

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"Reducción del tiempo de conexión de contenedores en un terminal
portuario"

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:
Ingenieros Industriales

Presentado por:
María de los Ángeles Palacios Wither
Luis Miguel Povea Soriano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mis familiares y compañeros de carrera por su apoyo incondicional durante todo el trayecto de mis estudios.

A aquella persona que me brindó su apoyo durante este último año de carrera.

María de los Ángeles.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, por guiarme a lo largo de mi carrera y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

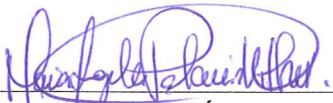
A mi familia por su cariño y apoyo incondicional en cada momento de este proceso, sus oraciones, sus consejos y por estar siempre presentes.

A todos los docentes y compañeros que fueron un pilar fundamental a lo largo de mi vida universitaria.

Luis Miguel.

DECLARACIÓN EXPRESA

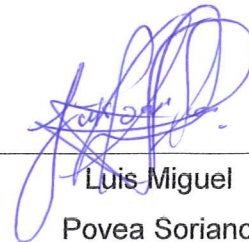
"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *María de los Ángeles Palacios Wither* y *Luis Miguel Povea Soriano* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



María de los Ángeles

Palacios Wither

Autor 1

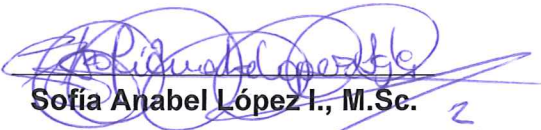


Luis Miguel

Povea Soriano

Autor 2

EVALUADORES



Sofia Anabel López I., M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA



María Fernanda López S., M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto estudia el tiempo promedio de conexión de contenedores de un terminal portuario ubicado en la ciudad de Guayaquil, Ecuador; siendo este uno de los indicadores más críticos, el cual actualmente se encuentra en 47 minutos en promedio y su meta establecida es de 30 minutos, por lo que, se establece como objetivo reducir 7 minutos en promedio.

Luego se realizó un mapeo de la cadena de valor para los escenarios encontrados, siendo el más crítico los contenedores de clientes terceros pesados en patio, por lo que se enfocó el problema en los tipos de clientes que presentaban mayor tiempo de conexión y cantidad de contenedores arribados al puerto.

Se analizaron las diferentes causas que afectaban al problema en conjunto con el equipo de trabajo, donde se encontraron causas potenciales relacionadas directamente a desperdicios de tiempos de espera y transporte; por lo que, se desarrollaron soluciones que atacaran a las causas raíces.

Para corroborar la efectividad de las soluciones, estas fueron evaluadas a través de una simulación, en la cual se obtiene que se reduce 10 minutos al implementar las cuatro soluciones propuestas; lo cual incrementa el desempeño del indicador, afectando positivamente a diversas áreas del terminal portuario dado que mejora el nivel de servicio y genera grandes ahorros anualmente. Finalmente, se establece un plan de control para asegurar el correcto funcionamiento de las soluciones.

Palabras Clave: DMAIC, terminal portuario, conexión, desperdicios.

ABSTRACT

The present project studies the average connection time of containers in a port terminal located in Guayaquil, Ecuador; which is one of the most critical indicators, and currently is taking on average 47 minutes and their goal is 30 minutes, consequently, the objective is to reduce at least 7 minutes.

Then, a value stream mapping approach was performed for the scenarios found, the most critical was the containers of third-party customers weighed in the yard, so the problem was focused on the types of customers who had the longest connection time and number of containers arrived at the port.

The different causes that affected the problem were analyzed within the team work, where potential causes were directly related to waste in waiting times and transportation; therefore, solutions were developed to attack the root causes.

To corroborate the effectiveness of the solutions, these were evaluated through a simulation. The result where that the average connection time was reduced by 10 minutes if the four chosen solutions were implemented, which increases the performance of the indicator, affecting positively various areas of the port terminal by improving the service level and generating large savings annually. Finally, a control plan to ensure the correct functioning of the solutions was established.

Keywords: DMAIC, port terminal, connection, waste.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Restricciones	2
1.1.3 Alcance	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Metodología DMAIC.....	3
1.4.2 Herramientas utilizadas	4
CAPÍTULO 2.....	6
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1 Definición.....	6
2.1.1 Situación actual.....	6

2.1.2	Definición del problema	8
2.2	Medición	9
2.2.1	Mapeo del proceso	10
2.2.2	Estratificación.....	10
2.2.3	Plan de recolección de datos.....	12
2.2.4	Confiabilidad de los datos.....	13
2.3	Análisis	14
2.3.1	Análisis de causas	14
2.3.2	Verificación de causas	19
2.3.3	Identificación de causas raíces	24
2.4	Mejora	25
2.4.1	Propuestas de mejora.....	26
2.5	Control.....	29
CAPÍTULO 3.....		31
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	31
3.1	Modelo de simulación en Flexsim.....	31
3.2	Estimación de la reducción del tiempo de conexión	31
3.2.1	Modelo de Asignación.....	31
3.2.2	Guía para el registro correcto del AISV	32
3.2.3	Digitalización de los reportes de daños de equipos	32
3.2.4	Mapa del puerto en ventana de garita de digitación	33
3.3	Resultados de la simulación	33
3.4	Análisis financiero.....	36
CAPÍTULO 4.....		37
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
4.1	Conclusiones.....	37

4.2 Recomendaciones.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	39
APÉNDICES.....	41

ABREVIATURAS

TEUS	Twenty Foot Equivalent Unit
DMAIC	Definir – Medir – Analizar – Implementar – Controlar
SIPOC	Supplier – Inputs – Process – Outputs – Customer
VOC	Voice of Customer
PCT	Programa de control de temperatura
AISV	Autorización de Ingreso y Salida Vehicular
CTQ	Critical to Quality
VSM	Value Stream Mapping
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
CIP	Centro de Información Portuaria
KPI	Key Performance Indicator

SIMBOLOGÍA

min	Minutos
h	Hora
Cont	Contenedor

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Equipo de Trabajo	7
Figura 2.2 VOC.....	7
Figura 2.3 Tiempo promedio de conexión de los contenedores	9
Figura 2.4 Tiempo promedio de conexión y frecuencia de contenedores por cliente	11
Figura 2.5 Estratificación de clientes	11
Figura 2.6 Porcentaje de contenedores por lugar de pesaje	12
Figura 2.7 Reunión con equipo de trabajo.....	15
Figura 2.8 Lluvia de ideas.....	15
Figura 2.9 Diagrama de causa y efecto para el cliente tercero 1.....	16
Figura 2.10 Diagrama de causa y efecto para el cliente tercero 2.....	16
Figura 2.11 Diagrama de causa y efecto para el cliente propio.....	17
Figura 2.12 Matriz Impacto vs. Control.....	19
Figura 2.13 Regresión lineal para antes del cambio de turno.....	22
Figura 2.14 Regresión lineal durante el cambio de turno	23
Figura 2.15 Chofer estacionando en área no correspondiente.....	23
Figura 2.16 Matriz Impacto vs. Esfuerzo de las soluciones	27
Figura 2.17 Modelo de asignación.....	27
Figura 2.18 Tutorial – Video interactivo y evaluativo	28
Figura 2.19 Aplicación de entrega de consignas	28
Figura 2.20 Mapa con referencias del terminal portuario	29
Figura 3.1 Plano del modelo de simulación.....	31
Figura 3.2 Gráfica de tiempo promedio de conexión antes y después	34
Figura 3.3 Gráfico de cajas de la situación actual vs mejora.....	35
Figura 3.4 Resultados de la prueba de hipótesis.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 SIPOC del proceso de conexión.....	8
Tabla 2.2 4W + 2H.....	9
Tabla 2.3 Tamaño de muestra por cliente	13
Tabla 2.4 Valor p de la prueba de hipótesis	14
Tabla 2.5 Valor p de cada prueba de hipótesis	14
Tabla 2.6 Niveles de correlación	17
Tabla 2.7 Matriz de causa y efecto.....	18
Tabla 2.8 Resultados de la prueba de Mann - Whitney.....	20
Tabla 2.9 Comparación de registro de hora del sistema	20
Tabla 2.10 Resumen de valores de correlación	22
Tabla 2.11 Plan de verificación de causas	24
Tabla 2.12 Análisis de causa raíz.....	25
Tabla 2.13 Propuestas de mejora.....	26
Tabla 2.14 Plan de control.....	30
Tabla 3.1 Resultados de estimación.....	33
Tabla 3.2 Ahorros y costos de las soluciones.....	36

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El terminal portuario cuenta con una amplia variedad de servicios, operando desde el 2013; poco a poco ha aumentado sus clientes y con el pasar del tiempo, se ha observado un alto flujo vehicular dentro del puerto, lo que causa un congestionamiento dentro y fuera del terminal portuario, siendo este reflejado en uno de los indicadores manejados por el área de patio, el tiempo de conexión de los contenedores full – in reefer¹, el cual mide el tiempo desde que el contenedor ingresa por garita hasta que es conectado en su zona de almacenamiento correspondiente; este actualmente tiene un desempeño del 76% aproximadamente.

Este bajo rendimiento conlleva a un levantamiento de no conformidades por parte de los clientes, pérdida de cadena de frío y en los casos más graves, pérdida de la carga, lo que representa costos adicionales para la empresa. Lo que se busca con el proyecto es reducir el tiempo promedio en conexión en al menos 7 minutos, considerando el tiempo promedio actual, el cual es de 47 minutos, medido entre los meses de noviembre y abril, en el horario pico de 16h00 a 02h00.

A través de la metodología DMAIC, se persigue desarrollar e implementar propuestas de mejora, mediante un análisis exhaustivo para cumplir con el objetivo general del proyecto; teniendo en cuenta las restricciones, el alcance y tiempo destinado al estudio; el cual es desarrollado en conjunto con el equipo de trabajo seleccionado de la empresa.

1.1 Descripción del problema

1.1.1 Antecedentes

El terminal portuario está localizado en el sur de la ciudad de Guayaquil; actualmente cuenta con un área de 112 mil metros cuadrados y dos atracaderos con una extensión total 320 metros, tiene capacidad de

¹ Full in – reefer: Contenedores refrigerados con carga.

almacenamiento de 318 976 TEUS y 214 3104 toneladas métricas de carga movilizada. Ofrecen servicios de exportación, importación, aforos e inspecciones antinarcóticos, siendo un puerto ecoeficiente calificado por el Ministerio de Ambiente, ofreciendo servicios de calidad.

1.1.2 Restricciones

Las restricciones encontradas para el problema son que existe una baja disponibilidad de los trabajadores debido a los cambios de turno por semana; hay cambios en la infraestructura en las zonas de almacenamiento por lo que no se puede medir el problema con la máxima capacidad disponible del terminal portuario; una baja capacidad de almacenamiento y un área confinada de lavado.

1.1.3 Alcance

Se estableció que el estudio del tiempo promedio de conexión de un contenedor abarca desde que el digitador de garita aprueba los documentos en el sistema AISV y el contenedor es pesado en garita o en patio, dependiendo del flujo vehicular, hasta que es conectado en el área de almacenaje del patio y es registrada la hora de conexión en el sistema PCT.

1.2 Justificación del problema

El KPI de tiempo promedio en conexión de los contenedores de clientes propios y terceros, actualmente presenta un desempeño de 78%, siendo su objetivo de cumplir un tiempo máximo de 30 minutos, por lo que, fueron analizados los datos históricos y muestra que en promedio se desfasa de gran medida de la meta establecida, por lo que, afecta al terminal portuario, ya que se dan largos tiempos de espera y ocasiona congestión vehicular dentro del puerto, siendo esto una problemática que afecta a todos los servicios ofrecidos.

Por ende, al reducir el tiempo de conexión de los contenedores, no solo se beneficia el KPI asociado, sino que tendrá un impacto en todas las áreas del terminal portuario, agilizando los demás procesos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir el tiempo promedio en conexión de los contenedores full - in reefer de todos los clientes en al menos 7 minutos mediante la medición y análisis de proceso para el desarrollo de oportunidades de mejoras.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir la variable respuesta a medir mediante la búsqueda de los indicadores críticos que maneja el terminal portuario.
- Analizar los factores críticos para la identificación de las causas raíces del problema mediante el uso de herramientas lean.
- Desarrollar propuestas de mejora que disminuyan la variable de respuesta para el mejoramiento del rendimiento asociado.
- Realizar un análisis de costo/beneficio de las propuestas de mejora para la determinación de su impacto financiero en la compañía.
- Implementar las propuestas de mejora seleccionadas para el análisis del beneficio causado en el proceso de conexión.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC nace a partir de una estrategia de mejora conocida como Seis Sigma, desarrollada por Motorola en la época de los noventa; el cual, busca reducir la variabilidad de un proyecto y estableciendo esta metodología, ayuda desde la definición hasta la implementación de las propuestas de mejora para la solución del problema. Consta de 5 etapas las cuales son:

Definir: En esta etapa se define el problema a través de la recolección de necesidades con el cliente, apoyándose en datos históricos para definir la variable respuesta, determinando el alcance con la ayuda del SIPOC y estableciendo los objetivos.

Medir: Se detalla el proceso asociado a la variable respuesta, a través de diferentes diagramas que se acoplen al problema, para así, estratificar y recolectar los datos que ayudarán a analizar el problema.

Analizar: En esta etapa, se realiza una lluvia de ideas para encontrar las causas potenciales del problema, en conjunto con el equipo de trabajo; dándole ponderaciones para priorizar las causas, verificarlas y luego encontrar la causa raíz del problema.

Mejora / Implementación: Se elabora con el cliente las posibles soluciones, dándole una ponderación con la matriz de impacto y esfuerzo y se detalla un plan de implementación donde se especifica cómo serán efectuadas las soluciones, con su tiempo determinado.

Control: Consiste en realizar un plan de control de las soluciones implementadas, asegurando su correcto funcionamiento e implementación; además, se realiza una comparación con los datos de antes y después para verificar el funcionamiento de las soluciones.

1.4.2 Herramientas utilizadas

SIPOC. Conocido por sus siglas que significan proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. Es una herramienta que permite ver el problema de forma sencilla y clara, mostrando las entradas y salidas de cada proceso y quienes se benefician de ello; ayuda a enfocar el problema.

VOC. De sus siglas que significan, la Voz del Cliente, consiste en escuchar la experiencia del cliente con respecto al problema, efectos que causa el problema a analizar, identificando las áreas en la cual afecta el problema y como este puede ser medido.

4W + 2H. Metodología que soporta la definición del problema, contestando las preguntas de que, quien, cuándo, dónde, qué tanto, y cómo lo sé; para focalizar el problema.

VSM. Value Stream Mapping o conocido en español como el Mapeo de Flujo de Valor, es un diagrama que provee información sobre las etapas que agregan y no agregan valor en un proceso; mostrando el tiempo de ciclo actual e información relevante del proceso.

Diagrama funcional. Es un diagrama que está por área de la empresa, o nombres de cargos que participan en un proceso, donde se describen las actividades o tareas que realizan cada uno y se muestra la relación que hay entre ellos.

Diagrama Ishikawa. También conocido como diagrama de causa y efecto, es una herramienta gráfica que ayuda a identificar las causas del problema, el cual se coloca en la cabeza del pescado y las causas serían las espinas.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla la metodología utilizada DMAIC en el proyecto, compuesta por cinco etapas: definición, medición, análisis, mejora/implementación y control; detallas a continuación:

2.1 Definición

En esta etapa se definió el problema, apoyándonos de diversas herramientas.

2.1.1 Situación actual

El terminal portuario ofrece diferentes servicios, de los cuales, son desarrollado principalmente en el área de patio, por lo que, se analizaron los indicadores asociados a dicha área para identificar el problema más crítico; el indicador Turn Time, el cual, mide el tiempo promedio de despacho para contenedores de clientes propios y terceros se encuentra en un rendimiento aproximadamente de 97%, por lo que se descarta.

El indicador Top Pick, muestra el promedio de movimientos de un contenedor dentro del terminal, se encuentra al 100% en nivel de desempeño para clientes propios y terceros; por último, el indicador de tiempo promedio en conexión de los contenedores para exportación se encuentra con un nivel de desempeño menor al 85%, por lo que se eligió este indicador para ser analizado.

Luego se procedió a recolectar las necesidades del cliente con el equipo de trabajo detallado en la Figura 2.1; donde se obtuvo como variable de respuesta a medir el tiempo promedio de conexión de los contenedores y el número de no conformidades (ver Figura 2.2), que está directamente relacionado con el anterior, dado que, si el contenedor pasa un tiempo desconectado mayor a una hora, el cliente puede presentar una queja por ello.

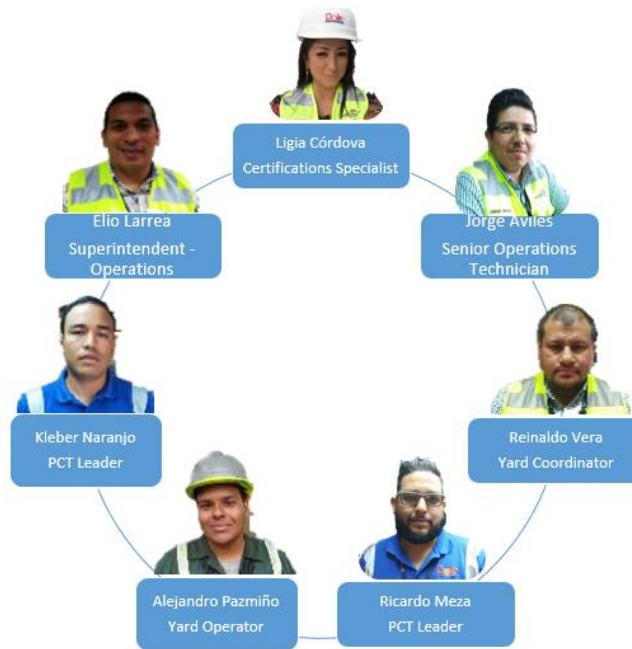


Figura 2.1 Equipo de Trabajo

Fuente: Elaboración propia

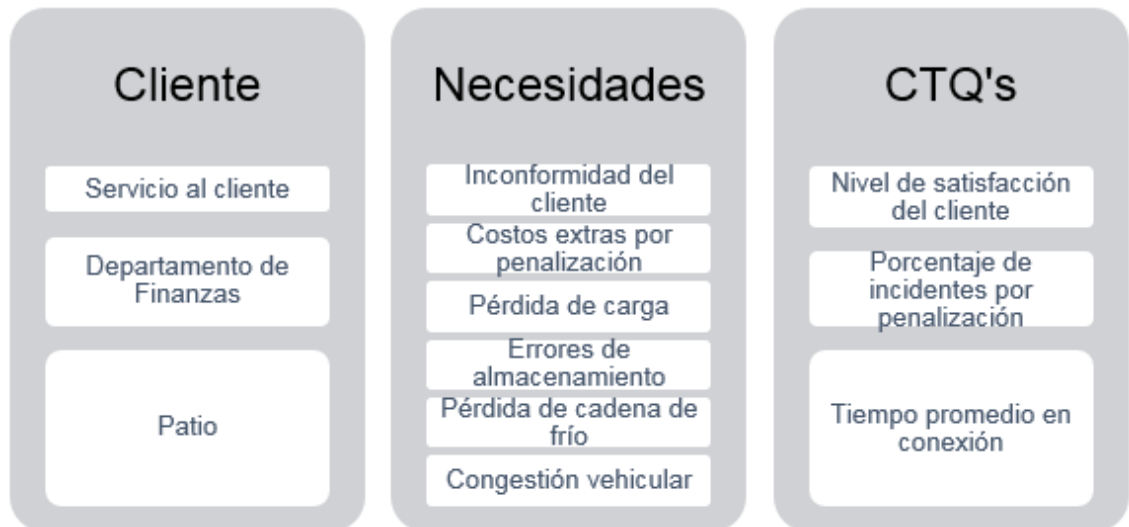


Figura 2.2 VOC

Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de conexión de contenedores, se siguen los pasos detallados en el SIPOC mostrado en la Tabla 2.1

Tabla 2.1 SIPOC del proceso de conexión

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Digitador - Garita	Aprobación de AISV	Lavado de contenedor (Clientes propios)	Registro de lavado	Terminal portuario
Digitador - Garita	Aprobación de AISV	Pesaje de contenedor en garita/patio	Certificado de peso	Transportista / Terminal portuario
Transportista	Contenedor		Registro en sistema Ekbascula	Terminal portuario
Transportista	Contenedor	Enganche y posicionamiento del contenedor	Reporte de movimiento de grúa	Líder de PCT
Líder de PCT	Listado de ubicación de contenedores			
Transportista	Carta de temperatura	Conexión del contenedor	Registro en sistema PCT	Líder de PCT
			Notificación y corrección de carta de temperatura*	
			Informe de daños internos*	

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Definición del problema

Se obtuvo la serie de tiempo del tiempo promedio de conexión de contenedores full – in reefer de todos los clientes del terminal portuario desde noviembre 2017 hasta abril 2018, entre los horarios de 16h00 a 02h00; siendo este tiempo definido como la temporada alta y con un horario pico; se alcanzó en promedio 47 minutos de tiempo de conexión, teniendo como objetivo para ambos tipos de contenedores 30 minutos; dejando una brecha de 17 minutos, como se observa en la Figura 2.3.

Entonces, el problema se define de acuerdo con la metodología 4W + 2H que se muestra en la Tabla 2.2 como:

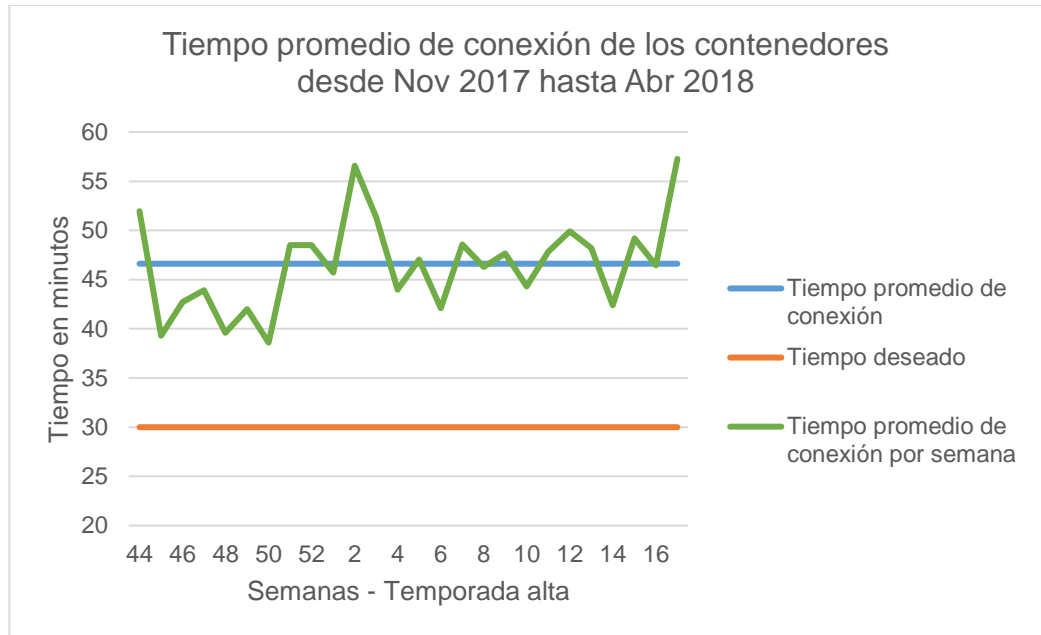


Figura 2.3 Tiempo promedio de conexión de los contenedores

Fuente: Terminal Portuario, 2018

Elaboración propia

El tiempo promedio en conexión de los contenedores full – in reefer de todos los clientes desde noviembre 2017 hasta abril 2018 entre las 16h00 y 02h00; es de 47 minutos, sin embargo, el tiempo promedio máximo deseado es de 30 minutos.

Tabla 2.2 4W + 2H

¿Qué?	Tiempo promedio en conexión de los contenedores full in reefer
¿Quién?	De todos los clientes
¿Dónde?	Terminal portuario
¿Desde cuándo?	Desde noviembre 2017 a abril 2018
¿Qué tanto?	El tiempo promedio en conexión es de 47 minutos
¿Cómo lo sé?	El tiempo promedio máximo deseado es de 30 minutos

Fuente: Elaboración propia

2.2 Medición

En esta etapa se conoce al detalle el proceso relacionado a la variable respuesta, mapeando y midiendo acorde a lo estratificado.

2.2.1 Mapeo del proceso

El terminal portuario maneja una amplia variedad de clientes, dividiéndolos en dos grupos, clientes propios y clientes terceros; por lo que, se elaboraron dos diagramas de flujo, uno para clientes propios y otro para clientes terceros (Ver Apéndice A), la diferencia entre ellos es que los clientes propios pasan por un área de lavado para ser inspeccionados y lavados en caso de ser requerido, manejando un registro de los contenedores lavado; mientras que los clientes terceros no deben pasar por esta área al ingresar al terminal portuario.

Luego se levantaron los documentos utilizados en el proceso, para revisar su contenido, propósito y con qué frecuencia se realiza, obteniendo un inventario de reportería, el cual se encuentra detallado en el Apéndice B.

Finalmente, se realizó un VSM para cada escenario (Ver Apéndice C), con la finalidad de encontrar las actividades que agregan y no agregan valor; en este caso, los tiempos más elevados se encuentran en las esperas, y una fábrica oculta está localizada en el proceso de conexión de los contenedores de clientes terceros, puesto que los operarios esperan a realizar la conexión al llenarse un bloque, cuando el procedimiento indica que debe hacerlo inmediatamente, para cumplir con el KPI.

2.2.2 Estratificación

Basándose en los datos históricos obtenidos, se realizó la estratificación del problema por clientes y lugar de pesaje.

Primero se analizó el tiempo promedio de conexión por cliente desde el mes de noviembre 2017 hasta abril 2018, dando como resultado que el Cliente tercero 3 es el más crítico presentando un promedio de aproximadamente 52 minutos, sobrepasando la meta en 22 minutos, sin embargo, la cantidad de contenedores que arribó en el puerto en dicho periodo baja como se puede observar en la Figura 2.4.

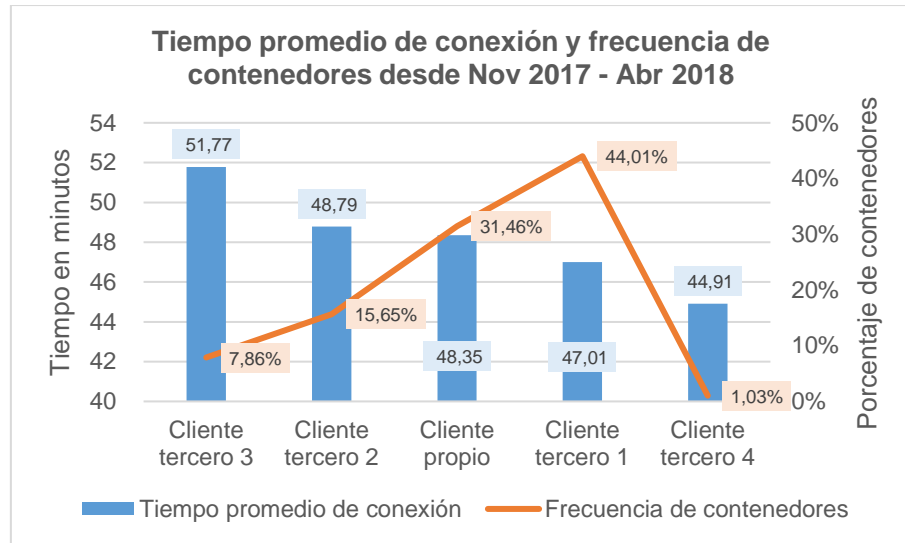


Figura 2.4 Tiempo promedio de conexión y frecuencia de contenedores por cliente

Fuente: Elaboración propia

Con la frecuencia de cada contenedor, refiriéndose a la cantidad de contenedores arribados al puerto en dicho periodo, se le otorga un peso a cada cliente, multiplicándolo por el tiempo promedio de conexión, teniendo así un tiempo promedio ponderado de conexión. Con estos resultados se elaboró un diagrama de Pareto (ver Figura 2.5) en el cual se consideró enfocarse en los clientes que albergan el 90% del tiempo ponderado total los cuales fueron: Cliente tercero 1, Cliente propio y el Cliente tercero 2.

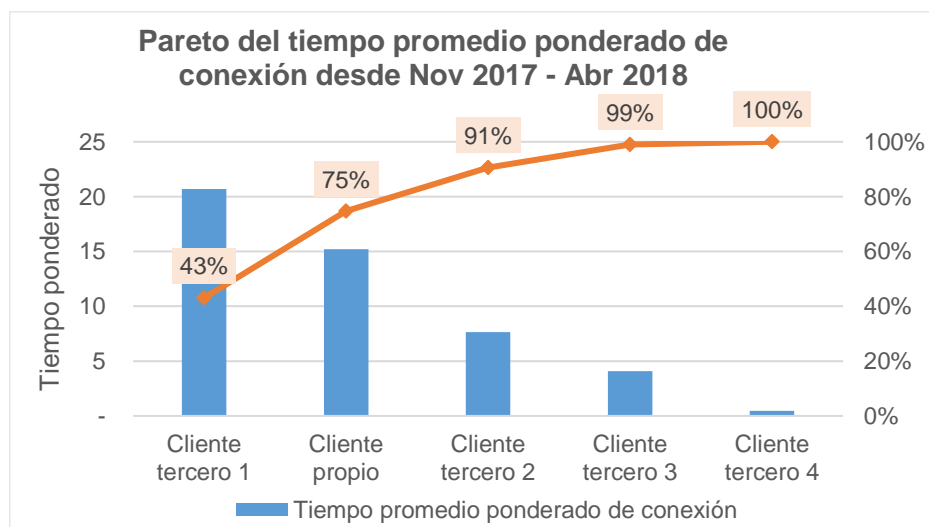


Figura 2.5 Estratificación de clientes

Fuente: Elaboración propia

Realizada la estratificación por cliente, se estratificó por lugar de pesaje a los clientes seleccionados como se observa en la Figura 2.6, dando como resultado que donde más se pesan los contenedores es en garita, sin embargo, por pedido del cliente, se decidió considerar ambos casos, ya que los dos llegan al mismo punto final.

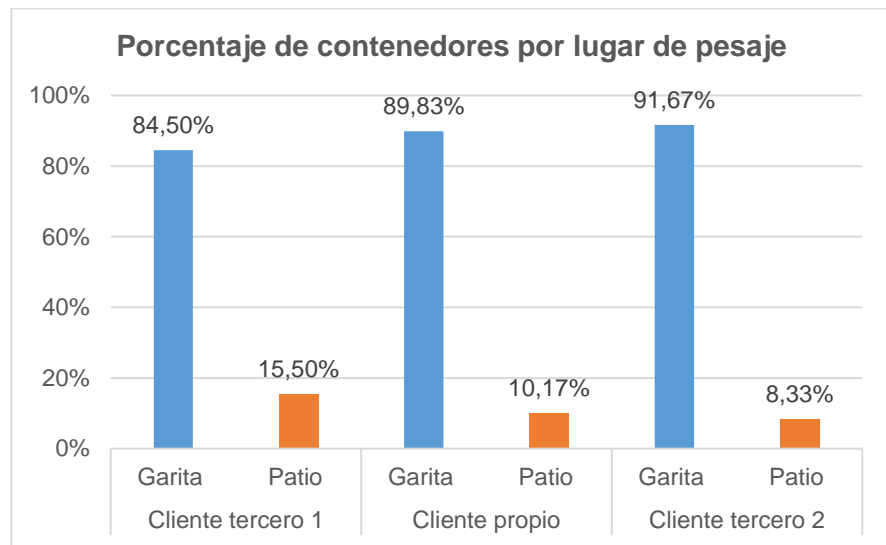


Figura 2.6 Porcentaje de contenedores por lugar de pesaje

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Plan de recolección de datos

Luego de haber realizado la estratificación del problema, se realiza el plan de recolección de datos mostrado en el Apéndice D, donde se especifica cuáles son los factores que afectan al problema, cada factor descrito, será medido para cada tipo de cliente mencionado.

Durante la recolección de datos, se contó con el apoyo de cuatro operadores del área de bodega, los cuales fueron capacitados, entrenados y supervisados durante la recolección de datos. Los formatos utilizados para la toma de tiempos se encuentran en el Apéndice E.

Luego, se calculó el tamaño de la muestra a recolectar por cliente, por lo que, se realizó una prueba piloto para calcular el tamaño de muestra necesario, utilizando la ecuación 2.1.

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} S}{k} \right)^2 \quad (2.1)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

S: Desviación estándar de la prueba piloto.

k: Margen de error.

$Z_{\alpha/2}$: Probabilidad acumulada inversa de la distribución normal estándar en $1-\alpha/2$.

Para la resolución de la ecuación, se consideró la confiabilidad de los datos del 95%, obteniendo un $Z_{\alpha/2} = 1.96$, el cual, al reemplazarlo en la fórmula junto con los demás valores, se obtiene el resultado de la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Tamaño de muestra por cliente

Cliente	Muestra piloto	Promedio	Desviación estándar (S)	Error del promedio (k)	Tamaño de muestra (n)
Cliente tercero 1	49	29,69	17,16	2,45	189
Cliente tercero 2	12	21,23	8,09	2,3	46
Cliente propio	12	18,78	12,55	3,62	46

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Confiabilidad de los datos

Para verificar la confiabilidad de los datos tomados por los operadores, se realizó una prueba para comparar los tiempos registrados por los operadores y los registros por los líderes de proyecto.

Se tomó en conjunto alrededor de diez datos por etapa del proceso para realizar el análisis de confiabilidad. Primero, se analizó si los datos seguían una distribución normal, dando como resultado que no, por lo que se utiliza la prueba de Mann Whitney para analizar la diferencia de medianas de los datos. Como se observa en las Tablas 2.4 y 2.5 los valores p obtenidos son mayor al nivel de confianza utilizada que es de 95% con un alfa de 0.05, se

puede concluir con no existe diferencia significativa entre las medianas, es decir, los datos recolectados por los operadores son confiables.

Tabla 2.4 Valor p de la prueba de hipótesis

Valor p de la prueba de hipótesis	
Líder de proyecto vs	Hora de salida de garita
Operador 4	0,996

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.5 Valor p de cada prueba de hipótesis

Valor p de cada prueba de hipótesis				
Líder del proyecto vs	Tiempo de espera para almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Tiempo de espera de conexión	Tiempo de conexión
Operador 1	0,541	0,718	0,768	0,067
Operador2	0,951	0,381	0,916	0,827
Operador 3	0,995	0,637	0,994	1,000

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se estableció un plan de acción en caso de que esta confiabilidad disminuya. Se deberá revisar cada hora que los relojes digitales dados a los operados estuvieran en sincronía con el reloj del INOCAR.

2.3 Análisis

Con la información recolectada en la etapa anterior, procedió a realizar un análisis de causas de cada uno de los problemas enfocados. En esta parte se utilizaron las herramientas y técnicas de lluvia de ideas, diagrama causa y efecto, matriz de ponderación de causas, y cinco porqués para encontrar las causas raíces que afectaban al problema del tiempo de conexión.

2.3.1 Análisis de causas

Como parte de este análisis y junto con los miembros del equipo (ver Figura 2.7) se realizó una lluvia de ideas para determinar las causas potenciales como se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.7 Reunión con equipo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Una vez levantadas las causas, se utilizó la herramienta del diagrama causa y efecto o diagrama de Ishikawa para agrupar las causas potenciales en seis distintas ramas principales: método de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, entorno y administración.



Figura 2.8 Lluvia de ideas

Fuente: Elaboración propia

Los diagramas para los diferentes tipos de clientes comparten en su mayoría las causas, sin embargo, para el cliente propio se excluyen a los contenedores de reestibas² y para clientes terceros², el operador externo

² Reestibas: Operación de reubicación de carga, sea esta contenerizada o suelta.

no lleva un control de medición del tiempo de conexión. A continuación, se muestran en las Figuras 2.9, 2.10 y 2.11 los diagramas:



Figura 2.9 Diagrama de causa y efecto para el cliente tercero 1

Fuente: Elaboración propia

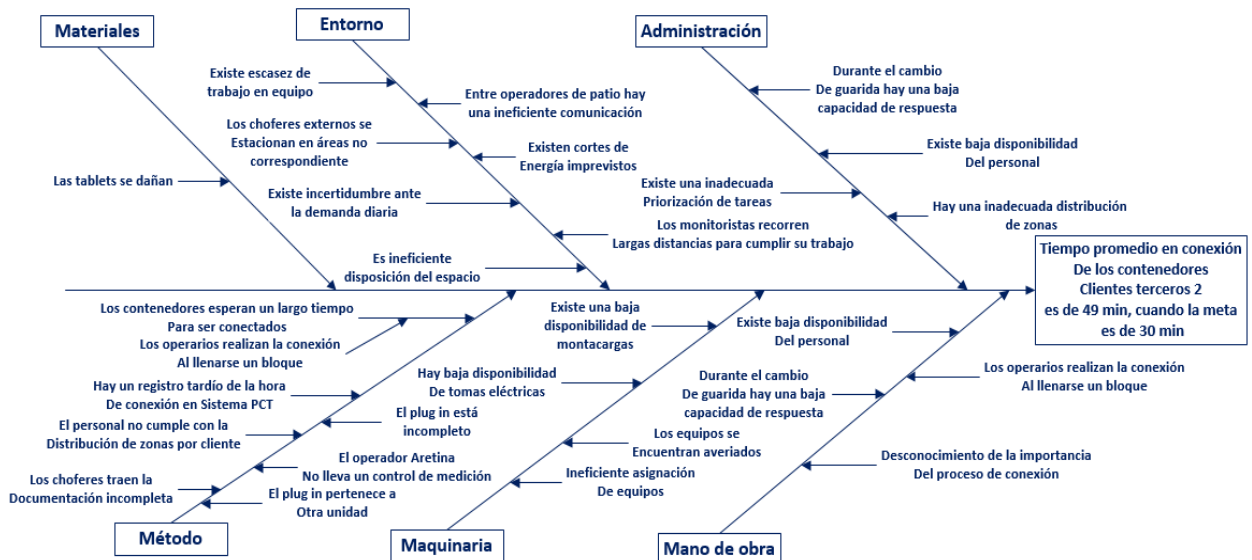


Figura 2.10 Diagrama de causa y efecto para el cliente tercero 2

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.11 Diagrama de causa y efecto para el cliente propio

Fuente: Elaboración propia

Con las causas potenciales, se realizó la ponderación de estas, primero, de acuerdo al nivel de importancia de los clientes, según al orden de la estratificación realizada; se otorgó una ponderación de 6, 3 y 1 para el cliente tercero 1, el cliente propio y el cliente tercero 2 respectivamente.

Luego se estableció la priorización según el impacto de la causa en el tiempo de conexión de los clientes terceros y propios; para ello, se utilizó una escala de calificación logarítmica de la relación entre la variable de respuesta y la causa potencial como se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Niveles de correlación

Nivel de relación	Calificación
Ninguna correlación	0
Correlación muy remota	1
Correlación moderada	3
Correlación fuerte	9

Fuente: Elaboración propia

Después, en conjunto con el equipo de trabajo se ponderaron las causas, utilizando la escala logarítmica, dando como resultado las causas que se

encuentran en la Tabla 2.7. En el Apéndice F, se encuentra detallada la calificación por persona.

Tabla 2.7 Matriz de causa y efecto

No.	Causas	TOTAL
1	Los operarios realizan la conexión al llenarse un bloque	66
2	Hay un registro tardío de la hora de conexión en sistema PCT	90
4	El gate in tiene incompleta la información	90
5	El gate in pertenece a otra unidad	90
8	Existe baja disponibilidad del personal	90
10	Durante el cambio de turno hay una baja capacidad de respuesta	90
18	Los choferes particulares se estacionan en áreas no correspondientes	90
20	Los operadores recorren largas distancias para cumplir su trabajo	90

Fuente: Elaboración propia

Luego con las ponderaciones establecidas, se realizó una evaluación del nivel de impacto (alto y bajo) en relación con el nivel de dificultad de control (fácil y difícil) de acuerdo con las causas que obtuvieron el mayor puntaje. En total ocho causas fueron analizadas en la matriz de impacto y esfuerzo.

De igual forma, estas causas fueron evaluadas con el equipo de trabajo para discernir cuales eran las causas difíciles de controlar y de bajo impacto en la variable respuesta; obteniendo como resultado que las causas potenciales a analizar son las del cuadrante de alto impacto y fácil de controlar, como se muestra en la Figura 2.12.

Como resultado se tuvo que las causas más importantes de los problemas enfocados son:

- Los operadores realizan la conexión al llenarse un bloque.
- Hay un registro tardío de la hora de conexión en sistema PCT.
- Durante el cambio de turno hay una baja capacidad de respuesta.
- Los choferes particulares se estacionan en áreas no correspondientes.

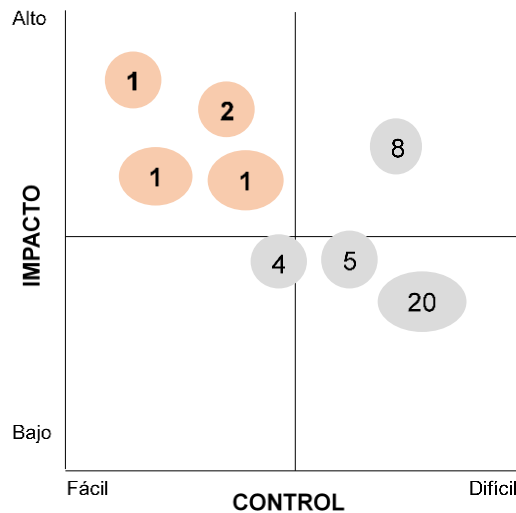


Figura 2.12 Matriz Impacto vs. Control

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Verificación de causas

En esta parte se procedió a demostrar las causas potenciales más significativas derivadas de la matriz impacto control.

Para verificar la causa “los operadores realizan la conexión al llenarse un bloque” se procedió a comparar la diferencia entre las medianas del tiempo de espera de conexión cuando el operador conectaba al llenarse un bloque, y cuando lo hacía en el instante del fin del enganche. Para ello se tomó una muestra de los datos de los tiempos de espera indicado en el Apéndice G.

Se realizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para diferencia de medianas con un nivel de significancia de 0,05. Así tenemos que:

η_1 : Mediana de los tiempos de espera de conexión (bloque)

η_2 : Mediana de los tiempos de espera de conexión

$$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0 \quad (2.2)$$

$$H_1: \eta_1 - \eta_2 > 0 \quad (2.3)$$

Se buscaba comparar si la diferencia entre medianas era mayor que cero, lo que implicaría que los tiempos de espera de conexión del primer caso son

mayores que en el segundo caso. En la Tabla 2.8 se muestran los resultados en Minitab de la prueba.

Tabla 2.8 Resultados de la prueba de Mann - Whitney

Prueba de Mann-Whitney		
Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1360	0,000
Ajustado para empates	1360	0,000

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados se puede comprobar que los tiempos de espera de conexión cuando el operario conecta los contenedores por bloque son mayores que los tiempos de espera de conexión en la conexión instantánea.

Para la causa potencial “hay un registro tardío de la hora de conexión en el sistema PCT” se analizó el porcentaje de las veces que se cumplía la hora de registro en el sistema y la hora fin de conexión. En la Tabla 2.9 se observan los registros de las horas de conexión y la hora en el sistema.

Se otorga el valor de 1 cuando la hora de registro en el sistema se encuentra dentro del rango de hora registrado por los operadores; con un total de 29 muestras, se obtuvo un porcentaje de 13.8%, es decir; del total de muestras recolectadas, solo el 13.8% de los datos fueron registrados a en la hora exacta, mientras que el resto de los datos se desfasa de la hora.

Tabla 2.9 Comparación de registro de hora del sistema

No.	Hora inicio conexión	Hora fin conexión	Hora de Registro en el sistema	¿Cumple o no cumple?
1	19:17:20	19:18:55	19:18:07	1
2	19:24:36	19:25:43	19:26:43	0
3	19:33:01	19:34:40	19:35:22	0
4	20:21:30	20:22:40	20:43:09	0
5	20:49:41	20:50:38	20:49:55	1
6	21:04:18	21:05:10	21:03:52	0
7	22:28:40	22:29:58	22:28:29	0
8	22:43:08	22:44:58	22:47:06	0

9	23:01:18	23:02:49	22:51:51	0
10	23:56:10	23:57:58	23:54:16	0
11	0:05:01	0:06:19	0:04:50	0
12	0:23:08	0:24:52	0:27:49	0
13	17:11:38	17:12:50	17:14:42	0
14	17:58:40	17:59:58	17:59:37	1
15	18:00:33	18:01:52	18:01:43	1
16	18:24:30	18:25:50	18:23:13	0
17	18:29:50	18:31:01	18:27:54	0
18	18:42:20	18:43:58	18:48:10	0
19	19:01:02	19:02:52	19:00:18	0
20	20:22:01	20:23:02	21:44:57	0
21	20:35:12	20:36:29	21:01:34	0
22	20:45:18	20:46:55	20:52:53	0
23	21:36:10	21:37:52	21:46:19	0
24	21:45:15	21:46:30	22:02:40	0
25	21:50:25	21:51:50	21:59:43	0
26	22:38:15	22:39:45	23:31:56	0
27	22:55:15	22:56:33	0:42:46	0
28	0:15:16	0:16:54	0:40:56	0
29	0:31:33	0:32:50	0:41:35	0

Fuente: Elaboración propia

En la causa potencial “durante el cambio de turno hay una baja capacidad de respuesta” se procedió a verificar usando un análisis de regresión lineal. Para realizar este análisis se tomaron datos de los tiempos de espera de conexión antes del cambio de turno (17h30 – 19h30) y durante el cambio de turno (19h30-20h-30).

En este caso la variable de respuesta es el tiempo de ciclo de conexión, y la variable predictora es el tiempo de espera de conexión. En la Tabla 2.10 se resumen los valores para la comparación entre la correlación que existe en el tiempo de espera de conexión antes y durante el cambio de turno.

Cuando es antes del cambio de turno, se obtuvo que el valor de correlación de Pearson es muy bajo, es decir, no hay relación lineal significativa entre el tiempo de ciclo y el tiempo de espera de conexión antes del cambio de turno

(Ver Figura 2.13). Además, solo el 46.33% de los datos representan el tiempo de ciclo.

Tabla 2.10 Resumen de valores de correlación

Tiempo de ciclo vs	Tiempo de espera de conexión antes del cambio de turno	Tiempo de espera de conexión durante el cambio de turno
Correlación de Pearson	0.6891	0.965
Valor p	0	0
R - sq	46.33%	93.20%
R - sq ajustado	44.18%	92.93%

Fuente: Elaboración propia

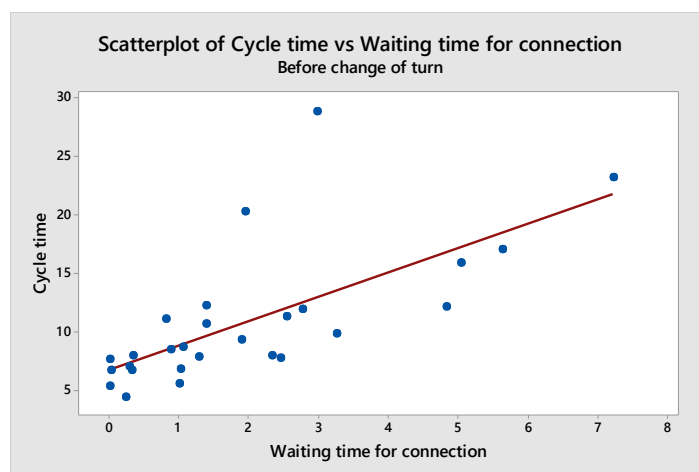


Figura 2.13 Regresión lineal para antes del cambio de turno

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para el tiempo de espera durante el cambio de turno, se tiene que hay una fuerte correlación y el valor de R² es de 93.20%, es decir, la mayoría de los datos se encuentran explicados con respecto al tiempo de ciclo, como se puede observar en la Figura 2.14 si existe una relación lineal significativa entre ellos.

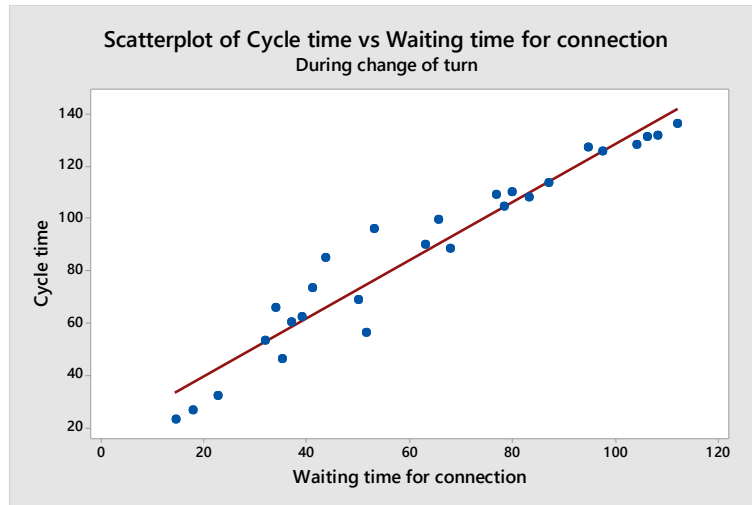


Figura 2.14 Regresión lineal durante el cambio de turno

Fuente: Elaboración propia

Para la causa de “Los choferes externos se parquean en áreas no correspondientes”, se observó que, durante la recolección de datos, varios choferes se estacionaban donde no debían, se le tomó una foto a uno de ellos y los operadores que recolectaron la información anotaban en los registros cuando ellos observaban que un chofer estaba perdido.



Figura 2.15 Chofer estacionando en área no correspondiente

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra en la Tabla 2.11 el plan de verificación, en el cual se detallan aspectos como la teoría de impacto y el modo de verificación.

Tabla 2.11 Plan de verificación de causas

PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS				
No.	Causas potenciales	Teoría acerca del impacto	¿Cómo verificar?	Status
1	Los operadores realizan la conexión al llenarse un bloque	Incremento en el tiempo de espera de conexión	Estadística	Completado
2	Hay un registro tardío de la hora de conexión en sistema PCT	Incremento en el tiempo de espera de conexión	Estadística	Completado
10	Durante el cambio de turno hay una baja capacidad de respuesta	Incremento en el tiempo de espera de conexión	Estadística	Completado
18	Los choferes particulares se estacionan en áreas no correspondientes	Incremento en el tiempo de espera de almacenamiento	Gemba	Completado

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Identificación de causas raíces

Una vez realizada la verificación de causas, se procedió a realizar el análisis de causa raíz a través de la metodología de los 5 por qué; en la Tabla 2.12 se observan los resultados.

Tabla 2.12 Análisis de causa raíz

Causa potencial	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz
Los operarios realizan la conexión al llenarse un bloque	Se encuentran realizando otras actividades	Los operarios dan prioridad a las operaciones de buque	Se debe cumplir con los itinerarios del buque	Evitar pérdidas de itinerarios de naves que generan costos extras		Evitar pérdidas de itinerarios de naves que generan costos extras
Hay un registro tardío de la hora de conexión en sistema PCT	La información del gate in no coincide con el sistema PCT	La información fue mal ingresada en AISV por el cliente				La información fue mal ingresada en AISV por el cliente
	En andén y zonas no llega la señal wifi.	Al llegar a la altura máxima de contenedores, se bloquea la señal wifi.				Al llegar a la altura máxima de contenedores, se bloquea la señal wifi.
	Se encuentran realizando otras actividades	Los operarios dan prioridad a las operaciones de barco	Se debe cumplir con los itinerarios del barco	Evitar pérdidas de itinerarios de naves que generan costos extras		Evitar pérdidas de itinerarios de naves que generan costos extras
Durante el cambio de turno hay una baja capacidad de respuesta	Los operarios se retiran del puesto antes del término del turno	Los operarios se reúnen al finalizar el turno para entrega de consignas				Los operarios se reúnen al finalizar para entrega de consignas
	Los operarios del turno nocturno llegan tarde a relevar el turno anterior	Los operarios se reúnen con líder de PCT antes de iniciar sus actividades	Re - asignación de tareas al inicio de cada turno			Re - asignación de tareas al inicio de cada turno
Los choferes particulares se estacionan en áreas no correspondientes	Se parquean a la espera de ser atendidos por la primera máquina que ven disponible	El personal da de forma incorrecta la ubicación del contenedor				El personal da de forma incorrecta la ubicación del contenedor

Fuente: Elaboración propia

2.4 Mejora

Con las causas raíces identificadas, se procedió a realizar una lluvia de ideas de soluciones, la cual fue realizada con el equipo de trabajo y se desarrolló un plan de implementación para cada solución.

2.4.1 Propuestas de mejora

Junto con el equipo de trabajo se establecieron las soluciones mostradas en la Tabla 2.13; las cuales fueron ponderadas junto con ellos, para determinar el nivel de impacto sobre el problema y el nivel de esfuerzo necesario, refiriéndose a lo económico, como se muestra en la Figura 2.16, obteniendo cuatro soluciones con la numeración correspondiente a la Tabla 2.13.

Tabla 2.13 Propuestas de mejora

No.	Propuestas de mejora
1	Modelo de asignación de operarios a zonas & Capacitación al personal de andén.
2	Instalación de pasarelas en bloques de reefer.
3	Guía de registro correcto de AISV para clientes.
4	Identificación de número de errores de registro del AISV por cliente.
5	Digitalización del registro de consignas.
6	Establecimiento de políticas de relevo para operadores.
7	Mapa del puerto en ventana de garita de digitación.
8	Tour virtual del terminal portuario en su página web.
9	Entregar panfletos en garita con el mapa del puerto a los choferes.
10	Mejorar señalética del puerto, aumentando el tamaño de letras pintadas en piso.
11	Instalación de repetidores de señal Wifi en distintos puntos del puerto.

Fuente: Elaboración propia

Cada solución ataca a una o varias causas raíces, reduciendo así el tiempo promedio de conexión; de forma general afecta directamente a los desperdicios de espera y transporte, los cuales no agregan valor al proceso. A continuación, se detallan las soluciones a implementar.

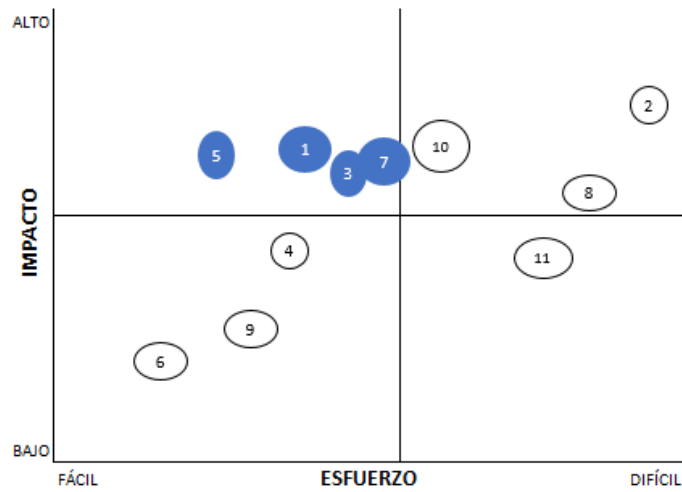


Figura 2.16 Matriz Impacto vs. Esfuerzo de las soluciones

Fuente: Elaboración propia

- Modelo de asignación de operarios a zonas & Capacitación al personal de andén: Se utilizó un modelo heurístico donde la función objetivo es reducir las distancias recorridas por el operario, considerando restricciones de capacidad del operario, y de las zonas, con sus respectivas demandas; donde se obtuvo la matriz de distancias entre cada zona a cubrir por los operarios como se muestra en la Figura 2.17. Además, se elaboró un plan de capacitación al personal (ver Apéndice H) con una duración de aproximadamente un mes. Esto permite reducir tiempos de transporte del operador y tiempos de espera del contenedor; afectando al área de patio y andén.

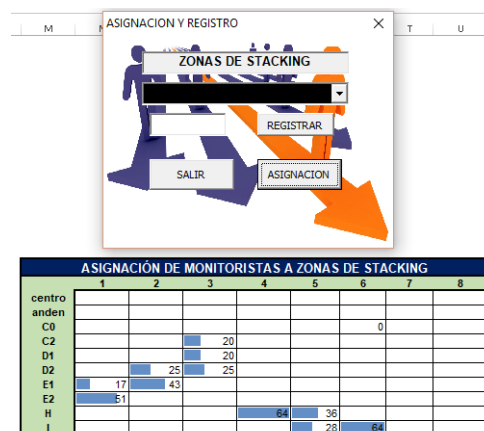


Figura 2.17 Modelo de asignación

Fuente: Elaboración propia

- Guía de registro correcto de AISV para clientes: Consiste en un video interactivo y evaluativo para los clientes, como se muestra en la Figura 2.18, acompañado de una política que establece que cada seis meses el usuario de forma obligatoria debe ver el video y aprobar la evaluación; además que cada nuevo usuario debe verlo antes de elaborar el AISV. Con esto se busca reducir tiempos de espera de conexión, afectando al área de Patio, Garita, CIP y Servicio al Cliente.

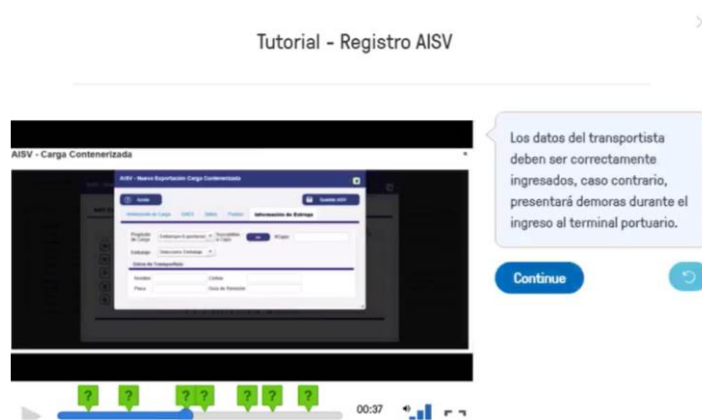


Figura 2.18 Tutorial – Video interactivo y evaluativo

Fuente: Elaboración propia

- Digitalización del registro de consignas: se desarrolló una aplicación prototipo para el registro de consignas de tablets en un sistema escalable (ver Figura 2.19), con la opción de agregar más opciones a la aplicación en el futuro, reduciendo tiempos de espera de conexión.

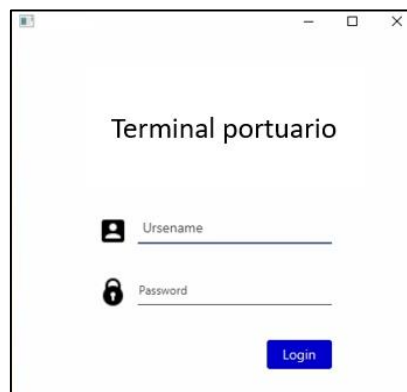


Figura 2.19 Aplicación de entrega de consignas

Fuente: Elaboración propia

- Mapa del puerto en garita: Consiste en la colocación de un mapa del terminal en la ventana de garita con referencias para identificar fácilmente las zonas asignadas, lo que reduce el tiempo de transporte del contenedor. En la Figura 2.20 se muestra un prototipo del mapa.

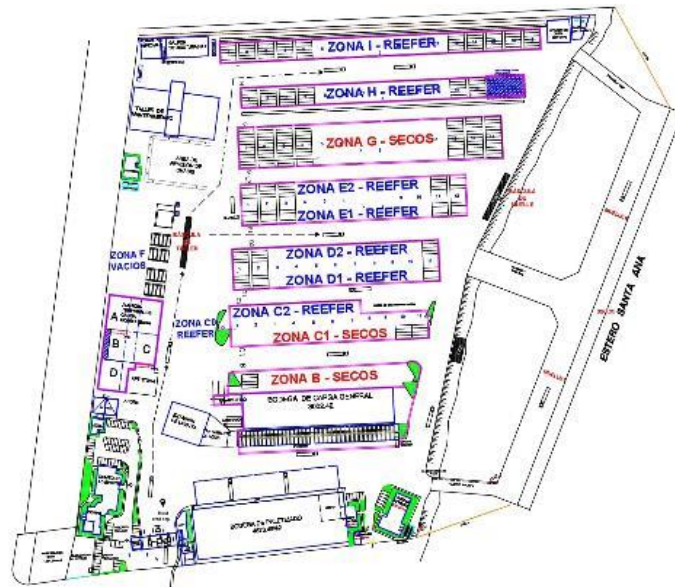


Figura 2.20 Mapa con referencias del terminal portuario

Fuente: Elaboración propia

Para cada solución se estableció un plan de implementación y un plan de actividades descrito en el Apéndice I.

2.5 Control

Para cada solución se estableció un plan de control con la finalidad de asegurar que las soluciones implementadas funcionen correctamente a largo plazo y verificar su efecto en el tiempo promedio de conexión; detallado en la Tabla 2.14.

El análisis de cada solución con su respectivo costo beneficio es presentado en el Capítulo 3.

Tabla 2.14 Plan de control

PLAN DE CONTROL					
¿Qué?	¿Por qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?
El número de errores cometidos durante el llenado del AISV por cliente	Identifica los errores más comunes por clientes que ocasionan el aumento el tiempo de conexión	Coordinador de Garita	Realizando reuniones virtuales con los usuarios de la página web para encontrar oportunidades de mejora durante el llenado del AISV	Semestral	Garita
La efectividad de las reuniones entre líder y operarios al término de cada turno	El tiempo promedio en cada reunión afecta el tiempo de espera de conexión	Técnico Senior de Operaciones	Estudiando los tiempos de llenado de formulario por operario y estadísticas de daño de tablets.	Mensual	Patio
El promedio de contenedores no atendidos durante el cambio de turno (19h30 - 20h30)	Afecta el tiempo promedio de conexión	Técnico Senior de Operaciones	Estableciendo una meta del número de mínimo de contenedores desatendidos durante el cambio de turno	Trimestral	Patio
El tiempo de transporte de contenedores desde garita hasta la zona de almacenamiento	Aumenta el tiempo promedio de conexión por desperdicios en transporte	Asistente de patio	Realizando un estudio de tiempos	Trimestral	Patio
El nivel de satisfacción del chofer externo sobre la señalética del terminal portuario	Identifica oportunidades de mejora que podrían optimizar el tiempo de transporte en la terminal	Asistente de Servicio al Cliente	Realizando reuniones con la retroalimentación recibida de las encuestas	Trimestral	Servicio al Cliente

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Modelo de simulación en Flexsim

Para crear el modelo se procedió a encontrar las distribuciones de tiempos entre arribos y de procesamiento de cada etapa de los problemas enfocados que se muestran en el Apéndice J. Luego se realizó la construcción del modelo de acuerdo con los flujos correspondientes de clientes propios y terceros como se muestra en la Figura 3.1.



Figura 3.1 Plano del modelo de simulación

Fuente: Elaboración propia

Para verificar la validez del modelo realizado se utilizó una prueba de hipótesis de medias para conocer si el tiempo promedio de conexión de los registros históricos, en este caso de 47 minutos, difiere del tiempo promedio de los datos obtenidos de la simulación. Además, para verificar si el modelo es fuerte o débil se utilizó la potencia de prueba que es la probabilidad de detectar un modelo inválido igual a $1 - \beta$, donde β es el error tipo II. El procedimiento utilizado y los cálculos para la validación del modelo de simulación se encuentran en el Apéndice K.

3.2 Estimación de la reducción del tiempo de conexión

3.2.1 Modelo de Asignación

Dado el Apéndice L, el porcentaje dedicado a transporte (es decir traslados a pie o en montacargas del operario) desde las 16h00 hasta las 02h00 es aproximadamente 12%. Este porcentaje que no agrega valor afecta directamente al tiempo promedio de espera de conexión, para todos los

clientes, puesto que el operador tiene que trasladarse de zonas distantes para realizar la conexión. Por lo que el tiempo perdido por transporte se calcula como la muestra la ecuación 3.1:

$$T. perdido = \% t. transporte * T. espera de conexión \quad (3.1)$$

$$T. perdido = 12\% * 22.37 \text{ min} = \mathbf{2.76 \text{ min}}$$

Con la implementación del modelo de asignación se espera reducir el 25%, en el peor de los casos, del tiempo perdido, es decir, 0.69 minutos.

3.2.2 Guía para el registro correcto del AISV

Esta propuesta de mejora ataca principalmente el tiempo de espera de conexión. Se consideró el tiempo promedio perdido (Ver Apéndice M) de aproximadamente 7.0 minutos en promedio, ya sea por errores en el registro del set point³, gate in⁴ cambiado o número de contenedor incorrecto, que impiden la conexión inmediata del contenedor por parte del operario.

Una vez implementada la guía, se consideró el escenario de una reducción del 25% del tiempo desperdiciado que es equivalente a 1.75 minutos.

3.2.3 Digitalización de los reportes de daños de equipos

Para determinar el tiempo perdido se consideró el tiempo que toma el registro de los reportes de los daños de las tablets, que es de aproximadamente 20 minutos, además, que la jornada desde 16h00 hasta 00h00 que son 480 minutos. Con estos datos se obtuvo que el porcentaje de tiempo desperdiciado es de 4.17%, aplicado a la ecuación 3.2, afectando directamente al tiempo de espera de conexión.

$$T. perdido = \% t. registro reportes \quad (3.2)$$

$$* t. espera de conexión$$

$$T. perdido = 4.17\% * 22.37 \text{ min} \approx \mathbf{1 \text{ min}}$$

Se consideró una reducción del 25% para el peor de los casos, equivalente a 0.25 minutos.

³ Set point: Documentación del contenedor sobre la temperatura y ventilación a establecer.

⁴ Gate in: Sticker adherido en el contenedor con información de la naviera y temperaturas.

3.2.4 Mapa del puerto en ventana de garita de digitación

En esta solución se tomó en cuenta el tiempo promedio que los transportistas tardan en llegar al área de almacenamiento correcta (Ver Apéndice N) que es de 4.7 minutos, afectando al tiempo de transporte a zona.

Con la implementación del mapa se espera reducir el 25% del tiempo de transporte equivalente a 1.17 minutos en promedio en el peor de los casos.

La Tabla 3.1 muestra en detalle el tiempo total estimado que se reducirá con la implementación de las mejoras y el porcentaje que representa del tiempo promedio histórico de 47 minutos; para ello se evaluaron tres escenarios, que dependen del porcentaje de reducción esperado, dando como resultado que, si se reduce en un 50% los tiempos perdidos correspondiente al escenario del mejor de los casos se alcanza el objetivo establecido.

Tabla 3.1 Resultados de estimación

Solución	Tiempo afectado	Tiempo perdido por causa raíz (min)	Peor de los casos	Caso neutral	Mejor de los casos
Modelo de asignación	Tiempo de espera de conexión	2.76	0.69	0.83	1.38
Guía AISV	Tiempo de espera de conexión	7.00	1.75	2.10	3.50
Digitalización de reporte de daños	Tiempo de espera de conexión	1.00	0.25	0.30	0.60
Mapa del puerto	Tiempo transporte a zonas	4.66	1.17	1.40	2.34
Tiempo total reducido (min)		15.42	3.86	4.63	7.82
% del Promedio histórico			8%	10%	17%

Fuente: Elaboración propia

3.3 Resultados de la simulación

Una vez calculadas las estimaciones de reducción se procedió a simular las propuestas de mejora, obteniendo nuevos tiempos de conexión (ver Apéndice O). La Figura 3.2 muestra la serie de tiempo del proceso de conexión antes y después

de las soluciones en el que se puede observar una reducción en promedio de 10 minutos cumpliendo así con el objetivo de reducir al menos 7 minutos en promedio.



Figura 3.2 Gráfica de tiempo promedio de conexión antes y después

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados, con la herramienta Minitab se realizó un gráfico de cajas para mostrar la variación y la diferencia entre los promedios actuales y con mejoras (ver Figura 3.3). De igual forma, se realizó una prueba de hipótesis (ver Figura 3.4) de diferencia de medias para determinar estadísticamente si se ha logrado reducir el tiempo promedio de conexión.

Las hipótesis nula y alternativa son las siguientes:

$$H_0: \text{Tiempo promedio de conexión actual} = \text{tiempo promedio de conexión con mejoras} \quad (3.3)$$

$$H_1: \text{Tiempo promedio de conexión actual} > \text{tiempo promedio de conexión con mejoras} \quad (3.4)$$

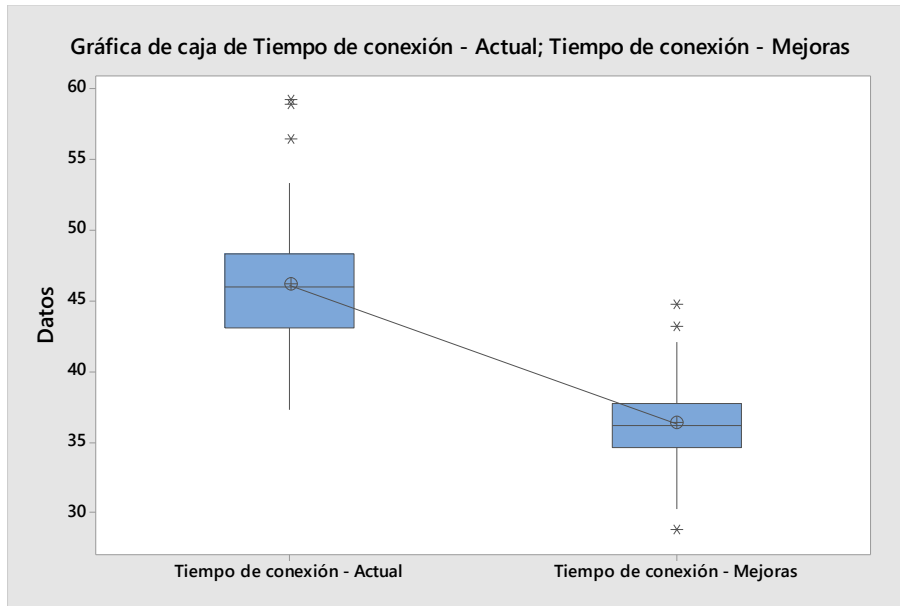


Figura 3.3 Gráfico de cajas de la situación actual vs mejora

Fuente: Elaboración propia

Prueba T e IC de dos muestras: Tiempo de conexión - Actual; Tiempo de conexión - Mejoras

T de dos muestras para Tiempo de conexión - Actual vs. Tiempo de conexión - Mejoras

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Tiempo de conexión - Act	100	46,08	4,01	0,40
Tiempo de conexión - Mej	100	36,33	2,88	0,29

Diferencia = μ (Tiempo de conexión - Actual) - μ (Tiempo de conexión - Mejoras)
 Estimación de la diferencia: 9,745
 Límite inferior 95% de la diferencia: 8,929
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): Valor T = 19,75 Valor p = 0,000 GL = 179

Figura 3.4 Resultados de la prueba de hipótesis

Fuente: Minitab 17

Como se muestra en la Figura 3.4, con un valor $p=0.00$, se rechaza la hipótesis nula (Ver ecuación 3.3), por lo que se puede concluir, con un 95% de confianza, que existe suficiente evidencia estadística para decir, que el tiempo promedio de conexión de contenedores refrigerados antes de la mejora es mayor tiempo promedio de conexión de contenedores refrigerados después de las mejoras.

3.4 Análisis financiero

Para evaluar las soluciones, se realizó un análisis de costo de oportunidad, el cual considera los ahorros involucrados para cada solución, en la Tabla 3.2 se detallan los costos y ahorros asociados a cada solución, los cuales fueron discutidos y establecidos con el cliente.

Tabla 3.2 Ahorros y costos de las soluciones

Soluciones	Costo de implementación	Ahorros anuales estimados	
Modelo de asignación de operadores a zonas	\$ 200,00	Contratación de un operador del área de patio	\$ 7.400,00
Vídeo tutorial de registro correcto del AISV	\$ 500,00	Multas generadas por la congestión vehicular	\$ 788,00
Digitalización de reportes de daños de equipos	\$ 200,00	Costo de ordenar resmas de papel	\$ 363,00
Mapa del puerto en garita	\$ 300,00	Contratación de un guía de tránsito interno	\$ 7.200,00
Total	\$ 1.200,00	Total	\$ 15.751,00

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar el costo de oportunidad total anual se utilizó la ecuación 3.5:

$$\text{Costo de oportunidad} = \text{Ahorros} - \text{Costos} \quad (3.5)$$

Con los ahorros totales anuales de \$15.751,00 y los costos de las soluciones de \$1.200,00 se tiene un costo de oportunidad de \$14.551,00.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La variable respuesta definida, fue el tiempo promedio de conexión de los contenedores, debido a que es un indicador crítico en todo terminal portuario, el cual, debe controlarse porque cuando excede el límite establecido, puede causar daños a la carga refrigerada.

Con el estudio realizado se encontró que los desperdicios que afectaban directamente al tiempo promedio de conexión son los de esperas, transporte y retrabajos, causando congestión vehicular que repercute en los demás procesos del terminal.

Al analizar las causas raíces y desarrollar las soluciones junto con el equipo de trabajo, se encontraron cuatro soluciones que disminuyeron el promedio actual del tiempo de conexión en 17%, equivalente a 10 minutos; dichos resultados obtenidos a través de una comparación entre la simulación de la situación actual versus la situación; la implementación de las causas no pudo ser llevada a cabo debido al tiempo y esfuerzo asociado a cada solución.

Con el análisis de diferentes escenarios en la simulación, se logra cumplir el objetivo planteando, superando la meta establecida de 7 minutos; afectando positivamente no solo al área de patio, sino a todas las áreas del puerto, mejorando la calidad de los servicios ofrecidos y logrando un costo total de oportunidad anual de \$14.551,00, por la prevención de la contratación de dos colaboradores operativos.

4.2 Recomendaciones

- Mejorar la señalética del terminal portuario, aumentado el tamaño de letra de los letreros y números del piso, para apoyar la implementación del mapa en garita.

- Realizar un estudio de la carga laboral de trabajo para los operarios, para identificar la necesidad de contratar nuevo personal, por el aumento de capacidad de contenedores en el puerto y determinar el porcentaje de tiempo que el operario le dedica a la conexión.
- Reforzar la señal del Wifi en todo el terminal, para disminuir retrabajos asociados al proceso de conexión.
- Realizar un estudio del rendimiento de tablets, dado que presentan problemas por deficiencia del software y lluvias.

BIBLIOGRAFÍA

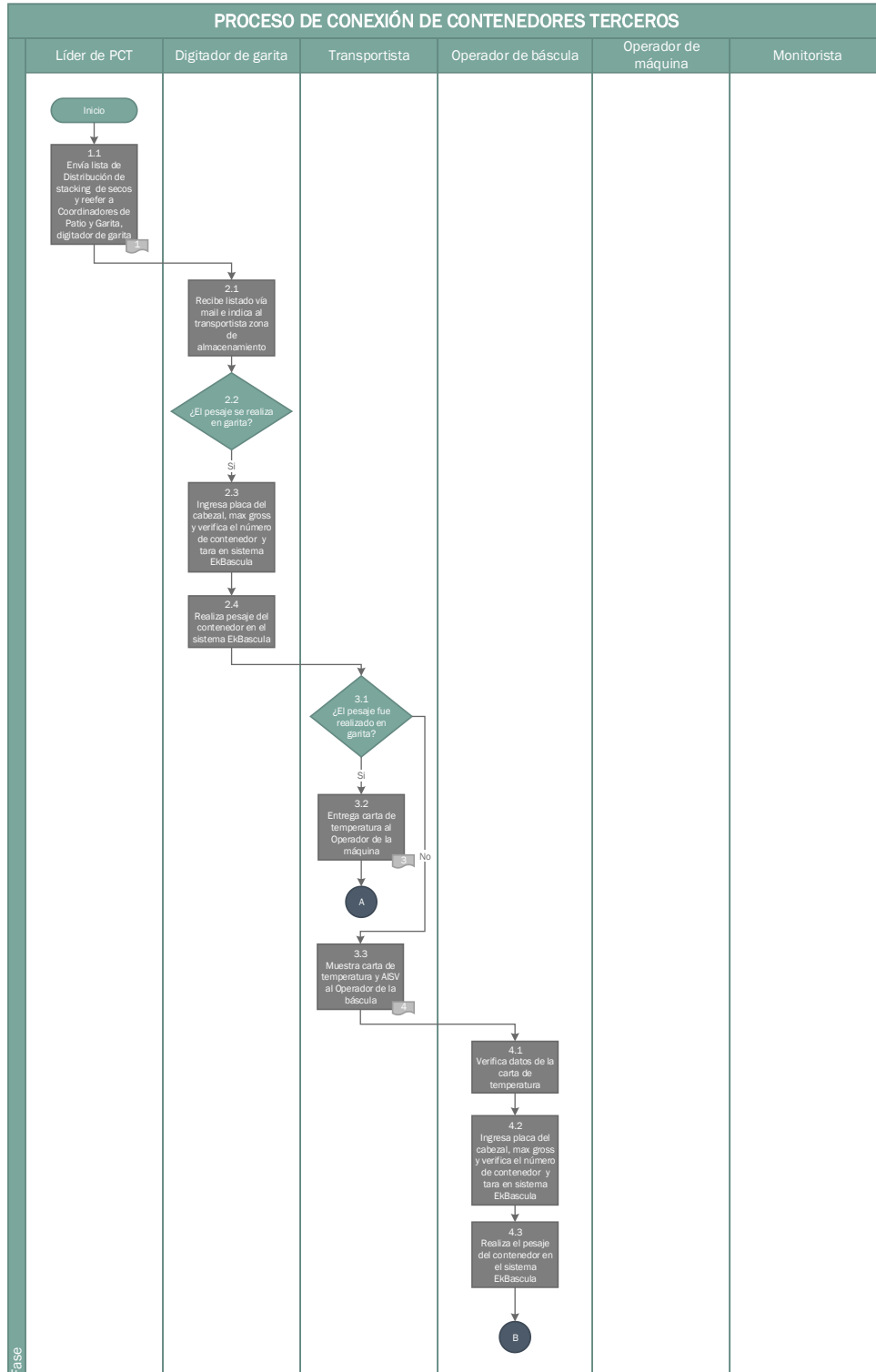
- 50minutos.es. (s.f.). *El diagrama de Ishikawa: Solucionar los problemas desde su raíz*.
- Brusco, M. J. (2008). An exact algorithm for a workforce allocation problem with application to an analysis of cross-training policies. *IIE Transactions*, 40, 495-508. doi:10.1080/07408170701598124
- GoLeanSixSigma. (2016). *DMAIC – The 5 Phases of Lean Six Sigma*. Obtenido de GoLeanSixSigma: <https://goleansixsigma.com/dmaic-five-basic-phases-of-lean-six-sigma/>
- Gravatar. (2013). *Diagrama de flujo funcional*. Obtenido de Edukativos Apuntes para universidades: www.edukativos.com
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad y Productividad Total*. México: McGraw Hill.
- Haas, C., P Morton, D., & L Tucker, R. (2002). Assignment and Allocation Optimization of Partially Multiskilled Workforce. *Journal of Construction Engineering and Management-asce - J CONSTR ENG MANAGE-ASCE*, 128. doi:10.1061/~(ASCE)0733-9364~(2002)128:2~(103)
- Marodin, G., & Saurin, T. (2013). Implementing lean production systems: Research areas and opportunities for future studies. *International Journal of Production Research*, 51. doi:10.1080/00207543.2013.826831
- Mili, K. (2014). Six Sigma Approach for the Straddle Carrier Routing Problem. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 1195-1205. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.154
- Mili, K., & Sadraoui, T. (2015). Optimizing the Operational Process at Container Terminal. *International Journal of Econometrics and Financial Management*, 3, 91-98. doi:10.12691/ijefm-3-2-6
- Paixão Casaca, A. C., & Marlow, P. B. (2003). Measuring lean ports performance. *International Journal of Transport Management*, 1, 189-202. doi:doi.org/10.1016/j.ijtm.2003.12.002
- Pasquale Legato, M., & Monaco, F. (2004). Human resources management at a marine container terminal. *European Journal of Operational Research*, 156, 769-781. doi:10.1016/S0377-2217(03)00134-6

- PROGRESSA. (2018). *5W + 2H Técnica de análisis de problemas*. Obtenido de Progressa Lean: www.progressalean.com
- Qualtrics. (2018). *Voice of Customer*. Obtenido de Qualtrics: <https://www.qualtrics.com/research-core/voice-of-customer/>
- Ridwan, A., & Noche, B. (2014). Improving Performance of Supply Chain in Port by Six Sigma Methodology Approach. *The 6th International Conference on Operations and Supply Chain Management*, (págs. 165-177). Bali.
- Saeed Nooramin, A., Reza Ahouei, V., & Sayareh, J. (2011). A Six Sigma framework for marine container terminals. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2, 241-253. doi:10.1108/20401461111157196
- Sayer, N., & Williams, B. (2007). *Lean for Dummies*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. Wisconsin: ASQ.
- Tovar, A., & Mota, A. (2007). *CPIMC un modelo de administracion por procesos*. México, DF: Panorama Editorial.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Diagrama de flujo del proceso de conexión de contenedores de clientes Terceros



Continuación del Diagrama de flujo de proceso de conexión de contenedores de clientes Terceros

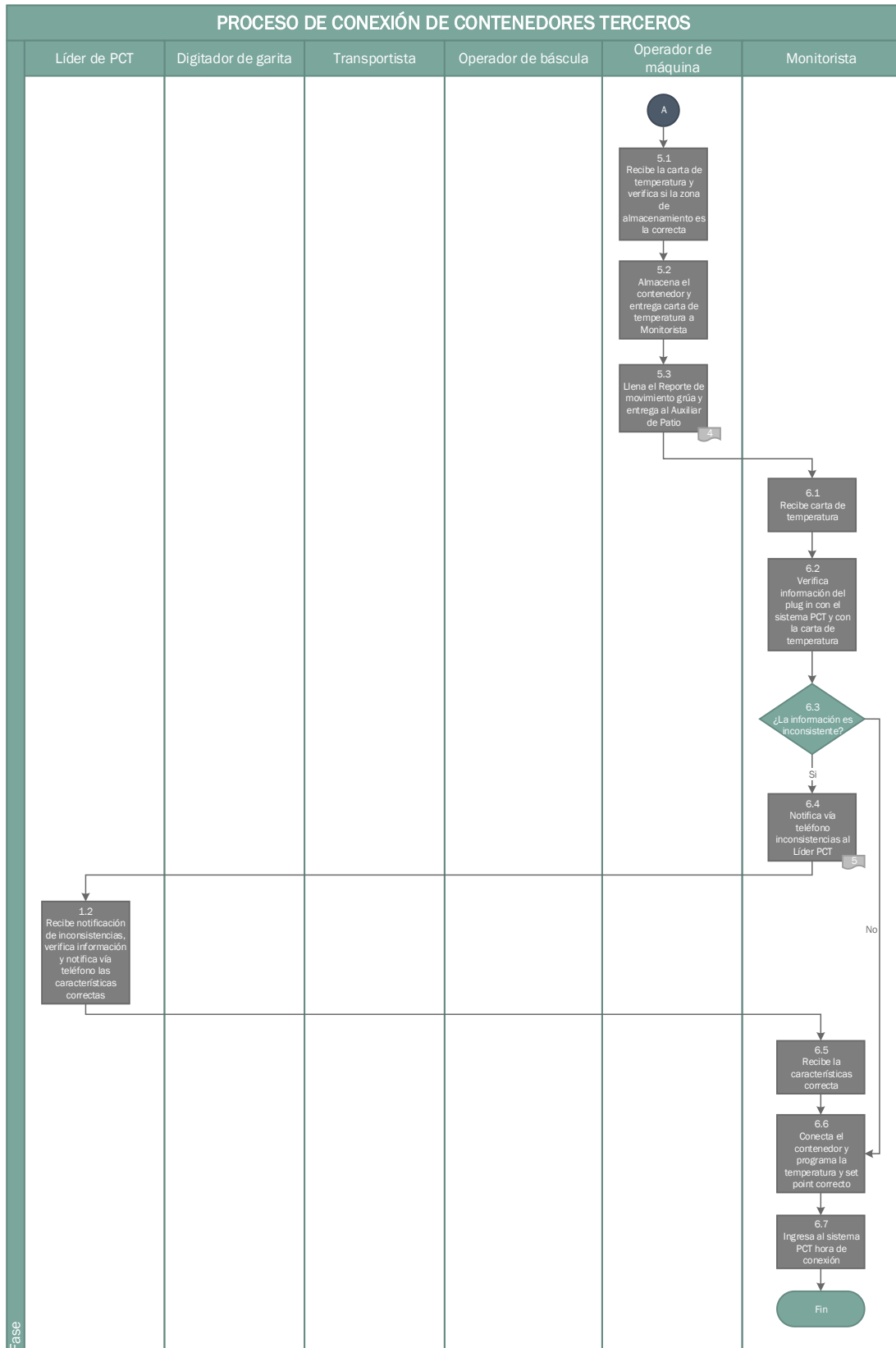
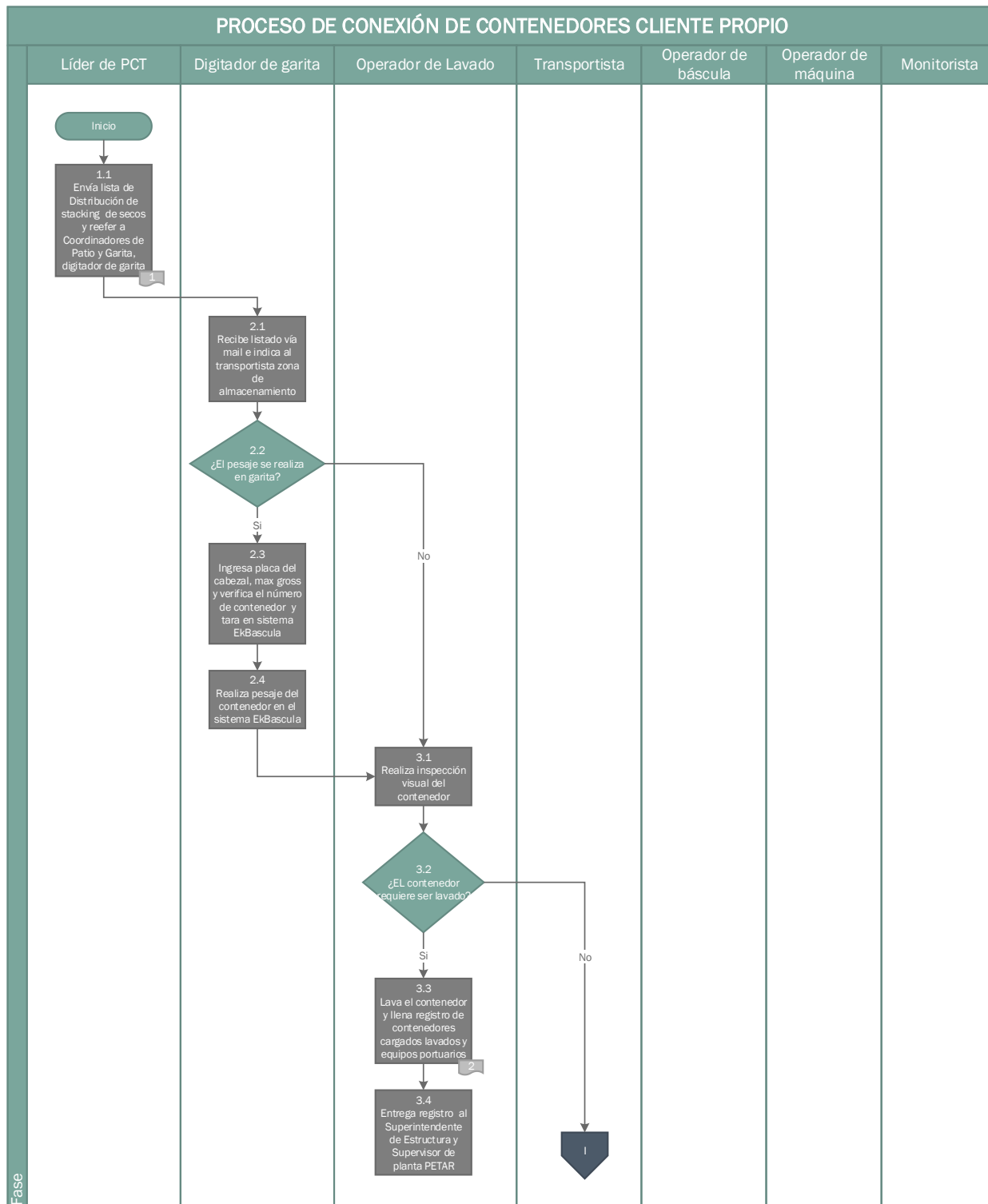
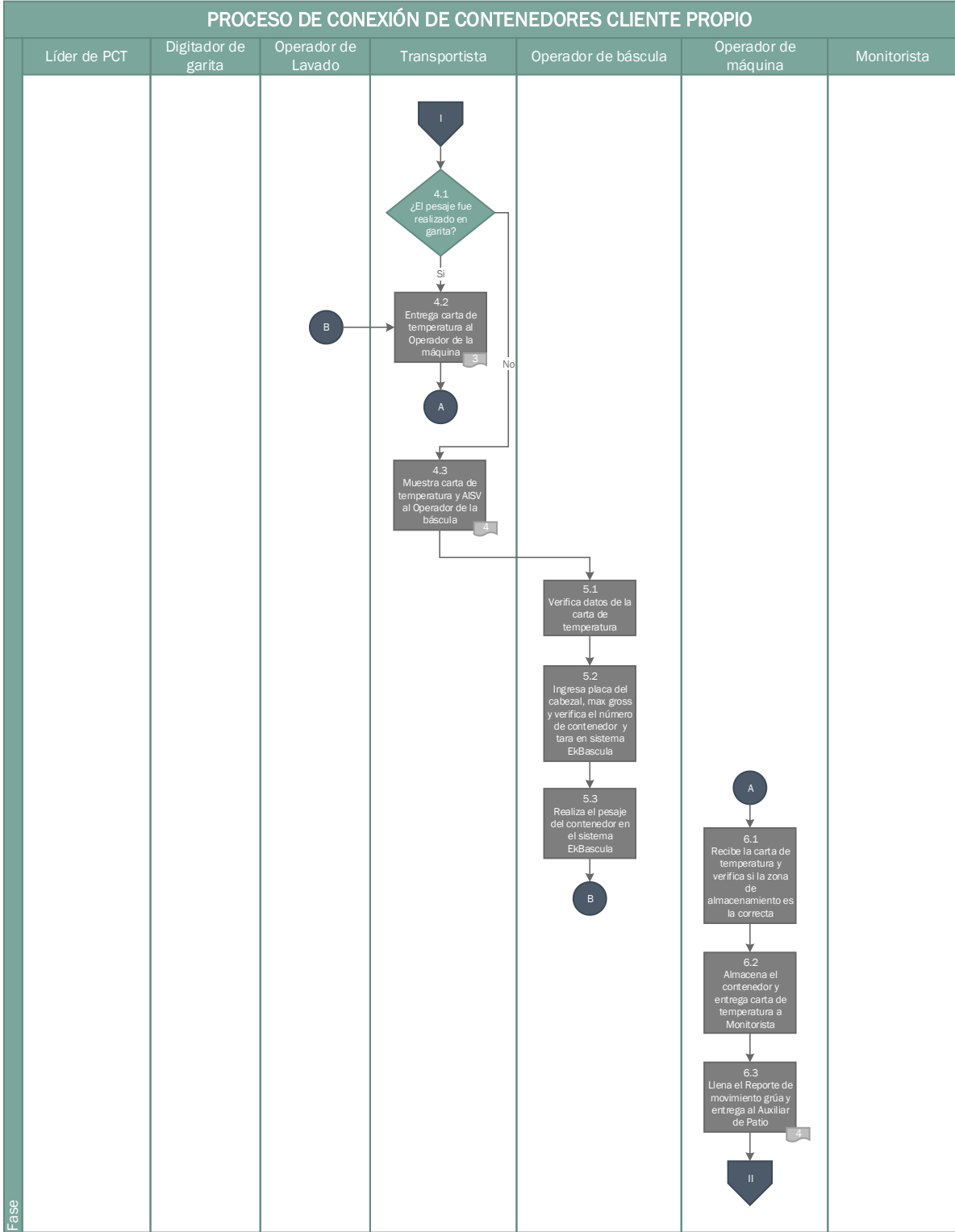


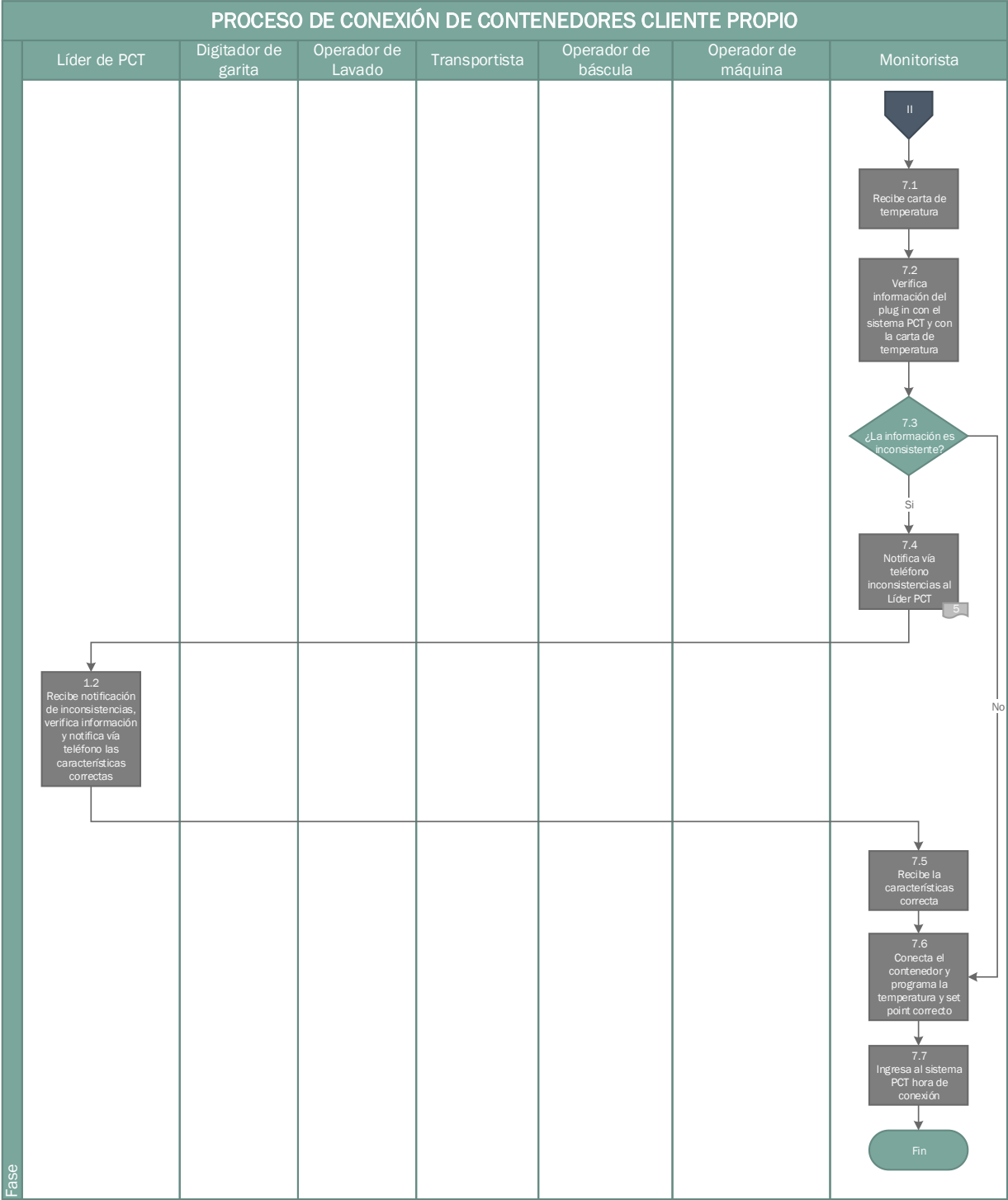
Diagrama de flujo del proceso de conexión de contenedores de cliente propio



Continuación del Diagrama de flujo de proceso de conexión de contenedores de cliente propio



Continuación del Diagrama de flujo de proceso de conexión de contenedores de cliente propio



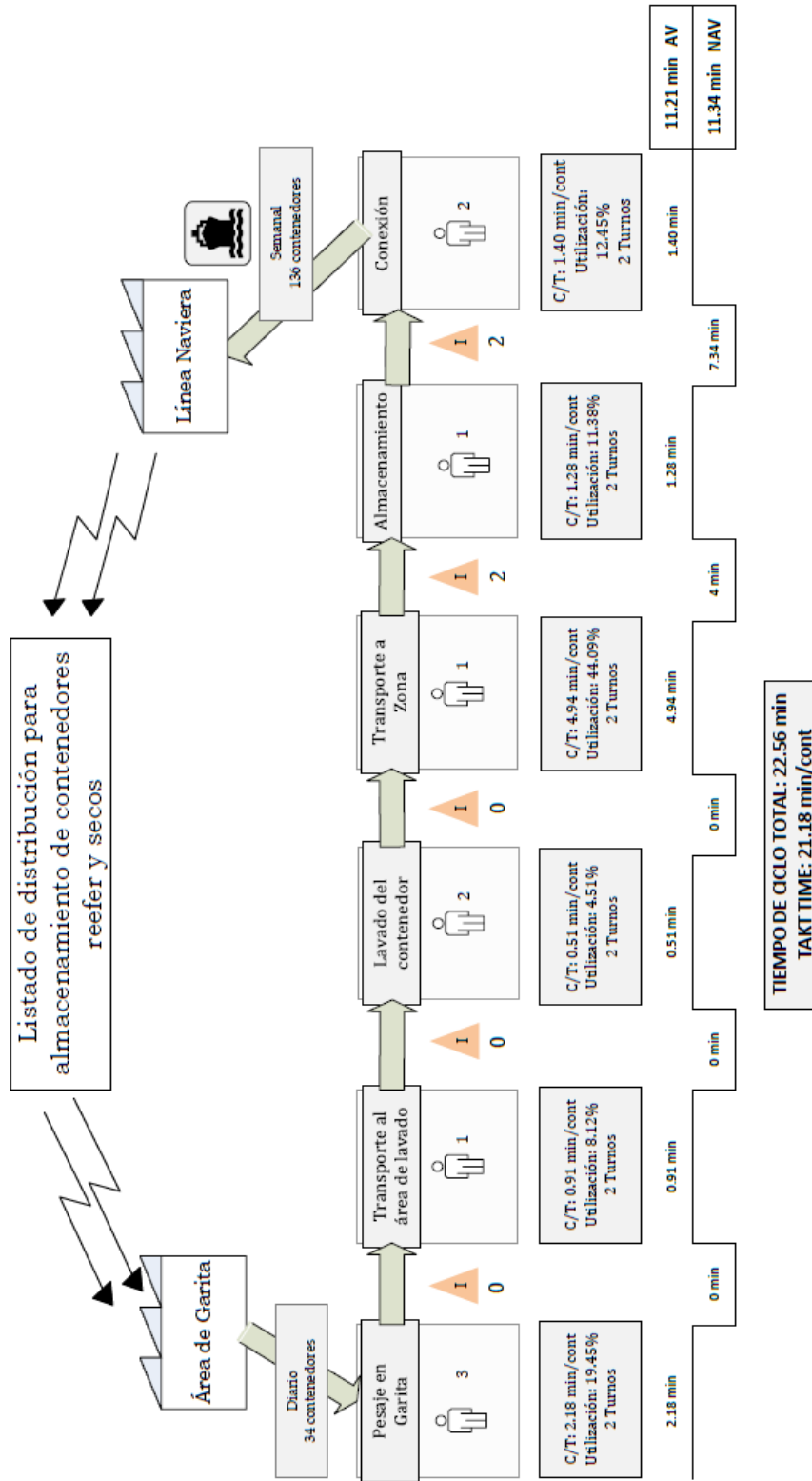
APÉNDICE B

Inventario de reportería

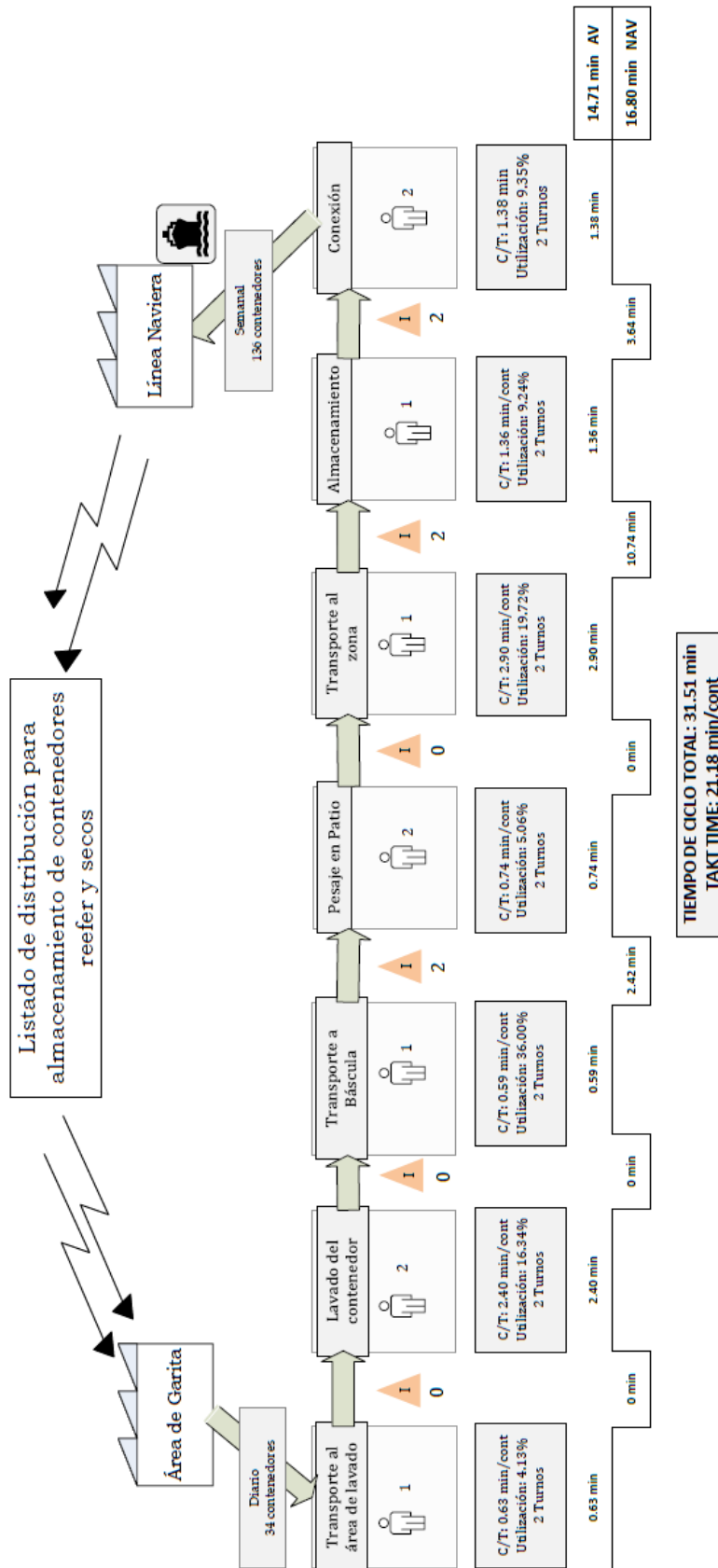
INVENTARIO DE REPORTERÍA								
No.	Nombre	Contenido	¿Quién lo realiza?	Medio utilizado	¿Quién lo recibe?	Propósito de Reporte	Frecuencia	Observaciones
1	Listado de Distribución de stacking de secos y reefer	Distribución de los contenedores secos y refrigerados por zona y bloque del área de almacenamiento por línea naviera	Líder de PCT	Hoja de excel enviado por mail	Coordinador de garita, Digitadores, Operadores de báscula de patio, Coordinador de patio	Indicar a los transportistas en garita, cual es la zona en donde debe ser almacenado el contenedor	Diario	Cambia en el transcurso del día por la ocupación de las zonas
			Operador de lavado	Registrado a mano	Superintendente de Estructura Supervisor de planta PETAR	Digitalizar los datos Contabilizar el agua reciclada utilizada en el lavado de contenedores	Diario	No aplica
2	Registro de contenedores cargados lavados y equipo portuario	Número de contenedor, si fue cepillado o engujado, fecha, nombre del registrador	Operador de lavado	Registrado a mano	Inspector, Digitador, Operador de báscula	Registro de datos necesario para el ingreso y control del vehículo y carga a ingresar al terminal portuario	Al ingresar el contenedor al terminal portuario	Llenado incorrecto del documento por parte del cliente
3	AISV (Autorización de Ingreso y Salida Vehicular)	Datos de cliente, itinerario, booking, línea naviera, nombre del exportador, datos de la carga, datos del transporte y datos de autorización	Cliente	Digital en la página web de Naportec	Inspector, Digitador, Operador de báscula	Registro de datos necesario para el ingreso, control e inspección del vehículo y carga a ingresar al terminal portuario	Al ingresar el contenedor al terminal portuario	4 copias
4	EIR (Equipment Inspection Record)	Datos del cliente, datos del transporte, datos de la carga, itinerario, línea naviera, información estructural del contenedor	Inspectores de garita	Registrado a mano	Inspector de garita Transportista, Digitación, Coordinador de Garita, CIP	Registro de datos necesario para el ingreso, control e inspección del vehículo y carga a ingresar al terminal portuario	Al ingresar el contenedor al terminal portuario	4 copias
5	Certificado de peso	Hora inicio pesaje, hora fin pesaje, contenedor, tara, peso de ingreso, peso de salida, producto, itinerario, temperatura, booking, datos del transportista	Operador de báscula	Sistema Ekbascula	Transportista, Auxiliar de patio	Registrar peso de ingreso del contenedor, trazabilidad del contenedor	Al ingresar el contenedor al terminal portuario	Para el proceso de tiempo de conexión, el certificado de peso no se imprime. Documentación archivada
6	Carta de temperatura	Nombre del cliente (compañía), booking number, puerto de embarque, puerto de descarga, temperatura, rango de tolerancia, ventilación, número del contenedor, producto	Cliente	Instrucciones impresas	Líder de PCT, Auxiliar de patio	Trazabilidad del contenedor	Al ingresar el contenedor al terminal portuario	Documentación archivada
7	Reporte de movimiento de grúa	Fecha, número de contenedor, hora inicio de enganche, hora fin de enganche	Operador de máquina RS	Registrado a mano	Auxiliar de patio	Trazabilidad del contenedor	Al finalizar el turno	Documentación archivada
8	Plug in	Nombre del cliente (compañía), número del contenedor, detalle de la carga, detalle el puerto, detalles de conexión, itinerario, código QR	Inspectores de garita	Impresión a través del sistema NapMobile	Transportista (pegado al contenedor)	Identificación del contenedor y realizando un seguimiento en línea con la lectura del código QR	Al ingresar el contenedor al terminal portuario	No aplica
9	FGY-10 Base de datos tiempo de conexión cliente Dole	Fecha, número de contenedor, hora de ingreso del sistema, hora de conexión, tiempo de conexión	Líder de PCT	Hoja de excel via mail	Especialista de certificaciones, Superintendente de Patio, Coordinadores de Patio, Técnico PCT	Calcular el kpi de tiempo promedio de conexión de contenedores Dole	Cada periodo (4 semanas)	Descarga base de datos del sistema PCT y coloca la información pertinente
10	FGY-11 Base de datos tiempo de conexión cliente terceros	Fecha, número de contenedor, línea naviera, hora de ingreso del sistema, hora de conexión, tiempo de conexión	Líder de PCT	Hoja de excel via mail	Especialista de certificaciones	Calcular el kpi de tiempo promedio de conexión de contenedores terceros	Cada periodo (4 semanas)	Descarga base de datos del sistema PCT y coloca la información pertinente
11	Reporte de diferencia de temperatura	Inconsistencias de temperatura en la Carta de Temperatura, Plug in y el Sistema PCT, número del	Monitorista	Mensaje via whatsapp	Líder PCT	Notificar al Líder de PCT los cambios de temperatura para su pronta corrección.	Cuando sucede	Envían foto corrobando las inconsistencias
12	Reporte de daño estructural	Descripción del daño estructural del contenedor	Monitorista	Ingreso de información en Sistema PCT	Líder PCT	Notificar daños estructurales para su arreglo	Cuando sucede	No aplica

APÉNDICE C

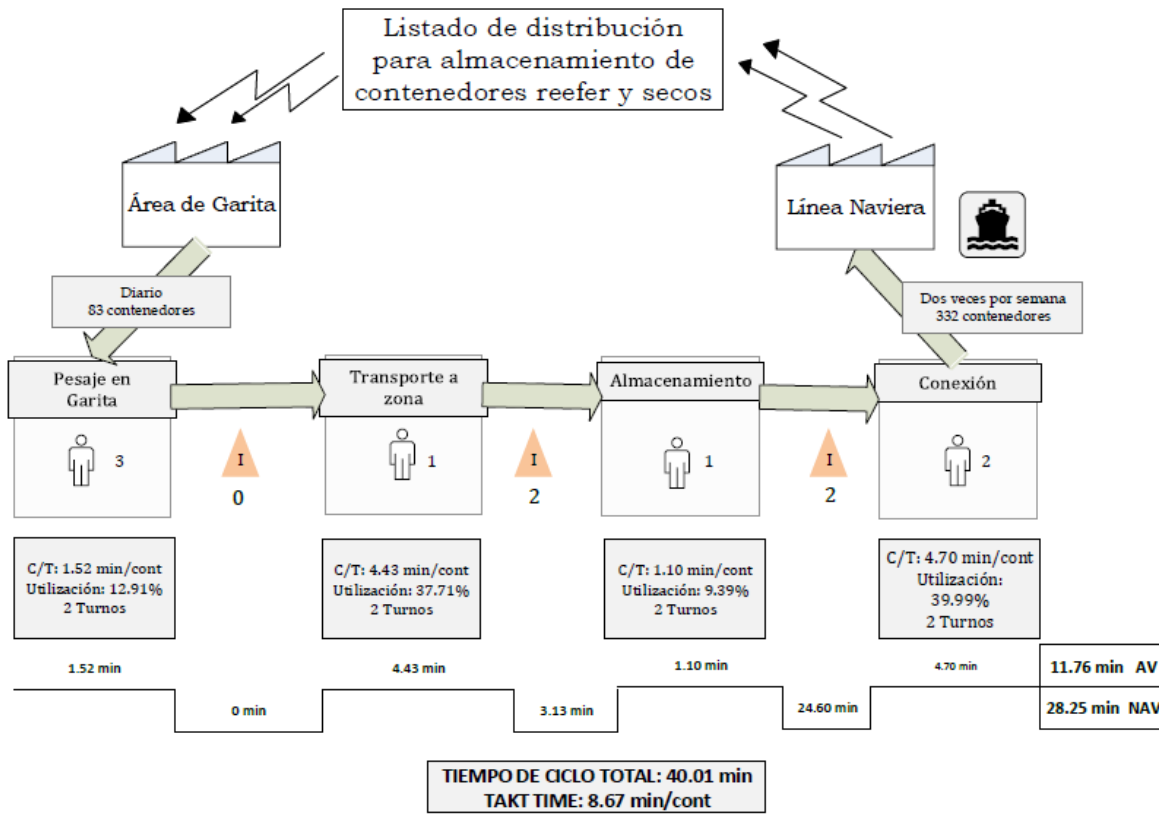
VSM para clientes propios pesados en garita



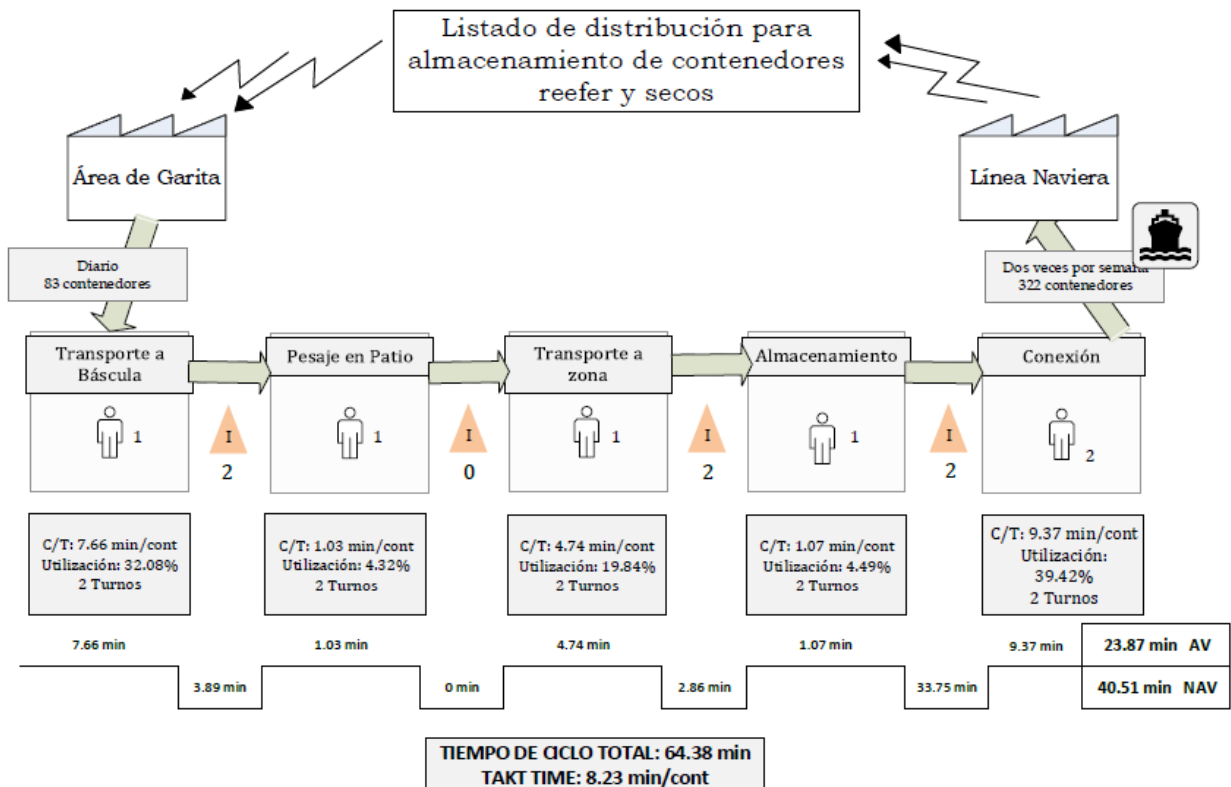
VSM para clientes propios pesados en garita



VSM para clientes terceros pesados en garita



VSM para clientes terceros pesados en patio



APÉNDICE D

Plan de recolección de datos

Plan de recolección de datos								
No.	¿Qué?	Unidades	Tipo de data	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cómo?	¿Cómo?	¿Quién?
1	Tiempo de pesaje en báscula garita	Minutos	Continuo	Analizar tiempos de operación del proceso	Garita	Toma de tiempo de salida de garita	Cronómetro	Operador de bodega / Líder del proyecto
2	Tiempo de lavado (Aplicado solo a clientes propios)	Minutos	Continuo	Analizar tiempos de operación del proceso	Área de lavado	Toma de tiempo de inicio y fin del lavado	Cronómetro	Operador de bodega / Líder del proyecto
3	Tiempo de pesaje en patio	Minutos	Continuo	Analizar tiempos de operación del proceso	Báscula de patio	Toma de tiempo de inicio y fin del pesaje	Cronómetro	Líder del proyecto
4	Tiempo de almacenamiento	Minutos	Continuo	Analizar tiempos de operación del proceso	Zona de almacenamiento	Toma de tiempo de inicio y fin de enganche	Cronómetro	Operador de bodega
5	Tiempo de conexión	Minutos	Continuo	Analizar tiempos de operación del proceso	Zona de almacenamiento	Toma de tiempo de inicio y fin de conexión	Cronómetro	Operador de bodega
6	Tiempo de espera en báscula de patio	Minutos	Continuo	Analizar tiempos de operación del proceso	Báscula de patio	Diferencia entre llegada a la cola e inicio del pesaje	Cronómetro	Líder del proyecto
7	Tiempo de espera en zona para almacenamiento	Minutos	Continuo	Analizar tiempos muertos del proceso	Zona de almacenamiento	Diferencia entre llegada a la cola e inicio del almacenamiento	Cronómetro	Operador de bodega
8	Tiempo de espera de conexión	Minutos	Continuo	Analizar tiempos muertos del proceso	Zona de almacenamiento	Diferencia entre fin de almacenamiento e inicio de conexión	Cronómetro	Operador de bodega

APÉNDICE E

Formato utilizado para la toma de tiempo de pesaje en garita y lavado

ESTUDIO DE TIEMPOS DE CONEXIÓN DE CONTENEDORES FULL - REEFER SALIDA DE GARITA Y LAVADO

REGISTRADOR: _____

FECHA: _____

No.	CONTENEDOR	PROPIO	TERCERO 1	TERCERO 2	HORA SALIDA DE GARITA	¿PASA POR LAVADO?		LAVADO HORA INICIO	LAVADO HORA FIN	OBSERVACIONES
						SI	NO			
1										
2										
3										
4										
5										
6										

Formato para el tiempo de pesaje en báscula de patio

ESTUDIO DE TIEMPOS DE CONEXIÓN DE CONTENEDORES FULL - REEFER PESAJE EN PATIO

REGISTRADOR: _____

FECHA: _____

No.	CONTENEDOR	PROPIO	TERCERO 1	TERCERO 2	HORA LLEGADA A BASCULA	PESAJE HORA INICIO	PESAJE HORA FIN	OBSERVACIONES
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Formato para la toma de tiempo de almacenamiento y conexión

ESTUDIO DE TIEMPOS DE CONEXIÓN DE CONTENEDORES FULL - REEFER ALMACENAMIENTO Y CONEXIÓN

REGISTRADOR: _____

FECHA: _____

No	CONTENEDOR	PROPIO	TERCERO 1	TERCERO 2	HORA LLEGADA A ZONA	ENGANCHE HORA INICIO	ENGANCHE HORA FIN	CONEXIÓN HORA INICIO	CONEXIÓN HORA FIN	OBSERVACIONES
1										
2										
3										
4										
5										
6										

APÉNDICE F

Calificación para las causas potenciales, dadas por el equipo de trabajo

No	Causas	P1- Terceros1				Moda	P2 – Propios				Moda	P3 – Terceros2				Moda	TOTAL
		J	L	K	A		J	L	K	A		J	L	K	A		
1	Los operarios realizan la conexión al llenarse un bloque	9	9	3	3	9	1	1	1	1	1	9	9	3	3	9	66
2	Hay un registro tardío de la hora de conexión en sistema PCT	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	90
3	El personal no cumple con la distribución de zonas por cliente	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
4	El gate in tiene incompleta la información	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	90
5	El gate in pertenece a otra unidad	9	0	9	9	9	9	0	9	9	9	9	0	9	9	9	90
6	Los choferes tienen la documentación errada o incompleta	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0
7	El operador Aretina no lleva un control de medición	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
8	Existe baja disponibilidad del personal	9	0	9	9	9	9	0	9	9	9	9	0	9	9	9	90
9	Los operarios desconocen de la importancia del proceso de conexión	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
10	Durante el cambio de turno hay una baja capacidad de respuesta	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	90
11	Las tablets presentan daños	1	3	0	1	1	1	3	0	1	1	1	3	0	1	1	10
12	Existe una baja disponibilidad de montacargas	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	Ineficiente asignación de equipos	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3	30
14	Hay baja disponibilidad de tomas eléctricas	1	0	1	3	1	1	0	1	3	1	1	0	1	3	1	10
15	Averías en equipos	9	3	3	3	3	9	3	3	3	3	9	3	3	3	3	30
16	Entre operadores hay una ineficiente comunicación	1	3	0	1	1	1	3	0	1	1	1	3	0	1	1	10
17	Existe escasez de trabajo en equipo	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	10
18	Los choferes particulares se estacionan en áreas no correspondientes	9	3	3	9	9	9	3	3	9	9	9	3	3	9	9	90
19	Existen cortes de energía imprevistos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
20	Los operadores recorren largas distancias para cumplir su trabajo	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	90
21	Disposición de espacio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
22	Existe incertidumbre ante la demanda diaria	3	9	1	1	1	3	9	1	1	1	3	9	1	1	1	10
23	Hay una inadecuada distribución de zonas	3	9	1	1	1	3	9	1	1	1	3	9	1	1	1	10
24	Existe una inadecuada priorización de tareas	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	30
25	Incluyen los contenedores destinados a reestibas	0	0	0	0	0	9	3	9	9	9	0	0	0	0	0	27

APÉNDICE G

Datos para la validación de causa de los operadores conectan los contenedores cuando un bloque está lleno.

No.	Hora fin enganche	Hora inicio conexión (bloque)	Hora fin conexión (bloque)	Hora fin enganche	Hora inicio conexión	Hora fin conexión
1	20:37:05	21:40:01	21:50:59	17:10:19	17:11:42	17:13:04
2	20:32:05	21:40:01	21:50:59	17:21:46	17:22:05	17:23:00
3	20:56:20	21:40:01	21:50:59	17:32:50	17:44:45	17:45:00
4	20:58:59	21:40:01	21:50:59	17:29:38	17:43:40	17:44:00
5	20:49:55	21:40:01	21:50:59	17:36:04	17:38:01	17:40:44
6	21:05:59	21:40:01	21:50:59	17:39:00	17:45:20	17:45:45
7	21:00:50	21:40:01	21:50:59	17:42:36	17:43:56	17:45:04
8	21:03:00	21:40:01	21:50:59	17:44:10	17:47:50	17:48:15
9	21:07:59	21:40:01	21:50:59	17:47:00	17:48:00	17:48:15
10	20:05:45	21:45:00	21:58:00	17:51:10	17:56:00	17:57:35
11	20:26:40	21:45:00	21:58:00	17:52:30	17:52:44	17:52:58
12	20:29:20	21:45:00	21:58:00	17:56:15	17:59:30	18:00:10
13	20:31:00	21:45:00	21:58:00	18:04:43	18:07:10	18:07:54
14	20:33:59	21:45:00	21:58:00	18:06:15	18:06:15	18:06:25
15	20:41:00	21:45:00	21:58:00	18:09:07	18:08:50	18:09:52
16	20:44:30	21:45:00	21:58:00	18:17:03	18:18:20	18:19:21
17	20:47:15	21:45:00	21:58:00	18:19:45	18:20:33	18:21:15
18	20:55:10	21:45:00	21:58:00	18:21:55	18:23:48	18:25:30
19	21:28:15	22:44:00	23:04:00	18:23:31	18:23:48	18:25:30
20	21:32:15	22:44:00	23:04:00	18:37:46	18:44:59	18:45:39
21	21:40:00	22:44:00	23:04:00	18:33:57	18:35:00	18:36:06
22	21:42:05	22:44:00	23:04:00	18:36:06	18:38:38	18:39:30
23	22:14:20	22:44:00	23:04:00	18:47:04	18:48:27	18:49:23
24	21:45:20	22:44:00	23:04:00	18:55:54	19:01:32	19:01:54
25	22:38:25	22:44:00	23:04:00	18:54:45	18:54:46	18:55:20
26	22:12:40	22:44:00	23:04:00	18:59:37	19:02:23	19:03:16
27	22:05:10	22:44:00	23:04:00	19:01:22	19:02:15	19:02:45
28	22:10:50	22:44:00	23:04:00	19:02:55	19:03:15	19:03:45
29	22:21:30	22:44:00	23:04:00	19:06:59	19:08:00	19:08:30
30	22:25:30	22:44:00	23:04:00	19:10:08	19:15:10	19:16:29

APÉNDICE H

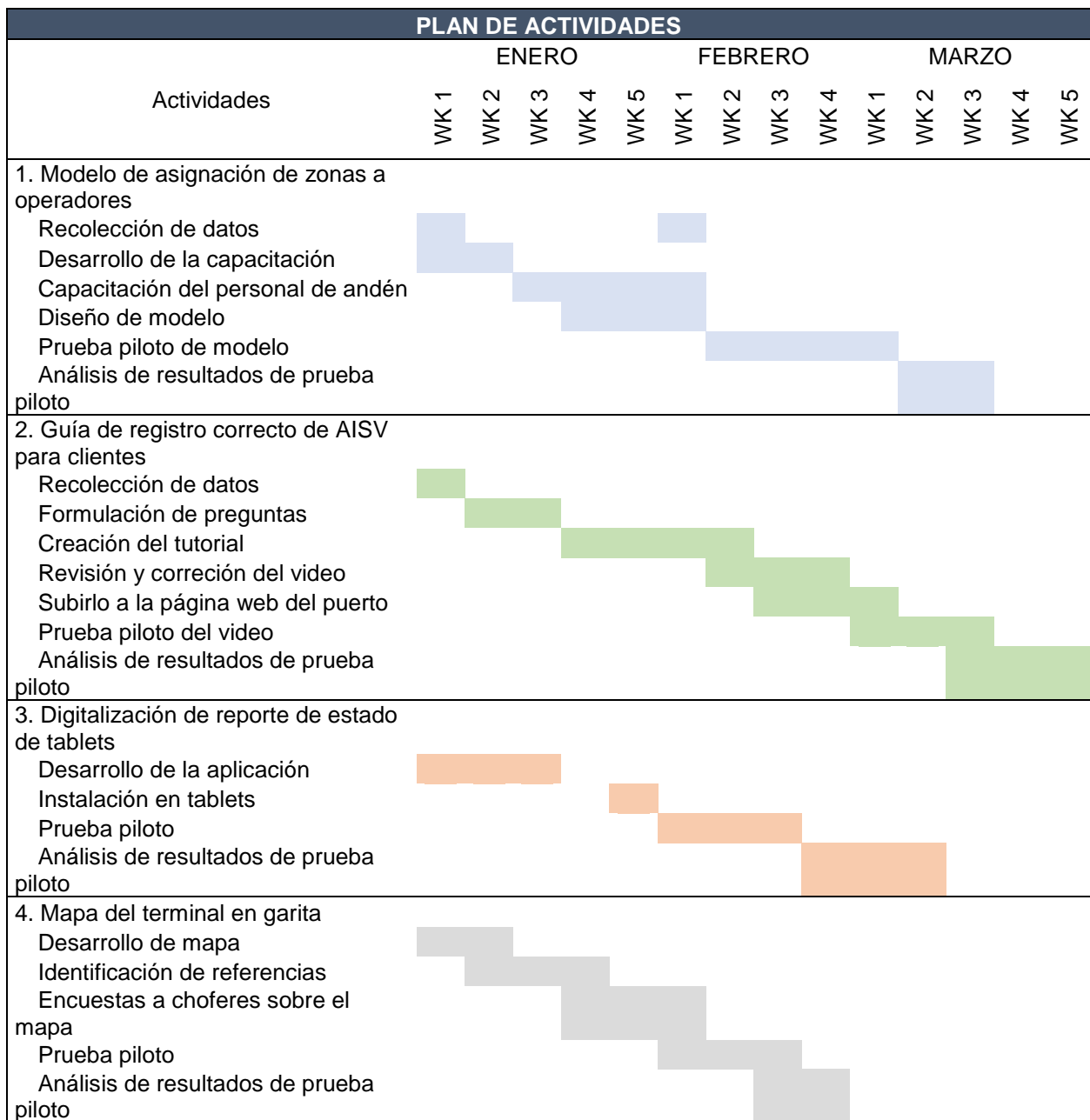
Plan de capacitación a personal de andén

Plan de capacitación	Horas	
Tópicos	Teóricas	Prácticas
Identificación de modelos de unidades	1	36
Componentes principales de una máquina de refrigeración	1	12
Simulación de flujo de aire dentro del contenedor	0,5	12
Procedimiento de conexión	2	48
Lecturas de setpoint, suministro y retorno	0,5	12
Relación de datos entre Display y Gate In	1	12
Procedimiento de monitoreo	2	48
Procedimiento de desconexión	2	48
Reconocimiento de daños en los equipos	4	12
Referencia de temperatura para contenedores propios	0,5	0
Referencia de temperatura para contenedores terceros	0,5	0
Duración de partes	15	240
Duración total de capacitación	255 horas	
Responsables: Supervisores de Refrigeración, Técnico máster		

APÉNDICE I

Plan de implementación y Diagrama de Gantt de soluciones

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN							
Causa raíz	Solución	Costo	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?
Evitar pérdidas de itinerarios de naves que generan costos extras.	Modelo de asignación de zonas a operadores.	\$ 200,00	Porque actualmente se asignan las zonas de forma deficiente, ocasionando aumento en el tiempo de conexión.	Formulación matemática siguiendo modelo heurístico y capacitación a un personal del área de embarque.	Área de Patio	Enero – Marzo 2019	Líderes de proyecto – Superintendente de Refrigeración - Operadores
Re - asignación de tareas a operadores al inicio de cada turno.							
La información fue mal ingresada en AISV por el cliente.	Guía de registro correcto de AISV para clientes.	\$ 500,00	Disminuir errores y evitar retrabajos en el área de garita y patio.	Video interactivo y evaluativo para los clientes.	Página web del puerto	Enero – Marzo 2019	Líderes de proyecto // CIP
Los técnicos se reúnen con el Líder de PCT para entrega de consignas (reportes) y tablets para segunda guardia (19h40).	Digitalización de reporte de estado de tablets.	\$ 100.00	Disminuye consume de papel y es un registro rápido, con estadísticas del estado de tablets.	Formulario llenado en una aplicación.	Área de Patio	Enero – Marzo 2019	Líderes de proyecto
El personal da la ubicación inexacta del contenedor.	Mapa del puerto en ventana de garita.	\$ 500,00	Porque el chofer al desconocer el puerto, genera retrabajos.	Mapa con referencias.	Área de Garita	Enero – Febrero 2019	Líderes de proyecto



APÉNDICE J

Distribuciones de tiempo de las etapas de flujo garita y patio

Flujo Garita - Clientes propios	
Etapa	Distribución
Arribos	johnsonbounded(1.080869, 98.170449, 0.734112, 0.555079)
Pesaje en garita	weibull(0.246100, 2.049501, 1.174282)
Transporte a zona de almacenamiento	loglogistic(0.000000, 4.041411, 3.014711)
Espera almacenamiento	lognormal2(0.000000, 3.236128, 0.876036)
Almacenamiento	loglogistic(0.000000, 1.216129, 5.347368)
Espera conexión	pearsont6(0.000000, 30.147588, 0.702381, 4.016810)
Conexión	beta(0.001054, 3.547656, 8.012687, 12.370786)

Flujo Garita - Clientes terceros	
Etapa	Distribución
Arribos	johnsonbounded(0.308708, 33.196207, 1.442748, 0.734929)
Pesaje en garita	loglaplace(0.000000, 0.933333, 2.027313)
Transporte a zona de almacenamiento	pearsont6(0.030019, 3.675570, 4.004906, 4.336680)
Espera almacenamiento	pearsont6(0.009006, 1.492083, 2.657989, 2.247437)
Almacenamiento	loglogistic(0.000586, 0.949529, 4.369482)
Espera conexión	beta(0.000000, 122.348176, 0.574462, 2.231245)
Conexión	lognormal2(0.080847, 0.899964, 1.270296)

Flujo Patio - Clientes propios	
Etapa	Distribución
Arribos	johnsonbounded(1.080869, 98.170449, 0.734112, 0.555079)
Transporte a báscula de patio	johnsonbounded(0.066465, 136.296039, 2.374314, 0.607501)
Espera pesaje	Empírica
Pesaje en patio	loglaplace(0.000000, 1.016667, 2.647094)
Transporte a zona de almacenamiento	beta(0.628728, 17.427467, 0.907950, 2.836355)
Espera almacenamiento	lognormal2(0.000000, 3.236128, 0.876036)
Almacenamiento	loglogistic(0.000000, 1.216129, 5.347368)
Espera conexión	pearsont6(0.000000, 30.147588, 0.702381, 4.016810)
Conexión	beta(0.001054, 3.547656, 8.012687, 12.370786)

Flujo Patio - Clientes terceros	
Etapa	Distribución
Arribos	johnsonbounded(0.308708, 33.196207, 1.442748, 0.734929)
Transporte a báscula de patio	johnsonbounded(0.066465, 136.296039, 2.374314, 0.607501)
Espera pesaje	Empírica
Pesaje en patio	loglaplace(0.000000, 1.016667, 2.647094)
Transporte a zona de almacenamiento	beta(0.628728, 17.427467, 0.907950, 2.836355)
Espera almacenamiento	pearsont6(0.009006, 1.492083, 2.657989, 2.247437)
Almacenamiento	loglogistic(0.000586, 0.949529, 4.369482)
Espera conexión	beta(0.000000, 122.348176, 0.574462, 2.231245)
Conexión	lognormal2(0.080847, 0.899964, 1.270296)

APÉNDICE K

Procedimiento y resultados de la validación

1. Para verificar la validez del modelo realizado se utilizó una prueba de hipótesis de medias. La hipótesis nula y alterna se muestran de la siguiente forma:

$$H_0: \bar{Y}(\text{tiempo promedio de conexión}) = 47 \text{ minutos}$$

$$H_1: \bar{Y}(\text{tiempo promedio de conexión}) \neq 47 \text{ minutos}$$

2. Se realizó el cálculo del estadístico t_0 con un tamaño de muestra n igual a 10 réplicas y un nivel de significancia $\alpha=0.05$

Réplicas	Tiempo promedio de conexión
1	45,77025
2	43,47325
3	48,608
4	50,66225
5	44,10125
6	58,8075
7	45,98125
8	44,74975
9	56,329
10	43,5725
Promedio	48,2055
Desviación	5,458072196

$$t_0 = \left| \frac{\bar{Y} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \right|$$

$$t_0 = \left| \frac{48.0255 - 47}{5.458/\sqrt{10}} \right| = 0.594$$

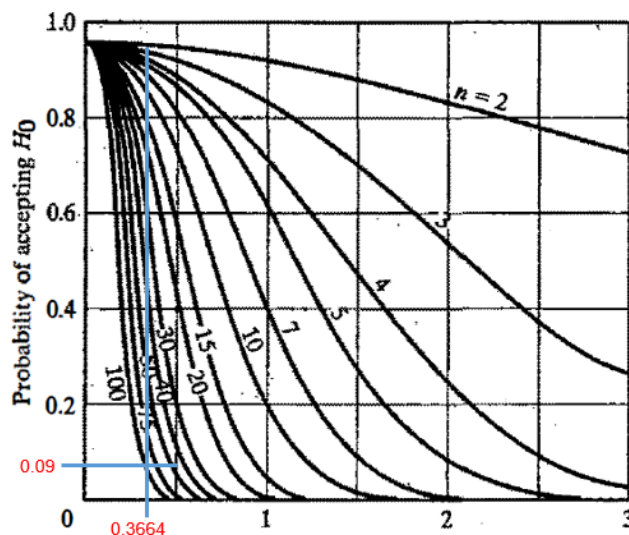
3. Con un $t_{\alpha/2, n-1} = 2,262157$ el cual es mayor que t_0 , no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede concluir que el modelo es adecuado.

4. Para verificar si el modelo es fuerte o débil se utilizó la potencia de prueba igual a $1 - \beta$. El valor de β depende del tamaño de la muestra y la diferencia δ entre \bar{Y} y μ . Para encontrar δ se hace el siguiente cálculo:

$$\delta = \frac{|\bar{Y} - \mu|}{\sigma}$$

$$\delta = \frac{2}{5.458} = 0.3664$$

5. Para encontrar el tamaño de la muestra se utilizaron las Curvas Características de Operación. En este modelo se consideró una potencia de prueba mayor o igual al 90%. Con un $\alpha=0.05$, $\beta(\delta) = \beta(0.3664) \approx 0.09$ como se muestra en la gráfica adjunta para un tamaño de muestra n de 100 réplicas. Por lo que se necesitan 90 réplicas adicionales para tener una potencia de prueba $1-\beta = 0.91=91\%$.



6. Luego con las réplicas adicionales se realizó una prueba de intervalo de confianza para evaluar qué tan cercano están la simulación y el sistema real. El intervalo viene dado por:

$$\bar{Y} \pm t_{\alpha/2, n-1} S / \sqrt{n}$$

$$46.077 \pm 1,984 * \frac{4,00526}{\sqrt{100}} = [45.282 ; 46.872]$$

7. En este caso el error $\varepsilon = 2$ minutos y $\mu_0 = 47$ minutos. El error del peor caso es igual a $|45.282 - 47| = 1.7176 < \varepsilon$ por lo que se acepta el modelo.

APÉNDICE L

Resultados del muestreo de trabajo

Operarios	Zona	Conexión	Monitoreo	Desconexión	Ayorando a otras áreas	Transporte	Distraído con celular	Conversando	En reunión	En el baño	Inactivo
Operador 1	ZONA-DÍA	25%	9%	14%	0%	11%	9%	2%	0%	0%	30%
Operador 2	BLOQUE-DÍA	2%	30%	10%	18%	8%	6%	4%	6%	8%	8%
Operador 3	ZONA-NOCHE	10%	6%	6%	4%	12%	0%	0%	0%	0%	62%
Operador 4	BLOQUE-NOCHE	31%	21%	0%	3%	18%	5%	0%	5%	0%	18%
PROMEDIO TOTAL POR JORNADA		17%	16%	7%	6%	12%	5%	2%	3%	2%	29%

APÉNDICE M

Datos de hora de registro de conexión en sistema PCT

Hora fin conexión	Hora de registro en el sistema	Diferencia
19:25:43	19:26:43	1,000
19:34:40	19:35:22	0,700
22:44:58	22:47:06	2,133
0:24:52	0:27:49	2,950
17:12:50	17:14:42	1,867
18:43:58	18:48:10	4,200
20:46:55	20:52:53	5,967
21:37:52	21:46:19	8,450
21:46:30	22:02:40	16,167
21:51:50	21:59:43	7,883
0:16:54	0:40:56	24,033
0:32:50	0:41:35	8,750
PROMEDIO		7,008

APÉNDICE N

Datos de tiempo de transporte de contenedores ubicados en áreas no correspondientes

Contenedor	Hora de arribo a la zona incorrecta	Estado	Hora de salida de garita	Tiempo de transporte a zona correcta	Hora de arribo a zona	Tiempo perdido
CGMU9291384	17:59:58	Perdido	17:54:03	0:25:18	18:19:21	0:05:55
CGMU4971590	18:17:09	Perdido	18:05:55	0:15:36	18:21:31	0:11:14
SEGU9124320	19:33:41	Perdido	19:31:30	0:06:41	19:38:11	0:02:11
TRIU8918248	19:40:32	Perdido	19:37:58	0:08:17	19:46:15	0:02:34
TRIU8117444	22:20:45	Perdido	22:19:20	0:09:54	22:29:14	0:01:25

APÉNDICE O

Datos de tiempos de conexión de simulación actual y mejoras

Réplicas	Tiempo de conexión actual	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Todas las soluciones
1	45,77	44,39	42,27	45,27	43,44	37,83
2	43,47	42,09	39,97	42,97	41,14	32,48
3	48,61	47,23	45,11	48,11	46,28	37,26
4	50,66	49,28	47,16	50,16	48,33	42,09
5	44,10	42,72	40,60	43,60	41,77	32,97
6	58,81	57,43	55,31	58,31	56,48	35,02
7	45,98	44,60	42,48	45,48	43,65	33,67
8	44,75	43,37	41,25	44,25	42,42	33,62
9	56,33	54,95	52,83	55,83	54,00	35,87
10	43,57	42,19	40,07	43,07	41,24	37,68
11	44,55	43,17	41,05	44,05	42,22	36,25
12	43,40	42,02	39,90	42,90	41,07	43,12
13	48,52	47,14	45,02	48,02	46,19	39,54
14	48,16	46,78	44,66	47,66	45,83	35,02
15	50,49	49,11	46,99	49,99	48,16	34,61
16	39,61	38,23	36,11	39,11	37,27	36,11
17	42,37	40,99	38,87	41,87	40,04	33,40
18	47,54	46,16	44,04	47,04	45,21	34,40
19	41,63	40,25	38,13	41,13	39,29	38,35
20	37,23	35,85	33,73	36,73	34,90	39,49
21	46,52	45,14	43,02	46,02	44,19	36,48
22	38,50	37,12	35,00	38,00	36,17	40,44
23	45,73	44,35	42,23	45,23	43,40	37,17
24	46,66	45,28	43,16	46,16	44,33	36,75
25	40,17	38,79	36,67	39,67	37,84	37,45
26	44,76	43,38	41,26	44,26	42,43	32,69
27	45,79	44,41	42,29	45,29	43,46	37,44
28	42,36	40,98	38,86	41,86	40,02	41,86
29	47,14	45,76	43,64	46,64	44,81	35,18
30	51,75	50,37	48,25	51,25	49,42	40,26
31	50,10	48,72	46,60	49,60	47,77	36,52
32	48,28	46,90	44,78	47,78	45,95	39,55
33	43,82	42,44	40,32	43,32	41,48	36,34
34	49,84	48,46	46,34	49,34	47,51	33,26
35	47,79	46,41	44,29	47,29	45,46	37,94
36	49,84	48,46	46,34	49,34	47,51	34,11

37	46,58	45,20	43,08	46,08	44,25	37,32
38	44,17	42,79	40,67	43,67	41,84	36,25
39	40,52	39,14	37,02	40,02	38,19	28,82
40	45,56	44,18	42,06	45,06	43,23	35,03
41	46,61	45,23	43,11	46,11	44,28	38,33
42	41,42	40,04	37,92	40,92	39,09	37,22
43	47,33	45,95	43,83	46,83	44,99	40,09
44	51,85	50,47	48,35	51,35	49,52	35,82
45	42,51	41,13	39,01	42,01	40,18	38,36
46	42,16	40,78	38,66	41,66	39,83	40,88
47	46,87	45,49	43,37	46,37	44,54	35,55
48	50,28	48,90	46,78	49,78	47,95	36,03
49	43,01	41,63	39,51	42,51	40,68	35,22
50	45,17	43,79	41,67	44,67	42,84	36,59
51	47,80	46,42	44,30	47,30	45,47	36,47
52	47,02	45,64	43,52	46,52	44,69	39,49
53	48,23	46,85	44,73	47,73	45,89	36,27
54	46,29	44,91	42,79	45,79	43,96	34,31
55	40,83	39,45	37,33	40,33	38,50	35,91
56	42,71	41,33	39,21	42,21	40,38	35,90
57	42,49	41,11	38,99	41,99	40,16	36,35
58	42,75	41,37	39,25	42,25	40,42	35,22
59	46,71	45,33	43,21	46,21	44,38	32,06
60	46,23	44,85	42,73	45,73	43,90	34,42
61	43,18	41,80	39,68	42,68	40,85	34,76
62	47,15	45,77	43,65	46,65	44,81	36,34
63	47,12	45,74	43,62	46,62	44,79	33,60
64	48,63	47,25	45,13	48,13	46,30	35,52
65	45,10	43,72	41,60	44,60	42,77	33,82
66	43,89	42,51	40,39	43,39	41,56	41,81
67	45,41	44,03	41,91	44,91	43,08	30,86
68	43,75	42,37	40,25	43,25	41,42	34,07
69	42,55	41,17	39,05	42,05	40,22	35,46
70	41,77	40,39	38,27	41,27	39,44	38,21
71	45,33	43,95	41,83	44,83	43,00	39,79
72	44,01	42,63	40,51	43,51	41,68	30,77
73	40,89	39,51	37,39	40,39	38,56	35,35
74	45,39	44,01	41,89	44,89	43,06	40,25
75	47,41	46,03	43,91	46,91	45,08	35,32
76	53,23	51,85	49,73	52,73	50,90	35,61
77	47,92	46,54	44,42	47,42	45,59	35,08
78	50,14	48,76	46,64	49,64	47,81	32,76

79	49,82	48,44	46,32	49,32	47,48	36,51
80	50,35	48,97	46,85	49,85	48,02	36,46
81	48,03	46,65	44,53	47,53	45,70	34,14
82	43,56	42,18	40,06	43,06	41,23	32,84
83	52,24	50,86	48,74	51,74	49,91	37,78
84	40,50	39,12	37,00	40,00	38,17	33,69
85	49,62	48,24	46,12	49,12	47,29	37,47
86	53,00	51,62	49,50	52,50	50,67	40,54
87	59,06	57,68	55,56	58,56	56,73	44,62
88	42,07	40,69	38,57	41,57	39,74	41,80
89	46,45	45,07	42,95	45,95	44,12	37,11
90	45,98	44,60	42,48	45,48	43,65	36,58
91	42,37	40,99	38,87	41,87	40,03	35,15
92	40,51	39,13	37,01	40,01	38,18	36,14
93	41,75	40,37	38,25	41,25	39,42	41,65
94	50,25	48,87	46,75	49,75	47,92	36,77
95	50,23	48,85	46,73	49,73	47,90	35,88
96	43,14	41,76	39,64	42,64	40,81	30,27
97	47,49	46,11	43,99	46,99	45,16	35,15
98	41,79	40,41	38,29	41,29	39,46	35,78
99	48,34	46,96	44,84	47,84	46,00	31,08
100	48,57	47,19	45,07	48,07	46,23	36,33