriz de decisión FACTIS

De la matriz de decisión, se obtuvo que la mejor herramienta para el proceso a mejorar es la Simulación sistemas, principalmente porque su implementación no interrumpe los procesos operativos, asimismo se cuenta con información de tiempos en la mayoría de subprocessos que permitan validar el modelo con una adecuada asignación de recursos podría mejorar sus niveles de productividad. Por último, la falta de información estadística del puerto en estudio podría ser analizada con la implementación de la simulación.

CAPÍTULO 3. Propuesta de mejora

En el presente capítulo se mostraran el análisis de los datos de entrada del terminal portuario en estudio. Asimismo, se clasificaran los datos y se aplicará una metodología para justificar la mejor distribución estadística que estos se ajusten a través de tamaños de muestra y pruebas de bondad de ajuste.

3.1. Recopilación de datos

Dado que el alcance del terminal portuario es el proceso de recepción y despacho de contenedores. El análisis tanto de tiempo como proporciones son enfocados en las actividades de dichos procesos. Por un lado, se obtuvieron registros de la base de datos del sistema Navis Sparcs N4²¹ del mismo modo que registros a través de la toma de tiempos. A continuación se mostraran los datos registrados así como una breve descripción de cómo fueron obtenidos.

- Tiempo entre llegadas de camiones: Se obtuvo presencialmente durante diferentes turnos, mañana (8 am a 12pm), tarde (4pm a 6pm), noche (7pm a 11pm). Recolectadas en diferentes días.
- Grupos de llegada: Se observó que los camiones ingresaban al antepuerto en diferentes grupos.
- Tiempo de traslado hacia Balanza: Datos obtenidos durante turno noche.
- Tiempos de Inspección en Balanza: Datos obtenidos durante turno tarde y noche.
- Tiempo de traslado hacia Garita: Datos obtenidos durante turno tarde y noche.
- Tiempo de confirmación de datos en Garitas: Datos obtenidos durante turno mañana y noche.
- Velocidad de Camión dentro del patio de operaciones: 10 Km/hora
- Matriz de distancias del patio de operaciones: Datos obtenidos del plano general del puerto a través del software AutoCAD. Mapa confiado por el área de proyectos.
- Tiempo de Servicio RTG: Datos obtenidos del sistema N4. Brindados por el área de Operaciones

²¹ Plataforma que optimiza la eficiencia y la inteligencia de los movimientos de bienes a través de contenedores. Se utiliza en más de 117 sitios alrededor del mundo. <http://navis.com/get-more-n4>

- Tiempo de Destare de Camiones: Datos obtenidos durante turno mañana y tarde.
- Tiempos de Traslado hacia gate out: Datos obtenidos durante turno mañana y tarde.
- Tiempos de revisión Final: Datos obtenidos durante turno mañana y tarde.
- Camiones que son de Recepción y Despacho: Datos obtenidos por el área de Operaciones. “Reporte Anual de transacciones 2014”
- Contenedores llenos y vacíos: Obtenidos por el área de operaciones Navis N4.
- Tipo de contenedores: Obtenidos del análisis de 20 mil contenedores tanto de recepción como de despacho. Reportes de “Validación de contenedores de carga y descarga”.
- Tipo de cliente: Información obtenida del “Reporte Anual de Transacciones 2014”.

A continuación, la ilustración 32 representa una muestra del filtro utilizado del software N4 para obtener los datos del tipo de contenedores asignados tanto para el proceso de recepción como de despacho de contenedores.

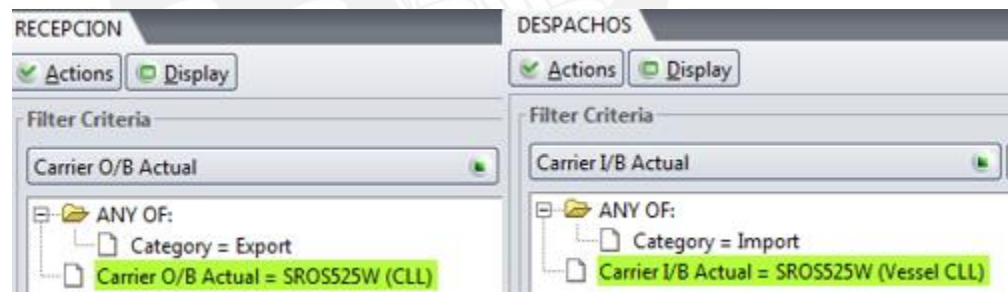


Ilustración 32: Filtros Software Navis Spacs N4

3.1.1 Clasificación de datos

Los datos obtenidos se clasificaran de 3 tipos. El primero, como variables aleatorias, pues presentan variabilidad por factores no controlables. El segundo, como proporciones cuando hay 2 o más alternativas para dividir el flujo del proceso. El tercero, como datos determinísticos, los cuales después del análisis no presentan variabilidad significativa y pueden ser tratados como constantes. En la Tabla 30, se puede observar la clasificación de los datos adquiridos.

Datos	Tipo
Tiempo entre llegadas	Variable Aleatoria
Grupos de llegada	Variable Aleatoria
Tiempo de traslado hacia balanza	Variable Aleatoria
Tiempo de inspección en balanza	Variable Aleatoria
Tiempo de traslado hacia garita	Determinístico
Tiempo de confirmación de datos en garita	Variable Aleatoria
Velocidad de camión (km/hora)	Determinístico
Matriz de distancias del patio de operaciones	Determinístico
Tiempo de servicios RTG	Variable Aleatoria
Tiempo de destare de Camiones	Variable Aleatoria
Tiempo de Traslado hacia Gate out	Determinístico
Tiempo de Revisión Final	Variable Aleatoria
Camiones que son de Recepción y Despacho	Proporción
Contenedores llenos y vacíos	Proporción
Tipo de contenedores	Proporción
Tipo de cliente	Proporción
Camiones rechazados	Proporción

Tabla 30: Clasificación de datos

3.2 Muestreo

Luego de clasificar los datos, se calculará el tamaño de muestra adecuado, a través de la metodología del muestreo aleatorio simple.

3.2.1 Tamaño de población (N)

El terminal portuario en estudio realizó 679 263 transacciones durante el año 2014. Valor que será empleado para justificar el tamaño de la población en el periodo de un año. Asimismo, dicho tamaño de población no permitirá corregir el tamaño de muestra calculado para la estimación de la media o proporciones debido a que es considerada como una población infinita por presentar un $N > 200\ 000$.

3.2.2 Estimación de la media y proporción

Por considerarse población infinita se emplearán las siguientes fórmulas:

Estimación de la media para variables aleatoria según la fórmula (16).

$$n = \frac{Z(1 - \frac{\alpha}{2})^2 \sigma^2}{e^2} \quad (16)$$

Estimación de la proporción para probabilidad según la fórmula (17).

$$n = \frac{Z(1 - \frac{\alpha}{2})^2 \bar{p} (1 - \bar{p})}{e^2} \quad (17)$$

En la Tabla 31, se muestra el tamaño de muestra (n) calculado para las variables aleatorias y proporciones.

Datos	Promedio	Varianza	d	e	Z(1- α /2)	N	n
Tiempo entre llegadas	5.38	4.92	0.27	0.05	1.96	679353	262
Grupos de llegada	5.30	5.11	0.27	0.05	1.96	679353	280
Tiempo de traslado hacia balanza	0.57	0.01	0.03	0.05	1.96	679353	52
Tiempo de inspección en balanza	1.82	0.22	0.09	0.05	1.96	679353	100
Tiempo de confirmación de datos en garita	2.27	0.37	0.11	0.05	1.96	679353	110
Tiempo de servicios RTG	4.32	0.37	0.22	0.05	1.96	679353	31
Tiempo de destare de Camiones	0.35	0.004	0.02	0.05	1.96	679353	51
Tiempo de Revisión Final	0.33	0.003	0.02	0.05	1.96	679353	37
Camiones de i= 1 Recepción y i=2 Despacho	0.50			0.05	1.96	679353	385
Contenedores llenos y vacíos atribuidos a recepción	0.39			0.05	1.96	679353	367
Contenedores llenos y vacíos atribuidos a despacho	0.10			0.05	1.96	679353	139

Tabla 31: Tamaño de Muestra

Del mismo modo, en la Tabla 32 se aprecia los valores asignados a los datos que fueron categorizados como determinísticos.

Datos determinísticos	Valor
Tiempo de traslado hacia garita (min)	0.18
Velocidad de camión (km/hora)	10
Tiempo de traslado hacia gate out (min)	0.15
Rechazo de camiones	4%
Contenedores IMO-Peligroso	1.32%

Tabla 32: Valores Determinísticos

Por otro lado, se analizó la data histórica de 278 137 transacciones durante el año 2014, en la cual se pudo determinar el valor porcentual del tipo de cliente. Asimismo, se analizaron 24 862 contenedores con el objetivo de poder clasificar el tipo de contenedor tanto para el proceso de recepción como de despacho. Por un lado, la Tabla 33 muestra los tipos de cliente, mientras que las Tablas 34 y 35 indican la asignación del contenedor.

Tipo de Cliente	Total 2014	Porcentaje
Deposito Temporal	47233	17%
Embarque Directo	1881	1%
Extra portuario	229023	82%

Tabla 33: Tipo de clientes

Proceso de recepción		
Contenedor	Cantidad	Acumulado
20DR	5207	39.40%
20OT	77	39.98%
20PL	14	40.09%
20RH	13	40.91%
20TK	109	47.67%
40DR	893	86.05%
40HC	5073	87.05%
40OT	131	87.23%
40PL	24	99.90%
40RH	1675	100.00%

Tabla 34: Contenedor asignado al proceso de recepción

Proceso de despacho		
Contenedor	Cantidad	Acumulado
20DR	4846	41.61%
20OT	37	41.93%
20PL	20	42.10%
20RH	14	42.22%
20TK	76	42.87%
40DR	808	49.81%
40HC	4389	87.50%
40OT	57	87.99%
40PL	44	88.37%
40RH	1355	100.00%

Tabla 35: Contenedor asignado al proceso de despacho

Por último, en la Tabla 36 se observan los valores de las distancia desde cada gate entrada hacia un punto específico del patio de contenedores.

Entradas Destino	G2	G3	G4	G5	G6	Salida
	2A	342.6	344.1	359.8	362.9	372.0
2AA	368.3	369.8	385.5	388.6	397.7	929.38
2B	372.04	373.54	389.24	392.34	401.44	929.38
2BB	398.46	399.96	415.66	418.76	427.86	888.69
2C	406.88	408.38	424.08	427.18	436.28	888.69
2CC	430.58	432.08	447.78	450.88	459.98	855.24
2D	441.4	442.9	458.6	461.7	470.8	855.24
2DD	466.41	467.91	483.61	486.71	495.81	822.09
2E	472.4	473.9	489.6	492.7	501.8	822.09
2EE	495.3	496.8	512.5	515.6	524.7	1148.86
2R	458.66	460.16	475.86	478.96	488.06	632
2RR	756.66	758.16	773.86	776.96	786.06	336.2
3A	714.6	716.1	731.8	734.9	744	1154.7
3AA	738.14	739.6	755.34	758.4	767.54	1121.5
3B	743.18	744.68	760.38	763.48	772.58	1121.5
3BB	768.82	770.32	786.02	789.12	798.22	1311.33
3C	738.24	739.74	755.44	758.54	767.64	1361.45
3CC	760.26	761.76	777.46	780.56	789.66	1373.3
3D	703.7	705.2	720.9	724	733.1	1437.07
3DD	728.25	729.75	745.45	748.55	757.65	1440.28
VA	149.2	150.7	166.4	169.5	178.6	427.6
VB	111.25	112.75	128.45	131.55	140.65	537.37
VC	1180.4	1181.9	1197.6	1200.7	1209.8	775.5
VD	1350.4	1351.9	1367.6	1370.7	1379.8	732.8
VF	1040.0	1041.5	1057.2	1060.3	1069.4	922.7
OOG1	452.9	454.4	470.1	473.2	482.3	847.5
OOG2	647.1	648.6	664.3	667.4	676.5	1089.6
VUELTA EN U	526	527.5	543.2	546.3	555.4	

Tabla 36: Distancias en el patio de operaciones

3.3 Análisis de Datos

Con el objetivo de simular futuros valores de las variables aleatorias se utilizó la herramienta Input Analyzer, con la cual se determinó la mejor distribución estadística correspondiente a cada variable aleatoria mediante pruebas de bondad de ajuste.

3.3.1 Pruebas de bondad de Ajuste

Utilizando los datos obtenidos del tamaño de muestra se procede a utilizar el Input Analyzer, herramienta que permitirá modelar la variable a través de la distribución que mejor se ajuste. En la ilustración 33 se analizará el tiempo entre llegadas de los camiones al terminal portuario en estudio.

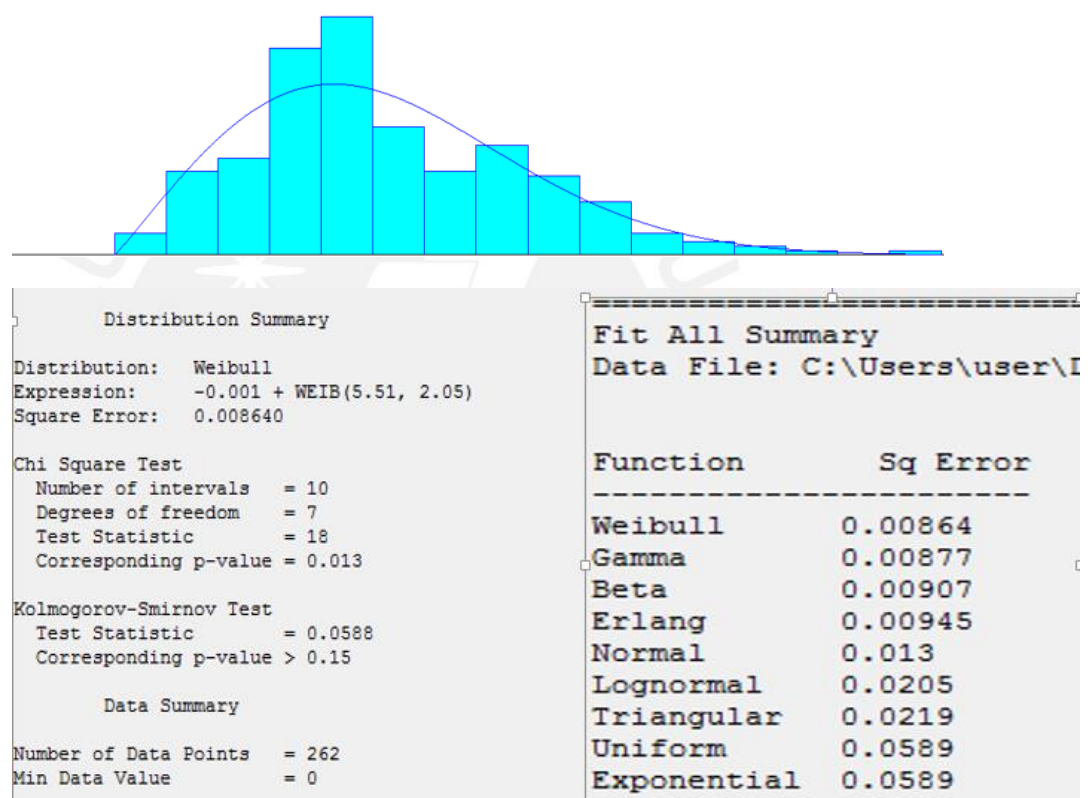


Ilustración 33: Tiempo entre llegadas

a) Identificación de variable

El tipo de variable a analizar es una variable continua por lo que la distribución Weibull podría emplearse para simular este tipo de variable. Asimismo, según el reporte Fit all Summary, la distribución en mención presenta el menor error cuadrático entre las demás.

b) Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de hipótesis que se emplearan son tanto χ^2 como KS. Adicionalmente, al tener un tamaño de muestra 262, entonces podría evaluarse por las 2 pruebas ya que es mayor a 90 y se trata de una variable continua. Las hipótesis a emplear son las siguientes:

H_0 : Los datos siguen la distribución de la variable aleatoria propuesta.

H_1 : Los datos no siguen la distribución propuesta.

c) Interpretación de resultados

Finalmente, se evalúa el valor p-value de las dos pruebas, como se puede observar el p-value de la prueba χ^2 es menor a 0.05 , mientras que en la prueba KS es mayor; por lo tanto, no hay información suficiente para rechazar la hipótesis nula. De esta manera queda validado que la mejor distribución para simular el tiempo entre llegadas es la Weibull. En el Anexo 9, se puede observar en análisis para cada una de las variables aleatorias

3.3.2 Resumen de las pruebas de bondad de ajuste

En la Tabla 37, se puede observar el resumen de las distribuciones estadísticas que mejor ajustan a cada una de las variables aleatorias analizadas del terminal portuario en estudio.

Variable Aleatoria	Distribución
Tiempo entre llegada	-1 + WEIB(5.51, 2.05)
Tiempo de traslado hacia balanza	NORM(0.528,0.118)
Tiempo de inspección en balanza	0.32 + LOGN(1.5, 0.647)
Tiempo de confirmación de datos	0.19 + GAMM(0.328,6.44)
Tiempo de servicio RTG	3.31 + LOGN(1.05,0.725)
Tiempo de destare de camiones	0.23 + 0.24*BETA(1.68 + 2.03)
Tiempo de revisión final	TRIA(0.23,0.387,0.44)
Cantidad de llegadas	EMPIRICAL DISC (0.000, 0.500, 0.032, 1.500, 0.129, 2.500, 0.225, 3.500, 0.336, 4.500, 0.468, 5.500, 0.571, 6.500, 0.714, 7.500, 0.814, 8.500, 0.914, 9.500, 0.975, 10.500, 0.975, 11.500)

Tabla 37: Mejor ajuste de Distribución

3.4 Desarrollo del Modelo

A continuación, se describirá los elementos empleados para la construcción del modelo a simular. Asimismo, se describirán los supuestos y la integración de los elementos para simular las actividades dentro del proceso de Recepción y despacho de contenedores. Finalmente, se presentará la animación del proceso a simular.

3.4.1 Elementos del modelo

Los elementos del modelo se integran de tal manera que tratan de replicar las actividades y subprocesos que desean simularse. A continuación, se describirá los elementos más representativos para simular el proceso de Recepción y despacho de contenedores.

3.4.2 Entidades

El presente modelo se base especialmente tan solo en una entidad dinámica, la cual es representada por los camiones que llegan al terminal portuario, el cual se personaliza después de asignarle atributos que lo diferencien en la llegada al antepuerto.

3.4.3 Recursos

En la Tabla 38, se puede apreciar los recursos que brindar servicios a los camiones, los cuales se caracterizan por ser recursos ubicados tanto en el Gate como en la zona operativa.

Ubicación	Recurso	Cantidad	Servicio
GATE	Balanzas de entrada	2	Se pesan e inspeccionan camiones llenos
	Carril Vacío	2	Se inspeccionan camiones vacíos.
	Carril alterno	2	Se inspeccionan las carretas.
	Garitas de entrada	5	Atención a los choferes, validación de datos y entrega de hoja de tura.
	Balanzas de salida	2	Pesar y destarar camiones.
	Garitas de salida	3	Revisión documentaria final.
Zona operativa	RTG	7	Recepcionar y despachar contenedores.
	Empty Handler	3	Recepcionar y despachar contenedores vacíos.
	Reach Stacker	2	Recepcionar y despachar contenedores sobredimensionados.

Tabla 38: Recursos del modelo

3.4.4 Atributos

El propósito de utilizar atributos para el modelo fue para dar características que le den unicidad a cada camión que llegue al terminal. En la Tabla 39, se describen los principales atributos empleados en la construcción del modelo.

Atributos	Valores en el moedelo
tipo_proceso	1 (recepción) o 2(despacho)
tipo_recepcion	1 (lleno) o 2 (vacío)
tipo_despacho	1 (lleno) o 2 (vacío)
estado_camion	1(se rechaza) o 2(no se rechaza)
cont_IMO	1(peligroso) o 2(no peligroso)
camion_rechazado	1(sí vueta en U) 0 2 (no vuelta en U)
vuelta_U	Marca el punto de inicio para los camiones que son rechazados = 1
tipo_contenedor_recepcion	Ver Tabla 34 y 35
tipo_contenedor_despacho	
Posicion_inicial	Ver Tabla 36
Posicion_final	
Hacia_salida	
tipo_cliente	1(extraportuario) o 2(embarque directo) o 3(depósito temporal)

Tabla 39: Atributos del modelo

3.4.5 Estaciones

Las estaciones se utilizaron con el propósito de visualizar el desplazamiento de los camiones dentro del terminal. A continuación, en la Tabla 40 se presenta el resumen de las estaciones empleadas.

Estación Partida	Estacion Llegada
carril	inspección y pesado
inspección y pesado	garitas intermedias
garitas intermedias	garitas de entrada
garitas de entrada	Posiciones ruma
Posiciones ruma	Salida
Salida	Garitas de salida

Tabla 40: Estaciones del modelo

3.4.6 Variables

Las variables empleadas para la modelación se utilizaron con el propósito de emplear una matriz de tiempo dentro de bloques Route, los cuales se calcularon al dividir la distancia entre cada station y la velocidad del camión dentro del terminal (20km/hora). A continuación, en la Tabla 41 se presentan las variables empleadas.

Variables	Entre Estaciones
variable_rechazo	garitas de entrada - salida
variable_distancia	garitas de entrada - Posiciones ruma
variable_exit	Posiciones ruma - salida

Tabla 41: Variables del modelo

3.5 Supuestos del Modelo

Con el objetivo de reducir la brecha entre el modelo a simular y el sistema real, se tomaron los siguientes supuestos a fin de obtener un nivel de complejidad adecuado.

- No se presentaran trastornos de la naturaleza como oleaje anómalo o neblina, los cuales afectan directamente las operaciones.
- No se malograrán los camiones cuando ingresen al sistema.
- Los camioneros no se quedarán dormidos en el antepuerto ni en la zona operativa.
- No se presentaran ausencias del personal de Security .
- El software Navis funcionara normalente por lo que no habran caídas de sistema prolongadas.
- Los camiones serán llamados uno a la vez desde antepuerto hasta las balanzas.
- Los conductores sabrán la posición exacta(hoja de ruta) a la cual deberán dirigirse por lo que no se perderán en el patio de operaciones.
- Los conductores respetaran el orden de llamado hacia las balanzas destinadas.
- No habrá tránsitos de peatones en el patio de operaciones que afecten el flujo normal.
- La eficiencia de los operarios RTG se mantendrá durante los 3 turnos.
- Los relevos de personal serán de manera eficiente por lo que no se afectaran las operaciones.
- No ingresarán ni saldrán camiones por la puerta interna debido a transbordos. Pues estos, están siendo considerados en el ingreso por el antepuerto.
- No se consideran movilización de contenedores a la zona de aforo, pues estos son Requeridos por SUNAT para su inspección.
- La utilización de RTG para el alcance del proceso en estudio es de 35%. Ya que de las 19 RTG entre 5 y 7 RTG son destinadas para dicho proceso.
- El tiempo de inspección en las balanzas de entrada se consideraran con la misma distribución.

- El tiempo de inspección en las balanzas de salida se consideraran con la misma distribución.
- La selección de colas en el antepuerto es de acuerdo al tamaño de cola, diferenciando tantos los camiones de recepción como de despacho.
- El tiempo de traslado desde las balanzas de entrada hacia las garitas de entrada será considera como constante debido a que tiene un coeficiente de variación menor al 10%.
- El tiempo de traslado desde las balanzas de salida hacia la garita de salida será considera como constante debido a que tiene un coeficiente de variación menor al 10%.
- Los camiones que son rechazados y deben realizar la maniobra vuelta en U tienen las condiciones para hacerlo. Por ello, no es necesario que bordeen la zona de Aforo.

3.6 Descripción del Modelo

Se utilizaron diagramas de bloques con la finalidad de representar los subprocesos y actividades del proceso de Recepción y despacho de contenedores del terminal portuario en estudio. A continuación, se describirá el detalle de los subprocesos principales.

3.6.1 Arribo de camiones al antepuerto

El arribo de camiones al puerto se esquematizo con un *Block create* el cual tiene la particularidad de ingreso en grupos en un promedio de 5 camiones. Asimismo, a cada entidad se le asigna un atributo en particular, ya que ello depende del tipo de proceso a realizar ya sea tanto de recepción como de despacho, además se aprovecha el *block assign* para atribuirle si el camión se encuentra en buen estado o no, así como si va a cargar o descargar un contenedor peligroso (IMO). Por último, el *block Scan* ayuda a restringir el flujo de entrada puesto que tan solo se tiene una capacidad máxima de 36 camiones dentro del antepuerto. La ilustración 34 refleja lo descrito anteriormente.

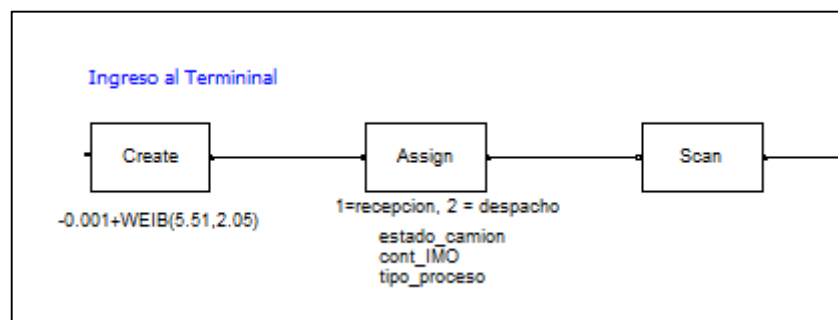


Ilustración 34: Diagrama de bloques. Llegada de camiones

En la ilustración 35 se selecciona la cola mas corta. El *block Branch* es fundamental ya que dependiendo del tipo de proceso estos podrán elegir una posición específica. En caso se trate de una recepción, estos podrán seleccionar los carriles 1,2,3,4,5, mientras si se trate de un despacho estos podrán colocarse dentro de los carriles 6,7,8,9. Asimismo, se emplearon los *blocks Scan* para restringir el flujo de entrada ya que cada carril tiene una capacidad máxima de 4 camiones. Por último, los *block assing* dan la particularidad a cada camión. Por un lado, pueden tenerse tanto recepciones como despachos de contenedores llenos o vacíos. Por otro lado, al ser una recepción se distingue el tipo de cliente.

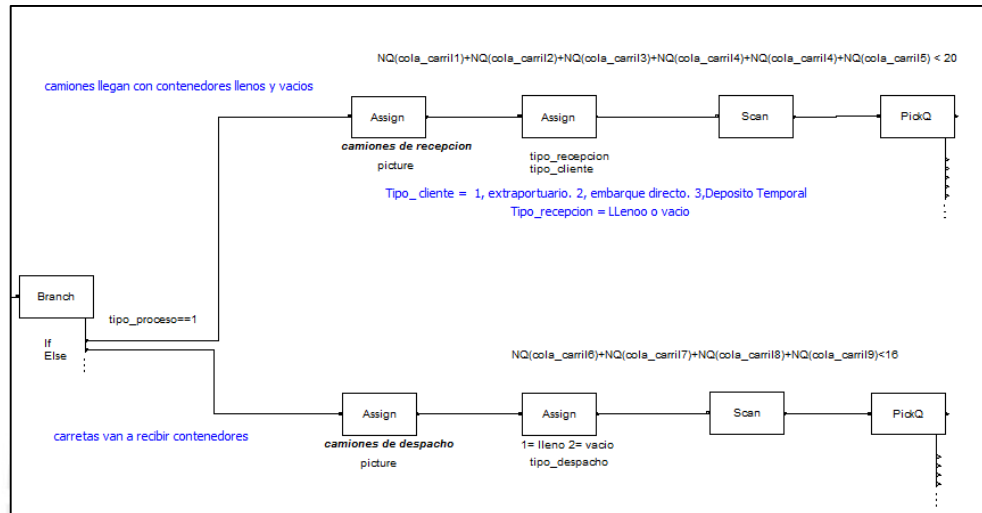


Ilustración 35: Diagrama de bloques: Selección de la cola más corta

3.6.2 Espera en el antepuerto

En la ilustración 36 se representó la espera de los camiones dentro del antepuerto. Se creó un *block Seize* ficticio con un tiempo de servicio muy largo a fin de que las entidades esperen en cada carril asignado.

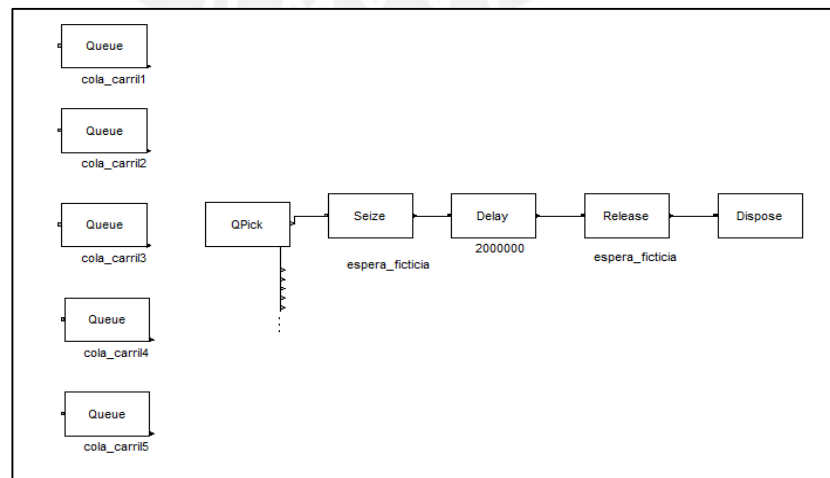


Ilustración 36: Diagrama de bloques Espera en Antepuerto

3.6.3 Llamado de camiones por el torreón

La ventaja de haber representado la espera de camiones a través del bloque “espera_ficticia” es que da paso a utilizar la expresión lógica “Aque”, quien permite identificar la primera identidad en cola de cada tipo de camión sea tanto lleno como vacío. Después de haber identificado el tipo de camión, se da a paso a utilizar el bloque *Remove*, el cual extrae a la primera identidad. Previo a ello, debe cumplir ciertas condiciones como que se elija el camión que pertenezca a la cola más larga, del mismo modo si dicho camión será pesado o tan solo inspeccionado. Cabe mencionar que se colocó un nuevo *block Create* con el objetivo de que cada llamado sea en un intervalo de 1.5 minutos y dependiendo de la disponibilidad del recurso balanza y carril de inspección. Del mismo modo, se utilizó una lógica similar para los carriles 6,7,8 y 9. A continuación, en la ilustración 37 se puede apreciar una parte de la lógica empleada.

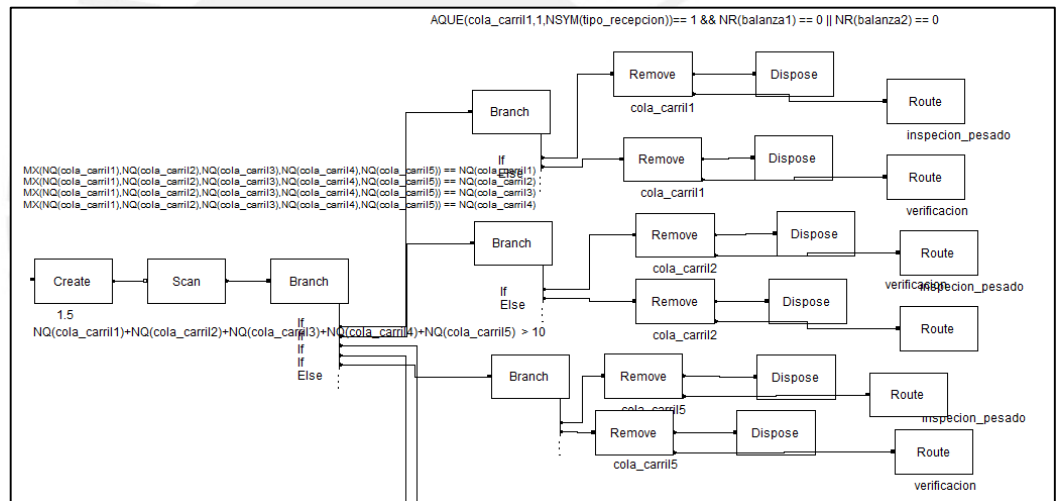


Ilustración 37: Diagrama de Bloques llamado hacia servicios

3.6.4 Servicio de inspección y pesado

En la ilustración 40 se puede observar la selección del servicio tanto de pesado como de inspección, en la cual destaca el *block Branch* debido a que depende del atributo tipo de recepción. Por un lado, si se trata recepción de contenedores llenos estos deberán pasar obligatoriamente por una de las balanzas. Por otro lado, si se trata de recepción de contenedores vacíos, estos solamente deberán ser inspeccionados. En la Ilustración 38 se puede apreciar una lógica similar. No obstante, solo

está orientada para las carretas²², es decir, camiones de despacho. Los cuales seleccionaran uno de los carriles alternos para ser inspeccionados.

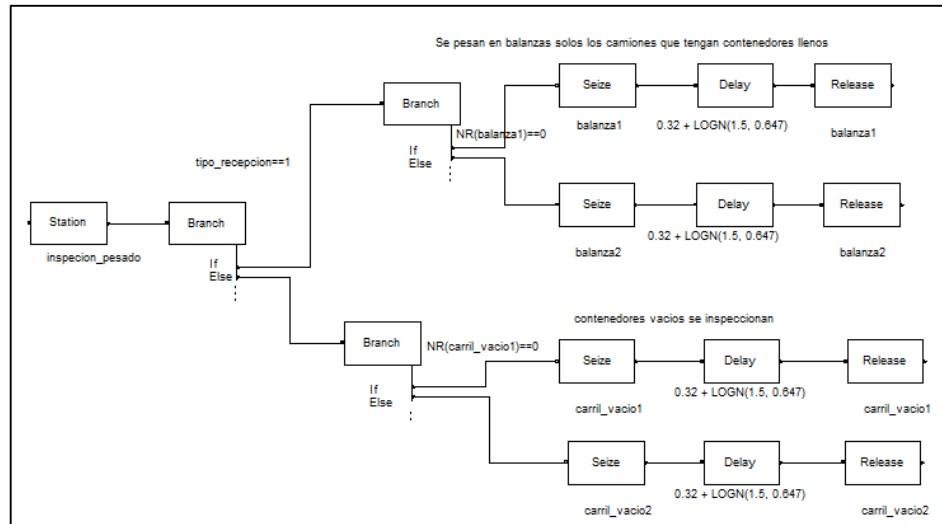


Ilustración 38: Diagrama de bloques: Servicio de inspección y pesado

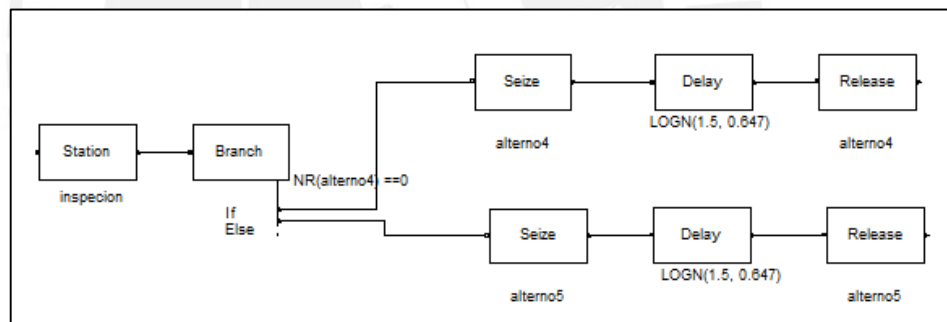


Ilustración 39: Diagrama de la selección de carril para inspección

3.6.5 Servicio documentario en Garita

Luego que los camiones terminan de ser pesados o inspeccionados estos deberán seleccionar entre una de las dos garitas de entrada más próximas. La única excepción son los camiones que fueron inspeccionados por tener contenedores vacíos ya que solo podrán dirigirse a la garita 2. Se emplearon como *blocks* principales el *block Scan* y *PickQ*. El primero con la finalidad de permitir el traslado siempre y cuando haya menos de 4 camiones en cola. El segundo, con el objetivo de elegir

²² Carretas se utiliza en el vocabulario portuario para llamar a los camiones a los cuales hay que cargar un contenedor.

la cola más corta. Asimismo, para simular los traslados se empleó el *block Route* y *Station*, Como se aprecia en la ilustración 40.

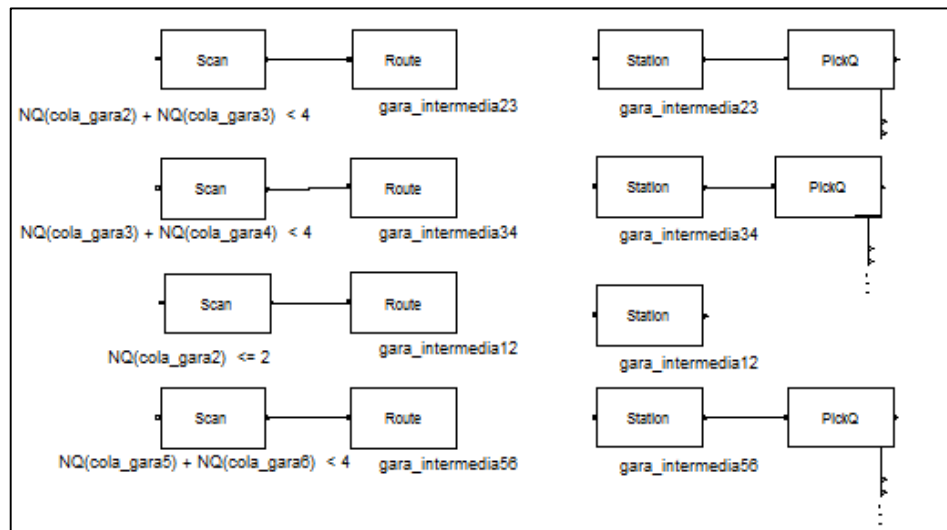


Ilustración 40: Diagrama de bloques. Selección de garita de entrada

En la ilustración 41 se representó el servicio documentario en cada una de las garitas, en la cual se definió el *Element Failures* con el objetivo de mostrar el error *Fail to dake*, asimismo, destaca el *block assing* el cual se utilizó para atribuir la posición inicial para cada una de las garitas, ya que a partir del *block station* definido para cada garita se distribuirán hacia la zona operativa para realizar tanto el proceso de recepción como de despacho.

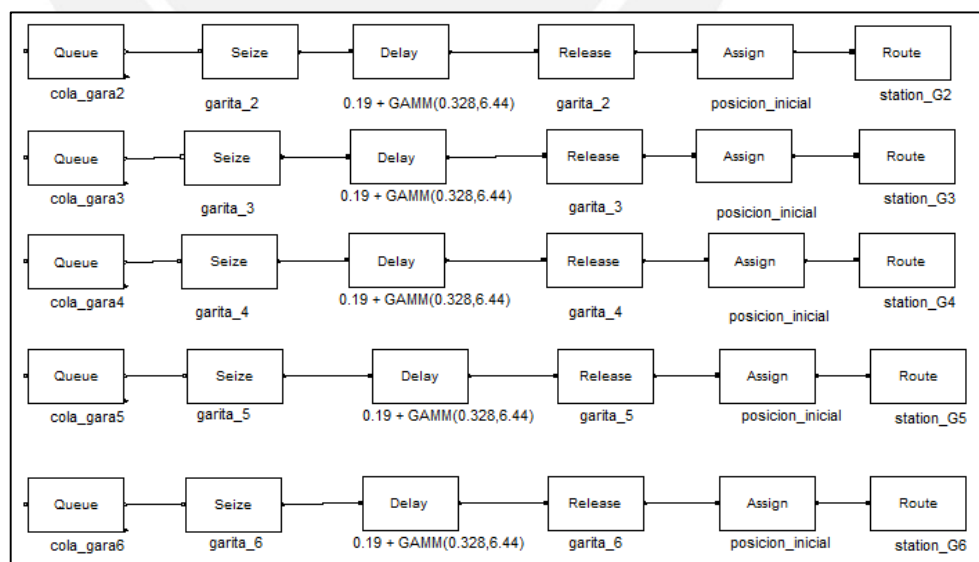


Ilustración 41: Diagrama del servicio documentario en garitas

3.6.6 Desplazamiento y servicios en la zona operativa

En la ilustración 42 se representó el rechazo de camiones que no cumplieron con algún requerimiento o debido a alguno de los motivos mostrados en el Anexo 10 por lo que el transportista deberá realizar la maniobra “Vuelta en U”. Se empleó el *element Variables* con la finalidad de destinar la posición inicial definida en la ilustración 41 así como el atributo *vuelta_U* con la finalidad de utilizar una matriz de tiempo dentro del *block Route*. Asimismo, se colocó el *block branch* con el objetivo de asignar el tipo de contenedor a despachar o recepcionar. Por último, se colocó el contador ACTIVO, quien es el artificio más importante de esta parte, ya que desarrollo una lógica que se comunica con el gate de salida. Ya que al activarse la vuelta en U, los flujos de salida deberán detenerse para poder realizar dicha maniobra.

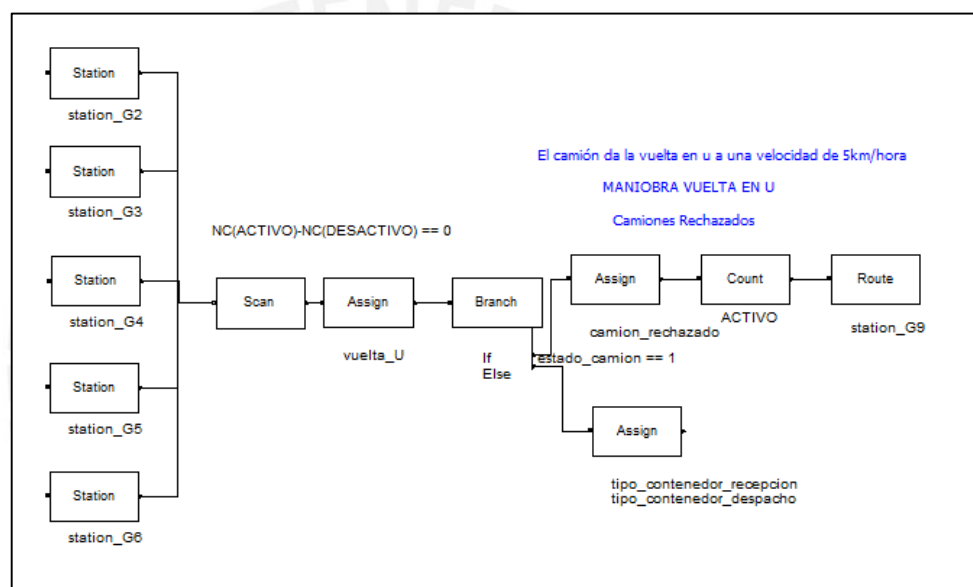
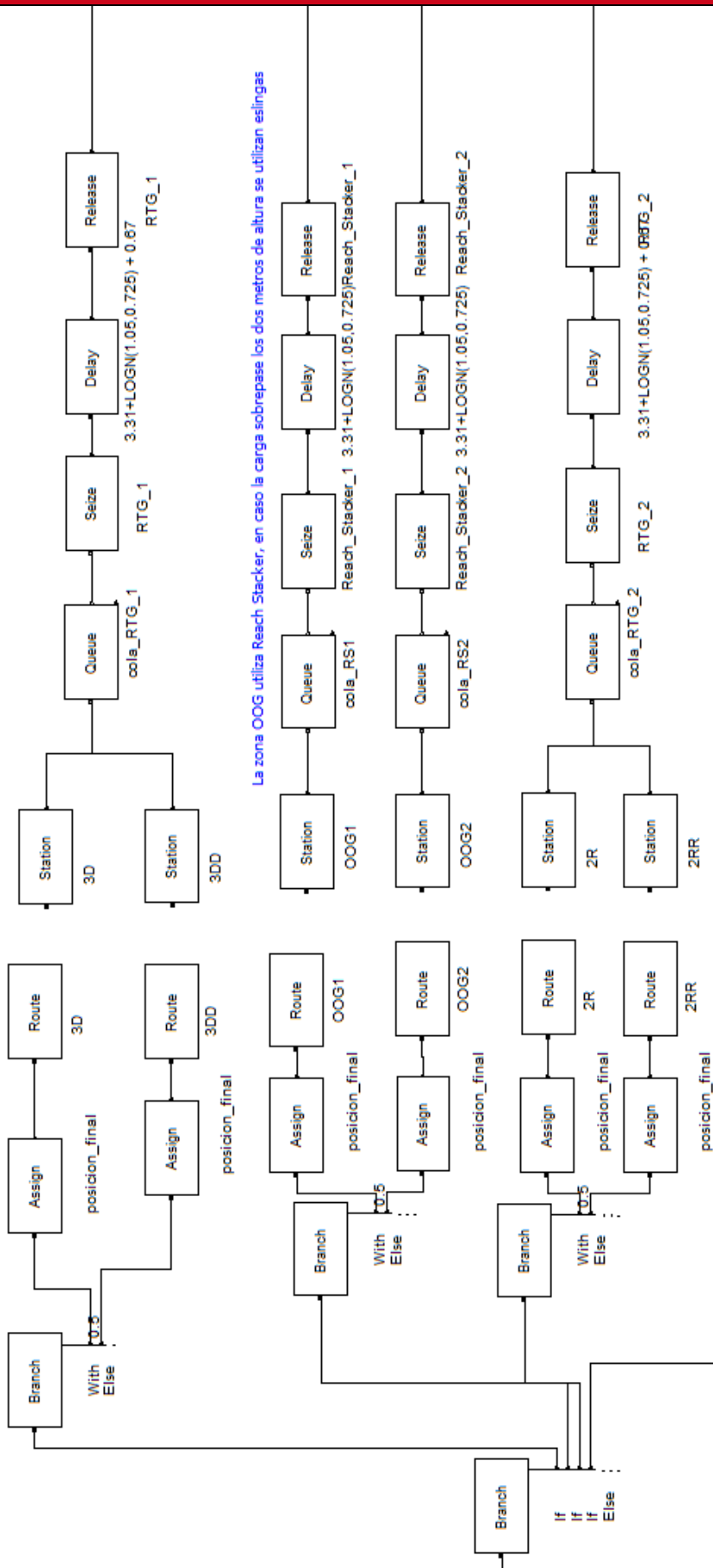


Ilustración 42: Diagrama de bloques. Vuelta en U

En la ilustración 43 y 44 se modelaron el desplazamiento de los camiones hacia la zona operativa. Se utilizó el *block branch* con el objetivo de separar el desplazamiento tanto de las operaciones en la zona de vacío como en la zona de llenos. Asimismo, se empleó una matriz de tiempo llamada *variable_disntacia* dentro del *block Route*, la cual apoyada de una lógica en los *blocks branch*, los camiones pueden dirigirse a la ruma de contenedores de acuerdo al tipo de contenedor asignado previamente con el *block assing* de la ilustración 42. Una vez dirigidos a la zona correspondiente estos serán atendido por el tipo de recurso que se encuentre disponible en dicha zona, pudiendo ser RTGs, *Reach Stacker* o *Empty Handlers*

Se considera 40 segundos de traslado hacia el camión 0.67mn



La zona OOG utiliza Reach Stacker, en caso la carga sobrepase los dos metros de altura se utilizan eslingas

Ilustración 43: Desplazamiento y servicio en zona de llenos

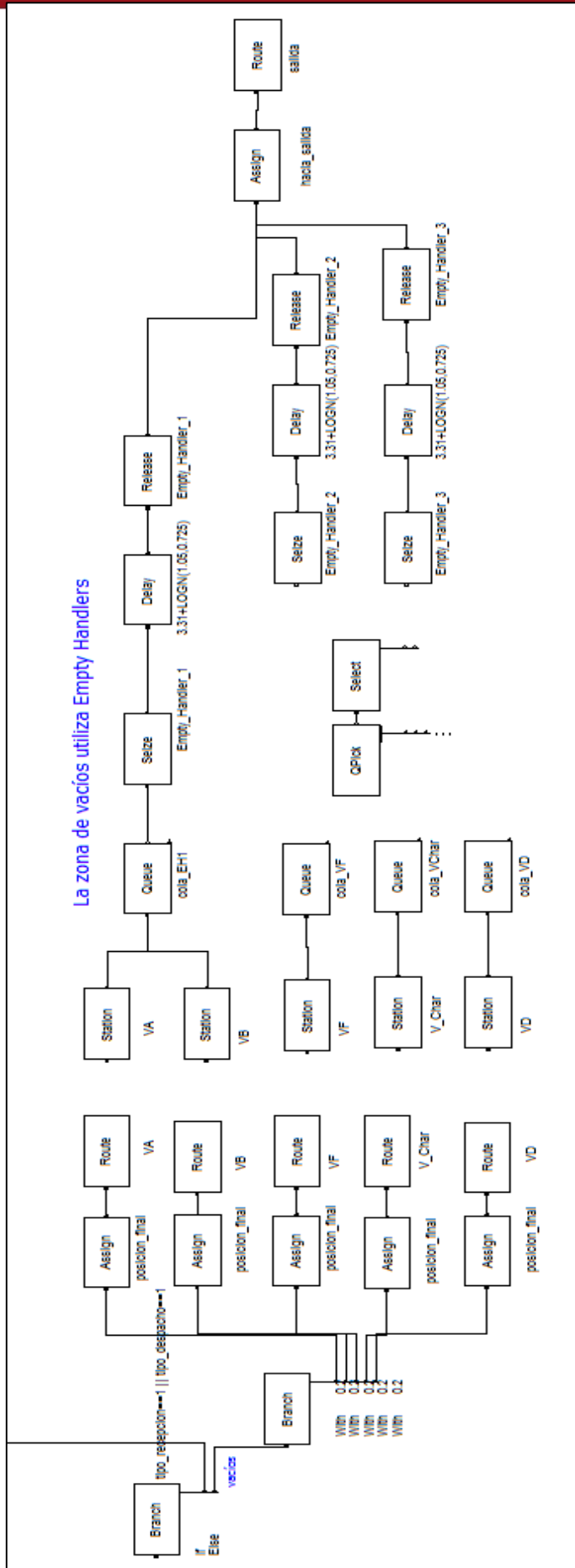


Ilustración 44: Desplazamiento y servicio en zona de vacíos

3.6.7 Destare y pesado de camiones

En la ilustración 45 se utilizaron como *blocks* principales 2 *blocks branch*. El primero, se empleó para retirar a los camiones que no tienen la necesidad de ser destarados o pesados, debido a que son clientes extraportuarios y tuvieron un proceso de recepción. El segundo, se utilizó para seleccionar las balanzas de acuerdo a la disponibilidad de estas. Asimismo, el *block Scan* ayudo a retener el flujo de camiones para que puedan pasar de uno en uno de acuerdo a la disponibilidad de las balanzas. Finalmente, la particularidad del primer bloque SCAN es ejecutar una lógica que detenga en el flujo de camiones cuando se dé la maniobra vuelta en U.

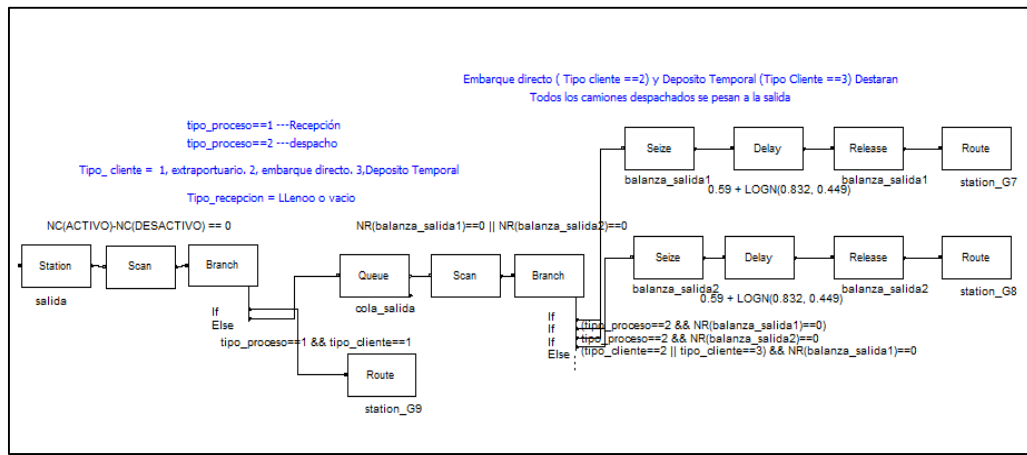


Ilustración 25: Diagrama de bloques. Destare y pesado de camiones

3.6.8 Revisión documentaria al final en los gates de salida

Asimismo, en la ilustración 46 se representó el servicio documentario e inspección final en los gates de salida. En los cuales se utilizaron *blocks* básicos como *queue*, *seize*, *delay*, *reléase* y *dispose*. No obstante, se puede observar que el *block Count*, se utilizó con la finalidad de dar por terminada la maniobra “vuelta en U”, y de esta manera poder activar la condición del bloque *Scan* de la ilustración 45 con el objetivo de permitir que continúe en flujo.

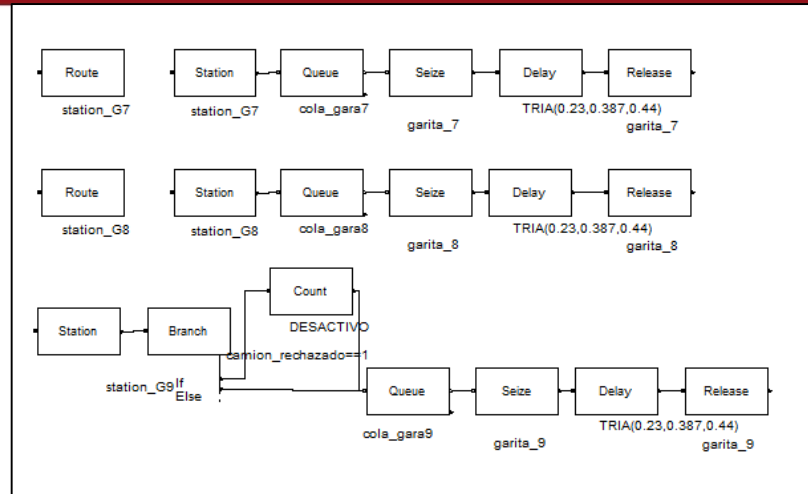


Ilustración 46: Diagrama de bloques. Revisión en Gates de salida

3.6.9 Medición de indicadores finales

Finalmente, después de haber recibido el servicio de las garitas de salida, se procedió a medir los dos indicadores principales, el *truck time* y el tiempo en el sistema. Por un lado, el primero se enfoca en medir el tiempo dentro del patio de operaciones, mientras que el otro, el tiempo desde la llegada al antepuerto hasta el final del proceso. Asimismo, con la finalidad de cuantificar la cantidad de multas que el terminal portuario paga por camiones, que tienen un *truck time* mayor a 30 minutos, se representó a través de un bloque *branch* y *count*, como se puede apreciar en la Tabla 47.

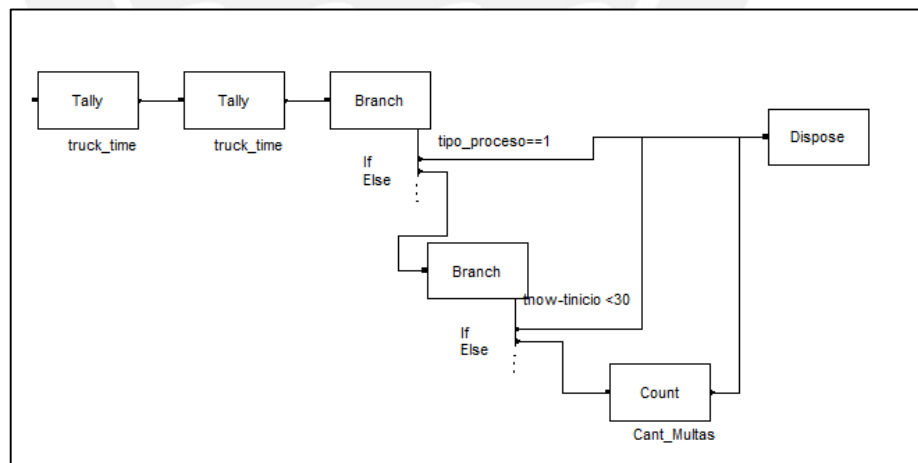


Ilustración 47: Diagrama de medición de indicadores principales

3.7 Validación y Análisis de resultados

A continuación, se validarán y analizarán los resultados del modelo. Por un lado, la validación se realizó a través de pruebas de hipótesis, asimismo se reforzó a través de aplicar el Test de Turing al personal portuario. Por otro lado, el análisis de resultados se realizó a través de la herramienta Output Analyzer que el software arena ofrece, la cual ayudo a determinar el periodo estable, en la cual se baso dicho análisis. Adicionalmente, sirvió para calcular la longitud de réplica adecuada para las posibles propuestas de mejora.

3.7.1 Verificación del modelo

Previo a la validación y/o análisis de resultados, la etapa de verificación del modelo es una de las más importantes, pues es aquí donde se verifican los detalles de los bloques empleados para la simulación. Asimismo, se observa si las condiciones establecidas funcionan correctamente. Cabe mencionar, que se dió gran énfasis a la verificación del modelo del terminal portuario en estudio.

3.7.2 Validación del modelo

La validación consiste en comparar los resultados del modelo con los resultados del sistema portuario real. Asimismo, apoyado de herramientas estadísticas como pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también se determinará la validez del modelo. A continuación, se validaran los principales indicadores y contadores para determinar si hubo una buena representación del puerto marítimo en estudio.

3.7.3 Validación del Truck Time

Para validar el Tiempo promedio dentro de la zona operativa. Se corrió el modelo durante un año, es decir, 518 400 minutos²³. Este proceso se repitió 10 veces con la finalidad de validar a través del estadístico to. A continuación, la Tabla 42 muestra los siguientes resultados.

²³ Se consideró 360 días durante un año. Asimismo porque las operaciones portuarias no paran inclusive en fechas festivas.

# réplica	Truck Time
1	16.05
2	16.68
3	16.29
4	15.94
5	16.45
6	16.64
7	16.16
8	16.55
9	16.98
10	15.28

$$H_0 : E(Y) = 16$$

$$H_1 : E(Y) \neq 16$$

Promedio Real	16
E(Y)	16.30
Sy	0.48
to	-1.99
t 0.975, 9 =	2.262

$|t_0| < 2.262$: No se rechaza H_0

Tabla 42: Validación del truck time

Como se puede observar el estadístico de prueba t_0 es menor que 2.262. Por tanto, no hay evidencias suficientes para Rechazar H_0 , es decir, el $E(Y) = 16$ minutos. Por ello, se puede concluir que los resultados son similares al sistema real.

3.7.4 Validación del tiempo en el sistema

El tiempo en el sistema también se validó corriendo la simulación por un periodo de un año. Este proceso se repitió 10 veces con la finalidad de validar los resultados a través del estadístico de prueba t_0 . La Tabla 43, muestra los siguientes resultados.

# réplica	Tiempo - Sistema
1	39.637
2	40.625
3	39.839
4	39.69
5	39.998
6	40.29
7	39.823
8	40.182
9	39.493
10	40.134

$$H_0 : E(Y) = 40$$

$$H_1 : E(Y) \neq 40$$

Promedio real	40
E(Y)	39.97
Sy	0.34
to	-0.27

$|t_0| < 2.262$: No se rechaza H_0

Tabla 43: Validación del tiempo en sistema

Como se puede observar el estadístico de prueba t_0 es menor que 2.262. Por tanto, no hay evidencias suficientes para Rechazar H_0 , es decir, el $E(Y) = 40$ minutos. Por ello, se puede concluir que los resultados son similares al sistema real.

3.7.5 Validación de cantidad de camiones rechazados

Dado que se contaba con data mensual entre los meses de Febrero a Noviembre de la cantidad de contenedores rechazados en el periodo 2014. Por tanto, se realizaron 10 réplicas durante un año cada una. Con el propósito de determinar el promedio mensual por corrida. La Tabla 44 muestra los siguientes resultados.

# réplica	Cantidad vueltas en U mensual
1	1772
2	1741
3	1781
4	1769
5	1770
6	1765
7	1760
8	1748
9	1747
10	1762

$$H_0 : E(Y) = 1769$$

$$H_1 : E(Y) \neq 1769$$

Promedio real	1769
E(Y)	1762
Sy	12.68
to	-1.87

$$|t_0| < 2.2776 : \text{No se rechaza } H_0$$

Tabla 44: Validación de la cantidad de camiones rechazados

Como se puede observar el estadístico de prueba t_0 es menor que 2.276. Por tanto, no hay evidencias suficientes para Rechazar H_0 , es decir, el $E(Y) = 1776$ camiones rechazados al mes. Por ello, se puede concluir que los resultados son similares al sistema real.

3.7.6 Validación del tiempo en cola en el antepuerto

El tiempo entre colas en el antepuerto se validó entrevistando a los transportistas en el antepuerto, quienes comentaban que normalmente esperaban entre 15 a 20 minutos. Se corrió el modelo durante un año con 10 réplicas por corrida para obtener el tiempo promedio de espera en el antepuerto. La Tabla 45, muestra los siguientes resultados.

# réplica	Tiempo en cola Antepuerto
1	18.58
2	18.465
3	18.481
4	18.57
5	18.52
6	18.627
7	18.589
8	18.535
9	18.524
10	18.552

$$H_0 : E(Y) = 18$$

$$H_1 : E(Y) \neq 18.56$$

Promedio real	18.57
E(Y)	18.54
Sy	0.05
to	1.64

$$|t_0| < 2.262 : \text{No se rechaza } H_0$$

Tabla 45: Validación del tiempo de cola - Antepuerto

Como se puede observar el estadístico de prueba t_o es menor que 2.262. Por tanto, no hay evidencias suficientes para Rechazar H_o , es decir, el $E(Y) = 1776$ camiones rechazados al mes. Por ello, se puede concluir que los resultados son similares al sistema real.

3.7.7 Validación del Nivel de servicio

Para validar nivel de Servicio del terminal portuario se corrió la simulación por un periodo de un año. Este proceso se repitió 10 veces con la finalidad de validar los resultados a través del estadístico de prueba t_o . La Tabla 46 muestra los siguientes resultados.

# réplica	Nivel de servicio
1	96.29%
2	96.49%
3	96.38%
4	96.41%
5	96.51%
6	96.49%
7	96.49%
8	96.62%
9	96.45%
10	96.39%

$H_o : E(Y) = 97\%$
 $H_1 : E(Y) \neq 97\%$

Promedio real	97%
$E(Y)$	96.45%
S_y	0.001
t_o	1.67

$|t_o| < 2.262 : \text{No se rechaza } H_o$

Tabla 46: Validación del Nivel de servicio

Como se puede observar el estadístico de prueba t_o es menor que 2.262. Por tanto, no hay evidencias suficientes para Rechazar H_o , es decir, el $E(Y) = 96.5\%$. Por tanto, los resultados son similares al sistema real.

3.7.8 Test de touring

Con la finalidad de reforzar la validación del modelo se entrevistó a los expertos del terminal en estudio. A continuación, se presenta en la Tabla 47, el resumen de las respuestas brindadas.

A validar	Puesto	Criterio	Arena
Truck Time	Sub Gerente Planeamiento	15 - 17 min	15.89 min
Tiempo Sistema	Analista de Gate	35 - 45 min	37.71 min
Cantidad Vueltas en U		1700 - 1850	1775
Nivel de servicio		96% - 98%	96.45%
Tiempo en cola -Antepuerto	Chofer	15 - 35 min	18.56 min

Tabla 47: Validación - Test de Touring

Como se puede observar, según los expertos los resultados arrojados por el modelo son semejantes a los de la realidad. Por lo tanto, se puede concluir que no hay evidencia para considerar inadecuado el modelo.

3.8 Análisis de resultados

Se definió el terminal portuario en estudio como un sistema No terminal debido a que no tiene un instante de inicio y final definido dado que el puerto labora las 24 horas del día. Asimismo, las condiciones iniciales del modelo no son relevantes, pues el análisis de interés se sitúa en el estado estable del sistema. Por esta razón, los resultados a analizar son datos persistentes en el tiempo, es decir, datos que muestren fluctuaciones durante la simulación para la variable estadística determinada.

3.8.1 Cálculo de la longitud de réplica (LR)

Para el cálculo de la L.R se utilizará previamente el método bach mean con la finalidad de obtener datos con una correlación mínima y a partir de ello se puedan asumir como datos independientes, idénticamente y normalmente distribuidas. Asimismo, el cálculo de la longitud de réplica adecuada servirá como base para las mejoras a proponer. A continuación, se presente el análisis para los dos principales variables el truck time y el tiempo de sistema.

a) Periodo de calentamiento (T_c): Se determinó dicho periodo a partir de combinar en una misma gráfica las fluctuaciones de la variables en un periodo total de 5 millones de minutos. En la ilustración 48, se muestra el desarrollo del trucktime y tsistema durante la simulación

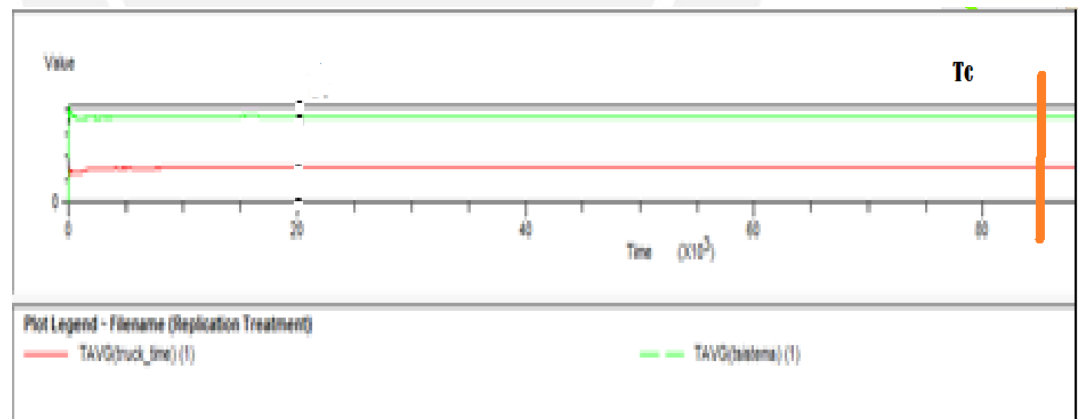


Ilustración 48: Determinación del Periodo de calentamiento

Como se puede observar, se determinó el periodo de calentamiento durante un intervalo de 100 000 minutos ya que hasta ese momento las dos variables mostraban fluctuaciones. Cabe resaltar que la variable trucktime se estabilizó antes. A continuación, se presentará el cálculo de longitud de réplica adecuada para cada variable, a partir de un periodo de calentamiento de 100 000 minutos para cada una.

b) **Método *Batch mean***: Se aplicó dicho método, el cual consiste en agrupar las medias en grupos para evaluar la correlación entre estas. De esta manera, se seleccionara el número de observaciones adecuado que brinde una correlación mínima entre las medias. Luego, se volverán a agrupar para determinar las independencias y normalidad de los datos.

3.8.2 Análisis para el Truck Time

La metodología empleada para el cálculo de longitud de réplica se puede apreciar en el Anexo 11. A continuación, en la Tabla 48 se describe el resumen de los datos obtenidos.

TRUCK TIME

Concepto	Valor	Unidades
Tiempo corrida	5000000	min
Periodo Truncado (T)	100000	min
Periodo Estable	4900000	min
A1 (Sieze)	3000	min
K1 (medias)	1633	medias
Covariaza estimada entre batches	0.991	min 2

Regla (maximun Lag)	163.3	-
A2 (# observaciones per batch)	50	observaciones
k2(number of batches // doble medias))	32	<i>batches</i>
Covariaza estimada entre batches	0.2938	min 2
Longitud de Réplica	4900000	min

Media Truck time	16	min
h (half widht)	0.018	min
h* (half widht) requerido	0.0192	min
k2*	28	<i>batches</i>
LR*	4300000	min

Tabla 48: *Batch mean* para el truck time

Como se puede apreciar en la Tabla 48, inicialmente, se agruparon los datos en intervalos de $A1 = 3000$ minutos, se obtuvieron $K1 = 1613$ medias, las cuales presentaron una alta covarianza 0.991. A partir de ello, se utilizó el correlograma, para identificar el número de observaciones por batch $A2$, en el cual las medias presentaban una correlación mínima; es decir, menor a 0.1. Se determinó un valor $A2 = 50$ observaciones, dado este valor, se procedió a agrupar las medias $K1$ en 50 grupos, obteniéndose un valor de $K2 = 32$ batches, los cuales representaban 32 nuevos promedios con una covarianza de 0.29. Finalmente, se procedió a utilizar un intervalo de confianza para determinar si el nivel de precisión de los datos "half widht" era el adecuado. Dicho valor, presento una precisión bastante aceptable ya que fue un tanto menor del valor Half

widht requerido, 0.12% de la media. Por tanto, la longitud de réplica adecuada para correr el modelo es de 4900000 minutos.

3.8.3 Análisis para el Tiempo en el Sistema

La metodología empleada para el cálculo de longitud de réplica se puede apreciar en el Anexo 12. A continuación, en la Tabla 49 se describe el resumen de los datos obtenidos.

TSISTEMA

Concepto	Valor	Unidades
Tiempo corrida	5000000	min
Perido Truncado (T)	100000	min
Periodo Estable	4900000	min
A1 (Sieze)	3000	min
K1 (medias)	1633	medias
Covariaza estimada entre batches	0.998	min 2

Regla (maximun Lag)	163.3	-
A2 (# observaciones per batch)	46	observaciones
k2(number of batches // doble medias))	35	batches
Covariaza estimada entre batches	0.3113	min 2
Longitud de Réplica	4930000	min

Media Tiempo Sistema	38	min
h (half widht)	0.0179	min
h* (half widht) requerido	0.038	min
k2*	7	batches
LR*	1066000	min

Tabla 49: Batch mean para el tiempo en el sistema

Como se puede apreciar en la Tabla 49, inicialmente, se agruparon los datos en intervalos de $A1 = 3000$ minutos, se obtuvieron $K1 = 1633$ medias, las cuales presentaron una alta covarianza 0.998 A partir de ello, se utilizó el correlograma, para identificar el número de observaciones por batch $A2$, en el cual las medias presentaban una correlación mínima; es decir, menor a 0.1. Se determinó un valor $A2 = 46$ observaciones, dado este valor, se procedió a agrupar las medias $K1$ en 46 grupos, obteniéndose un valor de $K2 = 35$ batches, los cuales representaban 35 nuevos promedios con una covarianza de 0.45. Finalmente, se procedió a utilizar un intervalo de confianza para determinar si el nivel de precisión de los datos "half widht" era el adecuado. Dicho valor, presento una precisión bastante aceptable ya que fue bastante menor del valor Half widht requerido, 0.1% de la media. Por tanto, la longitud de réplica adecuada para correr el modelo es de 4930000 minutos.

3.8.4 Selección de la longitud de réplica

Después del análisis de la variables truck time y tiempo sistema, se decidió seleccionar la longitud de réplica más grande; es decir, 4 930 000 minutos a partir de ello, las propuestas de mejora deberán ser corridas a partir de dicho valor.

3.9 Alternativas de mejora

A continuación, se realizará la optimización de este a partir de la herramienta Optquest que el software Arena ofrece. Previo a ello, se plantearán “*quick wins*”²⁴, que permitan soluciones rápidas alineadas al proceso de recepción y despacho de contenedores.

3.9.1 Quick wins

Con el objetivo de encontrar soluciones rápidas y eficientes que estén alineadas a reducir el tiempo de permanencia en el terminal y aumentar la eficiencia de las maquinarias RTG. A continuación se plantean las siguientes propuestas de mejora.

3.9.2 Señalización en el terminal portuario

La señalización ineficiente o falta de estas en las rutas de entrada y salida dentro del terminal afectan directamente a la estadía dentro del terminal. Teniendo como consecuencia que los transportistas pierdan tiempo tratando de ubicar la posición indicada en la hoja de ruta. Por lo tanto, como primer “*quick win*” se plantea colocar paneles después del ingreso por las garitas que permitan como llegar hacia la posición indicada. Asimismo, como colocar paneles en cada esquina de la zona operativa para la salida de camiones.

3.9.3 Conversión de motores RTG diésel a motores eléctricos

Disminuir los costos operativos es un reto que el terminal portuario debe afrontar. Actualmente, las RTG registraron un consumo anual de S/. 3,905,750.00 que significo el 25% de la estructura de costos. Por esta razón, surge la necesidad de buscar alternativas para generar ahorro a través del consumo. De esta manera como segundo “*quick win*” la conversión de los motores RTG de diésel a motores híbridos podría representar un gran beneficio a largo plazo. Asimismo, dicho cambio también involucraría mayor tiempo de vida y eficiencia operativa²⁵, dado que la potencia se mantendría e incluso podría ser mayor. Adicionalmente, también se tendrían menores emisiones de gases

²⁴ “*quick wins*” se le llama a alternativas de solución que permitan resolver problemáticas de manera rápida y eficiente.

²⁵ *Solutions for diésel electric Cranes* : Fuente: SIEMENS <http://w3.siemens.com.br/home/br/pt/cc/cranes/documents/eco-rgt.pdf>

contaminantes²⁶, según Julie Arnault, subgerente de Proyectos del puerto ABC, “una grúa tradicional emite más de 450 toneladas de gases de efecto invernadero, mientras que la grúa eléctrica emite 190 toneladas de estos mismos gases²⁷”. El ahorro se materializa con la siguiente premisa.

“ LA RTG debe operar con altos RPMs cuando los necesite, pero debe operar con bajos RPMs cuando no los necesite”. Según la ilustración 49, se tendría el siguiente ahorro al relacionar la cantidad de movimiento por hora versus el consumo de diésel.

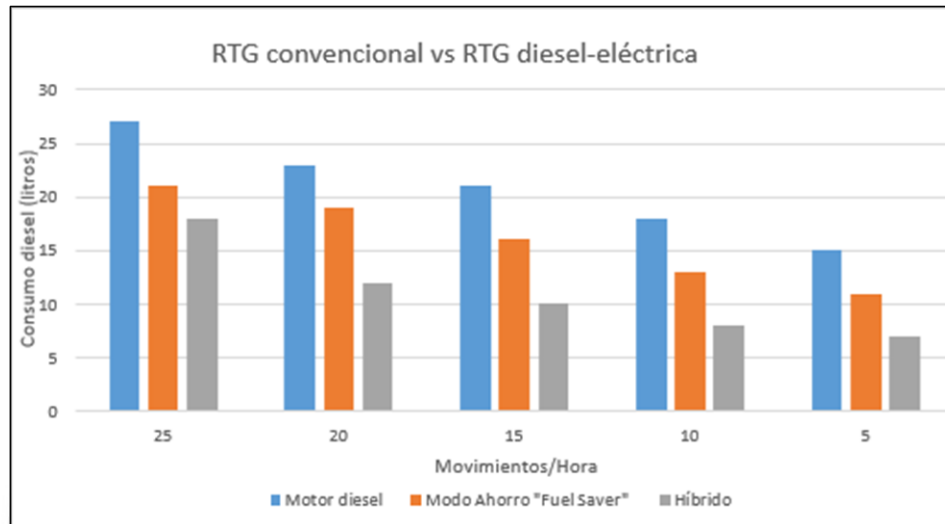


Ilustración 49: Consumo diésel vs Movimientos por hora

Fuente: Konecranes,

Como se puede observar, la alternativa de convertir el motor RTG a motores eléctricos significaría un gran ahorro. En el siguiente capítulo se podrá cuantificar el ahorro anual que podría generarse al implementar grúas RTG con sistemas eléctricos o híbridos.

3.10 Optquest Arena

Diseñar el modelo del terminal portuario permitió analizar y validar los resultados arrojados por el modelo con la situación actual. A partir de ello, con la finalidad de analizar diversos escenarios y buscar la mejor alternativa que permita optimizar los resultados, la herramienta Optquest de Arena brinda un método de optimización que analiza y compara resultados con corridas anteriores a partir de una serie de controles, variables de respuesta, restricciones y una función objetivo previamente definidas. El principal beneficio de esta herramienta es que el modelo

²⁶

Fuente: http://www.konecranes.com/sites/default/files/download/konecranes_power_optimons_brochure_final.pdf

²⁷ Fuente: el comercio: <http://elcomercio.pe/economia/negocios/apm-terminals-invierte-us20-millones-compra-12-gruas-noticia-1750895>

diseñado del terminal portuario no es afectado por el optimizador. A continuación se presentan las condiciones y variables definidas que permitan la ejecución de la herramienta Oprquest.

3.10.1 Controles

Está definido por las variables o recursos que pueden manipularse para afectar el comportamiento del sistema a simular. A continuación, se describe los controles seleccionados y sus valores asignados.

- 1) Garitas de entrada y salida: Actualmente el terminal portuario cuenta con 5 garitas de entrada para la zona operativa y 3 garitas de salida.
- 2) Balanzas de entrada y salida: Las balanzas de entrada son consideradas como cuellos de botella dado que tan solo se cuenta con dos de estas balanzas tanto en la entrada como en la salida.
- 3) Carril de inspección: Para los transportistas que devuelven contenedores vacíos, solo se cuentan con 2 carriles vacío.
- 4) Carriles alternos: Para los camiones que recogerán un contenedor se cuenta con 2 carriles vacíos

La Tabla 50, presenta el resumen de los valores asignados a cada control.

Recursos \ Calidad	Mínimo	Esperado	Máximo
Balanza de entrada 1	1	1	2
Balanza de entrada 2	1	1	2
Carril de inspección 1 (cajas vacías)	1	1	2
Carril de inspección 2 (cajas vacías)	1	1	2
Carril alternativo 1	1	1	2
Carril alternativo 2	1	1	2
Garita de entrada 2	1	1	2
Garita de entrada 3	1	1	2
Garita de entrada 4	1	1	2
Garita de entrada 5	1	1	2
Garita de entrada 6	1	1	2
Balanza de salida 1	1	1	2
Balanza de salida 2	1	1	2
Garita de salida 1	1	1	2
Garita de salida 2	1	1	2

Tabla 50: Controles para Optquest

3.10.2 Variables de respuesta

Estas variables están definidas por los outputs del modelo, pudiendo ser *tallies*, tiempo en cola, etc. Por tanto, para estar alineados con los objetivos del terminal en estudio. A continuación se describen las variables de respuesta a emplear en el Optquet.

- 1) Truck time: Se desea que el tiempo promedio dentro de la zona operativa sea en promedio 16 minutos.

Variables de Respuesta	Tipo
Truck time	Tally

Tabla 51: Responses para el Optquest

3.10.3 Restricciones

Las restricciones del modelo son utilizadas con la finalidad de ayudar al Optquest a encontrar una respuesta más rápida, asimismo, para que el resultado esperado se encuentre dentro de los rangos establecidos. A continuación, en la Tabla 52 se puede observar las condiciones sujetas al modelo.

Descripción	Condición
Garitas de entrada	Sumatoria Garitas entrada ≤ 7
Garitas de salida	Sumatoria Garitas salida ≤ 5
Balanzas de entrada	Balanza_entrada1 + Balanza_salida2 ≤ 4
Balanzas de salida	Balanza_salida1 + Balanza_salida2 ≤ 4

Tabla 52: Restricciones para el Optquest

Las condiciones basadas en la cantidad máxima de garitas y balanzas se obtuvieron después de analizar el mapa de expansión del terminal portuario.

3.10.4 Función Objetivo

El objetivo definido para el Optquest es mejorar el tiempo promedio dentro del terminal portuario, especialmente para el proceso de despacho de contenedores, ya que si el truck time excede los 30 minutos el puerto es castigado con una multa de 19 soles por camión. Debido a ello, se diseñó una función objetivo que minimice el truck time.

Función Objetivo: Min (Truck Time)

La finalidad de reducir el Truck time, es pensar también en la futura demanda creciente de movilizaciones de TEUs que el terminal en estudio deberá encarar. Por ende, mejorar el flujo de recepción y despacho, impactará en un menor número de multas, así como una mejor utilización de las RTG.

3.10.5 Premisas del modelo

Dados los resultados del análisis de datos tanto para la variable truck time como tiempo en el sistema. Por lo tanto, a herramienta Optquest será corrida con las siguientes condiciones:

- 1) El número de réplicas es de 1 debido a que es un sistema no terminal.
- 2) El número de simulaciones son 100.
- 3) Cada simulación es corrida con un Longitud de corrida igual a 4 930 000 de minutos.

CAPÍTULO 4. Evaluación técnica y económica

En el presente capítulo se evaluarán los resultados obtenidos por el Optquest. Asimismo, a través de indicadores económicos y financieros se analizará el tiempo de recupero de la inversión así como el ahorro que generará implementar la propuesta de mejora

4.1 Evaluación técnica

Dada la complejidad del sistema a modelar, fue necesario buscar la mejor alternativa a través de la herramienta Optquest de Arena. Los resultados obtenidos se pueden apreciar en el Anexo 13, dicha combinación de recursos simulada por un periodo anual permitió tener los siguientes resultados mostrados en la Tabla 53.

Indicador	Situación Actual	Propuesta de mejora	Variación
Truck Time	16.5	14.32	-13.21%
Nivel de servicio	97%	98%	1%
Tiempo en el sistema	45	37.67	-16.29%
Utilización RTG	36%	48%	11.50%
Cantidad de multas	27257	294	-98.92%

Tabla 53: Comparación de indicadores

En la Tabla 53, se puede observar que los enfoques de minimización del truck time, el cual mejoró en 13.21% también tuvieron un impacto positivo en los indicadores de nivel de servicio (+1%), el tiempo en el sistema se redujo en (-16.29%) y utilización de las maquinarias RTG asignadas al proceso de recepción y despacho de contenedores aumentaron (+11.5%). Por último, la cantidad de multas se redujo en 98.92% cantidad que le permitirá tener ahorros significativos al terminal portuario; además se explica porque el modelo propuesto permite un flujo de entrada y salida más ágil debido al incremento de garitas, balanzas y ampliación de un carril alterno.

4.2 Evaluación económica

A continuación se presentará el detalle que representa la inversión para implementar la propuesta de mejora. Así como el beneficio esperado de estas.

4.2.1 Inversión

Los cuales involucran desde la obtención de una licencia original del Software Arena Professional Edition. Detalle de los costos de los *quick wins* como paneles de señalización y conversión a consumo eléctrico de los motores RTG. Finalmente, se precisan los recursos sugeridos por el Optquest. En la Tabla 54, se presunta el resumen de los montos a invertir.

Inversión Tangible	Cantidad	Monto sin IGV
Balanza de entrada	1	S/. 74,140 ²⁸
Balanza de salida	1	S/. 74,140
Garita de entrada	1	S/. 70,958 ²⁹
Garita de salida	1	S/. 70,958
Obra civil	1	S/. 84,250 ³⁰
Paneles de señalización en patio operativo	10	S/. 15,000 ³¹
Reacondicionación de grúas RTG al sistema híbrido	7	S/. 3,238,200 ³²
Sueldo mensual analista	1	S/. 2,350 ³³
Inversión Intangible		
Software Arena	1	S/. 64,449 ³⁴
Inversión Total		S/. 3,694,694

Tabla 54: Costos de inversión

4.2.2 Beneficio económico

Con el objetivo de cuantificar el ahorro de costos debido a un mejor gestionamiento del terminal portuario. A continuación se detallan los indicadores económicos que sustenten la viabilidad del modelo.

4.2.3 Determinación del COK

Para el cálculo del Costo de capital (COK), se utilizó el método CAPM³⁵ el cual precisó un valor de 18.6%, valor que será utilizado como tasa de descuento y criterios decisión para la viabilidad de la propuesta. Asimismo, la propuesta de mejora no requirió de financiamiento dado que no se trata de compras de maquinaria, equipos o modificación de infraestructuras cuantiosas. La fórmula (18) y (19) muestran el método de cálculo empleado.

$$COK = R_f + \beta \times (R_m - R_f) \quad (18)$$

²⁸ Propuesta comercial: SUMINCO

²⁹ Propuesta comercial: BONNET S.A.C

³⁰ Propuesta comercial: SUMINCO y BONET S.A.C

³¹ Propuesta comercial: PROMART

³² Propuesta comercial: PACECO España S.A

³³ Valor propuesto por el terminal en estudio

³⁴ Valor dado por Javier Reaño, asesor comercial, Fuente: <https://www.arenasimulation.com/purchasing-options/global-partners-contact-for-sales>

³⁵ *Capital Asset Pricing Model* por sus siglas en ingles.

$$\beta = \left[1 + \frac{D}{c} (1 - T) \right] x \beta \text{ despalancado} \quad (19)$$

$$COK \text{ soles} = COK \text{ dolares} + (1 + \pi \text{ Peru}) / (1 + \pi \text{ USA}) \quad (20)$$

A continuación, en la Tabla 55 se muestran los valores para calcular el COK en soles, por lo que se consideró la inflación tanto peruana como americana para efectuar dicho cálculo.

Símbolo	Componente	Valor	Fuente
Rf	Tasa libre de riesgo	0.88% ³⁶	Investing
Rm	Prima de Riesgo	8.45% ³⁷	Finanzas Corporativa
β	Beta despalancado	1.19	Bloomberg
	Riesgo País del Perú	2.20% ³⁸	BCR
π Perú	Inflación Perú	3.50% ³⁹	Semana Económica
π USA	Inflación USA	0.875% ⁴⁰	Bloomberg
D/C	Deuda/Capital	0.71 ⁴¹	OSITRAN
T	Impuesto a la renta	30% ⁴²	SUNAT

Tabla 55: Parámetros financieros

A partir de los parámetros mostrados anteriormente, se obtuvieron los siguientes valores mostrados en la Tabla 56.

Indicador	Valor
COK Proy	14.37%
COK (S/.)	14.74%

Tabla 56: Indicadores de decisión

³⁶ Fuente: <http://www.investing.com/rates-bonds/canada-5-year-bond-yield-historical-data>

³⁷ Fuente: Página 293 de Finanzas Corporativas. Berk y de Marzo. Pearson

³⁸ Fuente: www.bcrp.gob.pe/docs/Estadisticas/Cuadros-Estadisticos/NC_037.xls

³⁹ Fuente: <http://semanaeconomica.com/article/economia/macroeconomia/176680-inflacion-del-peru-llegaria-a-3-5-en-el-2016-estimo-la-ccl/>

⁴⁰ Fuente: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-03-16/fed-scales-back-rate-rise-forecasts-as-global-outlook-weakens>

⁴¹ Fuente: <http://www.ositran.gob.pe/joomlatools-files/docman-files/RepositorioAPS/0/0/par/000001->

TEMP/INFORMES/2.%20ID2014%20Muelle%20Sur%20-%20DP%20World.pdf

⁴² Fuente: <http://www.sunat.gob.pe/legislacion/renta/tuo.html#>

4.2.4 Calculo de ingresos relevantes

a) Ahorro por multas

Dado que OSITRAN penaliza al terminal portuario con el 0.5% de UIT, es decir, S/. 19.25 por multa para el año 2015. En la Tabla 57, se puede apreciar un ahorro de S/.519,038 por el concepto de multas

	Situación actual	Propuesta	Ahorro
Cantidad de multas	27257	294	26963
Costo Total	S/. 524,697	S/. 5,660	S/. 519,038

Tabla 57: Ahorro por multas

b) Ahorro por consumo diésel RTG

Se prefirió la conversión del sistema diésel a sistema híbrido (diésel-eléctrico), dado que electrificar al 100% las RTGs sería más costosos por los conceptos de obra civil y electrificación⁴³. Por esta razón, el cambio de diésel será a través de la alternativa "HDG"⁴⁴. A continuación, en la Tabla 64, se presenta el costo de transformar 7 RTG con la que cuenta el terminal portuario en estudio.

			Soles/Euro
			3.855 ⁴⁵
RTG	Precio Unitario	Costo Total	
7	120000 euros ⁴⁶	S/. 3,238,200.00	

Tabla 58: Costo de conversión RTG híbrida

Se tomó la decisión de transformar solo 7 RTG´s debido a que dichas máquinas están involucradas directamente con el proceso de recepción y despacho de contenedores. Por lo tanto, basados en el "Reporte de energía 2014" del terminal portuario se valorizo el consumo total de diésel consumido por las RTG desde el periodo 2011- hasta el 2014. Obteniendo de esta manera la relación de consumo (Lts /TEU). Asimismo, se consideró para el año 2015 como consumo promedio de los datos histórico. Asimismo, se estimó que el movimiento total de TEU fue de 1 500 000. En la Tabla 65 se presenta el consumo total de diésel para 21 RTG.

⁴³ Información obtenida por Fernando Monje Paceco España

⁴⁴ "Hibryd Diesel Genset", sistema que permite convertir en híbrida cualquier RTG, Producto ofrecido por Paceco España S.A www.paceco.es , <https://www.youtube.com/watch?v=BGSLma22o1o>, (paceco@paceco.es)

⁴⁵Fuente: SBS <http://www.sbs.gob.pe/app/stats/tc-cv.asp>

⁴⁶ Fuede: Cotización comercial de Paceco España

	Soles/litro		2.58		
	2011	2012	2013	2014	2015
TEUS	1094314	1357038	1310368	1426516	1500000
RTG (lit)	1688108	1932390	1831822	2077431	2182813
RTG (lit/teu)	1.54	1.42	1.40	1.46	1.46
Consumo(S/.)	S/.4355319	S/.4985567	S/.4726101	S/.5359771	S/.5631659

Tabla 59: Costo total de consumo diésel

Como se puede observar se espera un costo de S/.5 631 659 de consumo diésel para el año 2015, de los cuales S/.1 877 219 son asignados por el consumo de 7 RTG's. Por lo tanto, al evaluar la alternativa de cambiar a un sistema híbrido, se espera un ahorro en consumo diésel del 30%, considerando un costo de energía del ctm.S/.45.41⁴⁷ KW. hora y un consumo por RTG de 20⁴⁸ KW. hora, considerando que por hora se utilizará 70% consumo eléctrico y 30% diésel. En la Tabla 60 y 61 se muestra el cálculo del gasto eléctrico así como el ahorro total.

RTG	KW/Hora	Horas anuales	Total KW	365 días
7	20	6132	858480	S/. 389,835.77

Tabla 60: Gasto eléctrico

Concepto	2015
Consumo diésel	S/. 1,877,219.57
Reducción al 30%	S/. 563,165.87
Ahorro 7 RTG	S/. 1,314,053.70
Gasto eléctrico	S/. 389,835.77
Ahorro Total	S/. 924,217.93

Tabla 61: Ahorro anual utilizando sistema híbrido HDG

Finalmente, como se puede observar en la Tabla 61 el ahorro anual por utilizar un sistema híbrido es de S/. 924 217.93. Ahorro que permitirá mejorar la eficiencia en el consumo de recursos del terminal en estudio.

4.2.5 Flujo de caja e indicadores financieros

Para la elaboración del flujo de caja se consideraron como principales ingresos el ahorro por disminución de multas así como por consumo de

⁴⁷Fuente: OSINERGIM <http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=150000>

⁴⁸Fuente: Diario el comercio: <http://elcomercio.pe/economia/negocios/apm-terminals-invierte-us20-millones-compra-12-gruas-noticia-1750895>

diésel .Por otro lado, los egresos son sustentados por la inversión inicial. A continuación, en la Tabla 61, se muestra el flujo de caja del proyecto.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos						
Ahorro por multas		S/. 519,038	S/. 519,038	S/. 519,038	S/. 519,038	S/. 519,038
Ahorro por consumo diesel		S/. 924,218	S/. 924,218	S/. 924,218	S/. 924,218	S/. 924,218
Total de ingresos		S/. 1,443,256	S/. 1,443,256	S/. 1,443,256	S/. 1,443,256	S/. 1,443,256
Egresos						
Balanza de entrada	S/. 74,140					
Balanza de salida	S/. 74,140					
Garita de entrada	S/. 70,958					
Garita de salida	S/. 70,958					
Obra civil	S/. 84,250					
Sueldo anual análista	S/. 37,778.60	S/. 37,778.60	S/. 37,778.60			
Software Arena	S/. 64,449					
Conversión RTG híbrida	S/. 3,238,200					
IGV neto a pagar	S/. 664,577					
Total de egresos	S/. 4,379,450	S/. 37,779	S/. 37,779			
Flujo de caja económico	S/. -4,379,450	S/. 1,405,477	S/. 1,405,477	S/. 1,443,256	S/. 1,443,256	S/. 1,443,256

Tabla 62: Flujo de caja

En la Tabla 63, se puede apreciar que los indicadores económicos reportados por el flujo de caja sustentan la viabilidad del proyecto principalmente por presentar un VAN mayor a cero y un TIR de 18.75% mayor al COK de 14.74%.

Indicador	Valor
VANE	S/. 2,761,271
TIRE	18.75%
PAY BACK	3.09
B/C	1.1

Tabla 63: Indicadores Financieros

En la Tabla 63 se puede apreciar un periodo de recuperación o *Payback* de 3.09 años. Finalmente, muestra una relación Beneficio -Costo de 1.003 mayor a 1. Por tanto, el análisis de indicadores económicos sustenta la rentabilidad y viabilidad de la propuesta de mejora.

CAPÍTULO 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. Dado un contexto de globalización emergente el futuro, el intercambio internacional a través del transporte marítimo ira incrementando. Por lo tanto, una adecuada gestión del terminal portuario así como la reducción de tiempos de espera en el antepuerto son de gran relevancia para optimizar los costos y garantizar una mayor eficiencia y productividad.
2. Los resultados del modelo indican que el tiempo dentro del terminal portuario mejoraran en un 16.29% Por lo cual, el modelo planteado podría ser utilizado como una herramienta de gran relevancia para la toma de decisiones en el terminal portuario en estudio.
3. No necesariamente la mejor solución es la compra de una nueva maquinaria (RTG) para reducir el tiempo en el terminal, sino es la adecuada gestión de dicho recurso, así como la integridad operativa que las jefaturas de gate como super intendentes de patio deben tener, para que tanto el flujo de recepción y despacho de contenedores como el de carga y descarga hacia las embarcaciones sea el más eficiente y óptimo posible.
4. Se evaluó también como propuesta de mejora, invertir en el cambio del sistema diésel al sistema eléctrico de las grúas RTG con la finalidad de ser más eficientes en el consumo energético. Al comparar los resultados de consumo anual de ambos recursos, se determinó un ahorro anual de S/. 924 218 por parte del sistema híbrido, es decir un ahorro del 16.41% respecto al consumo diésel.
5. Los resultados obtenidos indican que el truck time promedio dentro del terminal portuario se reducirían a 14.32 minutos. , 2.18 minutos más eficiente que el tiempo promedio actual. Esta reducción, es de gran significancia dado que al mantener el flujo de recepción y despacho en esta valor ello implicaría que la cantidad de multas se reduzca al mínimo posible. Asimismo, el nivel de servicio se encontrará en un 98%, una unidad porcentual mayor que la actual.
6. Las cantidades de multas se redujeron en un 98.92%, valor que significa un ahorro anual de S/. 514 403. Ello se debe principalmente a la correcta optimización de recursos en el proceso de recepción y despacho de contenedores.

5.2 Recomendaciones

1. Futuras investigaciones deberían valorizar el costo unitario de cada actividad tanto en el gate como en la zona operativa. Asimismo, los próximos análisis sería bueno que integrasen tanto el gate como la zona operativa y no solo enfocarse en la carga y descarga de contenedores del barco al patio.
2. Se recomienda utilizar software de un mayor nivel de capacidad, ya que modelar el terminal portuario tiene un nivel de complejidad intermedio debido a la cantidad de variables y atributos que son asignados a cada entidad (camiones) que arriban al terminal.
3. Es recomendable para futuras modelaciones proyectar la demanda de TEUs teniendo diversos factores como la situación del país y la situación internacional, PBI, % draw back, etc. Ya que de esta manera, la herramienta sería de gran relevancia para la toma de decisiones antes diversos escenarios.
4. Se recomienda que se realice una mejor supervisión del sistema de monitoreo de los movimientos que realizan las grúas RTG, con el objetivo de controlar la producción y consumo de estas a través de su encendido y apagado.
5. Se recomienda que el terminal en estudio tenga como alternativa el reacondicionamiento de sus grúas RTG diésel a RTG de consumo eléctrico ya que de esta manera se podrán tener ahorros significativos en el consumo energético, se disminuirá el impacto ambiental a través de la reducción de consumo diésel y las emanaciones CO₂. Por tanto, se podrán conservar los recursos y proteger el medio ambiente.
6. Se recomienda para futuras investigaciones tercerizar los servicios de una asesoría para elaborar la simulación del terminal, de esta manera podrían darse ahorros significativo; por ejemplo se dejaría de invertir en la compra del Software Arena Rockwell así como el pago mensual de un analista que maneje dicho software.