

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Mejorar la productividad del stacking (RTG, Capacity y Reach Stacker)
frente al incremento del volumen de operación”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Diego Arturo Anilema Yautibug
Adriana María Villavicencio Jara

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento:

A mis padres: Ignacio y María; quienes, con paciencia y amor aportaron significativamente en cada etapa de mi vida académica.

A mis Hermanos: Roberto, Martha, Raúl, Eugenia, William y Gladys; por apoyarme incondicionalmente en cada paso de mi vida universitaria.

A mis amigos del barrio: Gerardo Santos, Cesar Rodríguez y Raúl Delgado; por brindarme su apoyo y cariño.

A mis compañeros de ESPOL, por brindarme su amistad y apoyarnos mutuamente en los estudios.

A mis Profesores de ESPOL; especialmente a M. Sc. María Fernanda López, Ph. D. Jorge Abad y M. Sc. Sofía López, por compartir sus conocimientos y dar soporte a este Proyecto Integrador.

Al Ing. Jorge Avilés, a la Ing. Ligia Córdova, y a la Ing. Mariella Chico; por su guía y colaboración en el desarrollo de este Proyecto Integrador.

Y finalmente, a mi compañera de tesis, Srta. Adriana Villavicencio, por haberme acompañado en el desarrollo de este Proyecto Integrador.

Diego Anilema Y.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento:

A mis padres: Jorge y Adriana; por su amor, esfuerzo y sacrificio al brindarme una educación universitaria.

A mis abuelitos: Vicente, Herminia, Jorge y Rebeca; por sus oraciones y consejos.

A mis tías: Mónica, Natalia y Grace; por brindarme su apoyo y cariño.

A mis compañeros de ESPOL, por brindarme su amistad y apoyarnos mutuamente en los estudios.

A mis Profesores de ESPOL; especialmente a M. Sc. María Fernanda López, Ph. D. Jorge Abad y M. Sc. Sofía López, por compartir sus conocimientos y dar soporte a este Proyecto Integrador.

A el Ing. Jorge Avilés y la Ing. Ligia Córdova, por su guía y colaboración en el desarrollo de este Proyecto Integrador.

Y finalmente, a mi compañero de tesis Sr. Diego Anilema, por haberme acompañado en el desarrollo de este Proyecto Integrador.

Adriana Villavicencio J.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza y valentía suficiente para luchar hasta conseguir uno de mis objetivos, culminar la carrera universitaria; también por su inmenso amor.

A mi madre que en vida fue un ejemplo de ser humano; siempre estaré agradecido con ella por haberme inculcado de la mejor manera. Y, a pesar de las adversidades de la vida, siempre me dio valor para seguir adelante, gracias mamita linda, fuiste la mejor de todas.

Diego Anilema Y.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico:

A Dios, por guiarme a lo largo de mi carrera universitaria y brindarme fortaleza para seguir adelante.

A mis padres y abuelitos, por su amor y apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

Adriana Villavicencio J.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Diego Arturo Anilema Yautibug y Adriana María Villavicencio Jara 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"



Diego Anilema Y.
Autor 1



Adriana Villavicencio J.
Autor 2

EVALUADORES



~~Sofía López I., M.Sc.~~ ?

PROFESOR DE LA MATERIA



María Fernanda López S., M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente Proyecto Integrador se desarrolló en un Terminal Portuario de la ciudad de Guayaquil, Ecuador; el cual desea mejorar la productividad promedio actual del patio de contenedores en la actividad de carga de contenedores al Buque para una Línea Naviera sin afectar los niveles de calidad ofrecidos por el Puerto.

El proyecto tiene como objetivo aumentar la productividad promedio actual del patio del Terminal Portuario en la actividad de carga de contenedores al Buque que actualmente es de 34 contenedores movidos por hora en la semana, y alcanzar una productividad promedio deseada de 42; por lo que, en el mejor de los casos se plantea como objetivo aumentar la productividad promedio del patio del Terminal Portuario en la actividad de carga de contenedores al Buque de una Línea Naviera a 38 contenedores movidos por hora en la semana.

Para la resolución del problema se usó la metodología DMAIC la cual consta de las etapas de Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control; y busca mejorar los procesos. Se realizó un diagrama de flujo y un mapeo de la cadena de valor, los cuales sirvieron para encontrar que la productividad de los equipos RTG, Reach Stacker y Capacity, influyen en la Productividad del Patio del Terminal Portuario en la Actividad de Carga al Buque de una Línea Naviera. Además; se analizaron las posibles causas potenciales que afectan a su Productividad y se obtuvo las causas raíz del problema.

Como solución se propuso: diseñar de un sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque; y, brindar capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio. Con las mejoras implementadas, la productividad promedio del patio de contenedores para una Línea Naviera se incrementó de 23 a 29 contenedores movidos por hora, es decir subió 26%.

Palabras Clave: Productividad, Contenedores Movidos, Patio de Almacenamiento, DMAIC.

ABSTRACT

This project was developed in a port terminal in Guayaquil, Ecuador; which wants to improve its current loading containers average productivity at port container yard without affecting its service level.

The objective is to increase loading containers average productivity of 34 containers moved per hour, to 42 containers moved per hour; therefore, in the best case the objective is to increase loading containers average productivity to 38 containers moved per hour weekly.

To solve the problem, the DMAIC methodology was used to improve processes. It consists in the stages of Definition, Measure, Analyze, Improvement, and Control. A flow chart and a value stream mapping of the supply chain were made, which served to find that the productivity of equipments like RTG, reach stacker and capacity influences in port yard productivity. Also, we analyzed the potential causes that affect productivity, to obtain the root causes.

The proposed solutions were: design a container storage system in Macros-Excel with container loading prioritization to the Ship; and, provide training to internal and external trucks operators to establish a waiting zone at yard. With the improvements implemented, the average productivity of the container yard for one Shipping Line increased from 23 to 29 containers moved per hour, that is, increase 26%.

Keywords: Productivity, Moved Containers, Yard Stacking, DMAIC.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.1 Requerimientos	1
1.1.2 Restricciones.....	1
1.1.3 Variable de interés.....	2
1.1.3.1 Alcance	2
1.1.3.2 SIPOC.....	2
1.1.3.3 Equipo de Trabajo	4
1.1.3.4 VOC	4
1.1.3.5 CTQ TREE	5
1.1.3.6 Variable de Respuesta	5
1.2 Justificación del problema	6
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos	7
1.4 Resumen Ejecutivo del Proyecto.....	8
1.5 Marco teórico	9

1.5.1	Metodología Seis Sigma (6σ)	9
1.5.2	Definir	9
1.5.3	Medir	9
1.5.4	Analizar	9
1.5.5	Mejorar	10
1.5.6	Controlar.....	10
1.5.7	Lluvia De Ideas.....	10
1.5.8	VOC	10
1.5.9	Diagrama De Pareto	11
1.5.10	SIPOC	11
1.5.11	4W + 2H	11
1.5.12	Diagrama de flujo de procesos:	11
1.5.13	VSM	12
1.5.14	Diagrama Ishikawa	12
1.5.15	Matriz de impacto esfuerzo.....	12
1.5.16	Cinco POR QUÉ.....	13
1.5.17	Grúas RTG	13
1.5.18	Grúas Reach Stacker	13
1.5.19	Cabezales Capacity.....	14
CAPÍTULO 2.....		15
2.	Metodología	15
2.1	Medición	15
2.1.1	Plan de Recolección de Datos.....	20
2.1.2	Recolección de Datos Históricos	21
2.1.3	Recolección de Datos de Productividad de Equipos en el Patio	22
2.1.3.1	Datos de productividad de grúas reach stacker	23
2.1.3.2	Datos de Productividad de la Grúa RTG	23

2.1.3.3	Datos de Productividad de Cabezal Capacity	24
2.1.4	Problema Enfocado	25
2.1.4.1	Problema Enfocado 1	25
2.1.4.2	Objetivo del Problema Enfocado 1	25
2.1.4.3	Problema Enfocado 2	25
2.1.4.4	Objetivo del Problema Enfocado 2	26
2.1.4.5	Problema Enfocado 3	26
2.1.4.6	Objetivo del Problema Enfocado 3	26
2.1.5	Verificación de la confiabilidad de los Datos	26
2.1.5.1	Productividad de la grúa reach stacker.....	27
2.1.5.2	Verificación de los datos históricos vs muestrales de la reach stacker.....	27
2.1.5.3	Productividad de la grúa RTG.	28
2.1.5.4	Verificación de los datos históricos vs muestrales de la RTG.....	29
2.1.5.5	Productividad del Cabezal Capacity	30
2.1.5.6	Verificación de los datos históricos vs muestrales del cabezal capacity.....	30
2.1.5.7	Tiempo de servicio de la grúa reach stacker.	31
2.1.5.8	Tiempo de servicio de la grúa RTG.	33
2.1.5.9	Tiempo de servicio del Cabezal Capacity	35
2.1.6	Análisis de capacidad del proceso.....	37
2.1.6.1	Análisis de estabilidad de la productividad de la Reach Stacker.....	38
2.1.6.2	Análisis de capacidad de la productividad de la Reach Stacker	39
2.1.6.3	Análisis de estabilidad de la productividad de la RTG	41
2.1.6.4	Análisis de capacidad de la productividad de la RTG	42
2.1.6.5	Análisis de estabilidad de la productividad del Cabezal Capacity	43
2.1.6.6	Análisis de capacidad de la productividad del Cabezal Capacity	45

2.1.7	Diagrama de flujo del proceso de carga al Buque para la Línea Naviera 1	46
2.2	Análisis	47
2.2.1	Análisis de causas	47
2.2.2	Matriz Impacto - Control	53
2.2.3	Verificación de Causas	57
2.2.3.1	Verificación de: Baja utilización de la grúa reach stacker	58
2.2.3.2	Verificación de: Baja utilización de la grúa RTG	61
2.2.3.3	Verificación de: Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga	64
2.2.4	Determinación de causas raíz	66
2.2.4.1	Cinco por qué de la causa: baja utilización de la grúa reach stacker durante la carga de contenedores al buque	66
2.2.4.2	Cinco por qué de la causa: baja utilización de la grúa RTG durante la carga de contenedores al buque	67
2.2.4.3	Cinco Por qué de la causa: Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga	68
2.2.5	Verificación de Causas Raíz	69
2.2.5.1	Verificación de: Porque es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que la grúa reach stacker no es usada en ese periodo de tiempo y el cabezal tarda en llegar hasta la zona de almacenamiento afectando sus productividades.	69
2.2.5.2	Verificación de: Porque las actividades de despacho a garita, procesos internos y recepción de contenedores se realizan el mismo día de la carga al buque afectando a la productividad de la reach stacker.	70
2.2.5.3	Verificación de: Porque los contenedores en el bloque de almacenamiento no están ordenados por orden de carga al buque	71
2.3	Mejora	72
2.3.1	Propuesta de mejora	72

2.3.2	Priorización de soluciones	74
2.3.3	Matriz Impacto-Control	75
2.3.4	Plan de implementación	75
2.4	Implementación.....	77
2.4.1	Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque	77
2.4.2	Capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio.....	78
2.5	Plan de control	79
CAPÍTULO 3		77
3.	Resultados y análisis	77
3.1	Simulación	77
CAPÍTULO 4		79
4.	Conclusiones y recomendaciones	79
4.1	Conclusiones	79
4.2	Recomendaciones	80
BIBLIOGRAFÍA		81
ANEXOS		82
ANEXO A		83

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
TEUS	Twenty Foot Equivalent Units (Unidad Equivalente a un contenedor de 20 pies)
DMAIC	Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar
SIPOC	Supplier – Inputs – Process – Outputs – Customer
VOC	Voice of Customer
AISV	Autorización de Ingreso y Salida Vehicular
CTQ	Critical to Quality
VSM	Value Stream Mapping
CIP	Centro de Información Portuaria
PCT	Programa de control de temperatura
RTG	Rubber Tyred Gantry o grúa pórtico sobre neumáticos
FEUS	Forty Foot Equivalent Units (Unidad Equivalente a un contenedor de 40 pies)

SIMBOLOGÍA

C. Mov	Contenedores Movidos
h	Hora
min	Minutos
s	Segundos
m ²	Metros cuadrados

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Equipo de Trabajo	4
Figura 1.2 CTQ Tree	5
Figura 1.3 Productividad histórica semanal del patio del Terminal Portuario en operaciones de carga de contenedores al Buque (Ene-Sept, 2019)	6
Figura 1.4 Símbolos para el diagrama de flujo.....	12
Figura 1.5 Partes de la Grúa Reach Stacker.....	14
Figura 2.1 Cantidad Total de Contenedores Movidos en el Patio por Líneas Navieras.....	16
Figura 2.2 Prueba de normalidad de datos históricos de productividad promedio del patio de almacenamiento para carga de contenedores al Buque de Línea Naviera 1.....	17
Figura 2.3 Prueba de normalidad de datos históricos de productividad promedio del patio de almacenamiento para carga de contenedores al Buque de Línea Naviera 2.....	18
Figura 2.4 Gráfico T-student para 2 muestras de la productividad promedio del patio en carga de contenedores al Buque para las Líneas Navieras 1 y 2.....	19
Figura 2.5 Prueba T-student para 2 muestras de la productividad promedio del patio en carga de contenedores al Buque para las Líneas Navieras 1 y 2.....	19
Figura 2.6 Productividad promedio de carga de contenedores al Buque de Línea Naviera1	21
Figura 2.7 Flujo de contenedores	22
Figura 2.8 Productividad histórica de reach stacker	23
Figura 2.9 Productividad histórica de RTG.....	24
Figura 2.10 Productividad histórica del cabezal capacity	24
Figura 2.11 Levantamiento de productividad de reach stacker	27
Figura 2.12 Prueba T-student para 2 muestras de productividad reach stacker.....	28
Figura 2.13 Levantamiento de productividad RTG.....	28
Figura 2.14 Prueba T-student para dos muestras de productividad RTG.....	29
Figura 2.15 Levantamiento de productividad de cabezal capacity	30
Figura 2.16 Prueba T-student para dos muestras de productividad cabezal capacity.....	30
Figura 2.17 Diagrama de cajas de tiempos de servicio histórico y muestral de la reach stacker	32
Figura 2.18 Prueba T-student para tiempo de servicio de la reach stacker	33
Figura 2.19 Diagrama de cajas de tiempos de servicio histórico y muestral de la RTG	34
Figura 2.20 Prueba T-student para tiempo de servicio de la RTG	35
Figura 2.21 Diagrama de cajas de tiempos de servicio histórico y muestral del cabezal capacity	36
Figura 2.22 Prueba T-student para tiempo de servicio de cabezal capacity	37

Figura 2.23 Carta de control para la productividad de la Reach Stacker	38
Figura 2.24 Carta de control estable para la productividad de la reach stacker	39
Figura 2.25 Análisis de capacidad de la Productividad de la Reach Stacker.....	40
Figura 2.26 Carta de control de la productividad de la RTG.....	41
Figura 2.27 Análisis de capacidad de la productividad de la RTG	42
Figura 2.28 Carta de control de la productividad del cabezal capacity	43
Figura 2.29 Carta de control estable de la productividad del cabezal capacity.....	44
Figura 2.30 Análisis de capacidad de la productividad del cabezal capacity	45
Figura 2.31 Diagrama de flujo del proceso de carga de contenedores al Buque para la Línea Naviera 1	46
Figura 2.32 Reunión con el Equipo para Lluvia de Ideas	47
Figura 2.33 Lluvia de ideas	48
Figura 2.34 Diagrama Ishikawa de Grúas Reach Stacker	49
Figura 2.35 Diagrama Ishikawa de Grúas RTG	49
Figura 2.36 Diagrama Ishikawa de Cabezales Capacity	50
Figura 2.37 Matriz Impacto vs. Control Reach Stacker.....	54
Figura 2.38 Matriz Impacto vs. Control RTG	55
Figura 2.39 Matriz Impacto vs. Control Capacity	56
Figura 2.40 Prueba de Normalidad de Kone1	58
Figura 2.41 Prueba de Normalidad de Kone2.....	58
Figura 2.42 Prueba de Normalidad de Kone3.....	59
Figura 2.43 Prueba de Normalidad de Kone4.....	59
Figura 2.44 Prueba de Normalidad de Kone5.....	60
Figura 2.45 Gráfico de Diferencia de Medias de Grúas Reach Stacker.....	60
Figura 2.46 Resultados de Prueba ANOVA	61
Figura 2.47 Prueba de Normalidad de la RTG Bobby.....	62
Figura 2.48 Prueba de Normalidad de la RTG Pamela	62
Figura 2.49 Gráfico de Diferencia de Medias de Grúas RTG	63
Figura 2.50 Resultados de Prueba T-student.....	63
Figura 2.51 Datos muestrales de tiempo entre arribos de cabezal capacity	64
Figura 2.52 Gráfico de diferencia de medias para los tiempos entre arribos históricos y muestrales del cabezal capacity	65
Figura 2.53 Prueba de diferencia de medias para los tiempos entre arribos históricos y muestrales del cabezal capacity	65
Figura 2.54 Lay Out del Patio de Contenedores	69

Figura 2.55 Actividades de la grúa reach stacker Kone4 durante la Carga (Embarque) de contenedores al buque.....	70
Figura 2.56 Diferencia de medias entre tiempo de servicio de la RTG sin trasteo y con trasteo	71
Figura 2.57 Matriz impacto – esfuerzo de propuestas de mejora.....	75
Figura 2.58 Programa de Almacenamiento de contenedores	77
Figura 2.59 Capacitación a Operadores de cabezales internos y externos	78
Figura 2.60 Zona de espera para cabezales.....	79
Figura 3.1 Simulación mejorada	77
Figura 3.2 Comparación de productividad actual vs productividad con las mejoras.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Diagrama general de SIPOC del proceso de carga de contenedores al Buque.....	3
Tabla 1.2 Project Charter	8
Tabla 2.1 Plan de Recolección de Datos.....	20
Tabla 2.2 Muestreo piloto del tiempo de servicio reach stacker	31
Tabla 2.3 Determinación del tamaño de “n” para tiempo de servicio de reach stacker	32
Tabla 2.4 Muestreo piloto del tiempo de servicio de la RTG	33
Tabla 2.5 Determinación del tamaño de “n” para tiempo de servicio RTG.....	34
Tabla 2.6 Muestreo Piloto para tiempo de servicio del cabezal capacity	35
Tabla 2.7 Determinación del tamaño de “n” para tiempos de servicio de Cabezales	36
Tabla 2.8 Ponderación para matriz causa-efecto.....	50
Tabla 2.9 Matriz causa-efecto de baja productividad en la Reach Stacker.....	51
Tabla 2.10 Matriz causa-efecto de baja productividad en la RTG	52
Tabla 2.11 Matriz causa-efecto de baja productividad del cabezal capacity.....	53
Tabla 2.12 Ponderaciones de Impacto vs. Control de Reach stacker	54
Tabla 2.13 Ponderaciones de Impacto vs. Control de RTG.....	55
Tabla 2.14 Ponderaciones de Impacto vs. Control de Capacity	56
Tabla 2.15 Plan de Verificación de causas	57
Tabla 2.16 Cinco por qué de la causa: baja productividad de la grúa reach stacker	66
Tabla 2.17 Cinco Por qué de la causa: Baja productividad de la grúa RTG	67
Tabla 2.18 Cinco por qué de la causa: altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga.	68
Tabla 2.19 Personal del Puerto que aportaron con lluvia de ideas para las soluciones	72
Tabla 2.20 Propuestas de solución	73
Tabla 2.21 Matriz Impacto-esfuerzo	74
Tabla 2.22 Plan de implementación de soluciones	76
Tabla 2.23 Diagrama de Gantt de Implementación de soluciones	76
Tabla 2.24 Plan de control	79

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Según estudios del 2018, los Terminales Portuarios habilitados en el Ecuador movieron alrededor de 1.218.200 contenedores TEU's en el Sistema Portuario Nacional (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2018); lo cual representa el 55% de la carga movilizada en contenedores del País. Los Terminales Portuarios para ser más competitivos, necesitan entregar los contenedores en el menor tiempo posible acorde a los estándares de calidad ofrecidos por cada uno de ellos, y así satisfacer las necesidades de sus clientes.

El Terminal Portuario de estudio cuenta con más de 15 años de experiencia y brinda una gran variedad de servicios a sus clientes. Y, se plantea mejorar la productividad promedio del patio de almacenamiento de contenedores en la actividad de carga al Buque. Actualmente, su productividad promedio es de 34 y se desea llegar a 42 contenedores movidos por hora.

1.1 Descripción del problema

El Terminal Portuario de estudio, que consta de un área total de 112.000 m² y con capacidad de almacenamiento de 1.389 FEUS, busca mejorar su productividad promedio del patio de contenedores frente a la actividad de carga al Buque.

1.1.1 Requerimientos

Para realizar las operaciones de carga de contenedores al buque; el Terminal Portuario normalmente hace uso de equipos portuarios, tales como grúas RTG, grúas reach stacker y cabezales capacity.

1.1.2 Restricciones

Entre las principales restricciones que se tuvieron al realizar este proyecto se mencionan las siguientes:

- Tener acceso a los datos de productividad para analizarlos.
- Largos tiempos para observar y conocer los procesos internos realizados en el patio.

- Las actividades del proceso de carga que se llevan a cabo en el patio están dispersas, lo que hace que sea complejo observar el flujo de las operaciones.
- Tener acceso al patio de contenedores del Puerto.

1.1.3 Variable de interés

Antes de definir la variable de respuesta se utilizan las siguientes herramientas para definirla.

1.1.3.1 Alcance

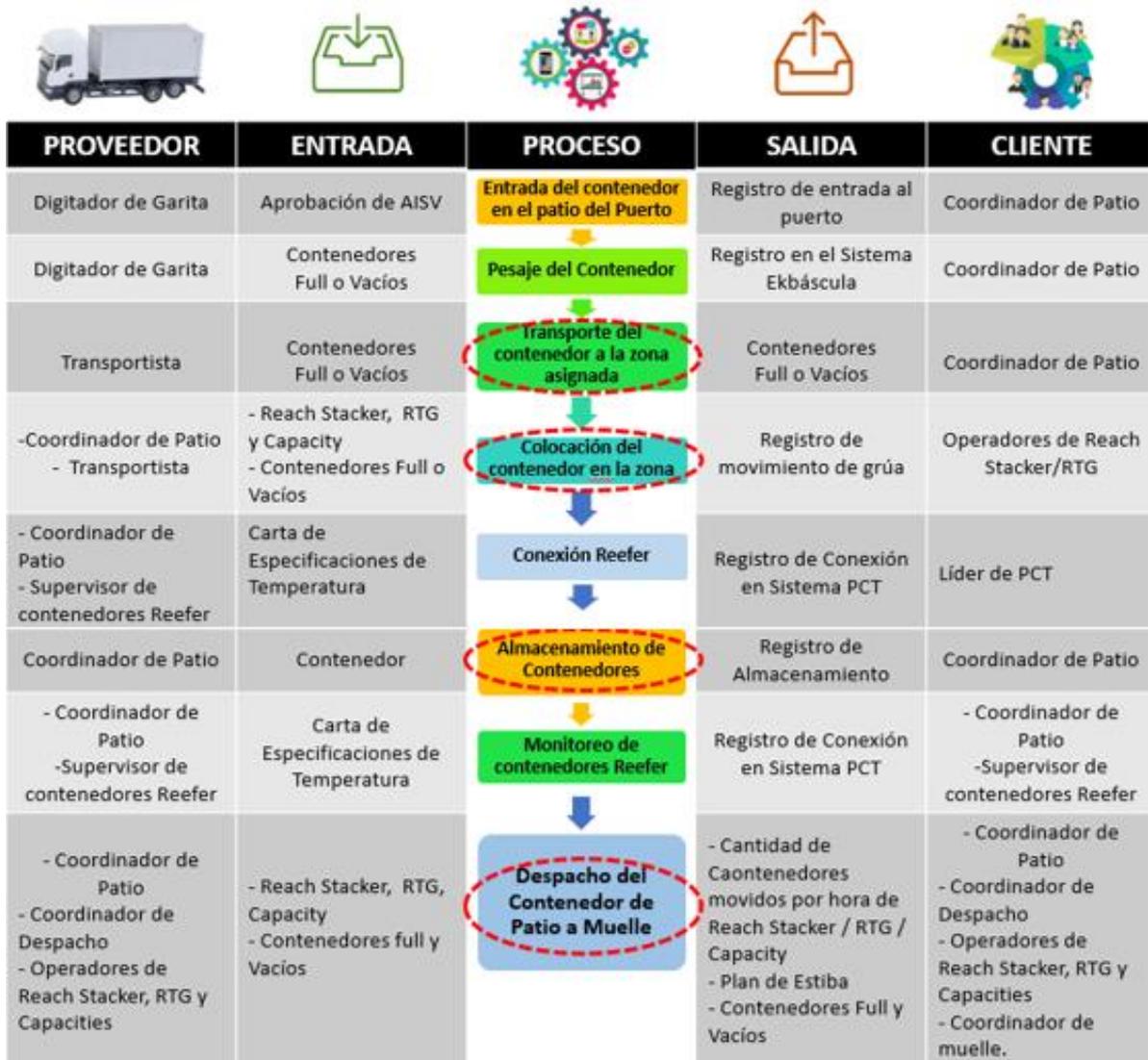
Este proyecto tiene como alcance el proceso desde que, el contenedor almacenado en el patio del Puerto es tomado por la grúa reach stacker o RTG y luego es colocado sobre el chasis¹ del cabezal capacity en la operación de carga al buque, hasta que el cabezal capacity retorna a la zona de almacenamiento por otro contenedor.

1.1.3.2 SIPOC

En el Diagrama de SIPOC, se muestra el esquema general del proceso, las salidas y entradas que tienen estos, por lo cual sirve para enfocar el problema.

¹ Chasis: estructura que soporta el contenedor para su traslado.

Tabla 1.1 Diagrama general de SIPOC del proceso de carga de contenedores al Buque



Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Del diagrama general de SIPOC del proceso de carga de contenedores al Buque mostrado en la tabla 1.1, se puede observar que se enfocará en las actividades de: Transporte del contenedor a la zona asignada, Colocación del contenedor en la zona I (zona de contenedores Reefer²), Almacenamiento de contenedores y Despacho del contenedor de patio a muelle. Luego, se recoge las opiniones de un equipo multidisciplinario para recolectar la Voz del Cliente.

² Reefer: Contenedores refrigerados

1.1.3.3 Equipo de Trabajo

En la figura 1.1, se muestra el equipo de trabajo conformado para este proyecto.



Figura 1.1 Equipo de Trabajo
Elaboración Propia
Diego Anilema – Adriana Villavicencio

1.1.3.4 VOC

Con la ayuda del Superintendente de operaciones del Patio, 1 Especialista en Certificaciones, 3 Coordinadores de Patio, 1 operador de grúa RTG, 1 de Reach Stacker y 1 de Capacity, se detectaron posibles fallas en los procesos operativos de los equipos portuarios; por lo cual, se obtuvo una lluvia de ideas para conocer qué es lo que afecta a los procesos.

A continuación, se redacta las ideas recolectadas:

- Acumulación de contenedores a la espera de ser apilados en el bloque.
- Los operadores de los equipos portuarios no escuchan con claridad las instrucciones dadas por los Coordinadores de Patio.
- Los equipos realizan actividades diferentes a las planificadas.
- Tardanza en la limpieza del contenedor vacío.
- Cambios en la planificación del envío de contenedores.

- Falta de organización de equipos en el patio.
- Retrasos en la salida de contenedores.
- Mejorar la distribución de equipos en el patio.
- Aumentar los contenedores movidos por el patio.
- Falta de equipos para apilar contenedores en el patio.
- Los equipos pasan prendidos esperando mover contenedores.

1.1.3.5 CTQ TREE

De la lluvia de ideas, se toman las más significativas para mejorar el problema. Y se las muestra en la figura 1.2:

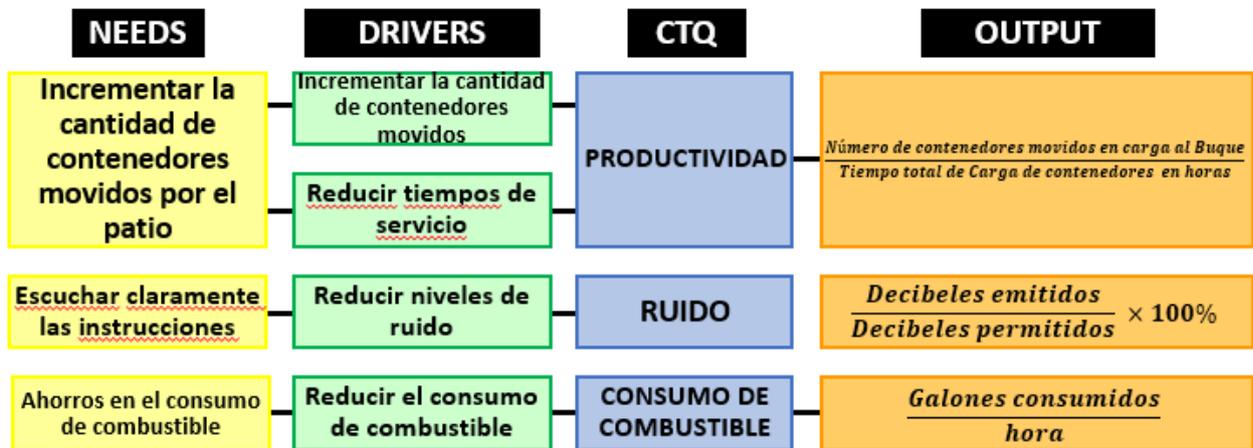


Figura 1.2 CTQ Tree

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la Figura 1.2, se plantea incrementar la cantidad de contenedores movidos y reducir los tiempos de servicio; por lo que, se plantea que la variable a investigar es la productividad del patio del Puerto en la actividad de carga para unas Líneas Navieras.

1.1.3.6 Variable de Respuesta

Por lo tanto, la variable de respuesta es Productividad y fue medida según la ecuación 1.1:

$$\frac{\text{PRODUCTIVIDAD DEL PATIO DE CONTENEDORES EN CARGA DE BUQUE}}{=} = \frac{\text{Número de contenedores movidos en Carga al Buque}}{\text{Tiempo total de Carga de Contenedores en horas}} \quad (1.1.)$$

1.2 Justificación del problema

Actualmente, la productividad promedio del patio de almacenamiento en la actividad de carga de contenedores al Buque es de 34 contenedores movidos por hora en la semana; y, se desea alcanzar su máximo histórico como Productividad Promedio. Para esto, se levanta la Línea de Productividad Promedio del Terminal Portuario desde enero a octubre del 2019 para conocer su comportamiento.

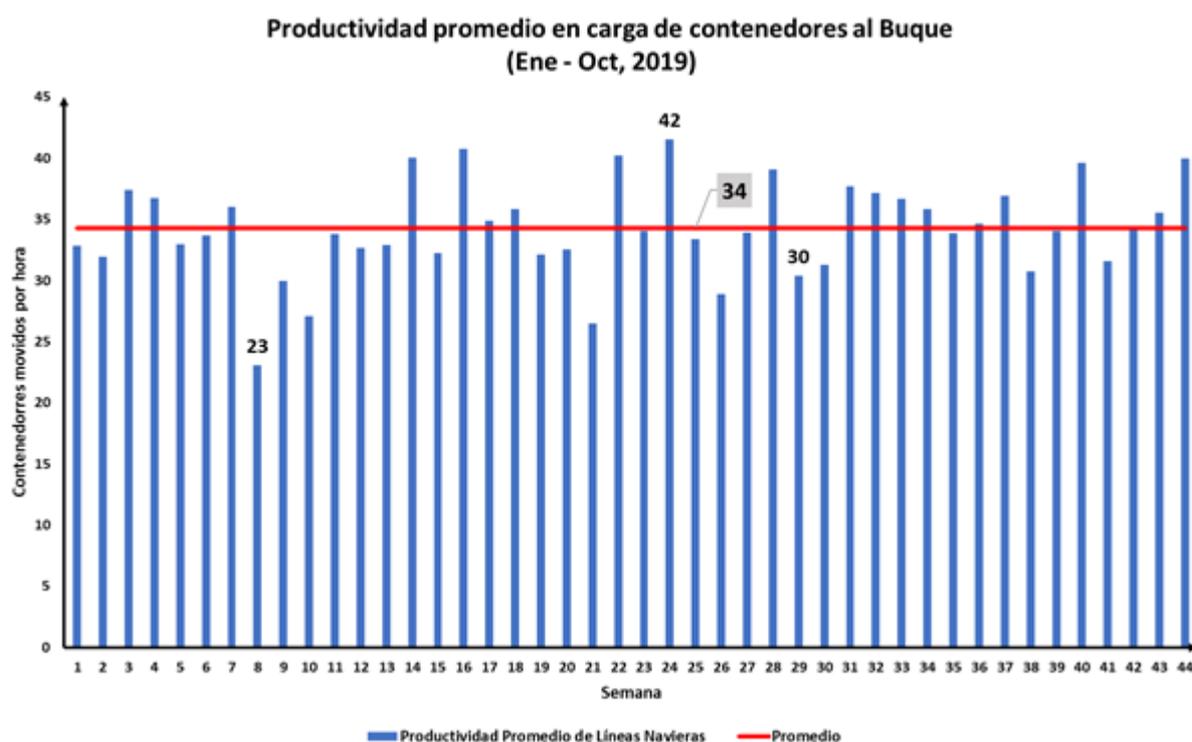


Figura 1.3 Productividad histórica semanal del patio del Terminal Portuario en operaciones de carga de contenedores al Buque (Ene-Sept, 2019)

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Como se puede observar en la Figura 1.3, la productividad máxima del patio de almacenamiento alcanzada es de 42 contenedores movidos por hora en la carga de contenedores al Buque. Así que, en el mejor de los casos, se plantea reducir un 42% el GAP de 8 contenedores movidos por hora en la productividad promedio del patio de contenedores en carga de contenedores al Buque de 34, y obtener al

menos 4 contenedores movidos por hora más en la semana; obteniendo así una Productividad de 38 contenedores movidos por hora. De modo que el problema, usando la metodología 4W+2H, se lo define de la siguiente manera:

“La productividad promedio durante la actividad de carga de contenedores al Buque en el patio de contenedores del Puerto de lunes a domingo es de 34 contenedores movidos por hora, mientras que la Gerencia espera que la Productividad Promedio sea de 42”.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Disminuir en 42% el GAP de 8 contenedores movidos por hora durante la actividad de carga de contenedores al Buque dada una productividad promedio de 34 contenedores movidos por hora, y obtener una productividad promedio para el mejor de los casos de 38 contenedores movidos por hora.

1.3.2 Objetivos Específicos

Se detallan los siguientes:

1. Utilizar herramientas DMAIC para establecer la segmentación del problema.
2. Establecer la variable de respuesta asociada al problema usando la metodología 4W+2H.
3. Determinar las causas raíz que afectan al problema usando el diagrama de Ishikawa.
4. Proponer soluciones factibles para incrementar la productividad promedio del patio del Puerto.
5. Desarrollar un modelo de simulación para la implementación de las mejoras.
6. Establecer la línea base de productividad del Puerto y de los equipos portuarios para conocer su estado actual.

1.4 Resumen Ejecutivo del Proyecto

Tabla 1.2 Project Charter

TEAM PROJECT CHARTER			
NOMBRE DEL PROYECTO:		Mejorar la Productividad del Stacking (RTG, Capacity y Reach Stacker) frente al incremento del volumen de operación	
FECHA (ÚLTIMA REVISIÓN):		12/11/2019	
LÍDERES DEL PROYECTO:		Diego Anilema y Adriana Villavicencio	
PROFESOR TUTOR:		M. Sc. María Fernanda López	
TIPO DE NEGOCIO:		DECLARACIÓN DEL PROBLEMA (DECLARACIÓN DE ALTO NIVEL)	
Servicio Portuario		“La productividad promedio durante la actividad de carga de contenedores al Buque en el patio de contenedores del Puerto de lunes a domingo es de 34 contenedores movidos por hora, mientras que la Gerencia espera que la Productividad Promedio sea de 42”	
OBJETIVO GENERAL:		ALCANCE DEL PROYECTO:	
Disminuir en 42% el GAP de 8 contenedores movidos por hora durante la actividad de carga de contenedores al Buque dada una productividad promedio de 34 contenedores movidos por hora, y obtener una productividad promedio para el mejor de los casos de 38 contenedores movidos por hora.		Desde que el contenedor almacenado en el Patio del Puerto es tomado por la grúa Reach Stacker o RTG y luego es colocado sobre el chasis del cabezal en la operación de carga al buque, hasta que el cabezal retorna a la zona de almacenamiento por otro contenedor.	
PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO:		MIEMBROS DEL EQUIPO:	
FASE	FECHA DE INICIO	FECHA FIN	<i>Superintendente de Operaciones de Patio</i>
<i>PLAN DE TRABAJO</i>	<i>30/09/2019</i>	<i>31/01/2020</i>	
1. Definición del problema	<i>30/09/2019</i>	<i>25/10/2019</i>	<i>Especialista de Certificaciones</i>
2. Medición	<i>28/10/2019</i>	<i>15/11/2019</i>	
3. Analisis	<i>18/11/2019</i>	<i>06/12/2019</i>	
4. Mejora	<i>09/12/2019</i>	<i>03/01/2020</i>	
5. Control	<i>06/01/2020</i>	<i>31/01/2020</i>	
PRINCIPALES AMENAZAS DEL PROYECTO			
<ul style="list-style-type: none"> No tener acceso a los datos de productividad para analizarlos. 			

- Largos tiempos para observar y conocer los procesos internos realizados en el patio.
- Las actividades del proceso de carga y descarga que se llevan a cabo en el patio están dispersas, lo que hace que sea complejo observar el flujo de operaciones.
- No tener acceso al patio de contenedores del puerto.

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

1.5 Marco teórico

1.5.1 Metodología Seis Sigma (6 σ)

Es una estrategia de mejora continua, la cual busca mejorar los procesos y reducir su variación; esto quiere decir, encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos, y toma en cuenta las necesidades de los clientes. Se la expuso por primera vez en 1987, en Motorola, con el objetivo de reducir los defectos de productos electrónicos, y se apoya en la metodología DMAIC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar). (Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.2 Definir

En la etapa de definir se debe enfocar el proyecto, se establece su alcance y se sientan las bases para medir su éxito. De manera que se debe tener claro el objetivo del proyecto, los beneficios potenciales que genere y las personas que intervienen en el proyecto. (Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.3 Medir

Tiene como objetivo entender y cuantificar la extensión del problema. Es por eso que en esta fase: se debe entender el flujo del trabajo mediante un mapeo de procesos, identificar métricas válidas y confiables, comprobar si hay suficientes datos para medir y realizar pruebas comparativas de confiabilidad de datos. (Smętkowska & Mrugalska, 2018)

1.5.4 Analizar

En esta fase se identifican las X potenciales que afectan al problema para posteriormente encontrar su o sus causas raíz; además, se debe entender

cómo éstas influyen en el problema y tener soporte de su afectación con datos. Para encontrar las X potenciales, es necesario identificar todas las variables de entrada del proceso que generan las posibles causas del problema. (Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.5 Mejorar

Se generan posibles soluciones al problema detectado para que este se corrija o disminuya su impacto en el proceso, haciendo uso de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, poka-yoke, hojas de verificación, técnicas de creatividad, diseño de experimentos, simulación, etc. Se debe tomar en cuenta que las soluciones deben atacar a las causas y no a los efectos generados por ellas. (Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.6 Controlar

Se establecen variables e indicadores que deberán ser controlados, para así garantizar el funcionamiento eficiente del proceso y la satisfacción del cliente. Además, se desarrolla un plan de acciones a tomarse para la mejora continua de los procesos, y finalmente se cierra el proyecto. (Garza Ríos, González Sánchez, Rodríguez González, & Hernández Asco, 2016)

1.5.7 Lluvia De Ideas

Es una herramienta para recolectar ideas de un grupo de personas asociadas directa o indirectamente con un problema determinado.

1.5.8 VOC

Es una herramienta que proporciona información precisa sobre los requisitos de entrada del cliente para la salida de un producto o servicio. Cabe recalcar que, la información obtenida de los clientes se traduce en objetivos críticos que se utilizarán para satisfacer en última instancia los requisitos del cliente. (Aguwa, Monplaisir, & Turgut, 2012)

1.5.9 Diagrama De Pareto

Es una herramienta usada para obtener la menor cantidad de causas posibles, las cuales generan el mayor impacto en el problema analizado. Es también conocido como “Ley del 80-20”. (Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.10 SIPOC

El diagrama de SIPOC muestra los procesos de forma clara y sencilla; así como también, sus respectivas entradas y salidas. Esta herramienta ayuda a enfocar el problema. Sus siglas se refieren a proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. (Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.11 4W + 2H

Es una metodología que sirve para declarar el problema; y busca responder a las interrogantes: qué, quién, cuándo, dónde, qué tanto, y cómo lo sé, para enfocar el problema.

1.5.12 Diagrama de flujo de procesos:

Es un diagrama que muestra la secuencia de las actividades de un proceso, transportes, almacenamientos, esperas, inspecciones y tomas de decisiones. También sirve de gran utilidad para analizar y mejorar los procesos identificando qué actividades agregan valor, no agregan valor, y, aquellas que no agregan valor, pero son necesarias de realizar. (Gutiérrez Pulido, 2010)

En la figura 1.4, se muestran los símbolos que son utilizados en la elaboración de un Diagrama de Flujo de Procesos.

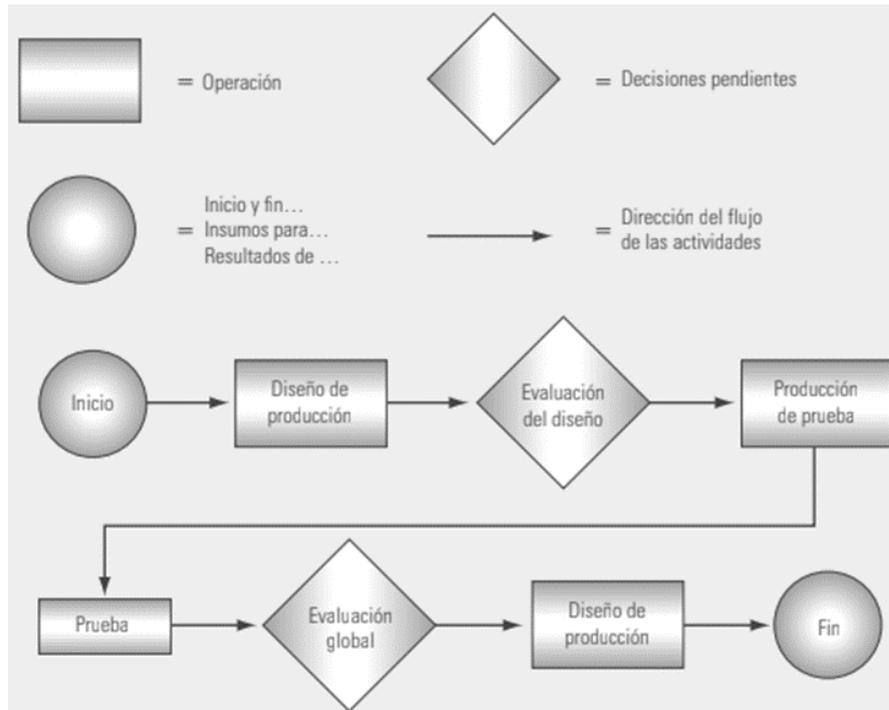


Figura 1.4 Símbolos para el diagrama de flujo
(Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.13 VSM

El Value Stream Mapping o Mapeo de Flujo de Valor, es una herramienta que permite analizar del flujo de valor actual de los procesos y diseñarlo. En el diseño de flujo de valor se puede conocer el tiempo de ciclo del proceso, y también encontrar los cuellos de botella. (Haefner, Kraemer, Stauss, & Lanza, 2014)

1.5.14 Diagrama Ishikawa

Es una herramienta que permite analizar las posibles causas que afectan a un problema. (Gutiérrez Pulido, 2010)

1.5.15 Matriz de impacto esfuerzo

Es una herramienta que sirve para dar prioridad a las posibles causas del problema, siendo objetivo las que generen un alto impacto y bajo esfuerzo de implementación.

1.5.16 Cinco POR QUÉ

Es una herramienta que sirve para identificar las causas raíz.

1.5.17 Grúas RTG

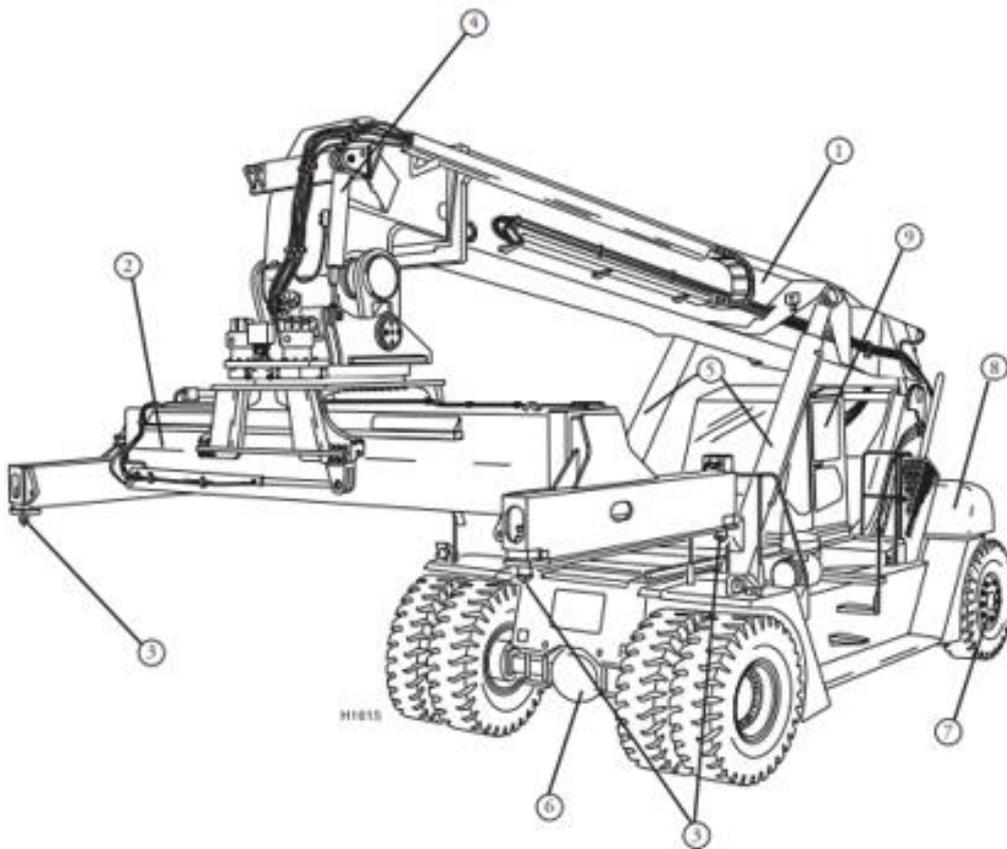
Las grúas RTG del Terminal Portuario, tienen como función mover contenedores de la zona de stacking y colocar contenedores sobre el chasis de los cabezales capacity. Este tipo de grúa puede levantar contenedores de hasta 45 toneladas, apilarlos hasta 5 en columna, pero su traslado en la zona de almacenamiento es más restringido en comparación de la reach stacker. Es más utilizada para encontrar contenedores de difícil acceso en el bloque.

1.5.18 Grúas Reach Stacker

Las grúas reach stacker del Terminal Portuario tienen como función mover contenedores de la zona de stacking y colocar contenedores sobre el chasis de los cabezales capacity. Este tipo de grúa puede levantar contenedores de hasta 45 toneladas, apilarlos hasta 5 en columna y trasladarse con facilidad en la zona de Almacenamiento. Es más utilizada cuando el contenedor se encuentra en el borde del bloque. A continuación, en la figura 1.5, se detallan las partes de la grúa reach stacker.

DESCRIPCIÓN

- | | | |
|---|--|-------------------------|
| 1. Brazo elevador | 4. Cilindros amortiguadores
(son 2) | 7. Eje Direccional |
| 2. Acoplamiento
(Spreaders) | 5. Cilindros elevadores | 8. Contrapeso |
| 3. Elementos de cierre
(twist locks) | 6. Eje Tractor | 9. Cabina del conductor |



**Figura 1.5 Partes de la Grúa Reach Stacker
(KONECRANES, s.f.)**

1.5.19 Cabezales Capacity

La función de los cabezales capacity tienen como función transportar contenedores en el patio, y tiene la necesidad ser asistido por otra máquina para cargarlo y descargarlo.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Se usó la metodología DMAIC para resolver el problema de mejorar la productividad del stacking o almacenamiento de contenedores, en donde intervienen equipos portuarios tales como: grúas RTG, cabezales capacity y grúas reach stacker. La cual; mediante las etapas de Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control, se encontró una solución apropiada a la problemática.

2.1 Medición

En esta fase; se realizó el levantamiento de los procesos realizados en el patio para carga de contenedores al Buque, con la finalidad de mostrar el proceso e identificar actividades que no agregan valor o que son cuellos de botella. Además, se verificó la confiabilidad de los datos que se recolectaron en el Terminal Portuario y se enfocó el problema en lo que genere un mayor impacto a la problemática. Para enfocar el problema se usó el siguiente criterio de estratificación:

- **Cantidad total de contenedores movidos al Buque por Línea Naviera**

Se realiza un diagrama de Pareto en Excel para mostrar qué Línea Naviera de las que almacenan contenedores en el patio del Puerto aporta con la mayor cantidad de contenedores movidos.

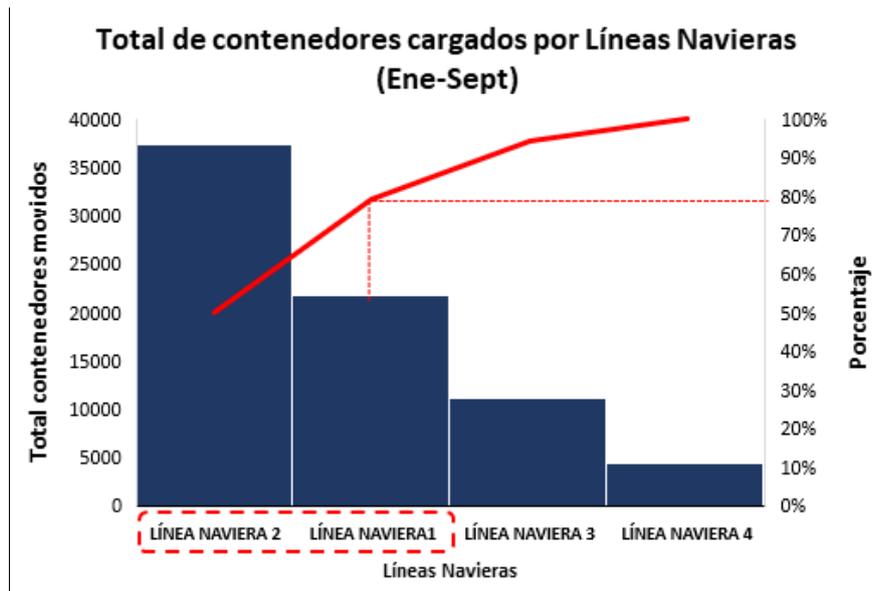


Figura 2.1 Cantidad Total de Contenedores Movidos en el Patio por Líneas Navieras

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la Figura 2.1 se obtiene que las Líneas Navieras 1 y 2, son las que más contenedores mueven en el patio de contenedores y se procede a analizar cuál de ellas tiene menor productividad en la carga de contenedores al Buque. Para ello, se realiza una prueba de normalidad para comprobar si los datos de las líneas navieras 1 y 2 siguen una distribución normal, y posteriormente se realiza una diferencia de medias para presentar cuál de ellas tiene la actividad más crítica en la cual se enfocará este proyecto.

- **Para la productividad en carga de contenedores al Buque por la Línea Naviera 1**

Se realizó una prueba de normalidad con datos históricos semanales de la productividad del patio de contenedores en la carga de contenedores al Buque de la Línea Naviera 1, y así verificar si los datos siguen una distribución normal.

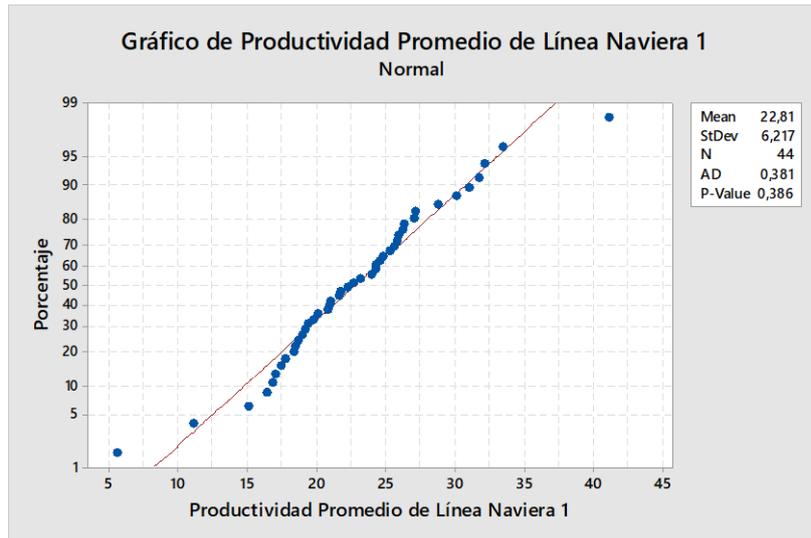


Figura 2.2 Prueba de normalidad de datos históricos de productividad promedio del patio de almacenamiento para carga de contenedores al Buque de Línea Naviera 1

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la Figura 2.2, se presenta la prueba de normalidad realizada en Minitab de la productividad promedio del patio de almacenamiento en la carga de contenedores al Buque de la Línea Naviera 1, siendo la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución Normal. De la cual; con un valor p de 0,386 para la carga se puede concluir que como los datos son mayores a un valor p de 0,05; no se rechaza la hipótesis nula y se puede decir que los datos siguen una distribución Normal.

○ **Para la productividad en carga de contenedores al Buque por la Línea Naviera 2**

Se realizó una prueba de normalidad con datos históricos semanales de la productividad del patio de contenedores en la carga de contenedores al Buque de la Línea Naviera 2, y así verificar si los datos siguen una distribución normal.

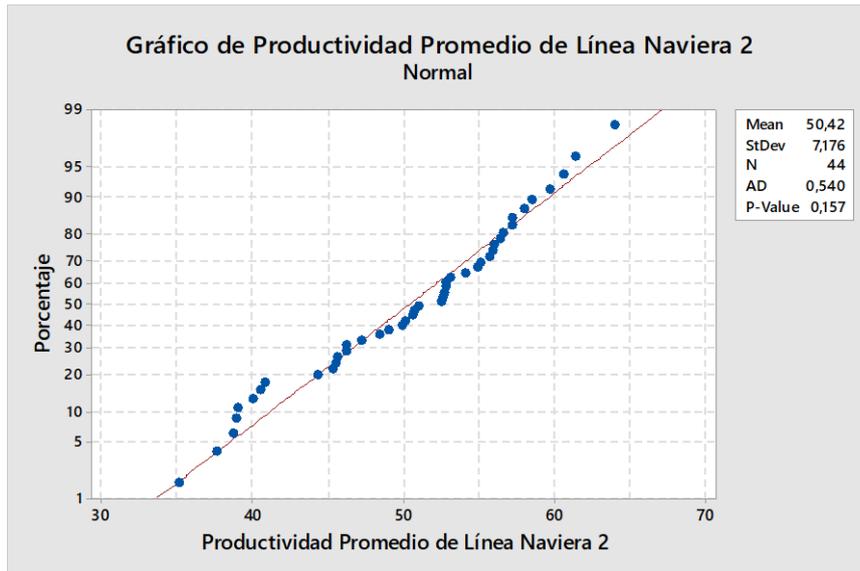


Figura 2.3 Prueba de normalidad de datos históricos de productividad promedio del patio de almacenamiento para carga de contenedores al Buque de Línea Naviera 2

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la Figura 2.3, se presenta la prueba de normalidad realizada en Minitab de la productividad promedio del patio de almacenamiento en la carga de contenedores al Buque de la Línea Naviera 2, siendo la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución Normal. De la cual; con un valor p de 0,157 para la carga se puede concluir que como los datos son mayores a un valor p de 0,05; no se rechaza la hipótesis nula y se puede decir que los datos siguen una distribución Normal.

- **Para la diferencia de medias entre las productividades promedio del patio en carga de contenedores al Buque por las Líneas Navieras 1 y 2**

Debido a que, tanto los datos de productividad promedio del patio en carga de contenedores al Buque por las Líneas Navieras 1 y 2, siguen una distribución normal; se realizó en Minitab una diferencia de medias T-student para 2 muestras, obteniendo lo siguiente en la figura 2.4:

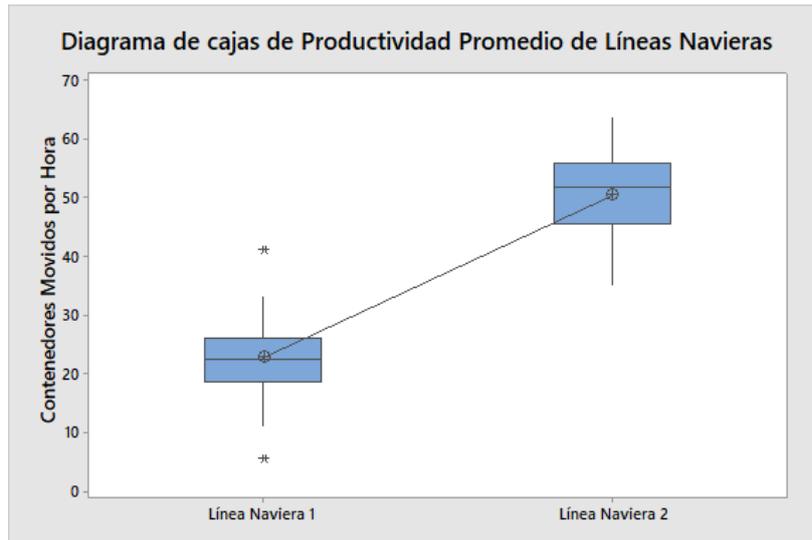


Figura 2.4 Gráfico T-student para 2 muestras de la productividad promedio del patio en carga de contenedores al Buque para las Líneas Navieras 1 y 2

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Two-Sample T-Test and CI: Prod Prom Línea Nav 1; Prod ... Línea Nav 2

Method

μ_1 : mean of Prod Prom Línea Nav 1
 μ_2 : mean of Prod Prom Línea Nav 2
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Prod Prom Línea Nav 1	44	22,81	6,22	0,94
Prod Prom Línea Nav 2	44	50,42	7,18	1,1

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
-27,61	(-30,46; -24,76)

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-19,29	84	0,000

Figura 2.5 Prueba T-student para 2 muestras de la productividad promedio del patio en carga de contenedores al Buque para las Líneas Navieras 1 y 2

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la Figura 2.5, la hipótesis nula es que los datos de la Línea Naviera 1 y 2 tienen igual media; pero tiene un valor p de 0,000 (siendo este valor menor a 0,05) se rechaza la hipótesis nula; esto quiere decir, que con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5% existe diferencia estadística significativa entre las medias de productividad promedio del patio de las Líneas Navieras 1 y 2 en la actividad de carga de contenedores al Buque. Por lo tanto; el presente proyecto se enfocará en la Línea Naviera 1 durante la actividad de carga de contenedores al Buque, en el cual se busca mejorar la productividad promedio del patio.

2.1.1 Plan de Recolección de Datos

Con el propósito de levantar información relacionada al problema a enfocar, se determinó el plan de recolección de datos; que permite detallar los datos a recolectar, con sus respectivos responsables claramente definidos. Básicamente, la estructura del plan está compuesta de ciertas métricas de gran interés; siendo estas, la productividad de los equipos correspondientes y sus respectivos tiempos de servicio. El detalle se observa en la figura 2.1.

Tabla 2.1 Plan de Recolección de Datos

What			When	Where	How		Why	Who	
Significado Operacional	Unidad de Medida	Tipo de Dato	¿Cuándo Recolectarlo?	¿Dónde Recolectarlo?	Método de Observación	Método de Recolección	¿Por qué Recolectarlo?	Data Base	Persona a Cargo
Productividad de Línea Naviera 1	Contenedores movidos por hora semanal	Discreto	28/10/2019 A 13/11/2019	Patio de Almacenamiento del Puerto	Datos Históricos	Datos Históricos	Permite identificar la cantidad promedio de contenedores movidos	Base de datos del Puerto	Diego y Adriana
Productividad de la Reach Stacker	C. Mov/H semanal	Discreto	28/10/2019 A 13/11/2019	Patio de Almacenamiento del Puerto	GEMBA, usando datos históricos	Datos Históricos	Permite determinar la Productividad promedio de la Reach Stacker	Base de datos del Puerto	Diego y Adriana
Productividad de la RTG	C. Mov/H semanal	Discreto	28/10/2019 A 13/11/2019	Patio de Almacenamiento del Puerto	GEMBA, usando datos históricos	Datos Históricos	Permite determinar la Productividad promedio de la RTG	Base de datos del Puerto	Diego y Adriana
Productividad del Cabezal Capacity	C. Mov/H semanal	Discreto	28/10/2019 A 13/11/2019	Patio de Almacenamiento del Puerto	GEMBA, usando datos históricos data	Datos Históricos	Permite determinar la Productividad promedio de los Capacity	Base de datos del Puerto	Diego y Adriana

Tiempo de Servicio de la Reach Stacker	Minutos	Continuo	28/10/2019 A 13/11/2019	Patio de Almacenamiento del Puerto	GEMBA, usando datos históricos	Tamaño de muestra	Permite determinar la tasa de servicio de la Reach Stacker	Muestreo	Diego y Adriana
Tiempo de Servicio de la RTG	Minutos	Continuo	28/10/2019 A 13/11/2019	Patio de Almacenamiento del Puerto	GEMBA, usando datos históricos	Tamaño de muestra	Permite determinar la tasa de servicio de la RTG	Muestreo	Diego y Adriana
Tiempo de Servicio del Capacity	Minutos	Continuo	28/10/2019 A 13/11/2019	Patio de Almacenamiento del Puerto	GEMBA, usando datos históricos	Tamaño de muestra	Permite determinar la tasa de servicio del Capacity	Muestreo	Diego y Adriana

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

2.1.2 Recolección de Datos Históricos

Se recolectó, con datos proporcionados por del Puerto, la productividad promedio de la Línea naviera 1 en la actividad de carga de contenedores al Buque, para así levantar su línea de productividad. Se conoce que el Puerto atiende a la Línea Naviera 1 los días miércoles y jueves (el Buque llega el miércoles y zarpa el jueves), siendo jueves el día de mayores contenedores movidos en el proceso de carga de contenedores a dicha Línea Naviera desde enero a octubre del 2019. Además; los contenedores almacenados por la Línea Naviera 1 se ubican en la zona “1” del patio del Puerto, y son contenedores Reefer de 40 pies de largo (FEUS).

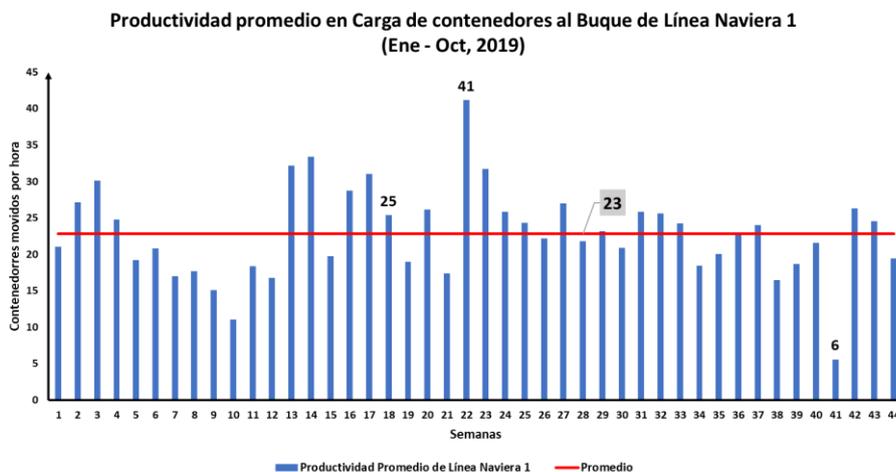


Figura 2.6 Productividad promedio de carga de contenedores al Buque de Línea Naviera1

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la figura 2.6, se tiene que la productividad promedio de la Línea Naviera 1 durante la carga de contenedores al Buque es de 23 contenedores movidos por hora, con una productividad promedio máxima de 41 y un mínimo de 6 contenedores movidos por hora. Como objetivo establecido por el Superintendente de Patio, se propuso incrementar un 50% la productividad promedio actual para la carga de contenedores al Buque de la Línea Naviera 1, esto es 28 contenedores movidos por hora. Cabe recalcar que la productividad promedio de carga de contenedores al Buque de la Línea Naviera 1 se verá afectada por la productividad promedio de los equipos portuarios, que hacen posible el tomar contenedores desde el bloque de almacenamiento y trasladarlos hasta el Buque.

2.1.3 Recolección de Datos de Productividad de Equipos en el Patio

Una vez definido el problema general, se procedió a separar el proceso de carga de contenedores en actividades puntuales. Las actividades son (1) ingreso del contenedor, (2) posicionamiento del contenedor en el bloque, (3) traslado de contenedor, mismos que son ejecutadas por un conjunto de equipos manejados por operadores, tales equipos son: reach stacker, RTG y cabezales capacity, y finalmente (4) el contenedor es tomado por las grúas del muelle para colocarlo en el buque. Es por esto, que el problema se enfocará en estos 3 equipos portuarios durante la carga al buque de la Línea Naviera 1.

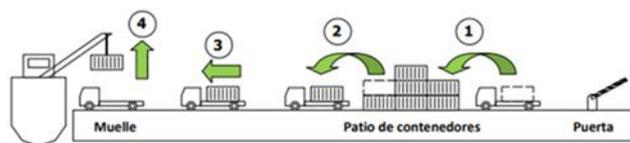


Figura 2.7 Flujo de contenedores
(Bermúdez Meléndez , 2011)

En la figura 2.7, se observa cómo es el flujo de los contenedores durante el proceso de carga de la Línea naviera 1, en donde el proceso empieza a partir del paso (2) en donde la grúa de patio posiciona el contenedor en el chasis del cabezal, y termina en el paso (4) cuando el contenedor es

tomado del cabezal por la grúa de muelle y regresa para tomar otro contenedor.

2.1.3.1 Datos de productividad de grúas reach stacker

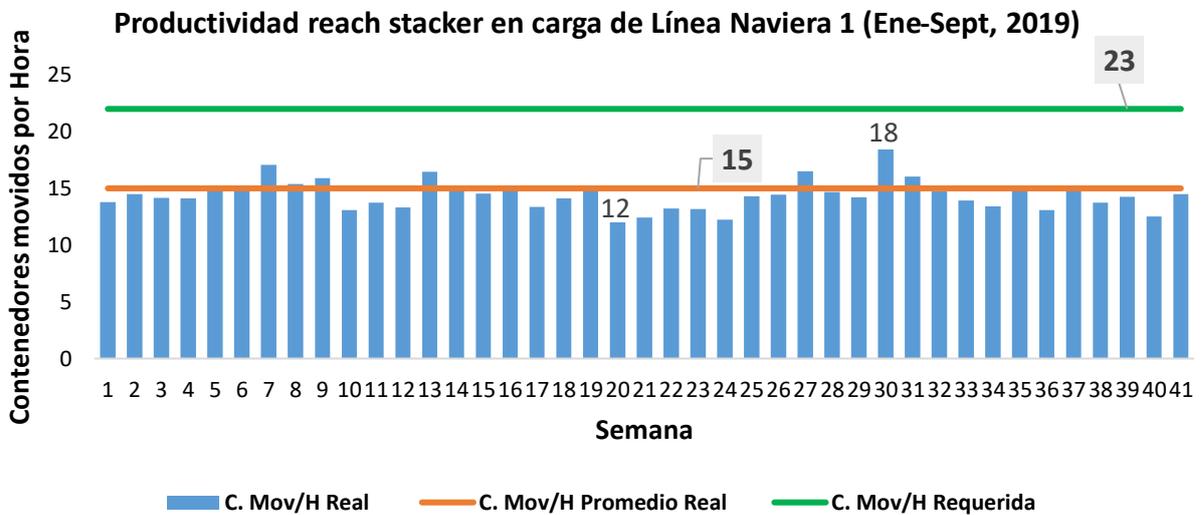


Figura 2.8 Productividad histórica de reach stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la Figura 2.8, se puede observar que la productividad promedio de las grúas reach stacker es de 15 contenedores movidos por hora durante el proceso de carga de la Línea naviera 1, reflejando la productividad más baja en la semana 20 de 12 C. mov/h y un máximo en la semana 30 de 18 C. mov/h; mientras que lo requerido por el Superintendente del Patio es que sea de 23 contenedores movidos por hora, es decir un 50% más del promedio actual.

2.1.3.2 Datos de Productividad de la Grúa RTG

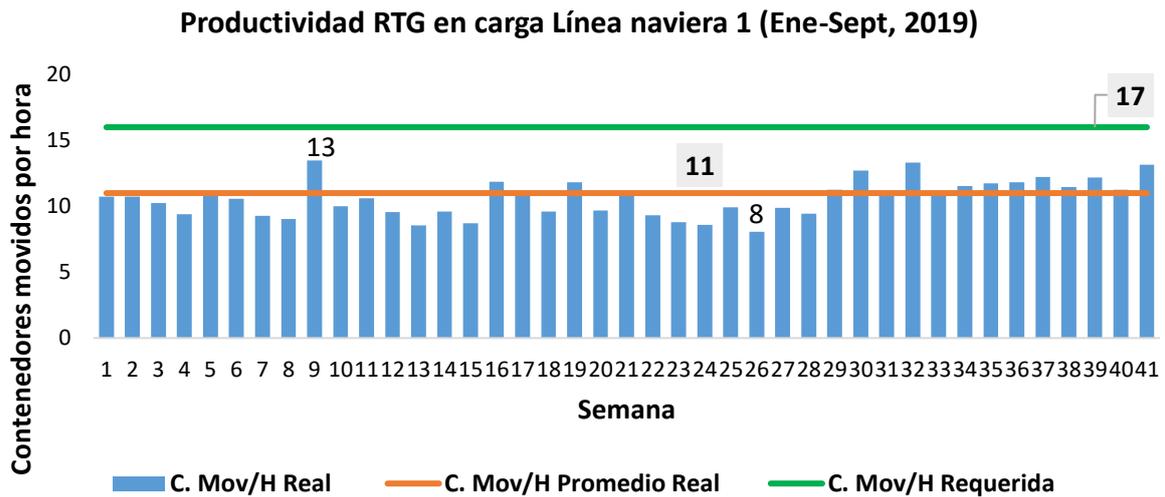


Figura 2.9 Productividad histórica de RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

La productividad de la RTG que se observa en la figura 2.9 también fue tomada de datos históricos, con un promedio semanal de 11 contenedores movidos por hora, siendo este equipo el menos productivo de las grúas, mientras que lo requerido por el Superintendente del Patio es que sea de 17 contenedores movidos por hora, es decir un 50% más del promedio actual.

2.1.3.3 Datos de Productividad de Cabezal Capacity

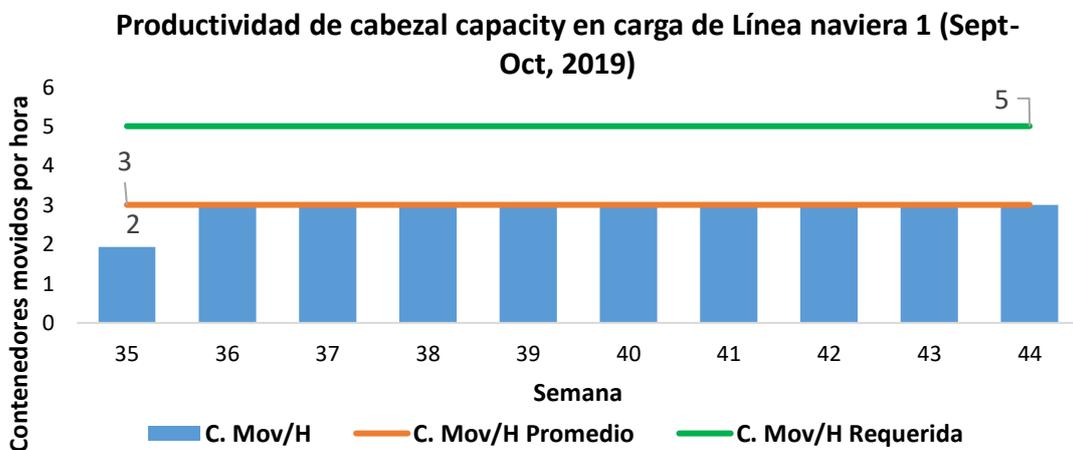


Figura 2.10 Productividad histórica del cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.10, los cabezales reflejan una productividad promedio de 3 contenedores movidos por hora en los datos históricos, con un mínimo de 2 contenedores movidos por hora. Cabe mencionar que solo se mostraron datos de la semana 35 a la 44, porque la información de productividad promedio semanal de los cabezales capacity no estaba registrada en formato digital y transcribimos las que más pudimos. La productividad promedio requerida por el Superintendente del Patio para este equipo es que sea de 5 contenedores movidos por hora.

2.1.4 Problema Enfocado

Una vez que se realizó la estratificación de las Líneas Navieras y que se recolectó los datos de productividad de los equipos portuarios que participan en el proceso de carga de contenedores a Buque para la Línea naviera 1, se procedió a generar los problemas enfocados, partiendo del problema general.

2.1.4.1 Problema Enfocado 1

"La productividad promedio de la grúa reach stacker en el patio de contenedores del Puerto, durante el proceso de carga de contenedores de la Línea naviera 1 los días miércoles y jueves es de 15 contenedores movidos por hora; mientras que lo requerido por el Superintendente de operaciones del Patio es que sea de al menos 23 contenedores movidos por hora".

2.1.4.2 Objetivo del Problema Enfocado 1

Incrementar la productividad promedio de la grúa reach stacker a 17 Contenedores movidos por hora los días miércoles y jueves; eso quiere decir, reducir el GAP en 18%.

2.1.4.3 Problema Enfocado 2

"La productividad promedio de la grúa RTG en el patio de contenedores del Puerto, durante el proceso de carga de contenedores de la Línea naviera 1 los días miércoles y jueves es de 11 contenedores movidos

por hora; mientras que lo requerido por el Superintendente de operaciones del Patio es que sea al menos de 17 contenedores movidos por hora"

2.1.4.4 Objetivo del Problema Enfocado 2

Incrementar la productividad promedio de la grúa RTG a 12 Contenedores movidos por hora los días miércoles y jueves; eso quiere decir, reducir el GAP en 13%.

2.1.4.5 Problema Enfocado 3

"La productividad promedio del cabezal capacity en el patio de contenedores del Puerto, durante el proceso de carga de contenedores de la Línea naviera 1 los días miércoles y jueves es de 3 contenedores movidos por hora; mientras que lo requerido por el Superintendente de operaciones del Patio es que sea al menos de 5 contenedores movidos por hora".

2.1.4.6 Objetivo del Problema Enfocado 3

Incrementar la productividad promedio del cabezal capacity a 4 contenedores movidos por hora de miércoles a jueves; eso quiere decir, reducir el GAP en 30%.

2.1.5 Verificación de la confiabilidad de los Datos

Una vez levantado toda la información necesaria y haber enfocado los tres problemas específicos, se procedió a la verificación de los siguientes datos:

- Productividad de grúa reach stacker durante carga de Línea Naviera 1
- Productividad de grúa RTG durante carga de Línea Naviera 1
- Productividad de cabezales capacity durante carga de Línea Naviera 1
- Tiempo de servicio de grúa reach stacker durante carga de Línea Naviera 1.
- Tiempo de servicio de grúa RTG durante carga de Línea Naviera 1.

- Tiempo de servicio de cabezales Capacity durante carga de Línea Naviera 1

2.1.5.1 Productividad de la grúa reach stacker

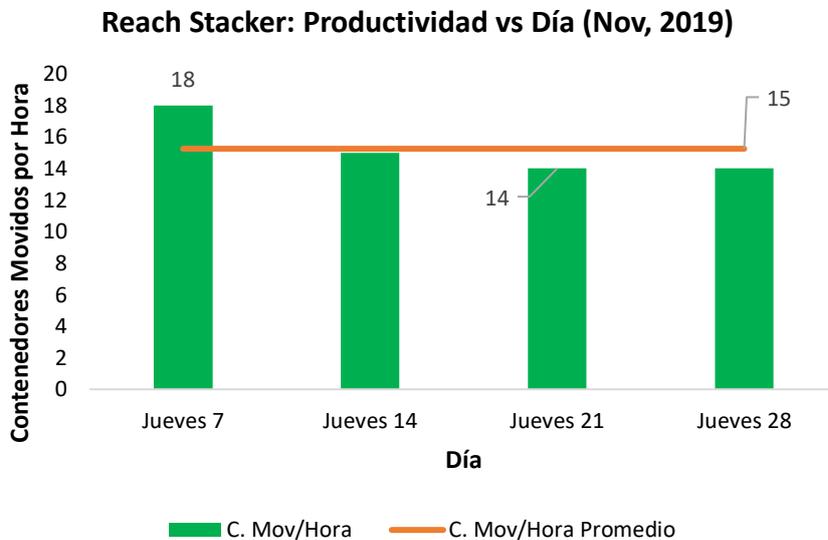


Figura 2.11 Levantamiento de productividad de reach stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.11, se puede observar la cantidad de contenedores movidos por parte de la grúa reach stacker de los días jueves en el mes de noviembre del 2019, obteniendo la mayor cantidad de contenedores movidos el día 7 de noviembre del 2019. Estos datos fueron tomados por nosotros de manera aleatoria puesto que los equipos no trabajan de manera continua. El registro de la productividad se la tomó durante las horas en que los equipos trabajan sin ser interrumpidos en la actividad de carga de contenedores al Buque para la Línea Naviera 1.

2.1.5.2 Verificación de los datos históricos vs muestrales de la reach stacker.

Después de presentar los datos que se registraron de la productividad de la reach stacker, se procede a realizar una prueba estadística con el fin de verificar que los datos se asemejan a los históricos, la prueba que se realizó fue una diferencia de medias de T-student para 2 muestras.

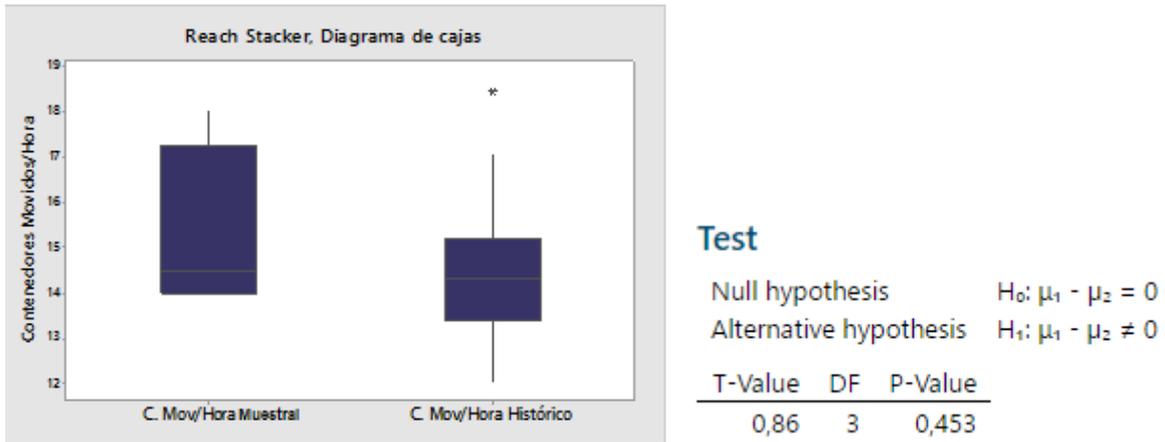


Figura 2.12 Prueba T-student para 2 muestras de productividad reach stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.12, se muestra los resultados de la prueba realizada; en la cual se obtuvo un valor de p igual a 0,453. Por lo tanto; con un nivel de confiabilidad del 95% y un nivel de significancia del 5% se puede decir que estadísticamente la media de la productividad muestral es igual a la histórica para el equipo Reach Stacker durante la operación Carga a Buque de Línea Naviera, y que los datos históricos son confiables.

2.1.5.3 Productividad de la grúa RTG.

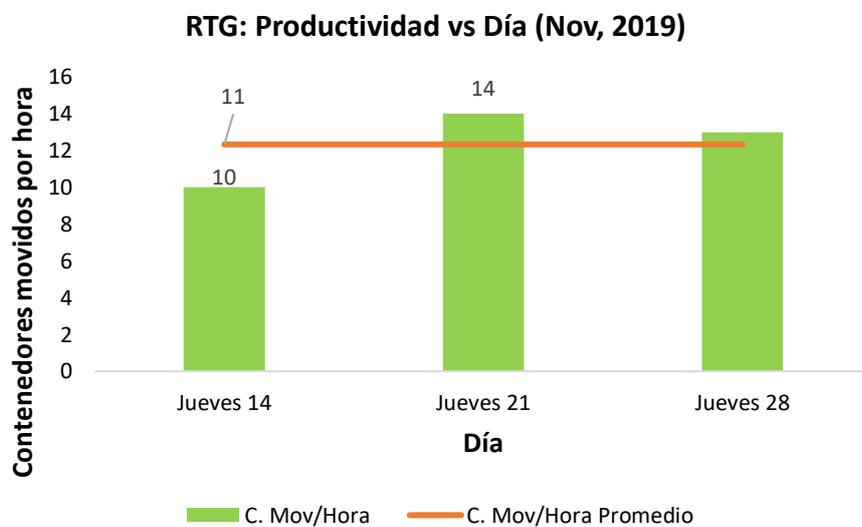


Figura 2.13 Levantamiento de productividad RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.13, se observa el comportamiento de la productividad del equipo RTG durante los jueves 14, 21 y 28 de noviembre del 2019; obteniendo un máximo de contenedores movidos el día 21. La grúa RTG puede desplazarse a lo largo de la zona "I"; y, de igual manera que para la grúa reach stacker, el registro de las productividades se realizó solamente durante las operaciones de carga al buque.

2.1.5.4 Verificación de los datos históricos vs muestrales de la RTG.

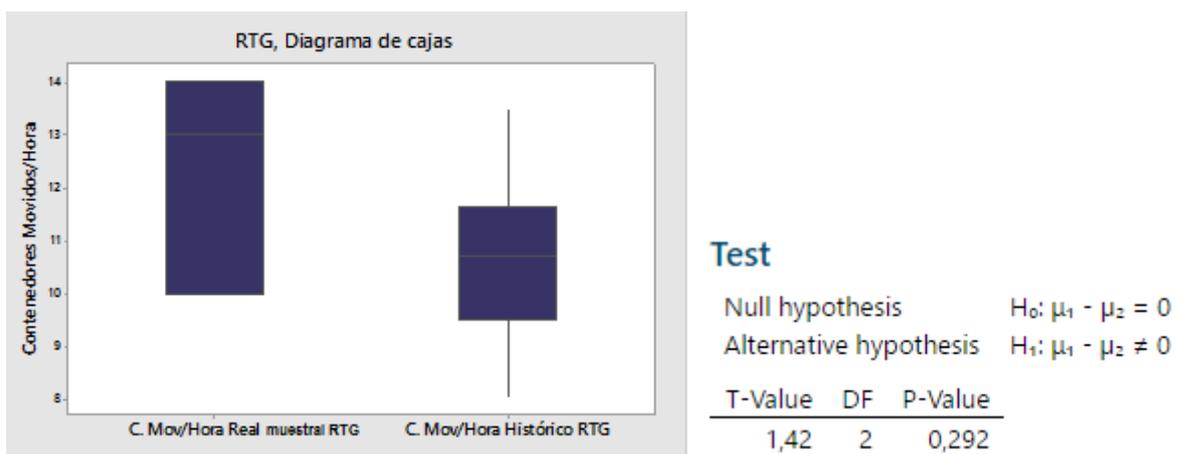


Figura 2.14 Prueba T-student para dos muestras de productividad RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Se realizó una prueba estadística, mostrada en la figura 2.14, con el objetivo de verificar la igualdad de medias entre los datos muestrales y los históricos de la RTG, en la cual se obtuvo un valor p igual a 0,292; por lo tanto, con un nivel de confiabilidad del 95% y un nivel de significancia del 5% se puede decir estadísticamente que la media de la productividad muestral e histórica de la RTG son iguales durante la operación carga al Buque de la Línea Naviera 1, y que los datos históricos son confiables.

2.1.5.5 Productividad del Cabezal Capacity

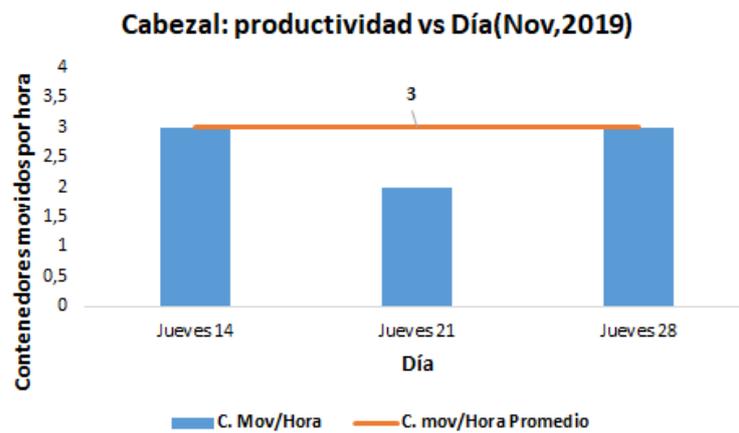


Figura 2.15 Levantamiento de productividad de cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.15, se puede observar la cantidad de contenedores movidos por parte del cabezal capacity los días jueves en el mes de noviembre del 2019, en donde la mayoría de los datos mueven alrededor de 2 y 3 contenedores por hora. Estos datos fueron tomados por nosotros de manera aleatoria. El registro de la productividad se la tomó durante las horas en que los equipos trabajan sin ser interrumpidos en la actividad de carga de contenedores al Buque para la Línea Naviera 1.

2.1.5.6 Verificación de los datos históricos vs muestrales del cabezal capacity

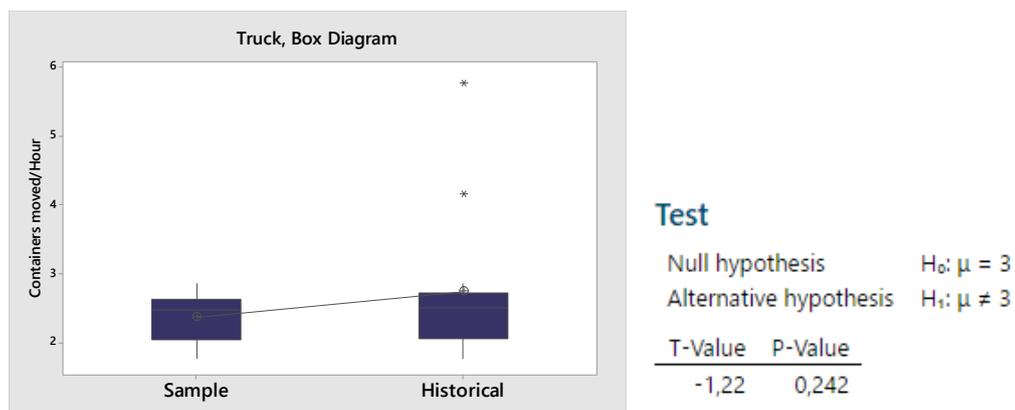


Figura 2.16 Prueba T-student para dos muestras de productividad cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Con el fin de verificar la confiabilidad de los datos de la productividad del cabezal capacity; se realizó una prueba estadística, mostrada en la figura 2.16, con el objetivo de verificar la igualdad de medias entre los datos muestrales y los históricos del cabezal capacity, en la cual se obtuvo un valor p igual a 0,242; por lo tanto, con un nivel de confiabilidad del 95% y un nivel de significancia del 5% se puede decir estadísticamente que la media de la productividad de la muestra es igual a la histórica para los cabezales son iguales durante el proceso de carga de contenedores al Buque de la Línea Naviera 1, y que los datos históricos son confiables.

2.1.5.7 Tiempo de servicio de la grúa reach stacker.

Para encontrar el tamaño muestral tanto de la reach stacker como de la RTG y el cabezal capacity, se utilizó la fórmula 2.1:

$$TAMAÑO DE MUESTRA "n" = \left(\frac{\left(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \right) \times s}{e \times mean} \right)^2 \quad (2.1)$$

La fórmula 2.1 sirve para encontrar el tamaño de muestra necesario para que los datos muestrales se comporten igual a los datos históricos; de donde: "t" se refiere a la distribución T-student con n datos muestrales y $\alpha = 0,05$ de nivel de significancia, "s" es la desviación estándar de la muestra, "e" igual al 5% es el error admitido y "mean" es la media de los datos.

Tabla 2.2 Muestreo piloto del tiempo de servicio reach stacker

Observación Prueba Piloto	Tiempo (minutos)
1	1,03
2	1,62
3	1,07
4	1,38
5	1,02
Promedio	1,22
Desviación Estándar	0,27

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Tabla 2.3 Determinación del tamaño de “n” para tiempo de servicio de reach stacker

Tamaño de la Prueba Piloto	5
Promedio (minutos)	1,22
Desviación Estándar(minutos)	0,27
Error	0,05
t(4;0,025)	2,7765
n	90
n – Tamaño de prueba piloto	85

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Con el propósito de verificar la confiabilidad de los datos del tiempo de servicio de la reach stacker para despachar un contenedor. En la tabla 2.3, se realizó una prueba piloto con 5 observaciones tomadas; luego, se realizaron los respectivos cálculos de la media y desviación estándar para posteriormente encontrar la diferencia de “n” menos tamaño de prueba piloto de 85 datos a tomar, para que los datos muestrales reflejen el comportamiento de los históricos. Debido a esto, se realizó una prueba de diferencia de medias entre los tiempos de servicio muestrales y los históricos para analizar si existe o no diferencia significativa entre ellos.

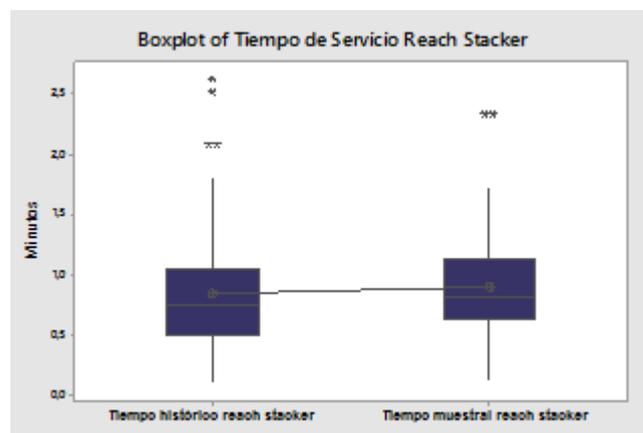


Figura 2.17 Diagrama de cajas de tiempos de servicio histórico y muestral de la reach stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

La figura 2.17, muestra una aproximación de las medias de los datos, histórico y muestral; además, se observa varios puntos que están fuera

de control en ambos escenarios, esto se debe a que el proceso en sí tiene mucha variabilidad por ser una actividad no estandarizada.

Test		
Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
T-Value	DF	P-Value
-1,01	212	0,314

Figura 2.18 Prueba T-student para tiempo de servicio de la reach stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Para comprobar si existe diferencias significativas de acuerdo con lo mostrado en la figura 2.17, se procedió a realizar una prueba T-student para los datos históricos y muestrales, ver figura 2.18; con un valor de p igual a 0.314, un 95% de confianza y un nivel de significancia del 5%, se puede decir estadísticamente que el tiempo promedio de servicio histórico es igual al muestral, cuando las operaciones no presentan interrupciones y los equipos trabajan a un solo ritmo. Es decir, que los datos históricos de los tiempos de servicio para la grúa Reach Stacker son confiables.

2.1.5.8 Tiempo de servicio de la grúa RTG.

Tabla 2.4 Muestreo piloto del tiempo de servicio de la RTG

Observación Prueba piloto	Tiempo (minutos)
1	1,27
2	1,28
3	1,23
4	1,10
Promedio	1,22
Desviación Estándar	0,08

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

La tabla 2.4, muestra las 4 observaciones que se realizaron en la prueba piloto durante la toma de tiempos de servicio de la RTG; en donde, se obtuvo un tiempo de servicio promedio muestral de 1,22 min y una desviación estándar de 0,08 minutos.

Tabla 2.5 Determinación del tamaño de “n” para tiempo de servicio RTG

Tamaño Prueba Piloto	4
Promedio (minutos)	1,22
Desviación Estándar (minutos)	0,08
Error	0,05
t(3;0,025)	3
N	32
n – Tamaño de prueba piloto	28

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Después de obtener la prueba piloto para la RTG mostrada en la tabla 2.5, se encontró que se necesitan 28 datos a tomar para que los datos muestrales reflejen el comportamiento de los históricos. Debido a esto, se realizó una prueba de diferencia de medias entre los tiempos de servicio muestrales y los históricos para analizar si existe o no diferencia significativa entre ellos (figura 2.19).

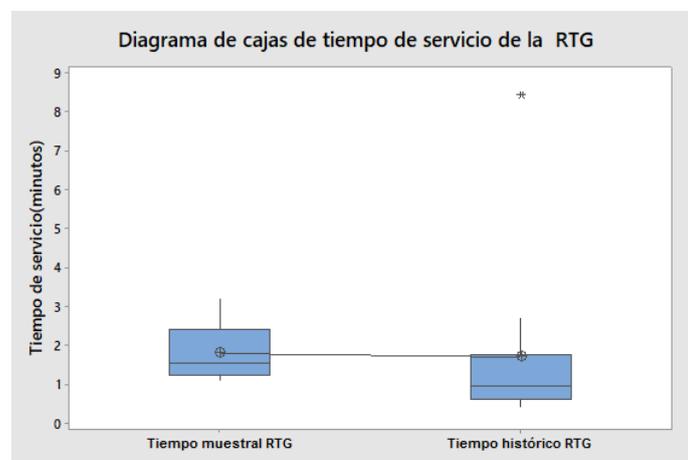


Figura 2.19 Diagrama de cajas de tiempos de servicio histórico y muestral de la RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Test

Null hypothesis $H_0: \mu = 1,71$
Alternative hypothesis $H_1: \mu \neq 1,71$

T-Value	P-Value
0,34	0,745

Figura 2.20 Prueba T-student para tiempo de servicio de la RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Con el tamaño de muestra calculada anteriormente en la tabla 2,5; se realizó la prueba estadística T-student para verificar si la media muestral es igual a los datos tomados por parte de la base de datos de la empresa (datos históricos), con lo que se obtuvo un valor de p igual a 0,745. Por lo tanto, de la figura 2.20, con un 95% de confianza y un 5% de nivel de significancia, se puede decir que el tiempo promedio de servicio muestral de la RTG es igual al tiempo de servicio de los datos históricos de la RTG. Es decir, que los datos históricos de los tiempos de servicio para la grúa RTG son confiables.

2.1.5.9 Tiempo de servicio del Cabezal Capacity

Tabla 2.6 Muestreo Piloto para tiempo de servicio del cabezal capacity

Observación Prueba Piloto	Tiempo (minutos)
1	10
2	10
3	10
4	8
5	8
6	10
7	8
8	10
9	10
10	10
Promedio	9,4
Desviación Estándar	0,97

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la tabla 2.6, se puede observar una muestra de 10 observaciones que se tomaron como prueba piloto, con los resultados de la media igual a 9,4 minutos y desviación estándar de 0,97 minutos, se procede a calcular el valor de “n”

Tabla 2.7 Determinación del tamaño de “n” para tiempos de servicio de Cabezales

Tamaño de la Prueba Piloto	10
Promedio (minutos)	9,40
Desviación Estándar (minutos)	0,97
Error	0,05
t(9;0,025)	2,2622
N	34
n – Tamaño de prueba piloto	24

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Con los datos obtenidos en la tabla 2.7, se realizó el cálculo para encontrar la diferencia de “n” menos tamaño de prueba piloto de 24 datos a tomar, para que los datos muestrales reflejen el comportamiento de los históricos. Debido a esto, se realizó una prueba de diferencia de medias entre los tiempos de servicio muestrales y los históricos para analizar si existe o no diferencia significativa entre ellos, en donde el diagrama de cajas es mostrado en la figura 2.21.

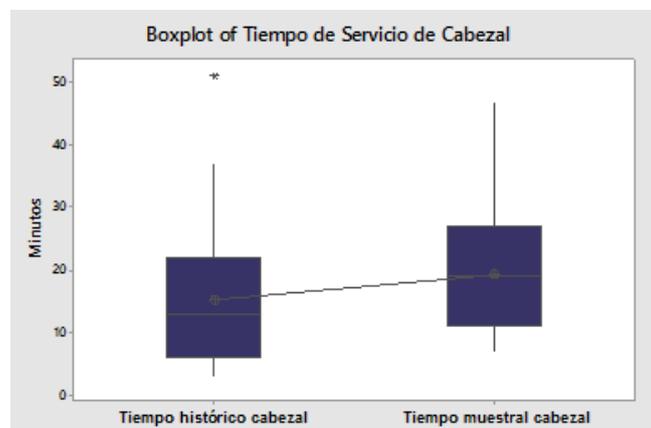


Figura 2.21 Diagrama de cajas de tiempos de servicio histórico y muestral del cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
1,25	16	0,228

Figura 2.22 Prueba T-student para tiempo de servicio de cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Se realizó una prueba estadística T-student para comprobar si las medias son iguales, la cual presentó un valor p igual a 0,226 (esto se observa en la figura 2.22): por lo tanto, se puede concluir con un 95% de confianza y un 5% de nivel de significancia que las medias son iguales, es decir, el tiempo de servicio del cabezal histórico es igual al muestral. Es decir, que los datos históricos de los tiempos de servicio del Cabezal son confiables.

2.1.6 Análisis de capacidad del proceso

Una vez validado los datos se procedió a realizar el análisis de estabilidad y capacidad de los procesos para cada uno de los equipos, esto con el propósito de verificar el comportamiento de la curva durante el proceso de carga de los contenedores del patio de almacenamiento ubicados en la zona "I" hacia el Buque para la Línea Naviera 1. En esta parte, se tomó muestras durante intervalos de tiempo de carga de manera aleatoria por cuatro semanas consecutivas, es decir, los jueves de cada semana.

2.1.6.1 Análisis de estabilidad de la productividad de la Reach Stacker

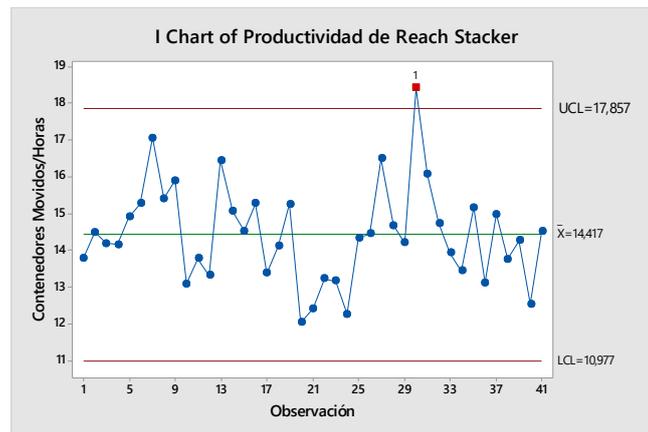


Figura 2.23 Carta de control para la productividad de la Reach Stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.23, se utilizó una carta de control de gráficas de variables para observaciones individuales con tamaño de subgrupo igual a 1. Se puede observar que del conjunto de datos de la productividad de la reach stacker una observación está más de 3 desviaciones estándar por encima de la línea central (esto se da en la observación número 30 de la gráfica de control y porque la máquina no paró de atender la operación de carga al Buque). Por tal motivo, se procedió a eliminar tal punto fuera de control para conseguir un proceso estable y posteriormente analizar la capacidad del proceso.

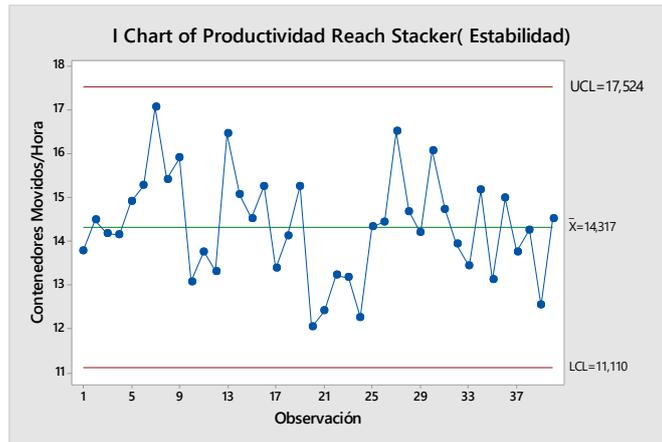


Figura 2.24 Carta de control estable para la productividad de la reach stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Una vez eliminada la observación número 30, se volvió a realizar la carta de control y se obtuvo un proceso estable para la productividad reach stacker, ver figura 2.24. Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de capacidad del proceso.

2.1.6.2 Análisis de capacidad de la productividad de la Reach Stacker

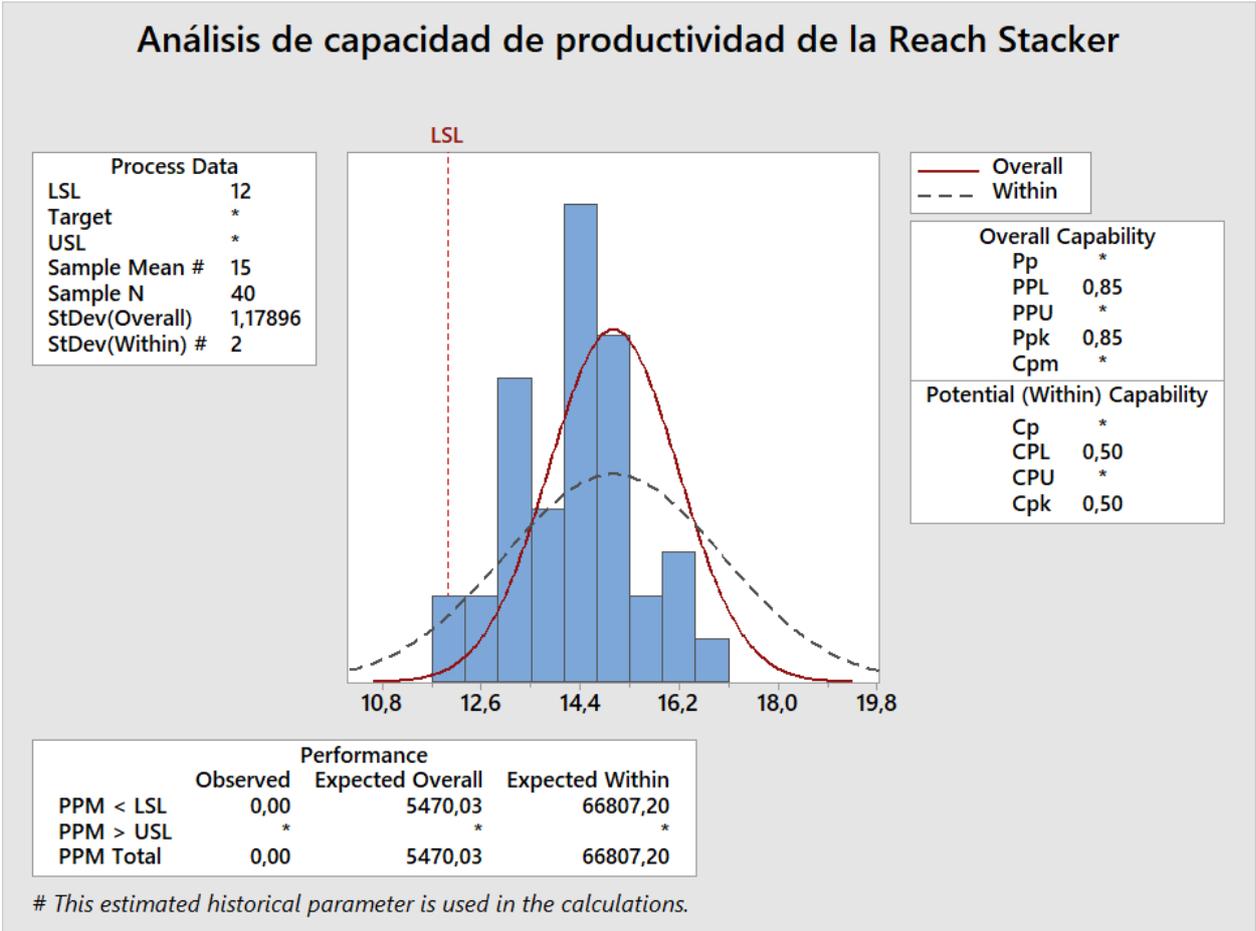


Figura 2.25 Análisis de capacidad de la Productividad de la Reach Stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la figura 2.25; cabe recalcar que el proceso solo tiene un límite de especificación inferior y con tamaño de subgrupo igual a 1, se muestra el análisis de capacidad que se realizó para la productividad de la grúa reach stacker durante el proceso de carga de contenedores al Buque por la Línea Naviera 1. Se obtuvo un CpL de 0.50; y como es menor que 1, la capacidad a corto plazo del proceso no cumple con los requisitos del cliente. Se observa que PpL es igual a 0.85 (valor menor a 1), lo que indica que la capacidad del proceso realizada por la grúa reach stacker debe mejorarse.

2.1.6.3 Análisis de estabilidad de la productividad de la RTG

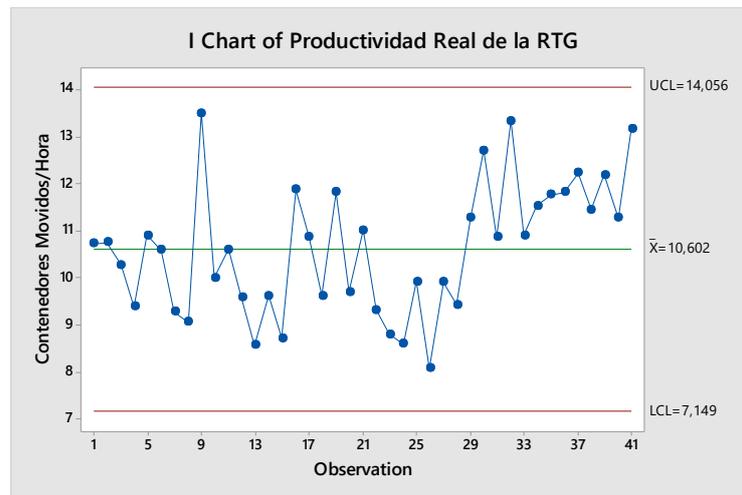


Figura 2.26 Carta de control de la productividad de la RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.26, se utilizó una carta de control de gráficas de variables para observaciones individuales con tamaño de subgrupo igual a 1. Se puede observar que la productividad de la RTG es estable, los puntos varían de manera aleatoria alrededor de la línea central y se encuentran dentro de los límites de control de la gráfica. No se observan tendencias ni patrones. La variación del proceso es estable; por lo tanto, se procedió a realizar directamente el análisis de capacidad.

2.1.6.4 Análisis de capacidad de la productividad de la RTG

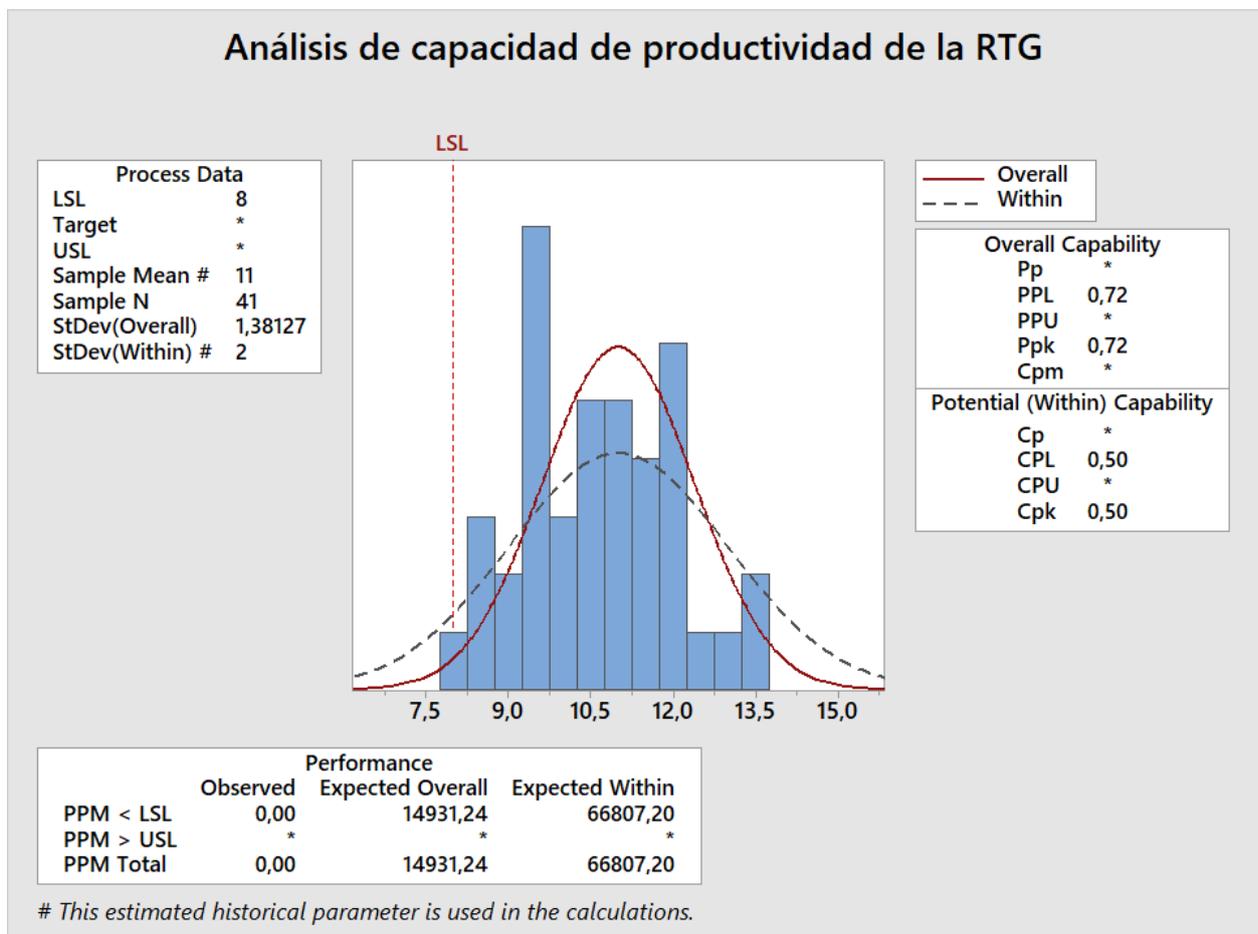


Figura 2.27 Análisis de capacidad de la productividad de la RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la figura 2.27, cabe recalcar que el proceso solo tiene un límite de especificación inferior y con tamaño de subgrupo igual a 1, se muestra el análisis de capacidad que se realizó para la productividad de la grúa RTG durante el proceso de carga de contenedores al Buque por la Línea Naviera 1. Se obtuvo un CpL de 0.50; y como es menor que 1, la capacidad a corto plazo del proceso no cumple con los requisitos del cliente. Se observa que PpL es igual a 0.72 (valor menor a 1), lo que indica que la capacidad del proceso realizada por la grúa RTG debe mejorarse.

2.1.6.5 Análisis de estabilidad de la productividad del Cabezal Capacity

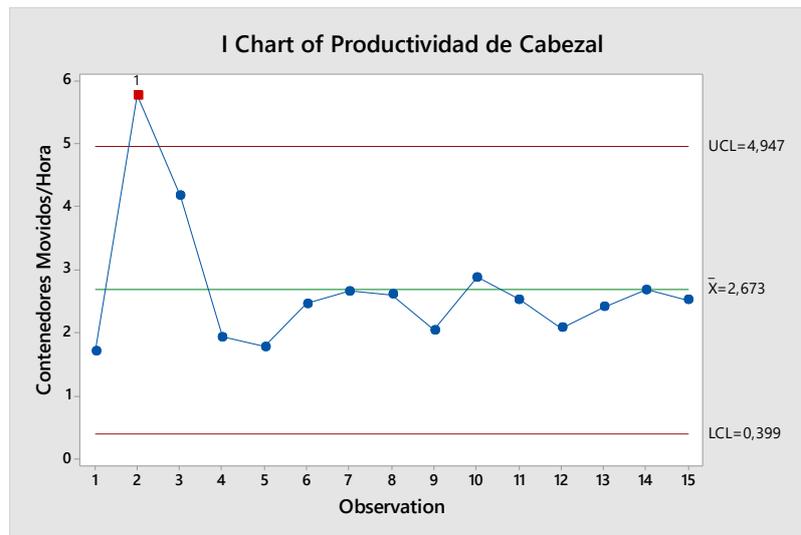


Figura 2.28 Carta de control de la productividad del cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.28, se utilizó una carta de control de gráficas de variables para observaciones individuales con tamaño de subgrupo igual a 1. Se puede observar que del conjunto de datos de la productividad del cabezal capacity una observación está más de 3 desviaciones estándar por encima de la línea central (esto se da en la observación número 2 de la gráfica de control y porque tuvo un flujo de tránsito sin interrupciones en su traslado por el patio). Por tal motivo, se procedió a eliminar tal punto fuera de control para conseguir un proceso estable y posteriormente analizar la capacidad del proceso.

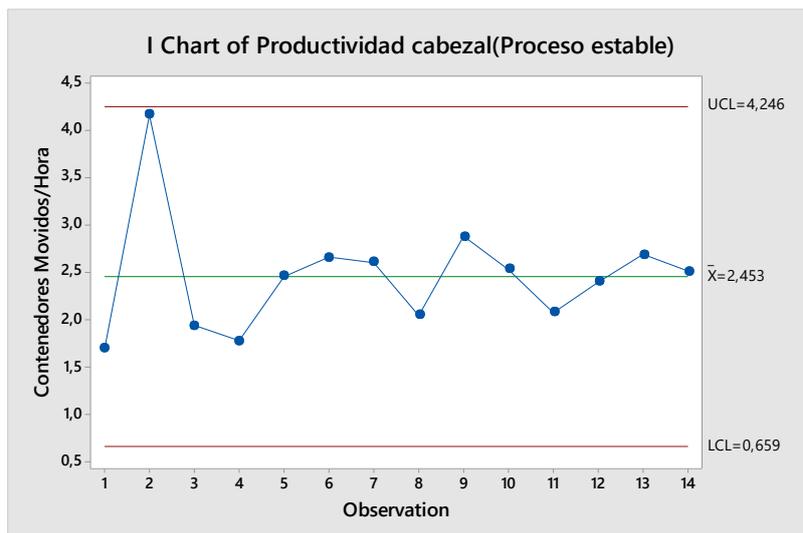


Figura 2.29 Carta de control estable de la productividad del cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.29, se observa un proceso estable después de haber eliminado el punto fuera de control para la productividad de los cabezales. Ahora, con un proceso estable se procedió analizar su capacidad.

2.1.6.6 Análisis de capacidad de la productividad del Cabezal Capacity

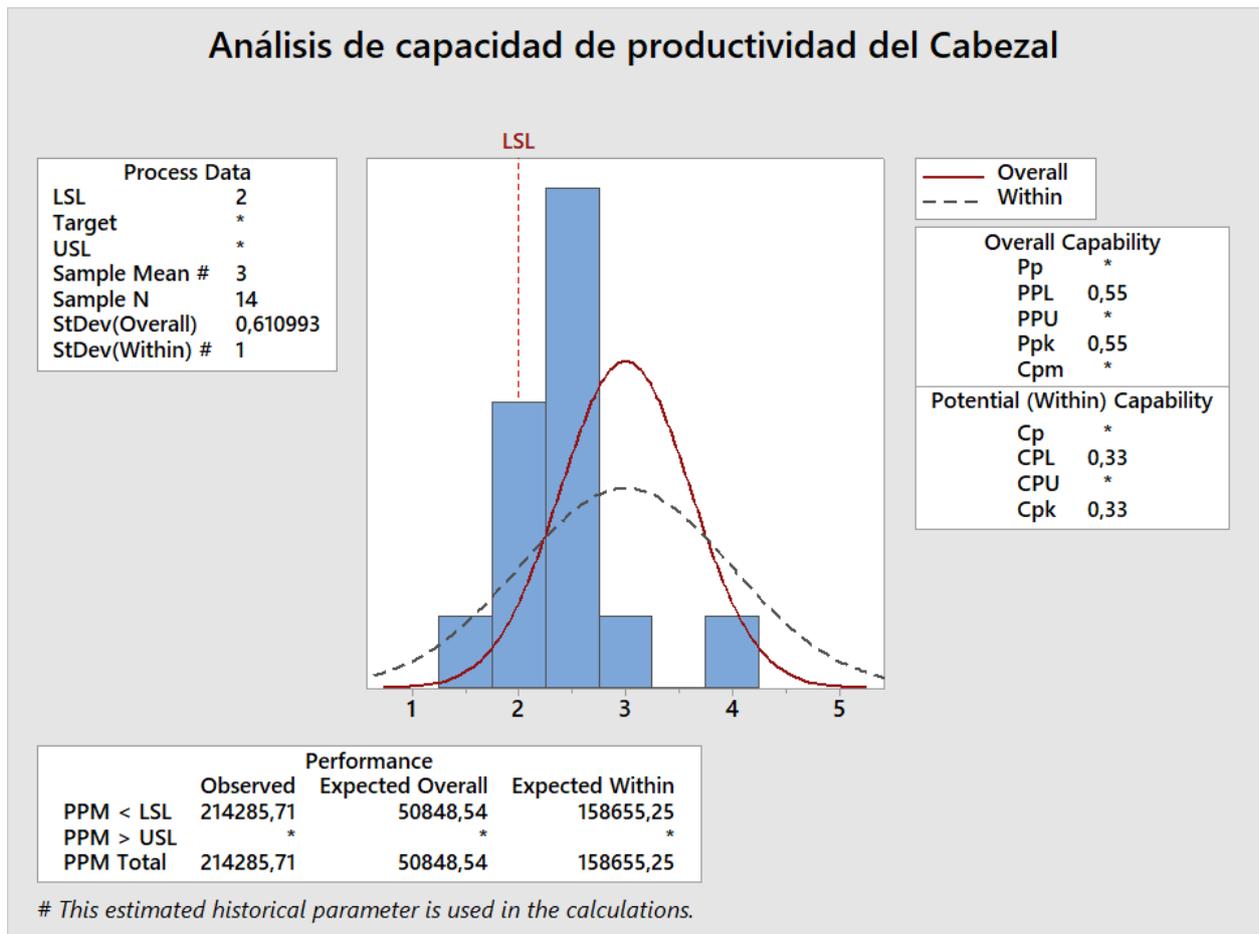


Figura 2.30 Análisis de capacidad de la productividad del cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la figura 2.30, cabe recalcar que el proceso solo tiene un límite de especificación inferior y con tamaño de subgrupo igual a 1, se muestra el análisis de capacidad que se realizó para la productividad del cabezal capacity durante el proceso de carga de contenedores al Buque por la Línea Naviera 1. Se obtuvo un CpL de 0.33; y como es menor que 1, la capacidad a corto plazo del proceso no cumple con los requisitos del cliente. Se observa que PpL es igual a 0.55 (valor menor a 1), lo que indica que la capacidad del proceso realizada por el cabezal capacity debe mejorarse.

2.1.7 Diagrama de flujo del proceso de carga al Buque para la Línea Naviera 1

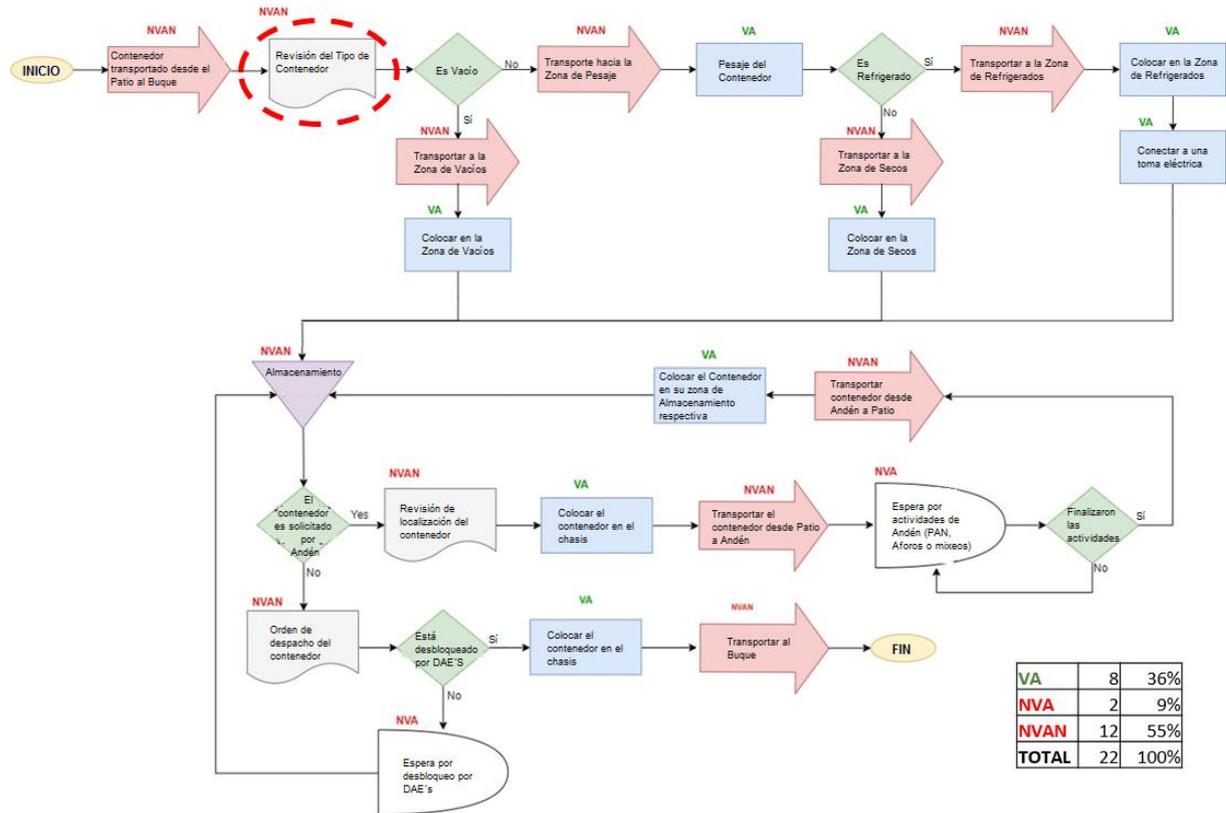


Figura 2.31 Diagrama de flujo del proceso de carga de contenedores al Buque para la Línea Naviera 1
Elaboración Propia
Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.31, se muestra un diagrama de flujos de procesos del contenedor durante el proceso de carga al Buque para la Línea Naviera 1; en el cual, se identificó como fábrica oculta que antes de entrar al patio de almacenamiento de contenedores se debe conocer de qué tipo es el contenedor, porque debido a esto se lo almacena en diferentes zonas. Y, se reporta que, de todo el proceso, el 55% de los procesos son actividades que no agregan valor pero son necesarias de realizar; por lo tanto, se puede proponer mejoras para reducir este porcentaje. Cabe mencionar que se realizó un diagrama VSM del proceso de carga de contenedores al Buque para la Línea Naviera 1, el cual es mostrado en la sección de anexos.

2.2 Análisis

Con la información levantada en la etapa de medición, se realizó un análisis para encontrar las causas que afectan a cada uno de los tres problemas enfocados. Por lo cual; se buscó recolectar información de las posibles causas que los afectan por medio de una lluvia de ideas, luego hallar sus causas potenciales por medio de un diagrama de Ishikawa. Posteriormente, se ponderan estas causas bajo los criterios de impacto y control, y se encuentran las causas raíz.

2.2.1 Análisis de causas

Para el análisis de las causas que afectan al problema de baja productividad de los equipos (RTG, Reach Stacker y Capacity) se realizó una reunión con 9 personas, entre ellos Operadores y Coordinadores de Patio como se muestra en la figura 2.32; los cuales, por medio de una lluvia de ideas aportaron a encontrar estas posibles causas.



Figura 2.32 Reunión con el Equipo para Lluvia de Ideas

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

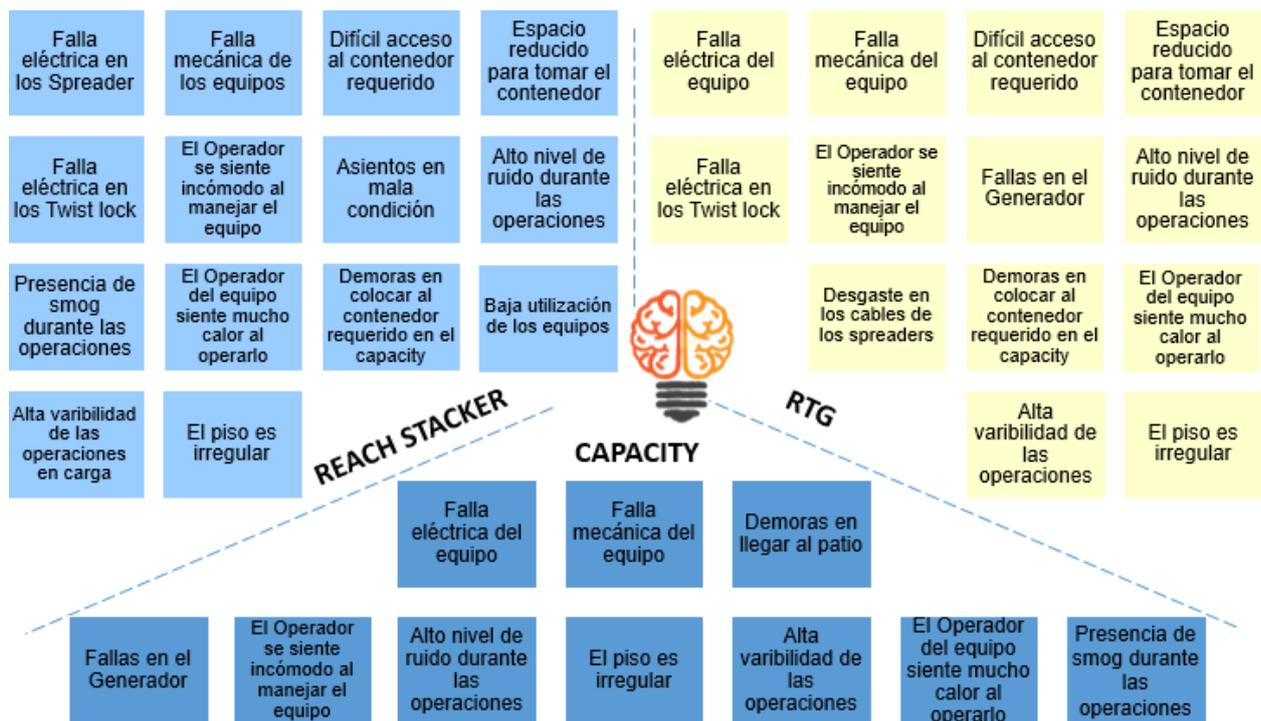


Figura 2.33 Lluvia de ideas
Elaboración Propia
Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Las posibles causas que se encontraron son mostradas en color de fuente rojo, las cuales se derivan de las de color negro (figura 2.33). Estas causas son ubicadas en cada una de las ramas de los diagramas de Ishikawa presentados en las figuras 2.34, 2.35 y 2.36.

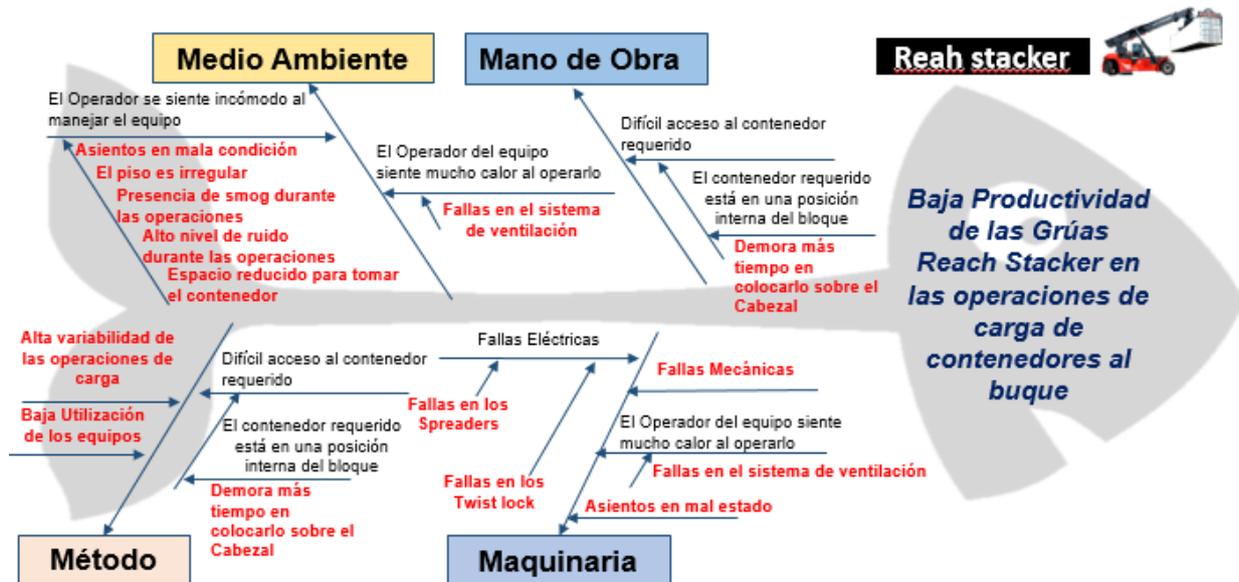


Figura 2.34 Diagrama Ishikawa de Grúas Reach Stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

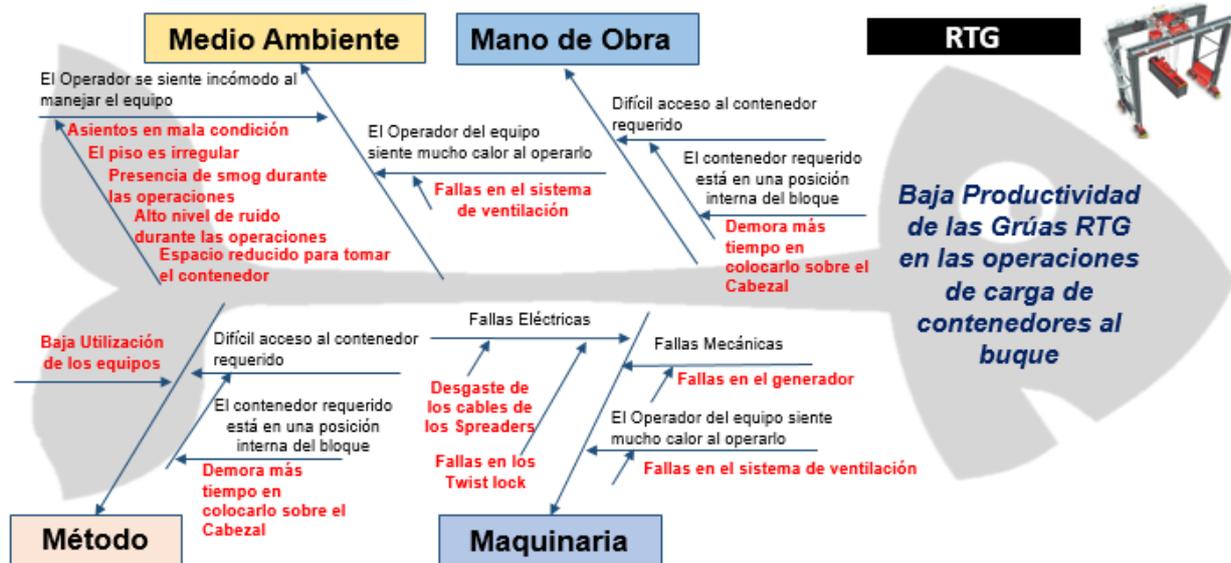


Figura 2.35 Diagrama Ishikawa de Grúas RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

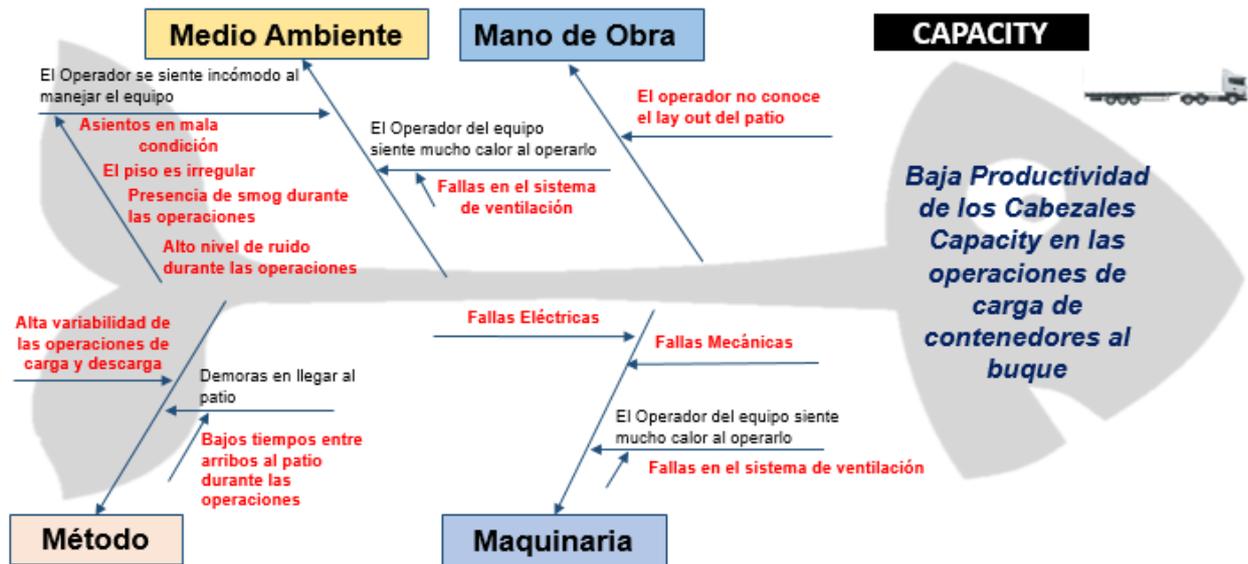


Figura 2.36 Diagrama Ishikawa de Cabezales Capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Posteriormente, se clasificaron las causas x's potenciales para ser priorizadas de acuerdo a la variable de salida. Esto se lo realizó con la participación de las siguientes personas:

- 3 coordinadores de patio
- 1 operador de grúa reach stacker
- 1 operador de grúa RTG
- 1 operador de cabezal capacity

Para la priorización de las causas potenciales en la matriz causa-efecto, se utilizó la ponderación mostrada en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Ponderación para matriz causa-efecto

Nivel de Relación	
Blanco	Ninguna Relación
1	Poca Correlación
3	Correlación Moderada
9	Correlación Fuerte

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Para cada una de las causas presentadas en el diagrama de Ishikawa se trabajó con la moda de las calificaciones obtenidas por las personas que participaron en la priorización de causas y son presentadas en las tablas 2.9, 2.10 y 2.11.

Tabla 2.9 Matriz causa-efecto de baja productividad en la Reach Stacker

Causa	Ponderación
Alta variabilidad en las operaciones de carga	9
Alto nivel de ruido en las operaciones de carga	3
Asientos en mal estado	3
Baja utilización de la Grúa Reach Stacker	9
El contenedor requerido está en la parte interna del bloque	9
Piso Irregular	3
Espacio reducido para tomar un contenedor	3
Fallas en el Sistema de ventilación	3
Fallas eléctricas en los Spreader	9
Fallas eléctricas en los Twist lock	9
Fallas mecánicas	9
Presencia de smog durante la operación de carga	3

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la tabla 2.9, se tiene las causas priorizadas para la baja productividad de la grúa reach stacker en las operaciones de carga de contenedores al buque son:

- Alta variabilidad en las operaciones de carga
- Baja utilización de la Grúa Reach Stacker
- El contenedor requerido está en la parte interna del bloque
- Fallas eléctricas en los Spreader
- Fallas eléctricas en los Twist lock

- Fallas mecánicas

Tabla 2.10 Matriz causa-efecto de baja productividad en la RTG

Causa	Ponderación
El contenedor requerido está en la parte interna del bloque	9
Alto nivel de ruido en las operaciones de carga	3
Asientos en mal estado	3
Baja utilización de la Grúa Reach Stacker	9
Los cables de los spreaders están desgastados	9
Piso Irregular	3
Espacio reducido para tomar un contenedor	3
Fallas en el Generador	3
Fallas en el Sistema de ventilación	3
Fallas eléctricas en los Twist lock	9
Presencia de smog durante la operación de carga	3

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Así mismo, de la tabla 2.10, se tiene las causas priorizadas para la baja productividad de la grúa RTG en las operaciones de carga de contenedores al buque son:

- Los cables de los spreaders están desgastados
- Baja utilización de la RTG
- El contenedor requerido está en la parte interna del bloque
- Fallas eléctricas en los Twist lock

Tabla 2.11 Matriz causa-efecto de baja productividad del cabezal capacity

Causa	Ponderación
Alta variabilidad en las operaciones de carga	9
Alto nivel de ruido en las operaciones de carga	3
Asientos en mal estado	3
Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga	9
Piso Irregular	3
Fallas eléctricas	9
Fallas en el Sistema de ventilación	3
Fallas mecánicas	9
Presencia de smog durante la operación de carga	3

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Finalmente, de la tabla 2.11, se tiene las causas priorizadas para la baja productividad del cabezal capacity en las operaciones de carga de contenedores al buque son:

- Alta variabilidad en las operaciones de carga
- Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga
- Fallas mecánicas
- Fallas eléctricas

2.2.2 Matriz Impacto - Control

Luego de haber priorizado las causas potenciales, se las coloca en la matriz impacto – control, donde se emplearon ponderaciones del 1 al 3; bajo la consideración de si son fáciles de controlar se le asigna el valor de 1, nivel medio se le asigna 2, y si son difíciles de controlar asignar valor 3; y así mismo, si su nivel de impacto es bajo se asigna el valor de 1, nivel medio se le asigna 2, y si su impacto es alto en la variable de respuesta se le asigna el valor de 3.

Tabla 2.12 Ponderaciones de Impacto vs. Control de Reach stacker

REACH STACKER			
# Causa	IMPACTO VS. CONTROL MATRIZ	CONTROL	IMPACTO
		X	Y
1	Alta variabilidad en las operaciones de carga	3	3
2	Baja utilización de la Grúa Reach Stacker	1	3
3	El contenedor requerido está en la parte interna del bloque	2	2
4	Fallas eléctricas en los Spreader	3	2
5	Fallas eléctricas en los Twist lock	3	2
6	Fallas mecánicas	3	2

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Matriz impacto-control reach stacker

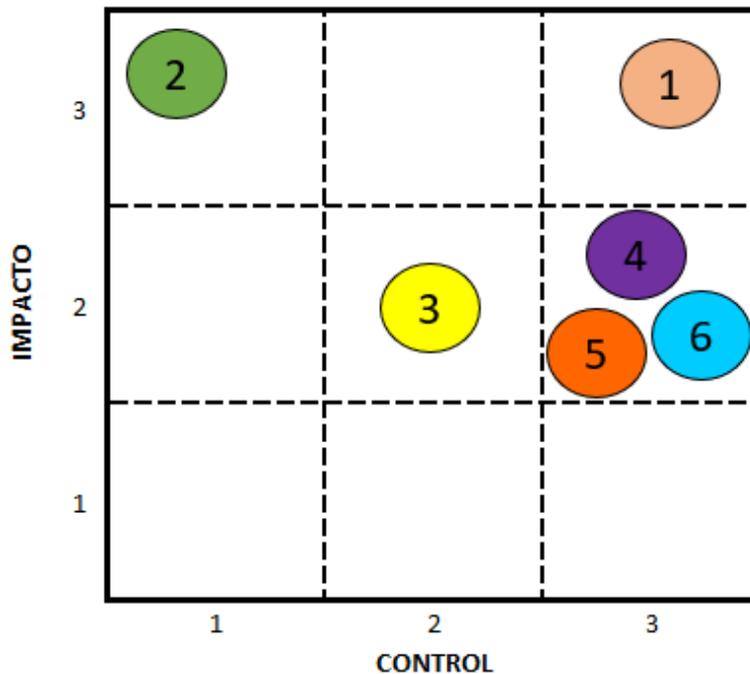


Figura 2.37 Matriz Impacto vs. Control Reach Stacker

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Como se observa en la figura 2.37, la causa seleccionada que es de bajo control y alto impacto para la grúa reach stacker es:

- Baja utilización de la Grúa Reach Stacker

Tabla 2.13 Ponderaciones de Impacto vs. Control de RTG

RTG			
# Causa	IMPACTO VS. CONTROL MATRIZ	CONTROL	IMPACTO
		X	Y
1	Fallas eléctricas en los Twist lock	3	2
2	Baja utilización de la Grúa RTG	1	3
3	El contenedor requerido está en la parte interna del bloque	2	3
4	Los cables de los spreaders están desgastados	3	2

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Matriz impacto-control RTG

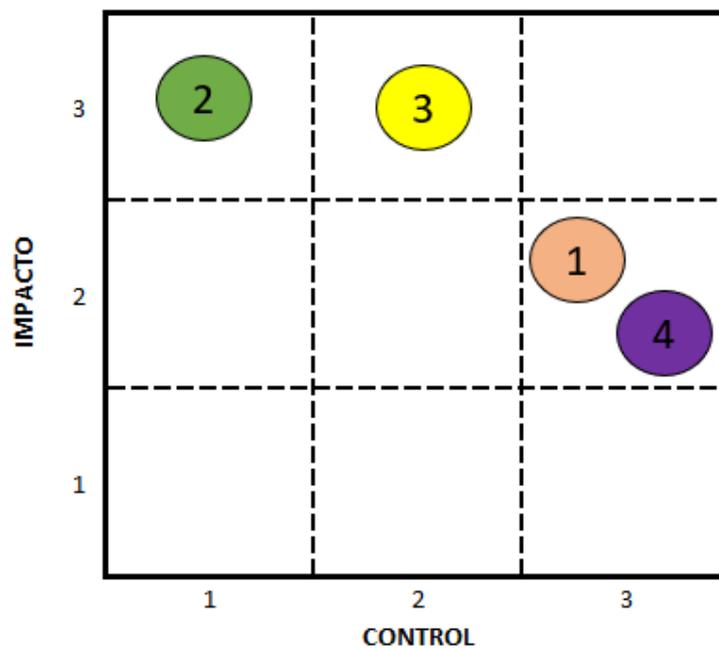


Figura 2.38 Matriz Impacto vs. Control RTG

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Como se observa en la figura 2.38, la causa seleccionada que es de bajo control y alto impacto para la grúa reach stacker es:

- Baja utilización de la Grúa RTG

Tabla 2.14 Ponderaciones de Impacto vs. Control de Capacity

CAPACITY			
# Causa	IMPACTO VS. CONTROL MATRIZ	CONTROL	IMPACTO
		X	Y
1	Alta variabilidad en las operaciones de carga	3	3
2	Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga	1	3
3	Fallas eléctricas	3	2
4	Fallas mecánicas	3	2

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Matriz impacto-control cabezal capacity

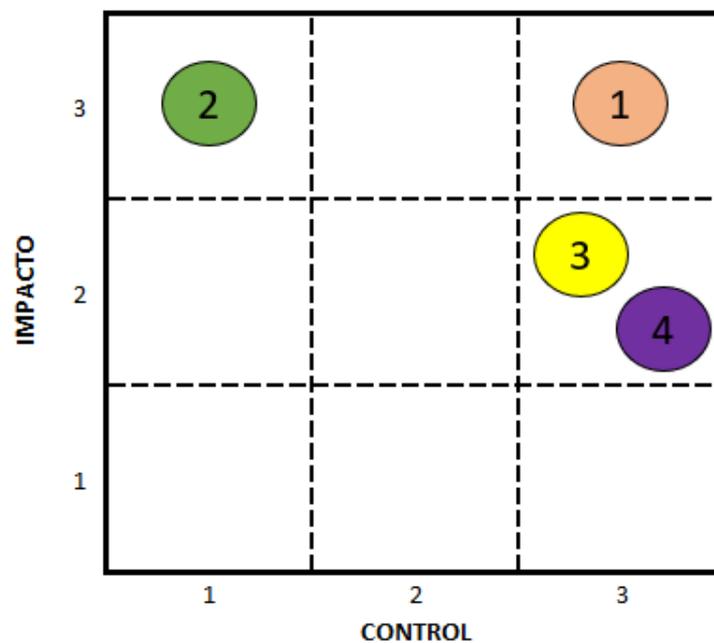


Figura 2.39 Matriz Impacto vs. Control Capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Como se observa en la figura 2.39, la causa seleccionada que es de bajo control y alto impacto para el cabezal capacity es:

- Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga

La matriz para las ponderaciones de las causas para cada equipo se las muestra en las tablas 2.12, 2.13 y 2.14.

Las causas que tuvieron mayor impacto y menor control son llamadas causas priorizadas, y para este proyecto se obtuvieron las siguientes:

1. Baja utilización de la grúa reach stacker
2. Baja utilización de la grúa RTG
3. Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga

2.2.3 Verificación de Causas

Una vez encontradas las causas priorizadas, se procedió a elaborar un plan de verificación de causas.

Tabla 2.15 Plan de Verificación de causas

Causas Priorizadas	Teoría sobre el Impacto	Método de Verificación	Estado
Baja utilización de la grúa reach stacker	Al no usar la grúa reach stacker, no se retiran contenedores para ser transportados al buque en la operación de carga; esto provocaría que baje su productividad.	Diferencia de medias	Completo
Baja utilización de la grúa RTG	Al no usar la grúa RTG, no se retiran contenedores para ser transportados al buque en la operación de carga; esto provocaría que baje su productividad.	Diferencia de medias	Completo
Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga	Los tiempos entre arribos de los cabezales capacity al bloque de contenedores son altos, esto haría que su productividad baje	Diferencia de medias	Completo

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

2.2.3.1 Verificación de: Baja utilización de la grúa reach stacker

Se realizó una prueba de normalidad de los datos de utilización de las 5 máquinas reach stacker que posee el Puerto (Kone1, Kone2, Kone3, Kone4 y Kone5) para mover los contenedores.

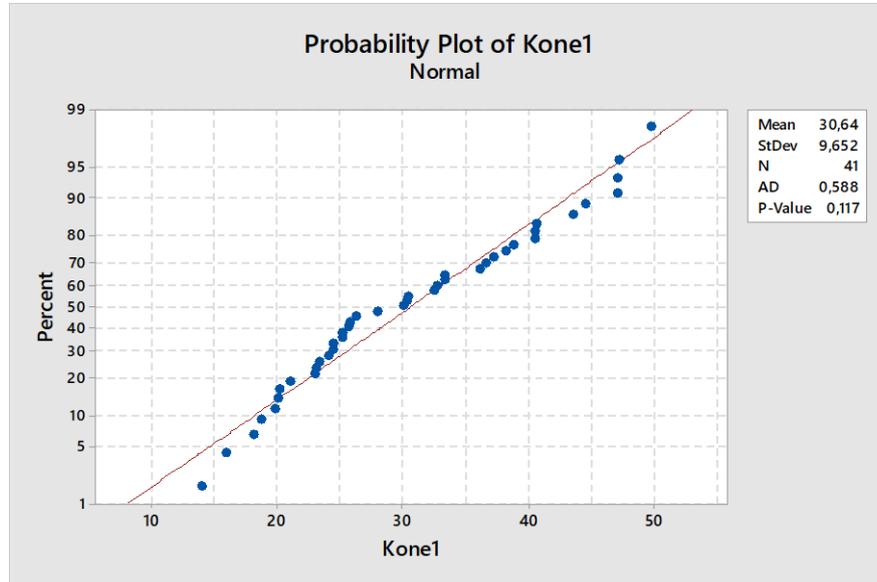


Figura 2.40 Prueba de Normalidad de Kone1
Datos del Puerto

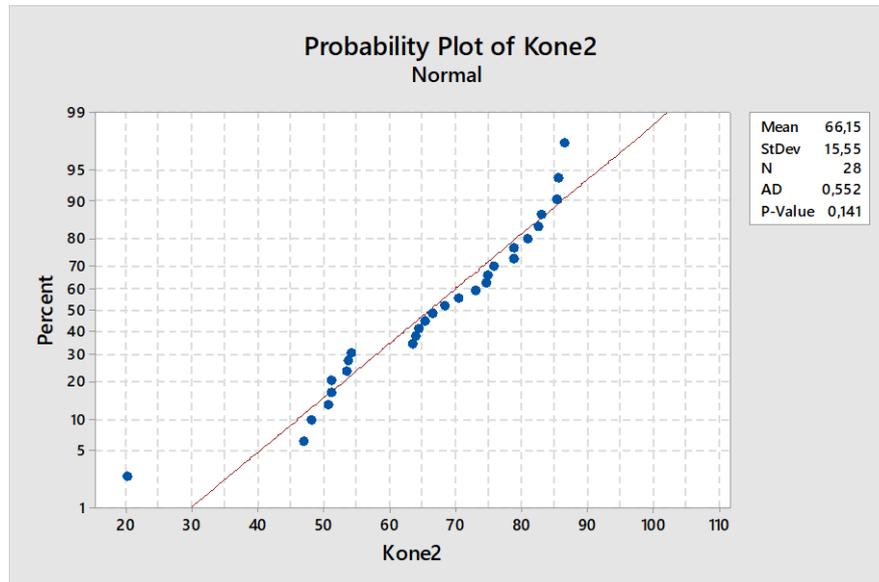


Figura 2.41 Prueba de Normalidad de Kone2
Datos del Puerto

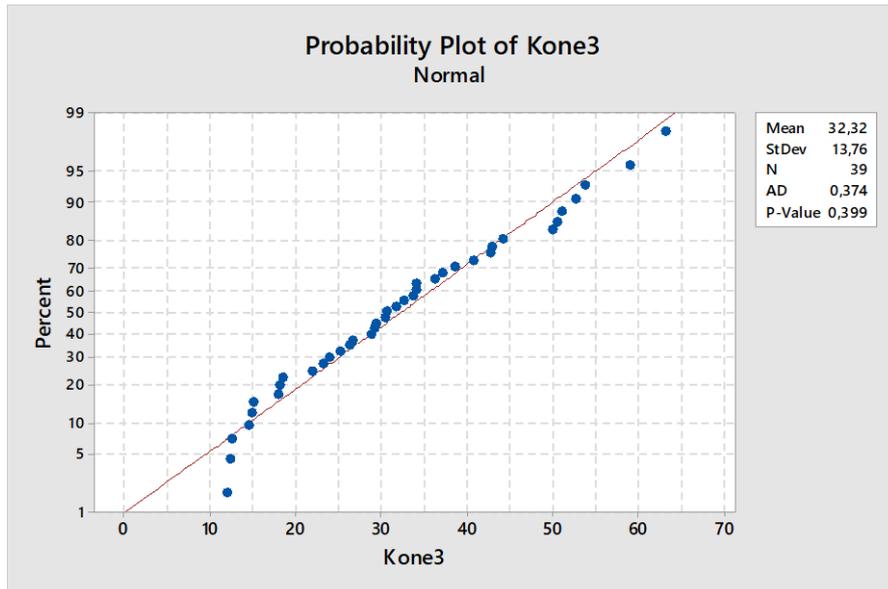


Figura 2.42 Prueba de Normalidad de Kone3
Datos del Puerto

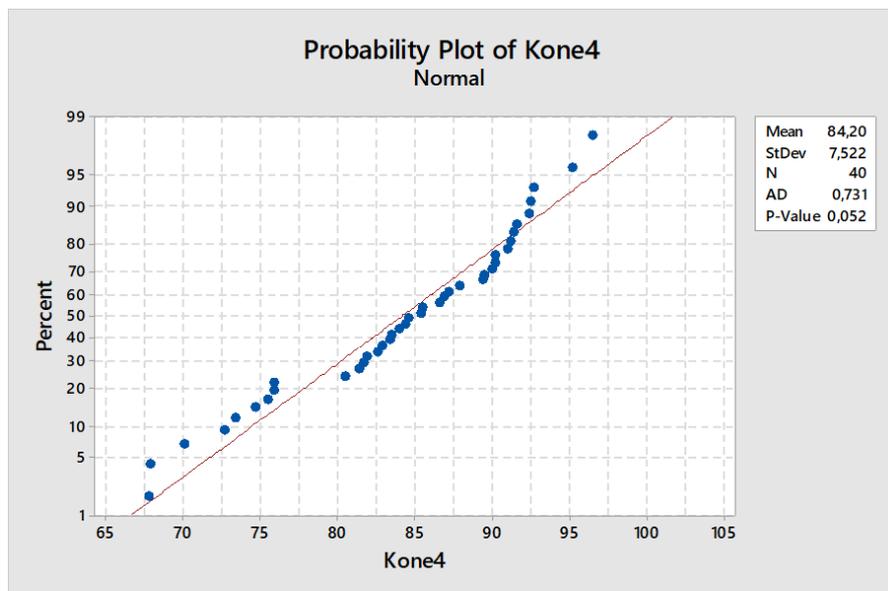


Figura 2.43 Prueba de Normalidad de Kone4
Datos del Puerto

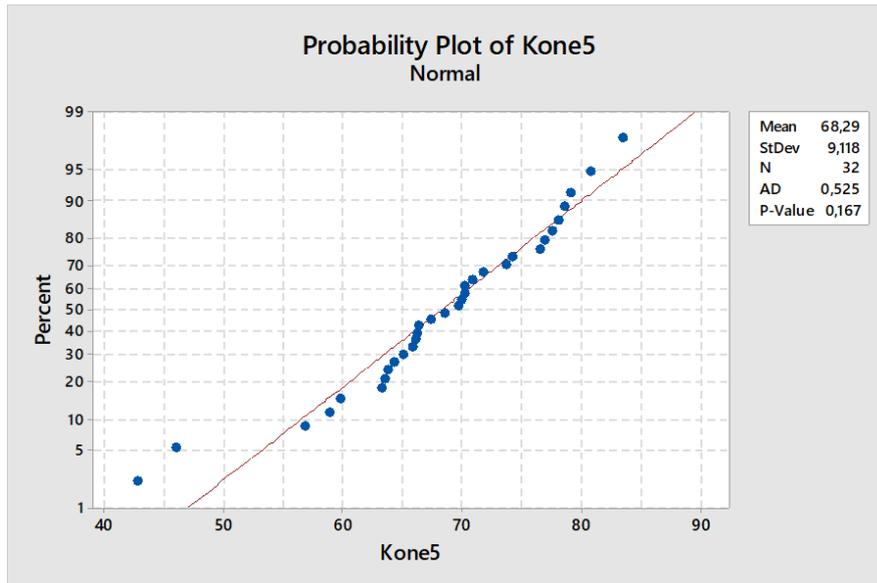


Figura 2.44 Prueba de Normalidad de Kone5
Datos del Puerto

De las figuras anteriores, con un intervalo de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5% se concluyó que los datos de las 5 grúas siguen una distribución normal, debido a que p-value es mayor a 0.05. Luego, se realiza una prueba ANOVA para verificar si la media de las utilizaciones es igual.

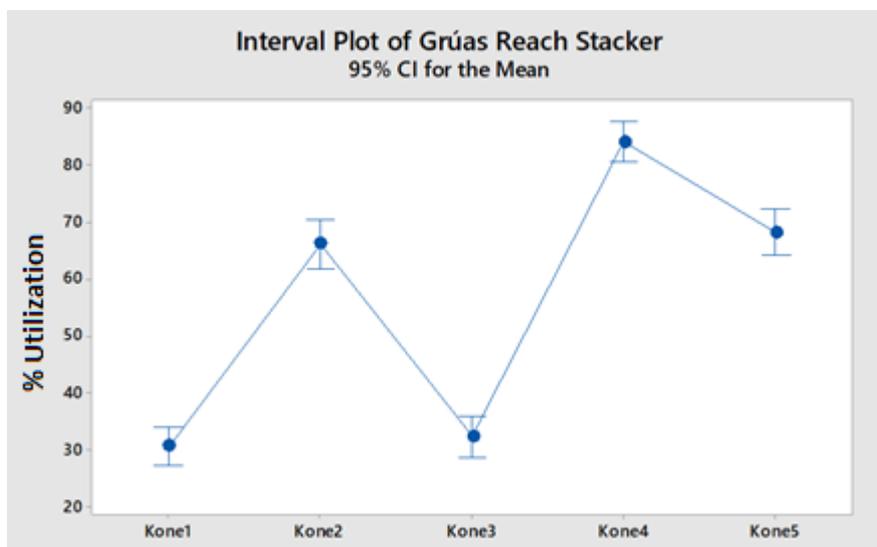


Figura 2.45 Gráfico de Diferencia de Medias de Grúas Reach Stacker
Elaboración Propia
Diego Anilema – Adriana Villavicencio

One-way ANOVA: Kone1; Kone2; Kone3; Kone4; Kone5

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Kone1; Kone2; Kone3; Kone4; Kone5

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	4	87641	21910,2	172,42	0,000
Error	175	22238	127,1		
Total	179	109879			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
11,2727	79,76%	79,30%	78,53%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Kone1	41	30,64	9,65	(27,16; 34,11)
Kone2	28	66,15	15,55	(61,94; 70,35)
Kone3	39	32,32	13,76	(28,75; 35,88)
Kone4	40	84,20	7,52	(80,69; 87,72)
Kone5	32	68,29	9,12	(64,36; 72,22)

Pooled StDev = 11,2727

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Kone4	40	84,20	A
Kone5	32	68,29	B
Kone2	28	66,15	B
Kone3	39	32,32	C
Kone1	41	30,64	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 2.46 Resultados de Prueba ANOVA

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En la figura 2.45 y 2.46, con un intervalo de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%; se concluyó que los datos de las 5 grúas no tienen igual media de utilización. La grúa con mayor utilización promedio es la Kone4 (84,20 %) y las restantes tienen una utilización menor a esta; por lo tanto, las grúas Kone1, Kone2, Kone3 y Kone5 tienen una baja utilización comparadas con la Kone4.

2.2.3.2 Verificación de: Baja utilización de la grúa RTG

Se realizó una prueba de normalidad de los datos de utilización de las 2 máquinas RTG que posee el Puerto (Pamela y Bobby) para mover los contenedores.

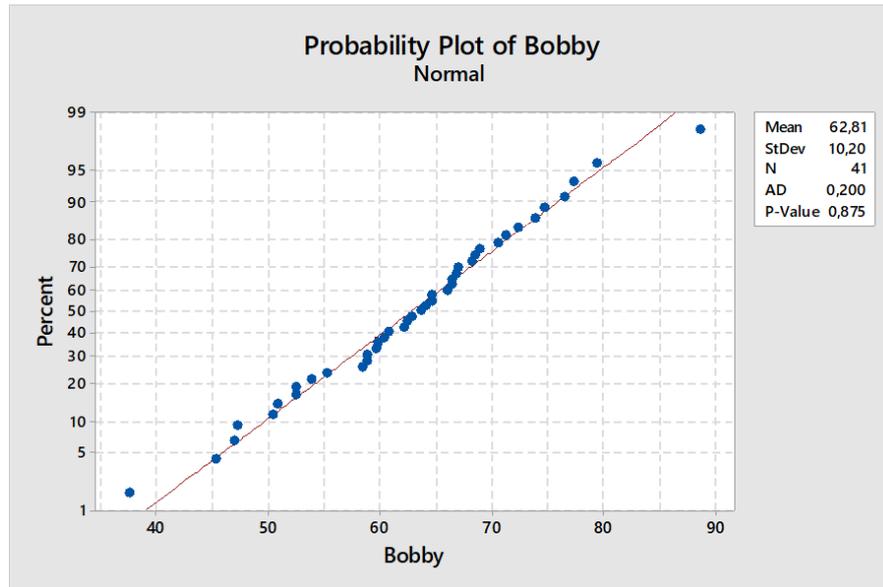


Figura 2.47 Prueba de Normalidad de la RTG Bobby
Datos del Puerto

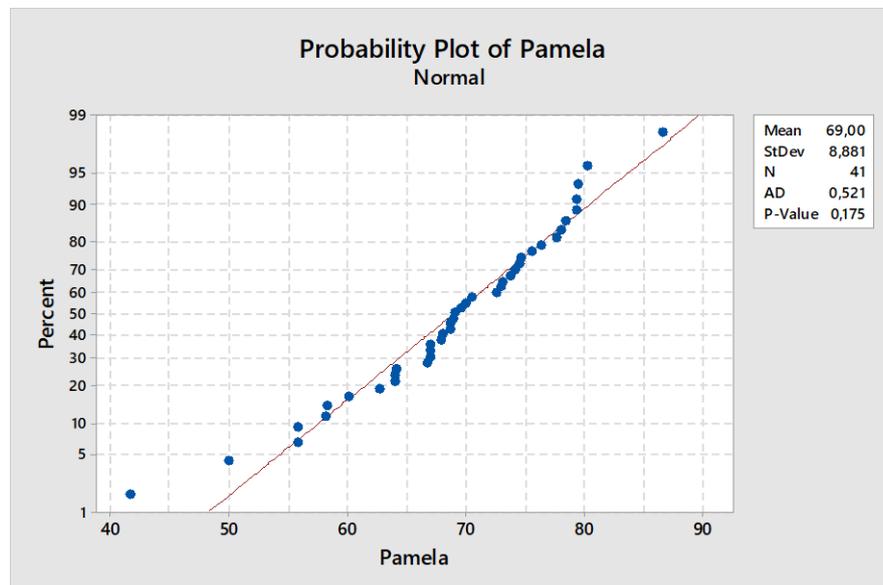


Figura 2.48 Prueba de Normalidad de la RTG Pamela
Datos del Puerto

De las figuras anteriores, con un intervalo de confianza del 95% y un nivel de significancia de 5% se concluyó que los datos de las 2 grúas siguen una distribución normal, debido a que p-value es mayor a 0.05. Luego, se realiza una prueba T-student para verificar si las medias de las utilizaciones son iguales.

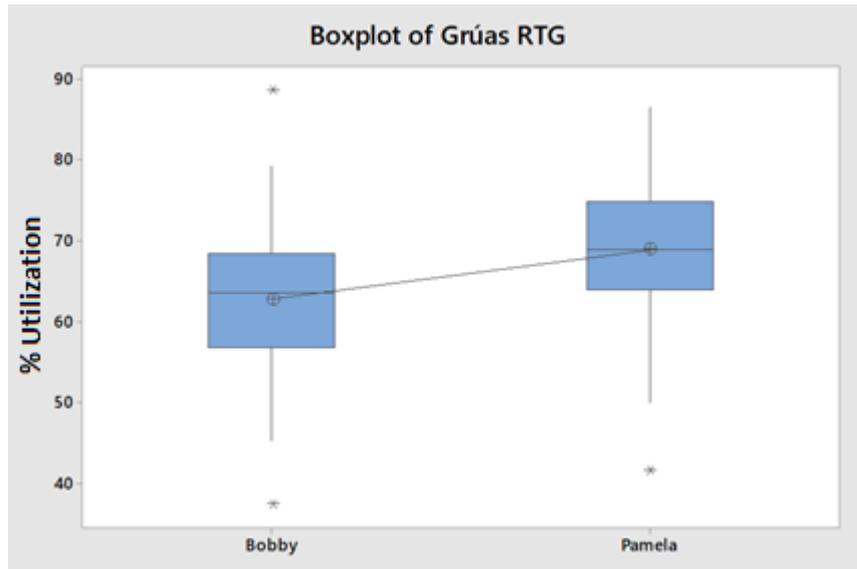


Figura 2.49 Gráfico de Diferencia de Medias de Grúas RTG
Elaboración Propia
Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Two-Sample T-Test and CI: Bobby; Pamela

Method

μ_1 : mean of Bobby
 μ_2 : mean of Pamela
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
-6,19	(-10,40; -1,99)

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Bobby	41	62,8	10,2	1,6
Pamela	41	69,00	8,88	1,4

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
T-Value	DF	P-Value
-2,93	78	0,004

Figura 2.50 Resultados de Prueba T-student
Elaboración Propia
Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En las figuras 2.49 y 2.50, con un intervalo de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%; se concluyó que los datos de las 2 grúas no tienen igual media de utilización. La grúa con mayor utilización promedio es la RTG Pamela (69%); pero, como realizan la misma actividad de la Reach Stacker la cual es colocar el contenedor en el bloque, comparadas con la Kone4 tienen una baja Utilización promedio.

2.2.3.3 Verificación de: Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga

Se realizó una toma de tiempos de 73 observaciones de los tiempos entre arribos de los cabezales Capacity durante la carga a buque mostradas en la figura 2.51; las cuales, se reporta como máximo valor 6.43 minutos y como mínimo 0.08. Esto quiere, decir que su proceso es altamente variable y se refleja a que la media de los datos (1.40 minutos) es aproximadamente igual a su desviación estándar (1.16 minutos).

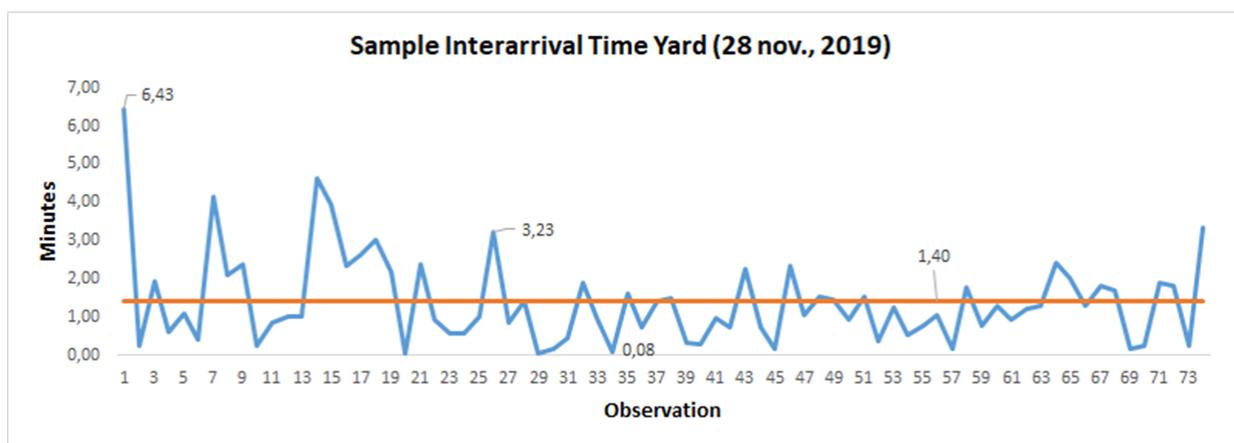


Figura 2.51 Datos muestrales de tiempo entre arribos de cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Debido a que el análisis anterior se lo concluyó a partir de una muestra de 73 observaciones, se realiza una diferencia de medias para verificar si los datos de tiempos entre arribos muestrales siguen el mismo comportamiento que los históricos.

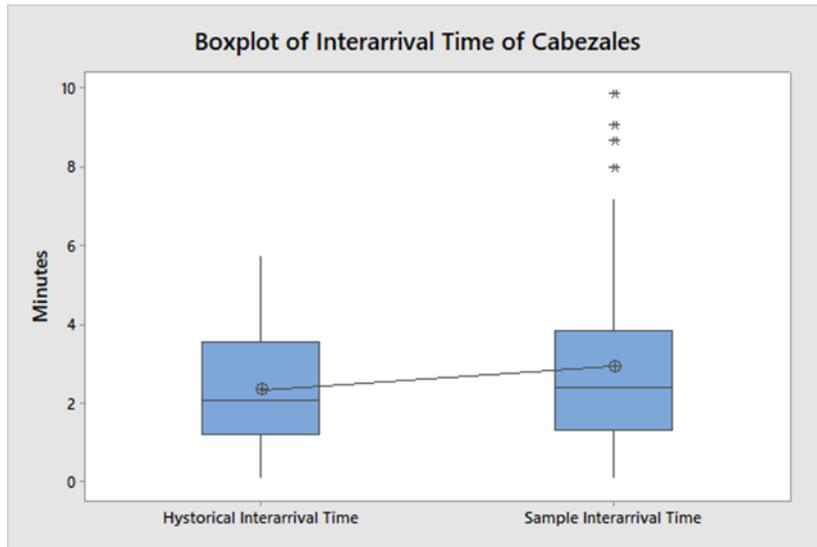


Figura 2.52 Gráfico de diferencia de medias para los tiempos entre arribos históricos y muestrales del cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Historical Interarrival Time	65	2,33	1,45	0,18
Sample Interarrival Time	73	2,93	2,23	0,26

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
-0,599	(-1,227; 0,029)

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
T-Value	DF	P-Value
-1,89	124	0,061

Figura 2.53 Prueba de diferencia de medias para los tiempos entre arribos históricos y muestrales del cabezal capacity

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En las figuras 2.52 y 2.53, con un intervalo de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%; se concluyó que los datos de la media muestral e histórica tienen igual media de tiempos entre arribos. Por lo tanto, los datos son confiables. Se observa que en la figura 2.51, sí existen altos tiempos entre arribos de los cabezales como lo son la observación 1 (con 6.43 min) y la observación 14 (con 4,50 min), las cuales son mayores a la media (1.40 min).

2.2.4 Determinación de causas raíz

Una vez verificadas las causas priorizadas que afectan a la baja productividad de las grúas reach stacker, RTG y cabezales capacity; se utilizó la herramienta de los cinco por qué para hallar las causas raíz.

2.2.4.1 Cinco por qué de la causa: baja utilización de la grúa reach stacker durante la carga de contenedores al buque

Las causas raíz encontradas de la baja utilización de la grúa reach stacker se las muestra en la tabla 2.16:

Tabla 2.16 Cinco por qué de la causa: baja productividad de la grúa reach stacker

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4
¿Por qué hay una baja utilización de la Grúa Reach Stacker?	Si	¿Por qué el Cabezal capacity demora en ir al área de despacho de contenedores en donde la grúa es usada para colocar el contenedor del bloque de apilamiento sobre el chasis?	Si	¿Por qué existe congestión vehicular en la vía principal del Patio de Contenedores?	Si	¿Por qué hay mucho tráfico en la vía principal?
Porque el Cabezal capacity demora en ir al área de despacho de contenedores en donde la grúa es usada para colocar el contenedor del bloque de apilamiento sobre el chasis		Porque existe congestión vehicular en la vía principal del Patio de Contenedores		Porque hay mucho tráfico en la vía principal		Porque es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que la grúa no es usada en ese periodo de tiempo afectando a su productividad
Porque deja de atender el proceso de carga al buque	Si	¿Por qué deja de atender el proceso de carga al buque ?	Si	¿Por qué son requeridas para atender otras actividades?		
		Porque son requeridas para atender otras actividades		Porque las actividades de carga al buque, despacho a garita, procesos internos y recepción de contenedores se realizan el mismo día		

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la tabla 2.16, se obtiene que las causas raíz encontradas para la reach stacker son:

1. Porque es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que la grúa no es usada en ese periodo de tiempo afectando a la productividad de la reach stacker.
2. Porque las actividades de despacho a garita, procesos internos y recepción de contenedores se realizan el mismo día de la carga al buque afectando a la productividad de la reach stacker.

2.2.4.2 Cinco por qué de la causa: baja utilización de la grúa RTG durante la carga de contenedores al buque

Las causas raíz encontradas para la baja utilización de la grúa RTG, se las muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2.17 Cinco Por qué de la causa: Baja productividad de la grúa RTG

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4
¿Por qué hay una baja utilización de la grúa RTG?	Sí	¿Por qué la usan como soporte de la grúa Reach Stacker?	Sí	¿Por qué los contenedores no son fáciles de tomar en el bloque por la Reach Stacker?	Sí	¿Por qué el contenedor requerido está en el interior del bloque de almacenamiento?
Porque la usan como soporte de la grúa Reach Stacker		Porque los contenedores no son fáciles de tomar en el bloque por la Reach Stacker		Porque el contenedor requerido está en el interior del bloque de almacenamiento		Porque los contenedores en el bloque de almacenamiento no están ordenados por orden de carga al buque

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la tabla 2.17, se obtiene que la causa raíz encontrada para la RTG es:

3. Porque los contenedores en el bloque de almacenamiento no están ordenados por orden de carga al buque afectando a la productividad de la RTG.

2.2.4.3 Cinco Por qué de la causa: Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga

Las causas raíz encontradas para la baja utilización de los cabezales, se muestran en la tabla 2.18.

Tabla 2.18 Cinco por qué de la causa: altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3
¿Por qué hay altos tiempos entre arribos de los Cabezales al patio durante la carga al buque?	Sí	¿Por qué existe congestión vehicular en la vía principal del Patio de Contenedores?	Sí	¿Por qué hay mucho tráfico en la vía principal?
Porque hay congestión vehicular en la vía principal del patio de contenedores		Porque hay mucho tráfico en la vía principal		Porque es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que el cabezal tarda en llegar hasta la zona de almacenamiento afectando su productividad

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la tabla 2.18, se obtiene que la causa raíz encontrada para los cabezales capacity es:

4. Porque transitan por una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que el cabezal tarda en llegar hasta la zona de almacenamiento afectando a su productividad.

Cabe mencionar que la causa raíz 4 guarda similitud con la causa raíz 1, porque de ocurrir una demora en despachar un contenedor al Buque afecta la productividad de la reach stacker y del cabezal capacity; y, se procedió a verificar estas causas raíz encontradas.

2.2.5 Verificación de Causas Raíz

2.2.5.1 Verificación de: Porque es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que la grúa reach stacker no es usada en ese periodo de tiempo y el cabezal tarda en llegar hasta la zona de almacenamiento afectando sus productividades.

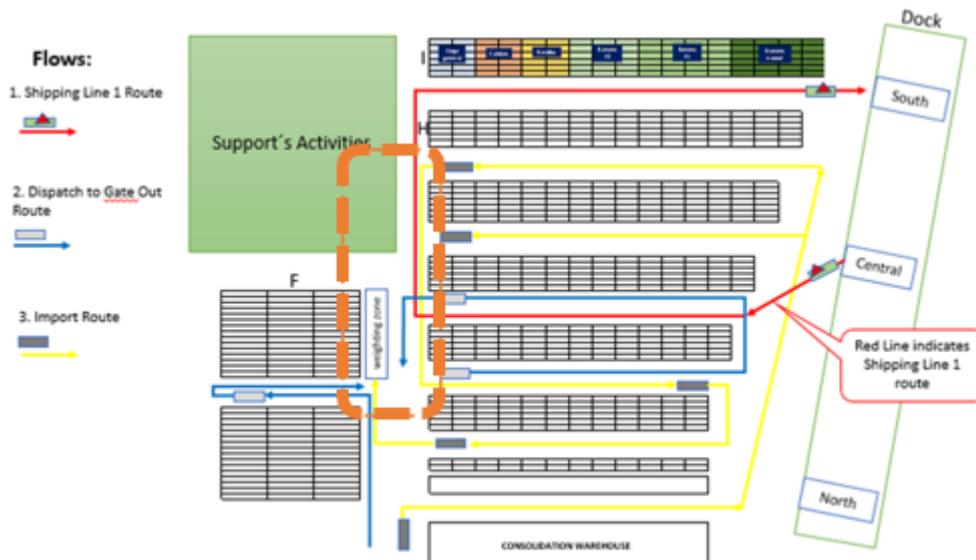


Figura 2.54 Lay Out del Patio de Contenedores

Datos del Puerto

Para verificar la causa raíz 1, se observa el layout del patio (mostrado en la figura 2.54) en la cual, se muestra que la mayoría de los cabezales que ingresan al patio desde el muelle convergen en la vía frente a la zona de vacíos (zona encerrada de color naranja) para posteriormente volver hacia el muelle. En los alrededores de esa zona se realizan diferentes procesos como pesaje, seteo de contenedores, despacho de contenedores hacia garita; y, en caso de una operación con gran volumen a mover esta zona estaría congestionada de vehículos produciendo que el cabezal tarde en llegar a la zona de almacenamiento y que la grúa reach stacker espere a ser usada.

2.2.5.2 Verificación de: Porque las actividades de despacho a garita, procesos internos y recepción de contenedores se realizan el mismo día de la carga al buque afectando a la productividad de la reach stacker.

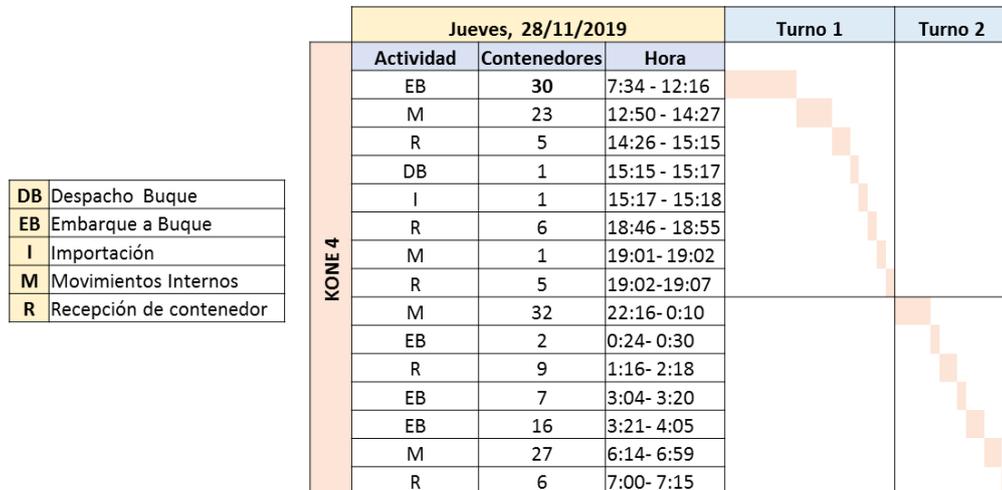


Figura 2.55 Actividades de la grúa reach stacker Kone4 durante la Carga (Embarque) de contenedores al buque
Datos del Puerto

Para verificar esta causa raíz 2 (figura 2.55), se revisó en los registros del puerto las actividades de la grúa Kone 4 durante la carga de contenedores al buque; verificando mediante un diagrama de Gantt que la grúa sí realiza otros procesos además de solo atender la carga al Buque, y provoca que la productividad de la grúa reach stacker en la carga de contenedores para la Línea Naviera 1 (Despacho Buque) baje.

2.2.5.3 Verificación de: Porque los contenedores en el bloque de almacenamiento no están ordenados por orden de carga al buque

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Service Time	6	1,431	0,333	0,14
Service and searching Time	3	4,211	0,723	0,42

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
-2,781	(-4,670; -0,892)

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
T-Value	DF	P-Value
-6,33	2	0,024

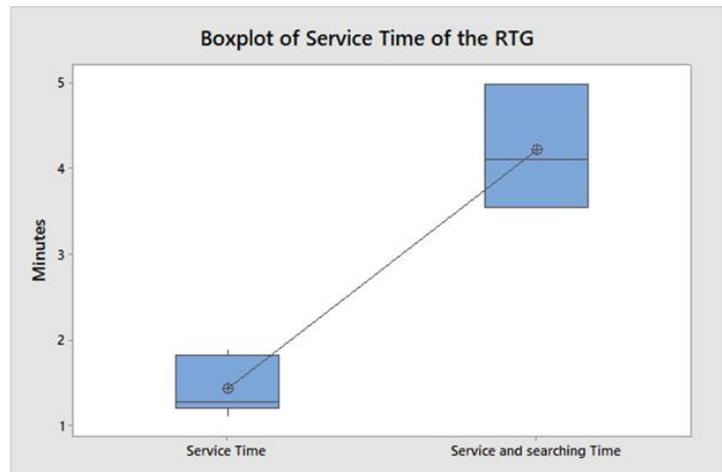


Figura 2.56 Diferencia de medias entre tiempo de servicio de la RTG sin trasteo y con trasteo

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Para verificar la causa raíz 3, se realiza una diferencia de medias entre los datos de tiempo de servicio con trasteo (búsqueda de un contenedor en el interior de un bloque de almacenamiento) o sin trasteo, los cuales son mostrados en la figura 2.56. Se concluye que existe diferencia estadística significativa (p-value de 0,024 es menor a 0,05). De manera que el tiempo de servicio al realizar trasteo en el bloque de contenedores es mayor que cuando no se realiza trasteo y el contenedor es colocado directamente sobre el chasis del cabezal. Esto demuestra que no hay un orden de contenedores para la carga al buque, provocando que la productividad de la grúa RTG disminuya.

2.3 Mejora

Una vez identificadas las causas raíz, se realizó una lluvia de ideas para encontrar posibles soluciones que mejoren el proceso actual. Esta lluvia de ideas se la realizó con ayuda de ocho personas (ver tabla 2.19) involucradas en el proceso de carga de contenedores al buque de la línea naviera 1, y se desarrolló un plan de implementación para cada una de las soluciones priorizadas.

Tabla 2.19 Personal del Puerto que aportaron con lluvia de ideas para las soluciones

Ocupación	Cantidad
Operadores de equipos portuarios	2
Coordinador de patio	3
Superintendente de operaciones de patio	1
Líder PCT	1
TOTAL	7

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

2.3.1 Propuesta de mejora

Las propuestas de mejora relacionadas a cada causa raíz se las muestra en la tabla 2.20:

Tabla 2.20 Propuestas de solución

Problema Enfocado	Causa Raíz	#	Solución
Baja productividad de la grúa reach stacker durante las operaciones de carga de contenedores al Buque	Es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que la grúa no es usada en ese periodo de tiempo afectando a la productividad de la reach stacker.	1	Asignar un área fija de trabajo para la reach stacker
	Las actividades de despacho a garita, procesos internos y recepción de contenedores se realizan el mismo día de la carga al buque afectando a la productividad de la reach stacker.	2	Planificación para el arribo de los contenedores que ingresan por garita
Baja productividad de la grúa RTG durante las operaciones de carga de contenedores al Buque	Los contenedores en el bloque de almacenamiento no están ordenados por orden de carga al buque afectando a la productividad de la RTG.	3	Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macro-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque.
		2	Planificación para el arribo de los contenedores que ingresan por garita
Baja productividad del cabezal capacity durante las operaciones de carga de contenedores al Buque	Porque es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que el cabezal tarda en llegar hasta la zona de almacenamiento afectando a su productividad.	4	Implementar señalética de tránsito vial en el patio del Puerto
		5	Capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio
		6	Cambiar Localización de la zona de pesaje
		7	Optimizar la cantidad de movimientos de la grúa de muelle

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

2.3.2 Priorización de soluciones

La priorización de soluciones se la realizó con la participación de las siguientes personas:

- 2 coordinadores de patio
- 1 Superintendente de operaciones
- 2 líderes de proyecto

Luego, se las coloca en la matriz impacto – esfuerzo, se asignaron ponderaciones del 1 al 3 bajo la consideración de: si son de bajo impacto se asigna el valor de 1, impacto medio se asigna 2, y si son alto impacto asignar valor 3 (el impacto lo evalúa el personal del puerto); y así mismo, si su nivel de esfuerzo es bajo se asigna el valor de 1, nivel medio se asigna 2, y si tiene alto esfuerzo en la implementación se asigna el valor de 3 (esto lo evaluamos en conjunto con el personal del Puerto). Cabe recalcar que se trabajó con la moda de las calificaciones obtenidas por las personas que participaron en la priorización de las soluciones y son presentadas en la tabla 2.21.

Tabla 2.21 Matriz Impacto-esfuerzo

# Sol.	IMPACTO VS. ESFUERZO MATRIZ	ESFUERZO	IMPACTO
		X	Y
1	Asignar un área fija de trabajo para la reach stacker	2	1
2	Planificación para el arribo de los contenedores que ingresan por garita	3	3
3	Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque.	1	3
4	Implementar señalética de tránsito vial en el patio del Puerto	2	2
5	Capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio	1	3
6	Cambiar Localización de la zona de pesaje	3	1
7	Optimizar la cantidad de movimientos de la grúa de muelle	3	2

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

2.3.3 Matriz Impacto-Control

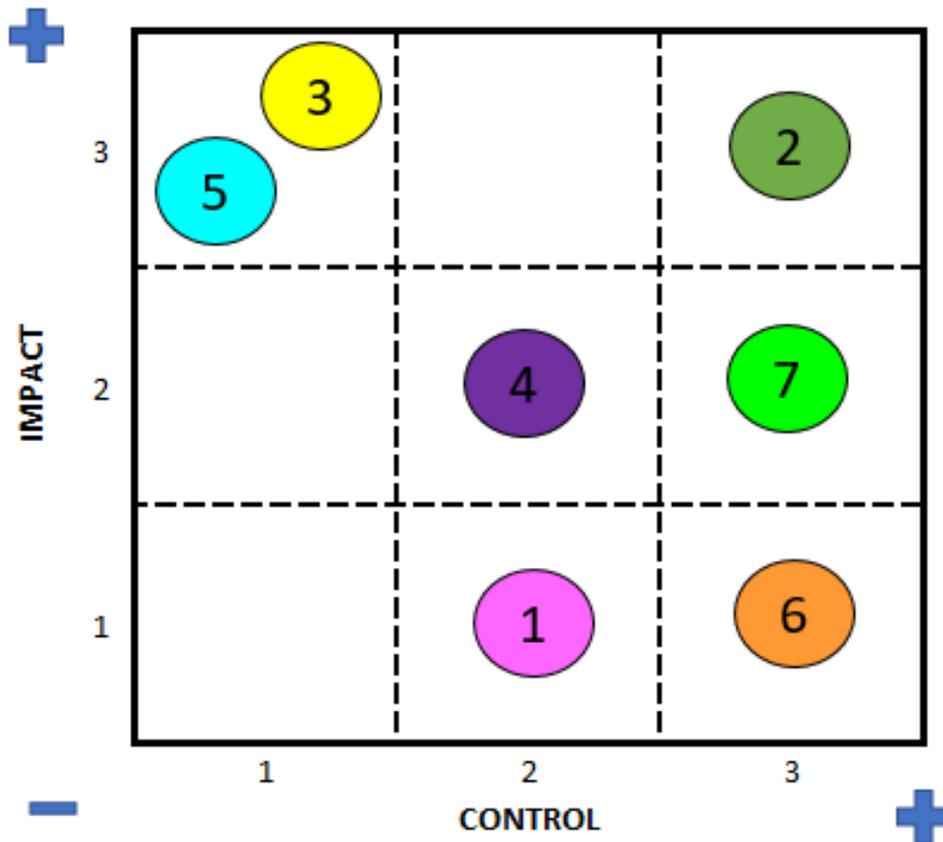


Figura 2.57 Matriz impacto – esfuerzo de propuestas de mejora

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

De la figura 2.57, se tiene que las soluciones a desarrollar son:

1. Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque.
2. Capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio.

2.3.4 Plan de implementación

Este plan de implementación mostrado en la tabla 2.22, permite programar las actividades que se van a realizar y mantener un orden para poder cumplir con las propuestas de solución seleccionadas en la matriz impacto-esfuerzo.

Tabla 2.22 Plan de implementación de soluciones

Causa raíz	Qué	Por qué	Cómo	Dónde	Quién	Cuánto	Cuándo	Estado
Porque es una vía en donde casi todas las operaciones del patio se interceptan, así que la grúa no es usada en ese periodo de tiempo afectando a la productividad de la reach stacker y del cabezal capacity.	Capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio del Puerto	Asegura de que no se genere congestión vehicular y que el cabezal capacity no demore en regresar a la zona de almacenamiento durante las operaciones de carga	Simulación	Patio de contenedores del Puerto	Diego y Adriana	\$ 734,27 anuales	02/01/2020	En marcha
Porque los contenedores en el bloque de almacenamiento no están ordenados por orden de carga al buque afectando a la productividad de la RTG.	Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque	Reduce el tiempo de servicio de la RTG	Simulación, Programa en excel	Patio de contenedores del Puerto	Diego y Adriana	\$ 0.00	02/01/2020	En marcha

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

En las dos soluciones presentadas se contó con la participación de los Coordinadores del patio de contenedores y el Superintendente de operaciones del patio. A continuación, en la tabla 2.23 se muestra un diagrama de Gantt con la planificación para la implementación.

Tabla 2.23 Diagrama de Gantt de Implementación de soluciones

Calenario de Implementación de soluciones					2019				2020											
ID	NOMBRE DE LA TAREA	DURACIÓN (horas)	INICIO	FIN	semama 52				semama 1				semama 2				semama 3			
1	Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque	45	23/12/2019	24/1/2020																
2	Recolección de datos	8	23/12/2019	28/12/2019																
3	Programación en Macros de Excel	10	29/12/2019	4/1/2020																
4	Simulación	20	5/1/2020	11/1/2020																
5	Reunión con los Coordinadores de patio	5	12/1/2020	18/1/2020																
6	Capacitación del nuevo almacenamiento de contenedores	2	19/1/2020	24/1/2020																
7	Capacitación para conductores internos y externos sobre la circulación en el patio del Puerto	20	23/12/2019	20/1/2020																
12	Desarrollo del prototipo de señalización para la entrada de los cabezales por garita	5	23/12/2019	26/12/2019																
13	Presentación de regulación vial del patio de contenedores	8	27/12/2019	5/1/2020																
14	Capacitación para operadores de cabezales y carreros	2	8/1/2020	16/1/2020																
15	Simulación	5	17/1/2020	20/1/2020																

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

2.4 Implementación

A continuación, se detalla la implementación de las soluciones.

2.4.1 Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque

Para esta mejora se elaboró un programa en Macros-Excel, el cual muestra cómo ubicar los contenedores tipo DV con prioridad a la carga de contenedores al buque para la línea naviera 1 en su zona de almacenamiento (ver figura 2.58).

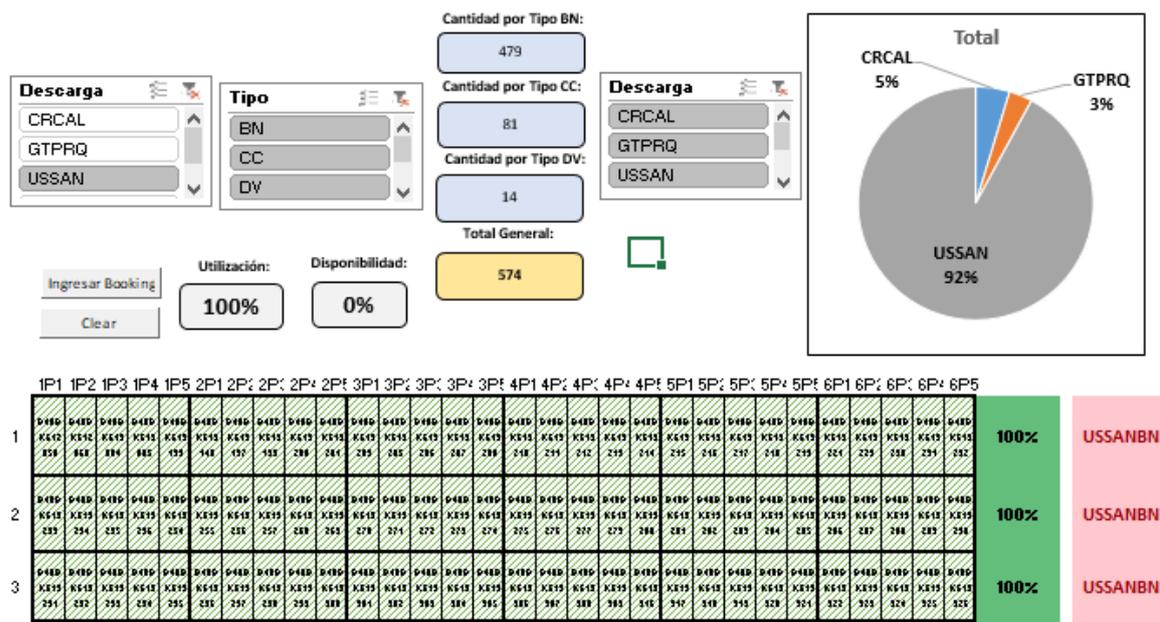


Figura 2.58 Programa de Almacenamiento de contenedores

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

El programa funciona copiando una hoja de datos de la planificación de arribos de contenedores para la Línea Naviera 1, el cual se lo recibe cada día jueves. Este programa clasifica los contenedores por puerto de destino (siendo el último Puerto de destino el que tiene la mayor prioridad de ser almacenado en la zona más cercana al muelle), por tipo de contenedor (si es para carga refrigerada en contenedor estándar, carga refrigerada en contenedor high cube, o si es para carga seca), y por tipo de carga (banano normal, diversificado, carga comercial o reestibas). Además, muestra la cantidad de contenedores a cargar al Buque por Puerto de destino y, el

porcentaje de utilización y disponibilidad de la zona “1”. Se tomó en consideración que la carga comercial se debe almacenar en los bloques cercanos al muelle por motivos de seguridad. También permite una búsqueda por contenedor el cual muestra dónde están ubicados dentro del bloque de almacenamiento.

2.4.2 Capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio



Figura 2.59 Capacitación a Operadores de cabezales internos y externos

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Se realizó una capacitación a 17 operadores de cabezales tanto internos como externos (ver figura 2.59), con el propósito de transmitir información sobre el establecimiento de una línea de espera para cabezales que ingresan desde garita a realizar diferentes actividades como dejar contenedores vacíos, llenos, ó, retiros de contenedores llenos o vacíos (figura 2.60). Esta solución se la basó en el principio de la propagación de variabilidad para una estación con alta utilización; la cual manifiesta que, si se reduce la variabilidad con la cual transitan los cabezales que no están en operación de carga al Buque en la vía principal, se reduce la variabilidad en el flujo de la vía. (Hopp & Spearman, 2001)

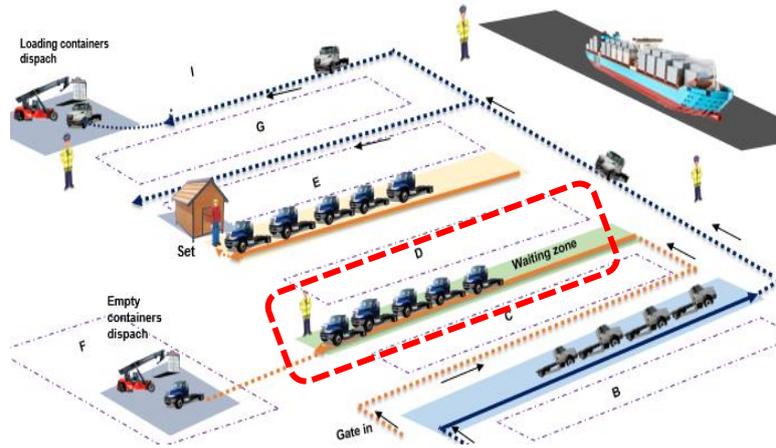


Figura 2.60 Zona de espera para cabezales

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

2.5 Plan de control

Para mantener la mejora en el tiempo, se realizó un plan de control sobre las soluciones implementadas, dicho plan es mostrado en la tabla 2.24.

Tabla 2.24 Plan de control

#	Solución	Qué voy a revisar	Por qué lo voy a revisar	Cuántas veces lo voy a revisar	Cuándo lo voy a revisar	Quién lo va a Revisar	Cómo lo voy a revisar	Estado
1	Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque	Que los contenedores de la Línea Naviera 1 estén en orden de prioridad de carga al Buque	Reduce el tiempo de tomar un contenedor del bloque de almacenamiento y colocarlo sobre el cabezal capacity	Cada Jueves	Al obtener la guía de contenedores a ser cargados al Buque	Coordinador de patio	Control visual para identificar los contenedores de la Línea Naviera 1	Prototipado
2	Capacitación a choferes internos y externos para establecer zonas de espera en el Patio	Que los conductores de los cabezales internos y externos den prioridad a los cabezales capacity que estén en la operación de carga al Buque	Para asegurarse de que no exista tráfico vehicular	Cada Jueves	En las operaciones de carga al Buque	Guía de Tránsito	Control visual usando el tamaño promedio de cola	Prototipado

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Simulación

Para la solución 1: Por medio del software FlexSim mostrado en la figura 3.1, se obtuvo los resultados de la productividad del patio de contenedores, y la productividad de los equipos portuarios como: grúa reach stacker, grúa RTG y cabezal capacity al implementar las soluciones propuestas. Por lo que, se utilizó el tiempo promedio de servicio de las grúas y del cabezal en la situación actual, y el tiempo entre arribos a la zona de almacenamiento del cabezal que fueron calculados en la etapa de medición con los datos proporcionados por el Puerto. Por medio del programa de Macros-Excel, los contenedores fueron almacenados en la zona asignada para la línea naviera 1 y, al establecer una línea de espera se dio prioridad a los contenedores que forman parte de la actividad de carga al buque para la línea naviera 1, y se calculó el tamaño de cola promedio.



Figura 3.1 Simulación mejorada

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Los resultados obtenidos de la simulación son los siguientes:

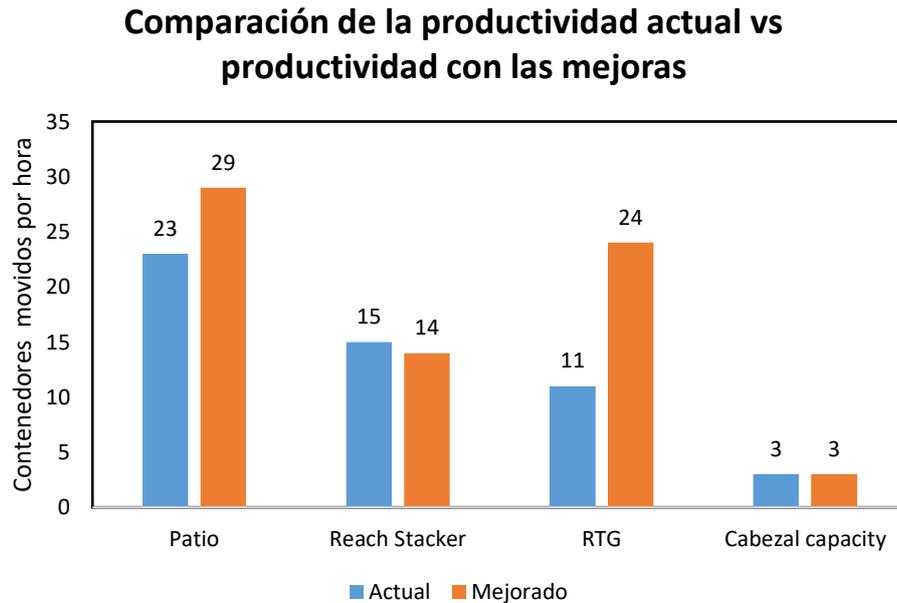


Figura 3.2 Comparación de productividad actual vs productividad con las mejoras

Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio

Para la solución 2: Por medio del software FlexSim, se calculó el tamaño promedio de la cola siendo esta de aproximadamente 8 contenedores movidos por hora y el tiempo estimado de espera en cola es de 16.31 minutos.

Con las mejoras implementadas, la productividad promedio del patio de contenedores se incrementó de 23 a 29 contenedores movidos por hora, es decir subió 26%. La productividad de la grúa reach stacker disminuyó de 15 a 14 contenedores movidos por hora, es decir bajó 7%; esto se debe a que en la simulación se da prioridad a la grúa RTG para el traslado en la zona “I” tan pronto como termine de colocar los contenedores del bloque que le fue asignado. La grúa reach stacker al terminar con su bloque de contenedores tiene que suspender el flujo continuo sus actividades y trasladarse al bloque más cercano para seguir despachando.

La productividad de la grúa RTG incrementó de 11 a 24 contenedores movidos por hora, es decir subió 118%; esto se debe a que se dio continuidad a su despacho. Mientras que la productividad para el cabezal capacity se mantuvo en 3 contenedores movidos por hora.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante entrevistas y encuestas realizadas a las personas involucradas en la carga de contenedores al Buque, se pudo conocer las necesidades del cliente y transformarlas a una variable de respuesta, la cual fue productividad promedio del patio en la actividad de carga de contenedores al Buque.
- Del análisis de causas que afectan a la productividad de los equipos portuarios se obtuvieron las siguientes: Baja utilización de la grúa reach stacker, Baja utilización de la grúa RTG, Altos tiempos entre arribos en el patio durante la carga.
- Luego de encontrar las causas raíz, se realizaron propuestas de mejora; en la cual las personas involucradas en el proceso las priorizaron según el impacto al problema; estas propuestas son: Diseño de un Sistema de almacenamiento de contenedores en Macros-Excel con priorización en la carga de contenedores al Buque y, la Capacitación a operadores de cabezales internos y externos para establecer una zona de espera en el patio.
- Por medio de simulación se demostró el incremento en la productividad del patio de contenedores y se estableció un plan de control de las soluciones propuestas en el tiempo en caso de si son implementadas por el Terminal Portuario.
- Las capacitaciones permitieron eliminar la variabilidad en el ingreso de contenedores de importación, despacho de vacíos y depósito de contenedores llenos.
- Con las mejoras implementadas, la productividad promedio del patio de contenedores para la Línea Naviera 1 se incrementó de 23 a 29 contenedores movidos por hora, es decir subió 26% y superó su valor objetivo de 28 C. mov/h.
- La productividad de la grúa reach stacker disminuyó de 15 a 14 contenedores movidos por hora, es decir bajó 7%; esto se debe a que en la simulación se da prioridad al traslado en la zona "I" a la grúa RTG apenas termine de colocar los contenedores del bloque que le fue asignado, así que la grúa reach stacker al terminar con su bloque de contenedores tiene que suspender el flujo continuo

sus actividades y trasladarse al bloque más cercano para seguir despachando; por lo que no se alcanzó su valor objetivo de 17 C. mov/h.

- La productividad de la grúa RTG incrementó de 11 a 24 contenedores movidos por hora, es decir subió 118%; esto se debe a que se dio continuidad a su despacho y superó su valor objetivo de 12 C. mov/h. Mientras que la productividad para el cabezal capacity se mantuvo en 3 contenedores movidos por hora.
- La productividad promedio del patio de contenedores para las líneas navieras incrementó de 34 a 35 contenedores movidos por hora, es decir subió 3%; pero no superó su valor objetivo de 38 C. mov/h.
- Si se implementan las soluciones propuestas, se llegaría a invertir \$ 734.27 al año por concepto de capacitaciones en establecer zonas de espera en el patio para los cabezales que realizan otras actividades durante la carga al Buque.
- El ahorro en consumo de combustible es de \$31.878,12 al año; es decir, una reducción en los costos en consumo de combustible del 21%.
- El ahorro que se obtiene en caso de implementar las soluciones propuestas es de \$91.752,07 al año; es decir, una reducción en los costos de operación del 21%.

4.2 Recomendaciones

- Se debe conocer el funcionamiento del programa Macros-Excel, para así almacenar contenedores de forma en que los equipos portuarios sean más productivos.
- En caso de sobrepasar la cantidad de contenedores a ser almacenados, el programa los sigue categorizando por prioridad en la carga, solo que los asigna en una zona cercana a la zona "I" que cuente con tomas reefer.
- Incluir en las capacitaciones a los guías de tránsito o carreros, para que den prioridad en el flujo a los cabezales que realizan la actividad de carga de contenedores al Buque para la Línea naviera 1.
- Comprender la terminología portuaria con el propósito de que pueda existir una comunicación efectiva con el personal del Puerto.
- Asegurarse de respetar todas las medidas de seguridad personal establecidas por el Puerto.

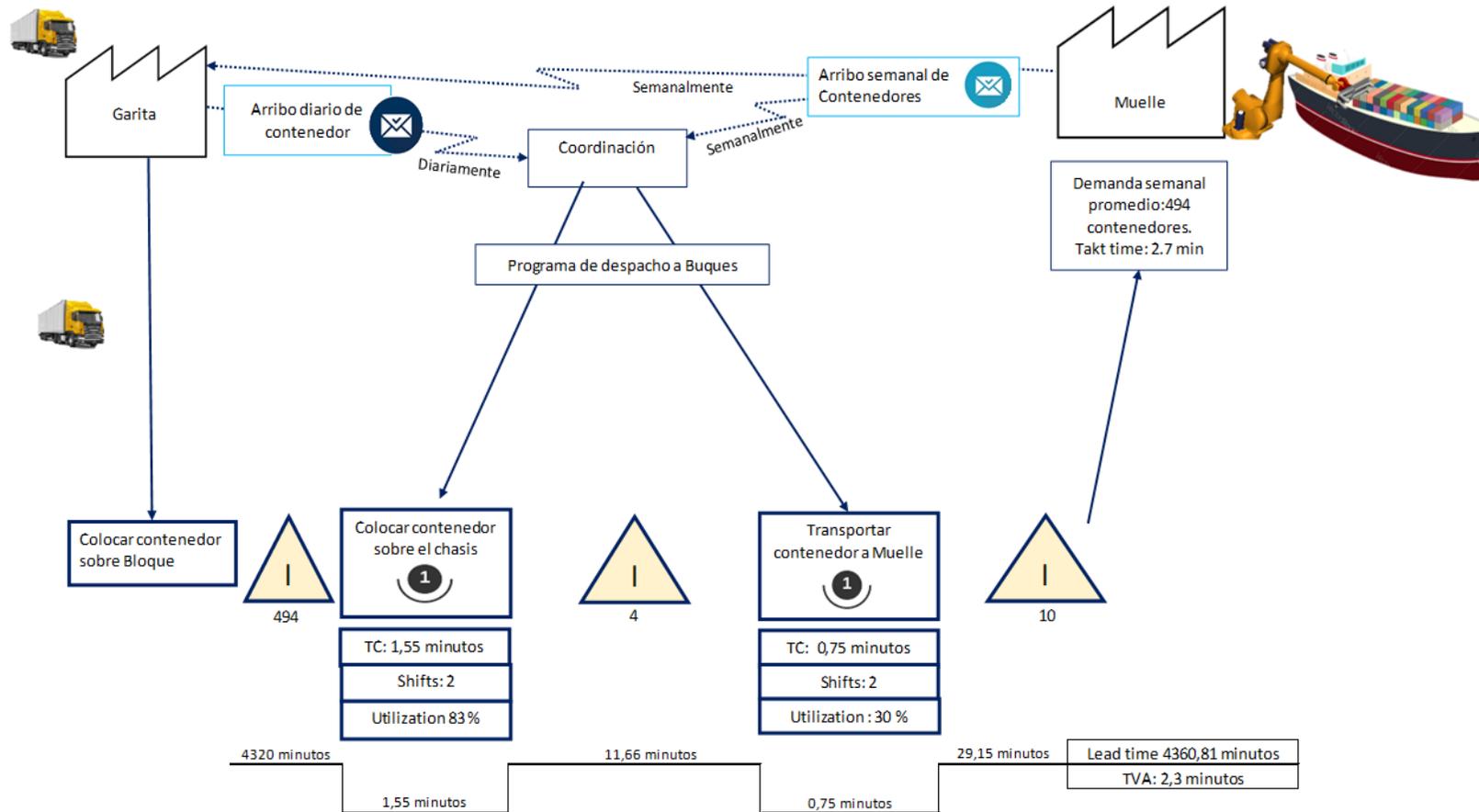
BIBLIOGRAFÍA

- Aguwa, C. C., Monplaisir, L., & Turgut, O. (2012). *Voice of the customer: Customer satisfaction ratio based analysis*. (ScienceDirect) Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.071>
- Bermúdez Meléndez , K. A. (2011). *Sistema de organización y gestión para el patio de contenedores del Puerto de Acajutla* . Obtenido de <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2011-Sistema-de-entrenamiento-en-automatizacion-electroneumatica.pdf>
- Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M. (2016). *Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio*. (ProQuest) Obtenido de <https://search.proquest.com/docview/1908414250?accountid=171402>.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. México, D. F.: McGraw-Hill.
- Haefner, B., Kraemer, A., Stauss, T., & Lanza, G. (2014). *Quality Value Stream Mapping*. (ScienceDirect) Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.093>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2001). *Factory Physics*. Boston: McGraw-Hill.
- KONECRANES. (s.f.). *REACHSTACKER, GAMA DE MODELOS*. (KONECRANES) Obtenido de http://www.adif.es/es_ES/empresas_servicios/concursos_publicos/doc/AX_5_10-3-MU_SMV_Rchk_AB-2014-01-001.pdf
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2018). *Estadísticas Portuarias y de Transporte Marítimo 2018*. Obtenido de Tabla 5. CARGA MOVILIZADA EN CONTENEDORES EN EL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/Boletin-Estadistico-2018_MTOP.pdf
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). *Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study*. (ScienceDirect) Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042818300697>

ANEXOS

ANEXO A

VSM del proceso de carga de contenedores al Buque



Elaboración Propia

Diego Anilema – Adriana Villavicencio