Universidad de Valparaíso
CHILE
Facultad de Ingeniería

Trabajo Final de Graduación para optar al Grado de Magister en Administración y Gestión Portuaria

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS EN EL PROCESO DE DESCARGA Y DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS POR CONCEPTO DE DEMURRAGE

Sergio I. Ahumada Gómez

Novimbre 2018

Resumen

El estudio realizado en Puerto Ventanas S.A. (PVSA), sobre los casos de sobrestadía de las naves en el proceso de descarga de carbón, se enfocó en desarrollar una investigación y análisis de las causas que la generan, además de determinar que , parámetros y variables inciden en el pago del "*demurrage*"[1], con el propósito de elaborar un plan de mejora que contenga actividades que apunten a disminuir los tiempos de operación de la nave y que permitan reducir los costos asociados a la sobrestadía.

Durante la primera etapa del proyecto se realizó un levantamiento de la situación actual del servicio por medio de la recopilación y estructuración de los datos, además se determinaron a través del análisis y la aplicación de técnicas de estadística los comportamientos, patrones y las desviaciones del proceso con el objeto de facilitar la interpretación de estos datos y profundizar en las posibles causas que generan o influyen en la sobrestadía.

Una vez finalizado lo anterior se desarrollaron talleres de mejora con la jefatura y personal responsable del servicio, donde se utilizaron metodologías y herramientas sistemáticas para identificar las principales causas de la problemática, los efectos en la operación y las mejores prácticas para reducir los costos asociados al demurrage.

En la siguiente etapa del estudio se procedió a validar los resultados obtenidos en la fase previa mediante la aplicación de un software de simulación para evidenciar los efectos en el proceso y sus resultados.

Durante la última etapa y resultado del proyecto se elaboró un plan de trabajo que contiene las actividades identificadas en los talleres de mejora, que apuntan a mejorar la metodología utilizada en la descarga de carbón, a través de prácticas más eficientes para optimizar los tiempos de operación, que permitan reducir los tiempos de sobrestadía al menos en un 10% y en definitiva disminuir los costos asociados a demurrage.

[1] Multa por atraso e incumplimiento de los plazos acordados en la operación de estiba o desestiba que incurre el estibador

Tabla de contenido

1 INTRODUCCIÓN 5

1.1 GENERALIDADES 5

1.2 OPERACIÓN DE DESCARGA 7

1.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO 9

1.2.2 RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO EMPRESA 11

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO 12

2.1 OBJETIVO GENERAL 12

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

2.1.2 RESULTADOS ESPERADOS DE LA TESIS 12

2.1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO 12

3 FUNDAMENTO TEÓRICO 13

3.1 REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE 13

3.2 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y DE MEJORA 13

3.2.1 TEORÍA DE RESTRICCIONES 13

3.2.2 MATRIZ CAUSA EFECTO 16

3.2.3 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO 17

3.2.4 METODOLOGÍA SIX SIGMA 17

3.2.5 METODOLOGÍA LEAN 20

3.2.6 METODO DE SIMULACIÓN 23

3.2.7 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN 25

4 METODOLOGÍA DE TRABAJO 26

4.1 DEFINIR 26

4.1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO 26

4.2 MEDIR 27

4.2.1 LEVANTAMIENTO DEL PROCESO 27

4.2.2 EFICIENCIA DEL CICLO DEL PROCESO (PCE) 27

4.2.3 ESTADÍSTICA BÁSICA Y MEDICIÓN DE LOS DATOS 27

4.3 ANALIZAR 28

4.3.1 BRAINSTORMING Y AFINIDAD 28
4.3.2 MATRIZ CAUSA EFECTO 29
4.3.3 SIMULACIÓN DEL PROCESO 29
4.4 IMPLEMENTAR 29
4.5 CONTROLAR 29
5 RESULTADOS 30
5.1 ETAPA DEFINICIÓN DEL PROYECTO 30
5.2 ETAPA MEDIR 31
5.2.1 LEVANTAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES 31
5.2.2 MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CICLO 32
5.2.3 BASE DE DATOS Y MEDICIONES 33
5.3 ETAPA ANALISIS 39
5.3.1 MATRIZ DE BRAINSTORMING Y DE AFINIDAD 39
5.3.2 MATRIZ CAUSA EFECTO Y VALORIZACIÓN 41
5.3.3 SIMULACIÓN DEL PROCESO 43
5.4 ETAPA IMPLEMENTACIÓN 47
5.5 ETAPA CONTROL 49
6 CONCLUSIONES 50
7 BIBLIOGRAFÍA 52

1 INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Puerto Ventanas S.A., en adelante PVSA, es el principal puerto de graneles sólidos y líquidos de la zona central del país, ubicado en la bahía de Quintero y con una trayectoria de 25 años ofreciendo servicios integrales de muellaje para el embarque y descarga de los productos de sus clientes, con el objetivo de rentabilizar el negocio por intermedio de maximizar la utilización de los *"frentes de atraques"*[2] a través de la explotación y eficiencia de los recursos con que cuenta.

Uno de los servicios más importantes de PVSA es la descarga de carbón a través del sitio 5 para el cliente AESGENER desde las naves arrendadas por este hasta su patio de acopio y por intermedio del sistema transportador de puerto.

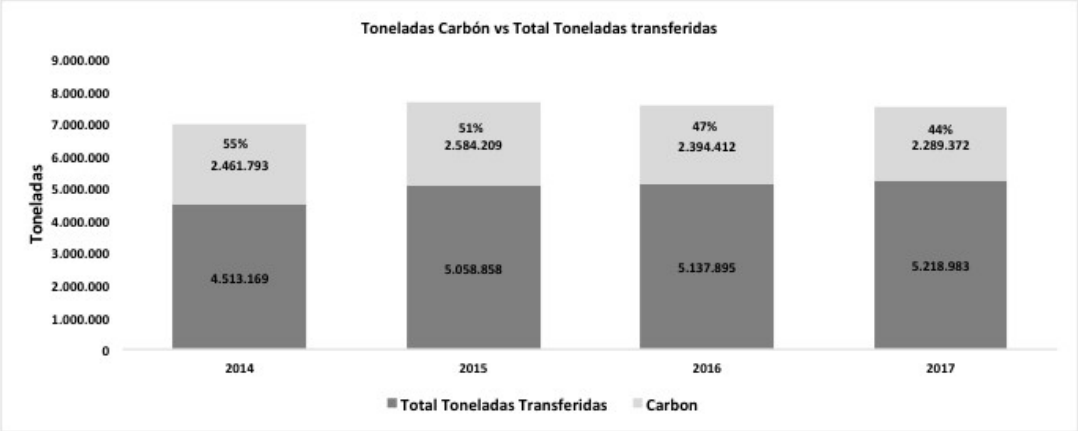
Las toneladas descargadas de este cliente para los períodos 2014 y 2015 representaban más del 50% del total de toneladas transferidas en puerto, pero para los siguientes períodos 2016 y 2017 la cantidad de carga transferida disminuyó, debido a las proyecciones realizadas por el cliente que indicaban un aumento de las precipitaciones, ajustando la producción de las centrales termoeléctricas con un menor consumo de carbón dado que la demanda de energía requerida por el SIC (Sistema Interconectado Central) sería cubierta por centrales hidroeléctricas. Además, se debe sumar la propuesta del gobierno de cambiar al año 2030 la estructura de la matriz energética del país y que apunta a la utilización de fuentes de energías renovables.

Es importante mencionar que, de acuerdo con información entregada por el cliente, para el período 2018 se presupuestó un 20% menos de toneladas a transferir respecto del año 2017, esto implica para PVSA el hacer más eficiente y productivos sus procesos.

A continuación, se muestra una gráfica con las toneladas transferidas de carbón respecto del total de toneladas movilizadas en el terminal:

[2] "Superficie plana virtual o real que presenta una obra de atraque o una sucesión de ellas y contra la cual se acerca y/o se apoya la nave, de costado"

Gráfica Nº 1: “Cantidad total de toneladas y cantidad total toneladas de carbón”



Fuente: Elaboración propia con información entregada por la empresa.

Dado lo anterior y la importancia de este cliente en los resultados de la empresa, se hace necesario el mejorar la productividad de los servicios con un enfoque en la optimización, eficiencia y cumplimiento de los rendimientos establecidos contractualmente para la descarga.

Estos rendimientos que están definidos por toneladas días a descargar, permiten determinar el tiempo de operación o de estadía de una nave en el sitio. Por lo tanto, el no cumplimiento de estos rendimientos genera una sobrestadía de la nave la que se traduce en el pago al cliente de una multa denominada demurrage. De acuerdo con la información recopilada gran parte de las naves atendidas en el sitio 5 para la descarga de carbón incurrieron en sobrestadía, lo que significó para PVSA el pago de las multas correspondientes.

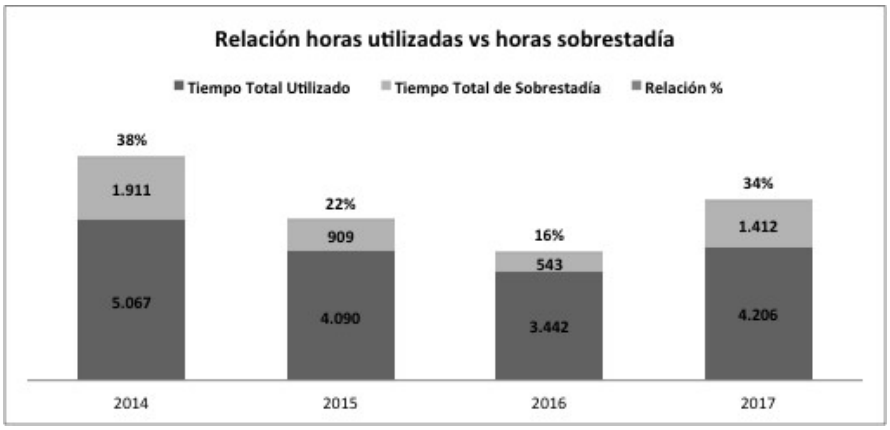
Para los efectos de la sobrestadía se identificaron varios factores que influyen en el bajo rendimiento y que a continuación se mencionan alguno de ellos:

- habilidad del gruero para la descarga de la bodega,
- condiciones climáticas,
- falla en los sistemas, y

- los tiempos en exceso en las actividades necesarias para la continuidad de la operación como son instalación de portalón, warping, amarras, posturas manteletas, limpieza en el losa y cubierta, remates de bodegas[3], entre otras.

A continuación, se muestra una gráfica que describe el comportamiento de las horas de sobrestadía anuales respecto del total de horas utilizadas para la descarga.

Gráfica Nº 2: "Comportamiento tiempo sobrestadía respecto del tiempo utilizado en descarga"



Fuente: Elaboración propia con información entregada por la empresa.

Dado esto el presente proyecto se enfoca en determinar un plan de mejora que contenga actividades que permitan cambiar la metodología de operación para hacerla más eficiente, lograr disminuir los tiempos de sobrestadía y con esto reducir los costos por el concepto de demurrage. Esto se realizará a través del análisis de las causas y los efectos que genera esta sobrestadía, la identificación de las mejoras al proceso, revisar los tiempos de ejecución de cada una de las actividades y el valor en la cadena productiva.

1.2 OPERACIÓN DE DESCARGA

La programación de la nave se inicia cuando el cliente AESGENER realiza la nominación de esta a PVSA a través de correo electrónico, donde además se informan las fechas estimativas de arribo, los certificados técnicos de la nave, las toneladas por bodega a descargar y el valor de demurrage y pronto despacho acordado por el cliente en el contrato de fletamento. Por su parte PVSA confirma por la misma vía la validación de la

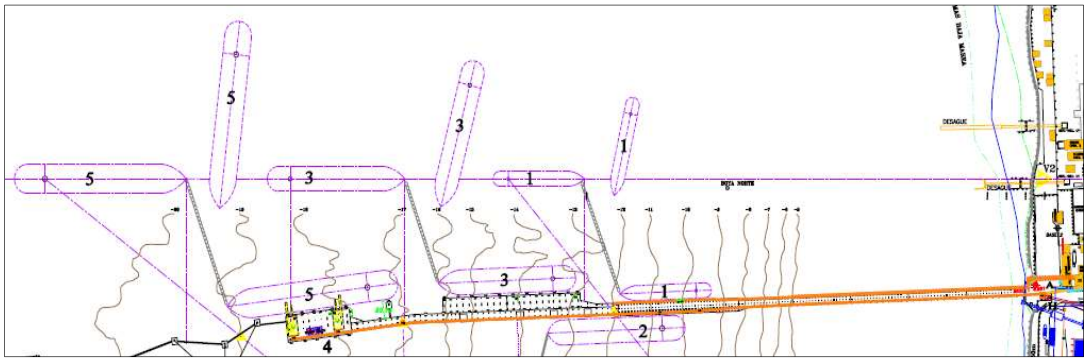
[3] "Proceso final de la descarga pronto a vaciar la bodega completa"

información entregada y si las características de la nave cumplen con las condiciones del sitio principalmente el calado y el tonelaje de desplazamiento.

Una vez que la nave arriba a la bahía de Quintero debe emitir una carta de alistamiento (NOR) a Capitanía de puerto de la bahía. Luego de esto la agencia representante del cliente procede a coordinar la maniobra de atraque a través de ingreso de esta solicitud en plataforma web de la autoridad marítima y coordinar la hora para el práctico abordo.

Una vez que se encuentra el práctico abordo de la nave se inicia el proceso de atraque de acuerdo con la siguiente secuencia:

Imagen Nº 1: "Diagrama de la secuencia de atraque"



Fuente: Elaboración propia con información entregada por la empresa

Una vez atracada y amarrada la nave, se da inicio al proceso de descarga el que se debe realizar dentro de un tiempo permitido de estadía, calculado de acuerdo con las toneladas manifestadas dividido por el rendimiento establecido en contrato.

Es importante mencionar que este proceso debe cumplir con un plan de descarga revisado y validado entre el comando de la nave, agencia y *operador de nave*[4] por parte de puerto considerando los esfuerzos estructurales de la nave. Este plan además debe incluir los movimientos de la nave (shifting), dado que el sitio cuenta con dos grúas que son fijas, y un plan de amarra de esta.

El proceso de descarga concluye una vez que la grúa saca la última pala de la última bodega según el plan o secuencia de descarga.

[4] "Personal de PVSA responsable en su totalidad de la gestión de la nave".

Para complementar lo anterior se describe la secuencia de las actividades para la atención de la nave:

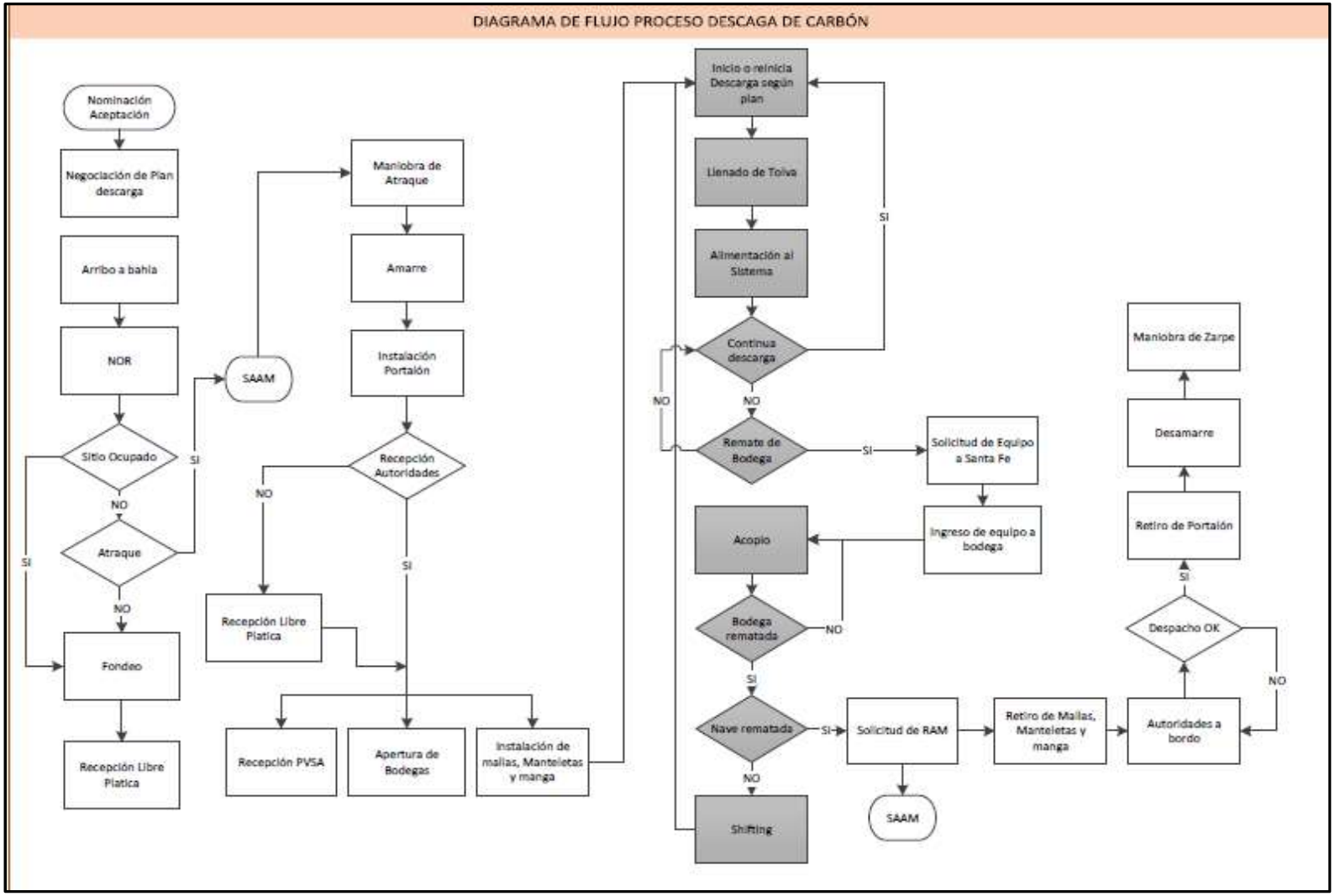
1. Nave libre plática
2. Práctico a bordo
3. Fondeo
4. Maniobra de atraque, amarra e instalación de portalón
5. Recepción de la nave
6. Instalación de mallas y manteletas
7. Descarga
8. Shifting
9. Solicitud de remolcadores
10. Despacho
11. Desamarra
12. Maniobra de zarpe

1.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO

A continuación, se muestra un diagrama de flujo del proceso con el objeto de facilitar el entendimiento de cómo se desarrolla el servicio de descarga de carbón. Debemos mencionar que todas estas actividades se deben desarrollar en el menor tiempo posible con el objeto de lograr el rendimiento esperado y así cumplir con el tiempo permitido para la descarga.

En resumen y según lo expuesto es necesario el realizar una revisión y proponer una metodología de trabajo que permita mejorar la productividad del proceso a través de la disminución de los tiempos de ejecución de las actividades que aportan valor a la cadena, con el propósito de reducir los costos por concepto de demurrage.

Imagen Nº 2: “Diagrama de flujo proceso descarga de carbón sitio 5”



Fuente: Elaboración propia con información entregada por la empresa

1.2.2 RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO EMPRESA

- Disminuir los tiempos de las actividades que aportan valor para asegurar la entrega del servicio en los tiempos comprometidos.
- Reducir o minimizar los costos asociados a la sobrestadía de la nave por el concepto de demurrage.

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología que permita optimizar los tiempos del proceso de descarga con el propósito de cumplir con los rendimientos establecidos en contrato y reducir costos que se generan por concepto de demurrage.

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los procesos operacionales y de soporte en la descarga de carbón en el Sitio 5 para definir el sistema a modelar.
- Proponer un plan de mejora para los procesos involucrados en la descarga.
- Evaluar los resultados obtenidos desde un punto de vista operacional y económico.

2.1.2 RESULTADOS ESPERADOS DE LA TESIS

- Elaborar una propuesta de una metodología que permita satisfacer y asegurar la calidad del servicio de acuerdo con los requisitos del cliente.

2.1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Tal como se mencionó en capítulos anteriores, el estudio se realizará en el proceso de descarga de carbón para el cliente AESGENER.

Las limitaciones al estudio radican en que, dado que son operaciones que se realizan en un puerto, el desempeño del proceso de descarga está sujeto a las condiciones del clima y actos de la naturaleza, debido a que afectan al comportamiento de la nave y por consecuencia el rendimiento de esta operación. Además, se debe sumar que los procesos actuales se ejecutan de acuerdo con una metodología de trabajo establecida a través de los años.

3 FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Durante esta etapa se realizó una revisión del estado del arte de acuerdo con varios tópicos relevantes identificados de la problemática. Esta búsqueda se enfocó en la investigación de herramientas que permitan analizar la capacidad del sistema, sus restricciones, los recursos disponibles y además de herramientas para determinar la o las causas del problema y la aplicación de alguna metodología que permita responder al objetivo general definido para este proyecto.

Durante esta etapa se expondrá algunas de las herramientas más usadas para analizar e implementar los enfoques teóricos que son considerado válidos para el presente proyecto de graduación del Magister de Administración y Gestión Portuaria de la Universidad de Valparaíso.

3.2 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y DE MEJORA

Una de las actividades del proyecto, es el identificar e investigar las herramientas más utilizadas en este tipo de problemas. La búsqueda se enfocó en técnicas o métodos que permitan identificar la o las causas del problema y determinar una metodología que agregue valor al proceso con el propósito de hacer eficiente el proceso.

Es importante mencionar que, a pesar de la extensa literatura de estas herramientas, la investigación arrojó que existen pocos registros escritos del sector industrial portuario, principalmente de terminales de transferencia de graneles sólidos y líquidos.

3.2.1 TEORÍA DE RESTRICCIONES

La Teoría de Restricciones (Theory of Constraints, TOC) sostiene que la capacidad de cualquier sistema está determinada por la capacidad máxima del recurso restricción. Esto tiene por objeto el realizar mediciones del proceso para determinar e identificar las limitaciones del sistema.

Las empresas definen su estructura de producción considerando la cantidad de personal, las capacidades, rendimientos de los equipos, maquinaria, distribución del espacio de la

planta, procedimientos y la secuencia de los procesos con el objeto de lograr un costo óptimo y maximizar su utilidad.

Sin embargo, en todos los sectores industriales durante la operación o producción existe algún elemento limitante en el proceso que genera un cuello de botella en la línea. Esto provoca congestión en la línea de producción o de los servicios. La literatura define como un cuello de botella a una restricción en el sistema que limita la producción (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009) y que puede presentarse por la capacidad de una maquina considerando el tiempo disponible de esta para la producción, personal con baja capacitación y herramientas específicas. También se señala como cualquier tipo de situación que impide que el sistema alcance un alto nivel de rendimiento en términos de sus propósitos (Goldratt E. M., 1990) y que todas las modificaciones hechas en cualquier punto que no sea el cuello de botella no contribuirán a la producción (Goldratt & Cox, 1984).

Esta condición no esta tan alejada de la realidad de los puertos, donde la sobrestadía de una nave puede generar congestión en la espera de sitio provocando atrasos en toda la cadena del servicio dado que estos tipos de sistemas son complejos debido a toda la logística involucrada. La teoría de restricciones es uno de los métodos heurísticos más utilizados dado que se ha implementado en varios casos donde existe el problema de cuello de botella en su proceso y que permite el mantener un equilibrio en la línea de producción o del servicio.

Para encontrar una respuesta y solucionar lo anterior Goldratt y Cox en sus publicaciones del 1984 y 1992, plantean cinco pasos fundamentales para comprender la estructura en términos de procesos los que se describen a continuación.

Cuadro nº 1: “Etapas de implementación de la TOC”

Actividad	Descripción
1.-Identificar las restricciones del sistema	Puede haber distintos tipos de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc.
2.-Explotar las restricciones	Implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción
3.-Subordinar todo a la restricción anterior	Todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción.
4.-Elevar las restricciones del sistema	implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción por ejemplo la compra de otra máquina.
5.-Eliminar una restricción, volver al paso 1	Si se rompe la restricción es porque ahora existen otros recursos con menor capacidad. Debemos, entonces, volver al Paso 1.

Fuente: Elaboración propia resultado de la investigación

La empresa al implementar este enfoque permite que se desarrolle la mejora continua de sus procesos y para aplicar esta herramienta la organización debe primero definir cuál es el propósito del sistema y en segundo lugar el identificar las medidas de rendimientos ya sean financieras u operativas y que apunten al logro de los objetivos del sistema.

Goldratt argumenta que las empresas tienen muchos objetivos tales como el generar fuentes de empleo, innovar, elaborar productos de calidad e incrementar la participación en el mercado, sin embargo, todo esto no garantizan la supervivencia de estas a lo largo del tiempo. Si la empresa gana dinero, y sólo si gana dinero, prospera. Cuando una empresa tiene dinero, puede priorizar más otros objetivos (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

De acuerdo con esto algunas organizaciones importantes en el negocio internacional como Ford, General Motors, Boeing y Procter and Gamble utilizaron esta herramienta e informaron sus resultados y con éxito. Por ejemplo, Ford Electronics obtuvo una reducción del 90% en el tiempo de ciclo usando TOC. (Mabin, 2003)

A continuación, se describe el caso de la internacional General Motors Corporation.

A fines de la década de 1980, General Motors (GM) inició un proyecto a largo plazo para predecir y mejorar el rendimiento del rendimiento de sus líneas de producción para aumentar la productividad en todas sus operaciones de fabricación y proporcionar a GM una ventaja competitiva estratégica. GM cuantificó el rendimiento y los esfuerzos de

mejora enfocados en el diseño y las operaciones de sus sistemas de fabricación a través de actividades coordinadas en tres áreas: (1) desarrolló algoritmos para estimar el rendimiento de rendimiento, identificando cuellos de botella y optimizando la asignación de búfer, (2) instaló tiempo de sistemas de recolección de datos planta-piso para soportar los algoritmos, y (3) estableció procesos comunes para identificar oportunidades e implementar mejoras de desempeño. A través de estas actividades, GM aumentó sus ingresos y ahorró más de $ 2. (Alden, 2006)

Esta no ha sido la única oportunidad en que esta empresa haya utilizado las TOC. Entre los años 1999 y 2002 desarrolló un proyecto con el propósito de identificar y entregar una solución a los cuellos de botella que se presentaba en la línea de ensamblaje automotriz, a través del diseño e implementación de un software denominado C-More.

Esta aplicación permitió a la empresa mejorar su tasa de rendimiento de ensamblado en un 3%, logrando un incremento de participación del mercado en un 0,5% y con una contribución al beneficio neto de 500 millones de dólares.

3.2.2 MATRIZ CAUSA EFECTO

La Matriz de Causas y Efectos se usa para relacionar y dar prioridades a las variables de resultados esperados por los clientes, a través de una clasificación numérica y usando el mapa del proceso como fuente principal.

Las variables de resultados se cuantifican con respecto a la importancia para cliente y las causas que se cuantifican con respecto o en relación de los resultados.

La primera actividad es identificar el problema que se desea intervenir, así como sus causas y sus efectos.

El procedimiento contempla los siguientes pasos:

- Analizar e identificar lo que se considere como problemas principales de la situación a abordar.
- Definir los efectos más importantes del problema en cuestión, de esta forma se analiza y verifica su importancia.

Anotar las causas del problema central detectado. Esto significa buscar qué elementos están o podrían estar provocando el problema.

3.2.3 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

El diagrama de causa-efecto, conocido también como diagrama de espina de pescado. Fue desarrollado por el Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1953. Esta herramienta se utiliza para identificar las potenciales causas de un problema. El diagrama representa la relación entre el efecto (problema) y sus causas probables. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los grupos de trabajo organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

3.2.4 METODOLOGÍA SIX SIGMA

En la actualidad la calidad de los productos o servicios es un factor diferenciador en el desempeño de una empresa y que puede marcar la permanencia de esta en el mercado. El nivel de satisfacción de los clientes depende del grado de cumplimiento de los requisitos o necesidades de este al momento de otorgar un producto terminado o servicio ofrecido.

Desde la década de los 80 se han desarrollado varios métodos de gestión que apuntan a la mejorar la calidad de los productos o servicios como por ejemplo Total Quality Management (TQM), y Six Sigma (Ung, 2010)

Six sigma es método que principalmente permite cuantificar y medir el grado de satisfacción del cliente, a través de un punto de vista estadístico. La formulación matemática de six sigma indica que el proceso debe llegar a un máximo de 3,4 defectos por un millón de eventos. Se entiende por defecto aquel producto o servicio que no cumple los requisitos establecidos por el cliente. "*La idea central detrás de Six-Sigma es que si se puede medir cuántos "defectos" hay en un proceso, se puede saber sistemáticamente cómo eliminarlos y acercarse lo más posible a la marca de cero defectos*". (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Esta metodología se centra en la estrategia de calidad con mejora de resultados y reducción de costos establecida por la empresa y en la cuantificación de la variación, por medio de las cantidades de desviaciones estándar asociadas a la variable aleatoria de interés en el estudio de un proceso crítico. En términos estadísticos, sigma (desviación estándar) es una medida que cuantifica la variación existente entre los resultados

(productos o servicio) de cualquier proceso o procedimiento y cuanto menor sea el valor de esta desviación estándar, mejor es el proceso (Cutrim, 2017)

El método six sigma se basa en la herramienta denominada DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar) y que consiste en un perfeccionamiento del PDCA (Panificar, hacer, chequear y actuar) conocido como el ciclo de Deming.

A continuación, se muestra un cuadro donde se describen las etapas de la herramienta DMAIC:

Cuadro Nº 2: "Etapas de implementación de DMAIC"

Etapa	Descripción
1.- Definir	Establecer claramente el objetivo, unidad, problema, defecto o el Critical to Quality (CTQ) que son los requerimientos del cliente.
2.- Medir	El propósito de esta etapa es el entender el funcionamiento o como se desarrolla el problema.
3.- Analizar	Identificar las causas reales del problema o defecto.
4.- Mejorar	Determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar.
5.- Controlar	Implementar medidas que permitan garantizar la continuidad de la mejora, su impacto financiero y nivel de satisfacción del cliente.

Fuente: Elaboración propia resultado de la investigación

La industria portuaria en es un sector muy dinámico que se ha centrado en proporcionar servicios de calidad a los buques, con el objeto de obtener una mayor rentabilidad del negocio a través de mejorar su competitividad en el mercado revisando continuamente el desempeño de estos (Jafari, 2013).

Para los puertos graneleros en la actualidad el fortalecer su competitividad y rentabilizar sus frentes de atraques, pasa por mejorar sustancialmente los servicios portuarios de transferencia y que depende del optimizar y ser más eficientes en la capacidad de transferencia del terminal y en la cantidad de carga transportada en su sistema introduciendo tecnología y metodologías con el propósito de optimizar los tiempos de operación y reducción de los costos en la transferencia de carga.

Ejemplo de esto es el caso del TMPM (Terminal marítimo Ponta Da Madeira) puerto dedicado a la transferencia de mineral de hierro en Brasil, quienes aplicaron esta metodología en sus procesos operacionales con énfasis en las paradas operacionales del embarque del mineral.

El estudio se enfocó en la eficiencia y gestión del terminal utilizando la herramienta DMAIC. En primer lugar, se revisaron los resultados del indicador de paradas operacionales que arrojó como resultado que existen detenciones frecuentes por condiciones climáticas, cambios de bodegas a través de *shifting*[5] y paradas por *atollo*[6] en sistema transportador. De acuerdo con esto la empresa realizó el estudio considerando solo las paradas por atollo en sistema transportador, dado que las paradas por condiciones climáticas no son gestionables por el terminal y los cambios de bodega son actividades necesarias para la continuidad del embarque y que además permiten garantizar la integridad del buque.

De lo anterior se determinó que en promedio el terminal presentaba un valor medio de paralizaciones por volumen transferido de 8,15 [Hrs/MMt] (Cutrim, 2017). Luego en la etapa de análisis del proceso se determinaron las posibles causas del problema de estas paralizaciones utilizando un diagrama de causa y efecto con el objeto de organizar las alternativas y asignar prioridades a través de una matriz que considera la cantidad de veces en que se repiten las alternativas y por consiguiente identificar en donde se deben enfocar los esfuerzos para eliminar o reducir el problema.

Cuadro Nº 3: "Priorización de las causas"

Atollo en CT- 1401	Atollo en CT- 1503	Atollo en CT- 2601	Atollo en CT- 2603	Causas Identificadas	Criterios de prioridad			TOTAL
					Cantidad de Atoches	Esfuerzo de eliminación de la causa	Autonomia	
				Peso del criterio	10	8	7	
-	X	X	X	Geomatria del chute inadecuada	5	5	3	111
X	X	X	X	Mala posición del sensor	5	1	5	93
X	X	X	X	Posicionamiento de cama de polines inadecuada	5	3	3	95

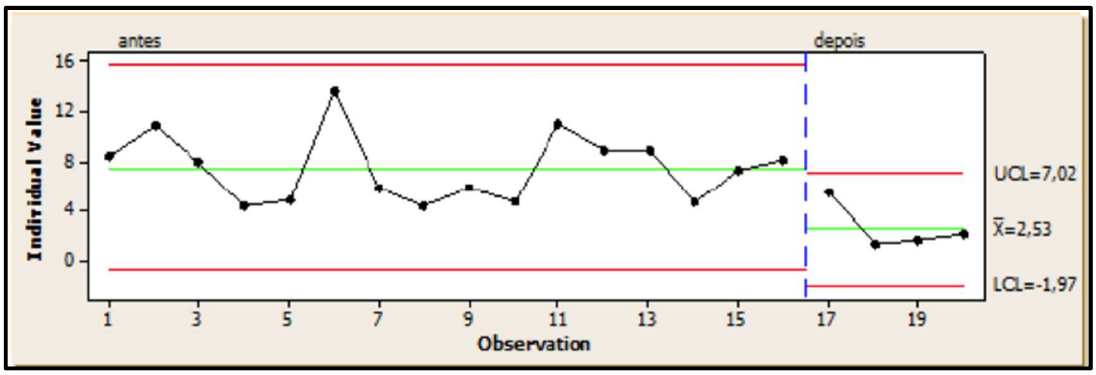
Fuente: Información TMPM (Cutrim, 2017)

[5]"Movimiento o traslado de la nave".
6"Material transportado se adhiere a las paredes del chute disminuyendo su diámetro progresivamente hasta que finalmente no es posible el tránsito"

Luego de definir las soluciones de acuerdo con lo detectado en el cuadro anterior se elaboró un plan de mejora donde se consideran las actividades, plazos e indicadores de cumplimientos orientadas a los sistemas de transportes.

A continuación, se muestra una gráfica resultado de la implementación del plan de mejora respecto de las detenciones o paradas a causas de los atoches de material en el sistema transportador.

Imagen Nº 3: “Variación de las paradas operacionales”



Fuente: Información TMPM (Cutrim, 2017)

El seguimiento y control realizado al proceso luego de la implementación de las actividades demostró una reducción de las paradas que cumplen con el objetivo establecido en el plan y se verificó que el resultado obtenido promedio de horas por millón de toneladas fue de 2,53 [Hrs/MMt] muy por debajo de las 8,15 [Hrs/MMt] obtenidas en principio.

En conclusión, el TMPM demostró que la utilización de la metodología six sigma a la eficiencia del terminal permitió el mantener una continuidad operacional, mejorando la eficiencia de los procesos disminuyendo la media de detenciones por atoche del sistema de 8,15 [Hrs/MMt] a 2,53 [Hrs/MMt]. Además, esto permitió un incrementado de la disponibilidad del frente de atraque para atender más naves y potenciar la rentabilidad del negocio.

3.2.5 METODOLOGÍA LEAN

LEAN manufacturing es una metodología que apunta a la mejora continua, la medición de la calidad, eliminación del despilfarro, potenciar lo que agrega valor a la cadena productiva y la participación del personal que ejecutan las actividades.

Entendemos por lean manufacturing o "producción ajustada", la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiéndose por desperdicio todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar (Carreras, 2010).

Después de la segunda guerra mundial muchas empresas se enfocaron en diseñar su estructura organizacional considerando solo el principio de producción a gran escala motivados por los criterios de aumento de la demanda agregada con el propósito de mantener su participación del mercado.

Para fines de los años 60 este modelo ya no satisfacía las necesidades del mercado dado a los cambios que se estaban presentado en este, marcados por la baja productividad, el incremento de la estructura de los costos fijos de la empresa y por ende disminución de la rentabilidad. Dado esto el modelo requería de innovar, realizar ajustes y adaptarse a las nuevas tendencias, es así como nace la lean manufacturing resultado de la investigación realizada por el ingeniero japonés Eiji Toyoda quien observó que en el sistema de producción de Ford en la ciudad de Detroit se generaban desperdicios en sus procesos.

Ya en la década de los 70, después de la crisis del petróleo, muchos sectores industriales implementaron esta nueva metodología de trabajo en sus sistemas de producción con el objeto de eliminar estos desperdicios, fortalecer la cadena de valor, mejorar la calidad y la productividad.

De acuerdo con esta metodología identifica siete tipos de desperdicios y que son los siguientes:

1. La sobreproducción,
2. Los tiempos de espera,
3. Desperdicios en el transporte,
4. Los desperdicios del inventario,
5. En el procesamiento,
6. Del movimiento, y
7. Los defectos en los productos

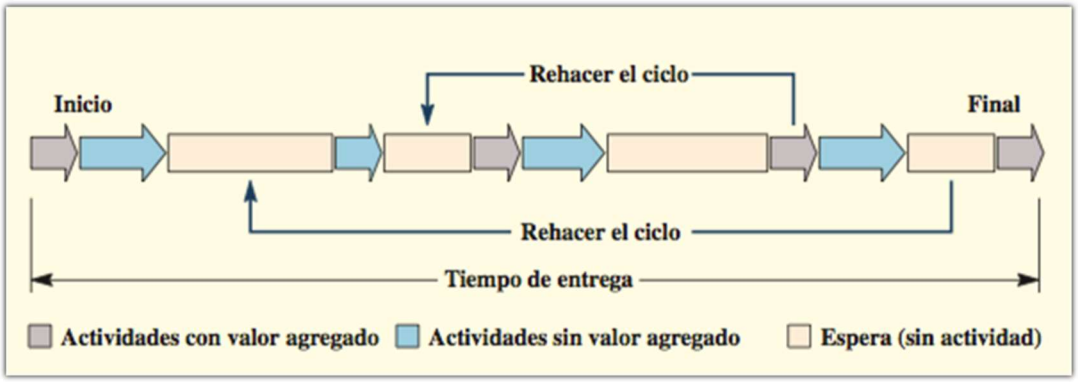
Para lograr lo anterior la metodología establece el elaborar un esquema de la cadena de valor del negocio o proceso con el propósito de identificar el tipo de desperdicio que se genera. La idea consiste en desarrollar un diagrama detallado de un proceso que muestra con claridad aquellas actividades que agregan valor, las actividades que no lo agregan y los pasos que sólo comprenden una espera (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Este esquema debe considerar cuatro principios básicos para su diseño los que permiten cumplir con el objetivo de esta herramienta y que son los siguientes:

1. Mantener la cadena de valor en movimiento a máxima velocidad.
2. Eliminar el desperdicio que detiene y vuelve más lenta la cadena de valor.
3. Concentrarse en eliminar el desperdicio, en lugar de acelerar las operaciones que agregan valor.
4. Buscar el desperdicio en la fábrica, la oficina y las operaciones físicas, de procedimientos y técnicas.

A continuación, se presenta una imagen del resultado esperado de esta actividad y que ejemplifica lo expuesto anteriormente.

Imagen Nº 4: “Esquema de cadena valor de un proceso”



Fuente: Administración de Operaciones (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

En la industria portuaria la utilización de esta metodología apunta a responder de forma rápida a los cambios del mercado y ofrecer servicios portuarios eficientes y rentables, es decir que el puerto sea ágil, flexible y competitivo ante los cambios inesperados de la demanda del cliente.

El aumento de la agilidad de los negocios se basa en los conceptos de técnicas de rediseño (o reingeniería) de lean, flexibilidad, just-time y business por lo tanto el desafío para los puertos lean es mover la carga de manera rápida y sin problemas, entregando un servicio en línea con la demanda del mercado y eliminando desperdicios dentro de los procesos haciendo el mejor uso de sus recursos tangibles e intangibles disponibles y, al eliminar todo tipo de desperdicios en los procesos físicos, documentales y de información relacionados con la carga y los diferentes modos que sirven al puerto con el objeto de ofrecer un servicio perfecto al cliente (Marlow, 2003).

3.2.6 METODO DE SIMULACIÓN

La simulación es una herramienta poderosa de análisis que pretende determinar el mejor sistema para ser implementado o mejorado, permitiendo cuantificar los efectos de varios cambios en el sistema, siendo muy usado en situaciones en que es muy caro o difícil el experimento en la situación real (Camelo, 2010). Estos métodos permiten obtener una interpretación y conocimiento de las actividades o eventos que se presentan en un sistema y de acuerdo a esto determinar la interrelación de las entidades y el grado de complejidad del sistema.

El origen de este método se remonta a la década de los 60 donde los modelos eran relativamente más simples condicionados por el nivel de complejidad y por el aumento del número de componentes y de entidades que interactúan o participan en el proceso y se denominaban lenguajes de simulación como por ejemplo Simscript y el Gpss que eran muy rígidos, requerían de una gran experiencia de los modeladores y un excesivo tiempo para la elaboración según la complejidad del sistema.

Los estudios de simulación generalmente se utilizan para desarrollar enfoques para mejorar el rendimiento de sistemas dinámicos y complejos, como los puertos. La simulación ayuda a imitar las operaciones del puerto y proporciona predicciones de resultados y actuaciones. Diferentes escenarios también pueden ser probados en un modelo de simulación y los resultados pueden ser estudiados y analizados (Mariam Kotachi, 2013). La simulación es adecuada especialmente en situaciones en las que el tamaño o la complejidad del problema dificulta o hace imposible el uso de técnicas de optimización (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

Para el desarrollo de una simulación se requiere que el sistema sea susceptible de ser modelado y que el diseño y su construcción representen y correspondan a la realidad de este sistema, además los volúmenes de carga deben ser altos a igual que las variables independientes, que exista una alta complejidad del sistema y que sea imposible de definir a través de una hoja de cálculo y como resultado se obtenga una animación para ver la interacción de los componentes.

Una vez hecho lo anterior se podrán ejecutar experimentos de acuerdo con determinadas hipótesis planteadas respecto de una problemática. Para ello es necesario primero el definir qué tipo de modelo es el que corresponde. Según la literatura existen tres tipos de modelos que son los que se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro Nº 3: “Descripción de los tipos de modelos”

Tipo de modelo	Descripción
Físico	Consiste en la realización de experimentos sobre un modelo material semejante a la realidad, a tamaño real o a escala (maqueta).
Analógico	Empleado fundamentalmente en electricidad y electrónica, donde tanto el modelo como el objeto real tienen una misma o igual descripción matemática.
Matemático	Se fundamentan en ecuaciones matemáticas para representar la realidad, ya sean analíticos o computacionales. Este es el tipo más común de modelado.

Fuente: Elaboración propia

En su mayoría los modelos más utilizados de acuerdo con este estudio son los modelos matemáticos y que se pueden clasificar en continuos o discretos. Los modelos continuos se basan en ecuaciones matemáticas y, por ende, son continuos, con valores para todos los momentos. Por otra parte, la simulación discreta sólo ocurre en puntos específicos. Por ejemplo, los clientes que llegan a una caja en el banco sería una simulación discreta. La simulación salta de un punto a otro: la llegada de un cliente, el inicio de un servicio, el final del servicio, la llegada del siguiente cliente y así sucesivamente (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

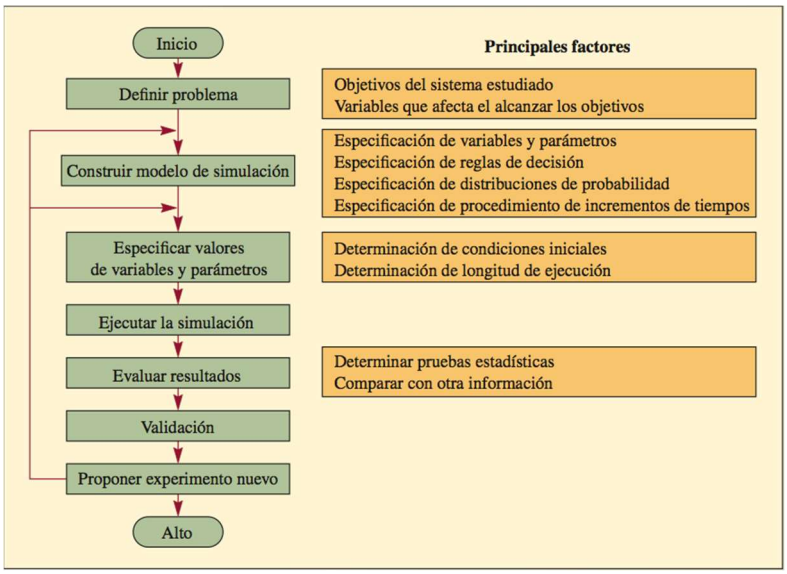
En la actualidad se han desarrollado varios lenguajes que han solucionado el problema de la cantidad de interacciones y han mejorado su velocidad de respuesta por ejemplo los softwares ARENA, AUTOMOD, CINEMA, PROMODEL, SIMIO, etc (Camelo, 2010).

3.2.7 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN

Para facilitar el estudio, el desarrollo de la simulación y lograr con éxito el objetivo se debe elaborar una estructura de análisis y obtención de los datos.

A continuación, se muestra una imagen con las principales etapas y factores claves para el desarrollo de la simulación y experimentación.

Imagen Nº 4: "Principales fases para un estudio de simulación"



Fuente: "Administración de Operaciones (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)"

Para la industria portuaria la utilización de esta herramienta de simulación permite el análisis de sistemas complejos y de las variables implicadas en el proceso, ya que permite la investigación de la sensibilidad e impacto de los diferentes parámetros en el resultado del proceso (Guerrero Hernández, 2014).

La utilización de esta herramienta se justifica además por varias razones, dado que a través de su aplicación se pueden estudiar las variaciones y los efectos que producen en el sistema, implementado las hipótesis identificadas con el objeto de optimizar la productividad del sistema.

4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el capítulo anterior se realizó una investigación y revisión de las metodologías y herramientas más utilizadas en el análisis y mejora de los procesos. Esta actividad se desarrolló considerando el objetivo general del estudio que apunta a determinar una forma de trabajo que permita el optimizar y ser más eficiente en la descarga de carbón.

Dado a lo expuesto se determinó el utilizar las metodologías LEAN manufacturing y Six Sigma como parte del análisis y mejora del proceso y la aplicación del software ARENA con el objeto de realizar simulaciones al proceso de descarga para verificar y validar los resultados y conclusiones.

Para la planificación y ejecución del proyecto se establecido como principal método la herramienta DMAIC que contempla varias fases de desarrollo y que son la esencia de la herramienta six sigma.

A continuación, se describen las etapas definida en la planificación:

1. Definición del proyecto,
2. Levantamiento y medición de los datos,
3. Análisis de los resultados obtenidos
4. Elaborar e implementación el plan de mejora, y
5. Controlar y validar de los resultados.

4.1 DEFINIR

4.1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

En esta fase se desarrolló un taller con personal de jefatura de operaciones con el propósito explicar los conceptos básicos de un proyecto LEAN Six Sigma, además de identificar las oportunidades de mejoras del sistema y los respectivos beneficios económicos iniciales que se lograrían con su implementación.

Posterior a esto la gerencia de operaciones definió a un equipo de trabajo constituido por personal de operaciones donde se incluyen al Jefe de Operaciones, Operadores Nave, Administrador de muelle e Ingeniero de Gestión, quienes realizaron una investigación y fundamentación de la elección del proyecto considerando los objetivos estratégicos de la

empresa, la facilidad de la recogida de datos, velocidad de implementación y el impacto en los resultados económicos.

4.2 MEDIR

4.2.1 LEVANTAMIENTO DEL PROCESO

Durante esta etapa del proyecto se realizó un levantamiento de las actividades del proceso de descarga, a través de un diagrama de flujo del proceso (ver punto 1.2.1), además de identificar el flujo de la información, los clientes internos, proveedores y los resultados esperados para este proceso.

4.2.2 EFICIENCIA DEL CICLO DEL PROCESO (PCE)

Con lo expuesto anteriormente se desarrolló un análisis y evaluación de la eficiencia del proceso, identificando las actividades que aportan valor a la cadena del servicio y las que no aportan, pero necesarias para el proceso. Esto se logró a través del desarrollo de una matriz donde se determinó la secuencia de las actividades, determinando el grado de impacto de estas en el proceso, identificando quien la realiza y el tiempo promedio de ejecución, además de verificar el valor en el resultado final. El propósito es determinar y relacionar la cantidad de tiempo total de las actividades que aportan valor y el tiempo total utilizado en el proceso.

4.2.3 ESTADÍSTICA BÁSICA Y MEDICIÓN DE LOS DATOS

Concluido lo anterior se definó que eventos o condiciones del proceso se deben observar y medir de forma sistemática. Luego de esto se procedió a la recolección de datos de la operación con el propósito de generar una base de datos que permita entregar información sobre el desempeño de este proceso y una revisión de los efectos contractuales de la operación. Para obtener una visión gráfica de los resultados se utilizó el software Minitab que permite obtener de forma rápida información estadística del proceso y relevante para la realización de la actividad de simulación.

Lo anterior permitió el comprender de forma fácil el comportamiento de esta operación, así como también el identificar los parámetros, detectar patrones, tendencia, además de las variables involucradas que inciden en el desempeño de la descarga.

4.3 ANALIZAR

Durante esta etapa se desarrollaron talleres para determinar la relación que existe entre los datos e información y las causales que generan las desviaciones antes medidas Todo esto se realizó con el propósito de realizar un análisis correcto de las causas identificadas que inciden en la sobrestadía.

Para esto se aplicaron las técnicas del brainstorming y la herramienta matriz causa efecto para poder entender e identificar qué factores están involucrados y asignar un valor de importancia.

4.3.1 BRAINSTORMING Y AFINIDAD

De acuerdo con la información entregada en la fase anterior se desarrolló la técnica de lluvia con personal de PVSA para identificar las ideas y las posibles soluciones. Esta se realizó a través de un taller en donde se revisaron los resultados obtenidos de las mediciones y se plantearon propuestas de mejora al proceso de descarga.

Una vez identificadas y registradas estas propuestas se procedió a valorizar cada una de estas con la finalidad de categorizar su afinidad e influencia en el proceso. Para esto se desarrollo una matriz que permite realizar el cruce entre las causas y los efectos, asignando un valor de 9, 3 o 1 que corresponden a fuerte, ligera y débil influencia respectivamente. Los efectos por su parte también cuentan con una valorización de importancia.

A continuación, se presentan los efectos y su valorización:

Efectos	Valor
Tiempo Neto de descarga	5
Tiempo de remate de bodega	8
Tiempo utilizado en maniobras	7
Demurrage de arrastre	3
Total	23

4.3.2 MATRIZ CAUSA EFECTO

En forma paralela al desarrollo de la herramienta brainstorming se desarrolló la matriz de causa efecto para identificar la causa raíz de la problemática. Esto se aplicó a través de talleres en donde el equipo definió y acordó las causas más relevantes y los efectos potenciales al servicio y al cliente.

4.3.3 SIMULACIÓN DEL PROCESO

Con los datos e información obtenida en la fase de medición, se desarrolló un modelo matemático del proceso con el propósito de simular el sistema real y realizar un análisis de sensibilidad al implementar las mejoras identificadas.

4.4 IMPLEMENTAR

Con el propósito de cumplir con el objetivo de establecer una metodología que permita ser más eficiente el proceso de descarga, reducir los tiempos de operación y reducir en al menos un 10% los tiempos de sobrestadía, se elaboró un plan de mejora que responde a la problemática planteada en este proyecto, sin embargo, la implementación de este plan está sujeta a una revisión y aprobación por todas las partes involucradas en el proceso de descarga.

4.5 CONTROLAR

Durante esta última etapa se deben controlar y ejecutar las mejoras implementadas con el objeto de validar los resultados esperados. Para esto se debe generar un Plan de Control para la implementación y seguimiento de las mejoras con el objetivo de asegurar el logro de los beneficios esperados y mantener su nivel de contribución a la empresa. Si bien se realizaron simulaciones a través de software de los distintos escenarios, es necesario el realizar previamente la implementación del plan de mejora que se encuentra sujeta a la revisión y aprobación por las entidades que participan del servicio.

5 RESULTADOS

Durante el desarrollo de la metodología se obtuvieron los resultados establecidos de acuerdo con la DMAIC y propuestas para las fases de implementación y control, además de verificar el cumplimiento de la planificación del proyecto y validar el logro del objetivo general por medio de simulación.

5.1 ETAPA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Esta actividad se formalizó, a través de la elaboración de la carta del proyecto en donde se explica el problema y se cuantifican de los beneficios esperados de este.

A continuación, se muestra el documento de resultado de lo anterior:

Imagen Nº 5: "Identificación y Definición del Proyecto"

IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE PROYECTO

PROJECT CHARTER

Nombre del Proyecto	Sobretiempos operacionales en descarga de naves de carbón
Tipo de Proyecto	LEAN EXPRESS
Champion o Patrocinador	Rodrigo Pulgar
Líder del Proyecto	Sergio Ahumada
Dueño de Proceso	Pablo Jeanneret
Integrantes del Grupo	Pablo Jeanneret, Isabel Vicente, Dario Garrido, Rene Aros, Jorge Romo, Sergio Ahumada
Declaración o Sentencia del Problema u oportunidad	Esto sucede cuando las naves por rendimiento exceden del tiempo permitido, cuando dado lo anterior existe una nave que se encuentran a la espera corre su tiempo absorbe este tiempo en un 100% de nave en operación. Otra situación es cuando el sitio esta siendo utilizado por nave de otro cliente y nave de GENER a la espera inicia el conteo de su tiempo es del 100% por lo tanto al momento de operar efectivamente cuenta con menos tiempo para descarga lo que produce una sobrestadía.
Meta u Objetivo	Disminuir al menos un 10% la diferencia producida entre el tiempo permitido y el tiempo utilizado.
Variable de Interés KPOV	Diferencia de Tiempos Contractual y Tiempos Utilizado
Metrica secundaria	Salud Ocupacional y Mediambiente
Beneficios Tangibles Estimados en $	USD 100.000 anual
Beneficios Intangibles y Otros Beneficios	Satisfaccion del cliente. Disponibilidad del Sitio
Alcance del proyecto : Área, Sección, Depto o línea que se cubrirá	Proceso de descarga de carbón, sitio 5

Fecha ***Líder de Proyecto*** ***Consultor Externo***
Quality College Ltda.

Fuente: "Información de la empresa del proyecto"

En este documento se propone un objetivo de disminuir en al menos un 10% la diferencia entre el tiempo permitido y el tiempo utilizado para las naves de carbón atendidas en el sitio 5 del terminal.

La definición de este objetivo se evaluó de acuerdo con los datos existentes en la descarga de las naves de carbón. El resultado obtenido del siguiente ejercicio se desglosa en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 4: “Cuantificación del beneficio propuesto”

Item	Unidad	Valores
Demurrage Promed. Nave	[USD]	-20.690
Demurrage Promed. Hora	[USD/Hr]	-862
Tiempo Promed. Sobrestadía	[Hr]	37,4
% Objetivo proyecto	%	10%
Nª horas menos de sobrestadía	[Hr]	4
Nuevo tiempo promed. sobrestadía	[Hr]	33,6
Nª naves promed. año	[u]	40
Beneficio USD por nave	[USD]	-3.222
Beneficio USD anual	[USD]	-128.867

Fuente: Elaboración propia

5.2 ETAPA MEDIR

5.2.1 LEVANTAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES

La primera actividad desarrollada durante esta etapa fue el levantamiento de la información utilizando un enfoque en procesos para identificar las partes involucradas y los controles e indicadores establecidos para el seguimiento del proceso. Para cumplir con esto el equipo de trabajo elaboró el registro PIPOC (Proveedor, Input, Proceso, Output y Cliente) que permite establecer a los distintos proveedores que participan de la operación, la información necesaria que alimenta al proceso, una secuencia de ejecución, los resultados finales y los cliente internos y externos del proceso. De esta forma se obtiene una visión general del servicio que ayuda al entendimiento del problema y a dimensionar el impacto de este en la descarga.

Cuadro Nº 5: “Registro PIPOC”

Proveedor	INPUTS (ENTRADAS)		PROCESO	OUTPUTS (SALIDAS)		Cliente
(Interno o Externo)	Item o Variable	Requisitos (Especificaciones)		Item o Variable	Requisitos (Especificaciones)	(Interno o Externo)
SAAM	Remolcadores	Asistencia a Maniobra Hora de llegada	1.-Nominación 2.-Fondeo 3.-Maniobra de Atraque	Remolcadores	Asistencia a Maniobra Hora de llegada	Facturación PVSA
Cliente dueño de la carga	Nominación Naves	Toneladas Tarifa Demurrage Laydays tentativos ETA	4.-Amarra 5.-Instalación de Portalón 6.-Recepción nave 7.-Instalación de Mallas y Manteletas	Nave rematada Laytime	SOF Certificados Liquidación	Cliente dueño de la carga
AGMAC	Nombradas	Numero de Personas Competencia Cumplir con Procedimientos	8.-Descarga 9.-Revisión del Plan de descarga 10.-Solicitud de RAM	Rendimiento Nombrada	[Ton/Dia] contractuales Contratos firmados por pers	Gerencia Operaciones AGMAC
Operaciones Muelle	Personal PVSA	Numero de Personas Competencia Cumplir con Procedimientos	11.-Despacho 12.-Desamarra 13.-Zarpe	Personal PVSA	Numero de Personas Competencia Cumplir con Procedimientos	Operaciones Muelle RRHH
Mantenimiento	Manteminiento de equipos	Confiabilidad de equipos Engrases		Mantenimiento	Avisos Información de estado o desempeño de equipos	Mantenimiento
Santa Fe	Cargador Frontal	Disponibilidad Capacidad				

OBJETIVOS DE GESTIÓN DEL PROCESO (Control de Eficacia)				
Indicador	Descripción	Estructura del Indicador	Metas	Planes/Programas
Demurrage	Medir y controlar el tiempo total de operación con el proposito de reducir el pago de demurage	[Tiempo total utilizado-Tiempo Total Permitido]	>= 10%	Revisión y levantamiento de los tiempos de los procesos para definir los puntos que aporten valor

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

5.2.2 MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CICLO

Una de las herramientas utilizadas por la metodología LEAN es la medición de eficiencia del ciclo que permite identificar las actividades que aportan valor en la cadena del servicio con el objeto de enfocar los recursos disponibles en aquellas actividades del proceso que son críticas y que generan valor al proceso y al cliente.

De acuerdo con esto se elaboró el siguiente cuadro de medición:

Cuadro Nº 6: “Medición actual del proceso”

Criterios	
BNVA	Con VA al negocio pero no al cliente
VA	Con valor agregado
NVA	Sin valor agregado

#	Valor agregado actividades	Actividad	Quién lo hace	Tiempo Hrs	Cómo (método: manual, auto, digital)
1	BNVA	Nominación	GENER	0	e-mail
3	NVA	Arribo a la bahía	NAVE	212	e-mail
4	BNVA	NOR	NAVE	0,34	Manual
5	BNVA	Fondeo	NAVE	0,62	Manual y e-mail
7	VA	Maniobra de Atraque	PVSA-NAVE	1,20	Manual
8	VA	Amarre	PVSA-NAVE	0,97	Manual
9	BNVA	Instalación de Portalón	PVSA	0,17	Manual
10	BNVA	Recepción nave	PVSA-NAVE	0,90	Manual y e-mail
11	BNVA	Instalación de Mallas y Manteletas	PVSA	0,25	Manual
12	VA	Descarga	PVSA	89	Manual
13	NVA	Mantención de Grua	PVSA	6	Manual
14	BNVA	Revisión del Plan de descarga	PVSA	0	Digital
15	BNVA	Shifting	PVSA-NAVE	3,10	Manual
16	VA	Remate de bodega	PVSA	4,50	Manual
18	NVA	Despacho	PVSA-NAVE	2,00	Manual
19	BNVA	Desamarra	PVSA-NAVE	0,90	Manual
20	BNVA	Zarpe	NAVE	2,00	Manual

Tiempo Total Lead Time	112
Tiempo Total Valor Agreg	95
Eficiencia Ciclo	86%

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

5.2.3 BASE DE DATOS Y MEDICIONES

Para cumplir con estas actividades se elaboró una base de datos con datos extraídos del registro *SOF*[7] (Statement of Fact) o relación hechos de las naves atendidas, utilizando como criterio para el registro los tiempos de inicio y de término para cada uno de los hitos más relevantes del proceso, desde la emisión del NOR hasta el zarpe de la nave.

El resultado de esta base de datos permite determinar los tiempos totales de operación para cada una de las naves y los tiempos utilizados por cada una de las actividades durante el desarrollo del servicio.

A continuación, se muestra un extracto de la matriz de datos resultado de lo anterior:

[7] “Descripción cronológica detallada de las actividades del buque durante la estadía en un puerto”

Cuadro Nº 7: “Registro de los tiempos del proceso”

Nave	Clase	Tiempo NOR	Tiempo POB	Tiempo Fondeo	Tiempo Atraque	Tiempo Espera Inicio Oper	Tiempo Operación	Tiempo Zarpe
		[Hr]	[Hr]	[Hr]	[Hr]	[Hr]	[Hr]	[Hr]
KEY CALLA	C3	0,5833	6,6667	1,5000	1,1333	1,2000	103,2500	2,2500
HONG FU	C2	0,0000	32,1500	0,5167	1,2833	0,8833	94,5000	1,9167
ELENA I v2	C1	0,0000	116,0000	0,1667	1,2500	1,9167	57,0500	1,8667
HONG YUAN	C2	0,0000	68,1667	1,0000	0,8333	1,5000	105,4167	3,4167
ELENA I v3	C2	0,0000	84,4333	0,9000	1,0833	2,1667	65,6667	3,5000
AEOLIAN HERITAGE	C3	0,0000	85,6667	1,1667	1,1667	2,8333	98,5000	2,6667
CS OLIVE	C3	0,9167	6,3333	0,5000	1,0833	0,9167	105,9167	6,0833
ELENA I v4	C3	0,0000	121,8500	1,0833	1,0333	3,0833	129,2500	2,8333
SUNNY ROYAL	C2	0,5000	49,3833	0,0333	1,6667	5,9167	82,3333	1,7500
DARYA MOTI v1	C2	0,0000	12,5000	0,7500	0,9167	4,0833	178,1667	2,7500
MELITE	C3	0,6000	67,0000	0,8333	1,3667	0,8000	109,7500	2,2500
ATLANTIC HORIZON	C3	13,5000	94,2500	0,9167	1,1667	2,0333	135,2167	2,4167
SANMAR PARAGON	C2	0,0000	15,0000	0,9167	1,5000	1,2500	88,6667	1,6667
LORETO	C3	0,0000	48,0167	11,3333	1,1667	0,8333	127,2500	1,5000
ELENA I v5	C3	0,0000	195,8500	0,7833	1,1667	1,5000	103,2500	2,0000
KEY CALLA	C3	1,5000	56,6667	0,7833	1,3500	0,5333	102,9167	2,2500
DARYA MOTI v2	C2	2,7500	163,7500	0,7500	1,5000	1,9167	91,5000	2,0000
PAQUIS	C3	1,0000	160,0000	0,8000	0,9000	3,8500	114,0000	2,2500
MYRTO	C3	0,0000	42,2833	1,1333	0,5833	3,6667	80,0000	3,3333
KYRA SAFIRA	C3	0,0000	368,0833	0,7500	1,1667	2,0833	96,5833	3,3167
ELENA I v6	C3	0,0000	38,3000	0,5000	0,7833	1,5500	99,4167	2,9167
TSU EBISU	C3	0,5000	50,8333	0,6667	1,0000	0,8333	157,9167	6,1667
SONNY HOPE	C2	0,0000	169,7500	0,4167	1,0000	0,5000	115,6667	3,0000
SAKIZAYA ACE	C2	0,8000	56,3667	0,9167	1,0000	2,7500	102,6667	3,8333
ULTRA DANIELA	C2	0,0000	11,7000	0,1000	1,7000	1,0000	107,5833	2,9167
AM BREMEN	C2	0,4000	26,8000	0,1833	1,0833	2,7167	97,4500	3,1667
GOOD LUCK	C3	0,0000	127,7000	0,3667	2,0333	1,6333	110,5000	4,2500
ALEXANDRA	C2	0,5833	66,6333	0,2833	1,8333	1,8333	76,4167	4,0833
MYRA	C3	0,0000	28,2000	0,1667	1,5333	0,7167	114,8333	4,0833
YASA UNITY	C3	0,4167	14,5833	0,1667	1,6667	0,7500	131,4167	3,5833
LORETO	C3	0,0000	73,5833	0,1500	1,9667	1,6333	141,9167	3,5000
GLORY FIRST	C2	0,2000	42,9000	0,6000	1,8000	6,0000	93,0833	3,5833
CORAL CRYSTAL	C3	1,5833	0,0000	0,5833	1,0833	1,4167	94,1667	8,6667
KYRA ZAFIRA	C3	0,0000	0,0000	1,0000	0,8333	4,5833	103,9167	3,1667

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

Posterior a esto se elaboró un cuadro de resumen con los tiempos permitidos y utilizados por año en la operación, donde además se incluyen las horas anuales totales de sobrestadía y los montos cancelados por concepto de demurrage. Esta información proviene de los datos contenidos en los registros de los laytime o liquidación de las naves cuyo propósito es el cálculo del rendimiento final de la nave y del monto que se debe cancelar o cobrar previa revisión y acuerdo con el cliente.

El siguiente cuadro resumen muestra los resultados que se obtuvieron de los datos recopilados para los períodos 2014 al 2017:

Cuadro Nº 8: “Resumen de resultados contractuales según laytime”

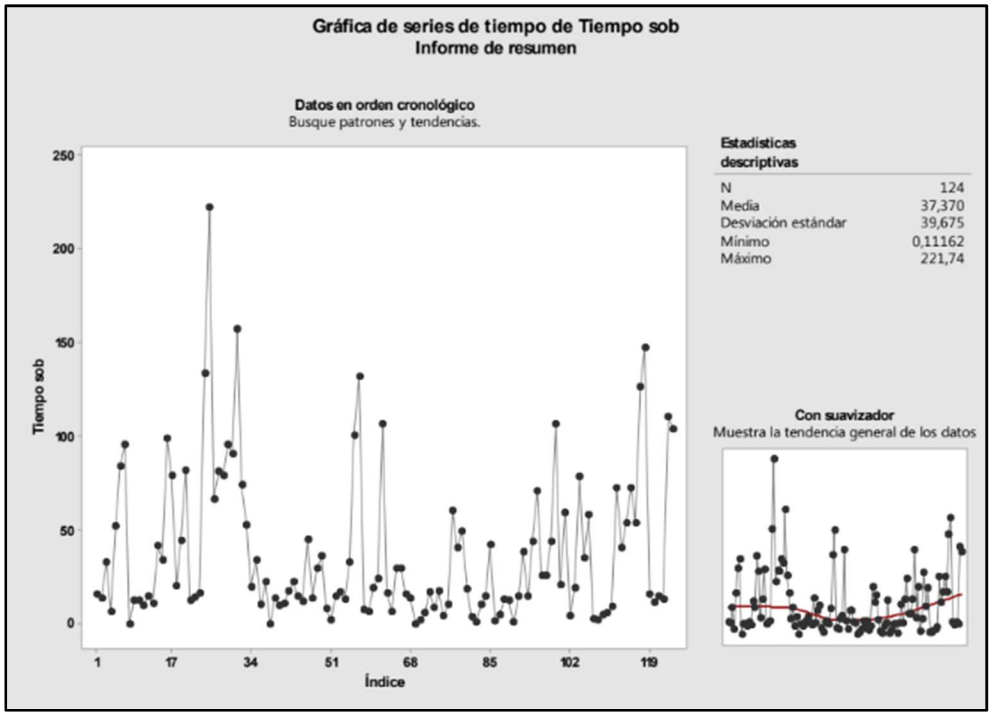
Años	Tiempo permitido [Hr]	Tiempo utilizado [Hr]	Sobrestadía [Hr]	Demurrage [USD]
2014	3.250	5.067	-1.861,1	-1.085.288
2015	3.257	4.090	-849,9	-388.673
2016	3.020	3.442	-543,6	-248.997
2017	2.850	4.206	-1.411,9	-820.515
Total general	12.377	16.806	-4.666,4	-2.543.473,7

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se logró obtener una visión general del problema que considera aspectos operacionales y contractuales. Además, esto permite el evidenciar el impacto económico que significan los tiempos de sobrestadía de las naves.

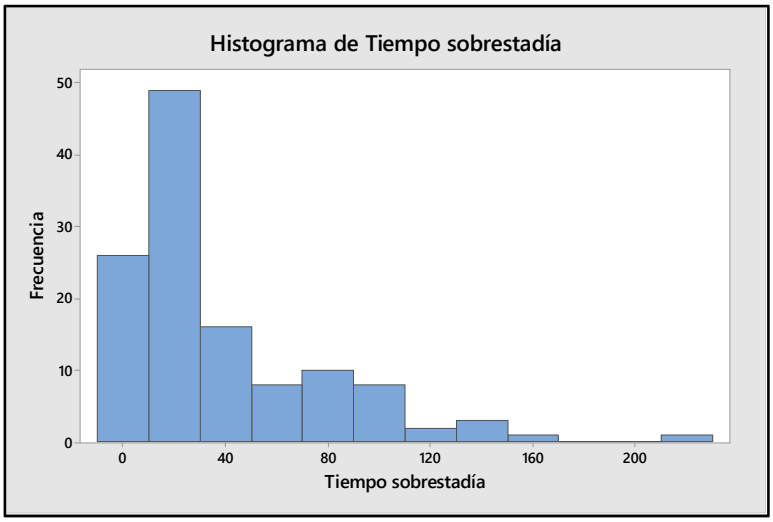
Desde un punto de vista estadístico la información entregada por los datos permitió el elaborar una gráfica de las series de tiempos, un histograma y una gráfica de dispersión de los datos, con el propósito de identificar cómo se estratifican y comportan los tiempos de sobrestadía.

Gráfica Nº 3: “Serie de tiempo de la sobrestadía”



Fuente: Elaboración propia con información analizada por Minitab

Gráfica Nº 4: “Histograma de los tiempos de sobrestadía”

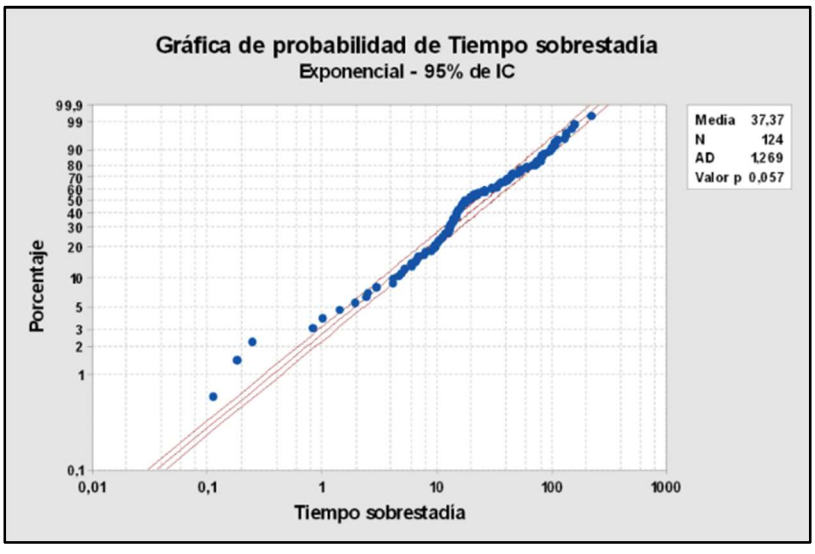


Fuente: Elaboración propia con información analizada por Minitab

De esto se puede resumir a simple vista que los datos se concentran en dos columnas y que indican que existen 75 eventos que corresponden a la clase entre 0 y 30 horas de sobrestadía y la clase entre 30 y 60 horas de sobrestadía con 22 eventos.

Para identificar el tipo de distribución de los datos extraídos se presenta una gráfica de probabilidad de los tiempos de sobrestadía que demuestra que el comportamiento de estos y como se ajustan a la distribución.

Gráfica Nº 5: “Dispersión de los tiempos de sobrestadía”



Fuente: Elaboración propia con información analizada por Minitab

Además, se determinaron los estadísticos descriptivos de estos tiempos y que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 9: “Estadística descriptiva de sobrestadía”

Variable	N	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Máximo
Tiempo sobrestadía	124	37,37	39,68	1574,12	106,17	0,11	221,74

Fuente: Elaboración propia con información análizada por Minitab

Para profundizar en la problemática se elaboró una matriz que contiene los tiempos de ejecución de la operación de descarga con un enfoque en los tiempos de los remates de bodega de acuerdo con la secuencia de descarga de la nave.

Resultado de estos se presenta un extracto de la base de datos cuya información se utilizará en la etapa de análisis.

Imagen Nº 6: “Base de datos recopilados del proceso de descarga”

BASE DE DATOS PROCESO DESCARGA DE CARBÓN SITIO 5

Nave	Sec	Ton BA	Ton BB	Ingreso Tractor	Remate BA	Remate BB	Remate Bodegas	Retiro Tractor	Shifting
KEY CALLA	1	6302,0	5540,0	0:00				0:00	1:40
KEY CALLA	2	10293,0	11915,0	1:03	2:20	4:50	7:10	0:30	2:00
KEY CALLA	3	11440,0	2360,0	0:25	2:10		2:10	0:10	0:50
KEY CALLA	4	1885,0	11591,0	0:29	2:45	3:10	5:55	0:15	1:45
KEY CALLA	5	4118,0	3810,0	0:20	2:45	3:15	6:00	0:40	
RIZE	1	9268,0	9143,0	0:20	3:35	4:55	8:30	0:35	1:40
RIZE	2	9055,0	9199,0	0:20	3:15	3:00	6:15	0:10	
RIZE	3	10185,0	5391,0	0:10				0:00	
HONG FU	1	7839,0	8109,0	0:35	6:25		6:25	0:00	1:40
HONG FU	2	9400,0	737,0	0:50	5:00	2:40	7:40	0:50	1:41
HONG FU	3	6704,0	8903,0	0:15	2:55	3:20	6:15	1:55	2:00
HONG FU	4	7994,0	7770,0	0:50	3:55	2:15	6:10	0:25	
ELENA I v3	1	5034,0	5023,0	0:00				0:00	1:45
ELENA I v3	2	4810,0	5073,0	0:00				0:00	
ELENA I v3	3	4960,0	5666,0	0:30	5:25	1:20	6:45	0:00	1:05
ELENA I v3	4	4862,0	4921,0	0:00				0:00	
ELENA I v3	5	2500,0	2500,0	0:44	2:36	2:25	5:01	0:00	
MYRTO	1	4320,0	4020,0	0:00				0:00	2:25
MYRTO	2	9879,0	3570,0	0:05	3:00		3:00	0:10	0:50
MYRTO	3	2790,0	8249,0	0:50	2:50	2:25	5:15	0:15	1:45
MYRTO	4	9510,0	9821,0	0:33	2:58	4:15	7:13	0:25	1:50
MYRTO	5	4282,0	3881,0	0:57	4:02	2:19	6:21	0:00	

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

De los datos recopilados se obtuvieron los siguientes estadísticos descriptivos:

Cuadro Nº 10: “Estadística descriptiva de los tiempos de remate de bodega”

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Remate de Bodega	120	0	3,413	1,131	1,250	2,683	3,250	3,917	8,917

Fuente: Elaboración propia con información analizada por Minitab

A continuación, se presenta un cuadro resumen con información obtenida de la medición de los datos proporcionados por la operación:

Cuadro Nº 11: “Relación de los tiempos de remate de bodega sobre la descarga”

	Unidad	Valor
Descarga promedio	[Hr]	104
Shifting	[Hr]	3,10
Tiempo Neto	[Hr]	100,9
Remate de bodega	[Hr]	23,89
Relación remate de bodega/descarga	%	**23,7%**

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

En resumen, el tiempo neto de operación se obtuvo de la deducción de los tiempos de shifting, debido a que esta última no aporta valor a la cadena, pero es necesaria para la continuidad operacional. Ahora bien, la mayoría de las naves tienen una configuración de siete bodegas y los tiempos de remate de bodega para una bodega en promedio son alrededor de las 3,413 horas, por lo tanto, el producto de estos sobre el tiempo neto corresponde al 23,7% del total del tiempo disponible para la descarga.

5.3 ETAPA ANALISIS

Durante esta etapa se aplicaron las herramientas de análisis a la información entregada por las mediciones para determinar las principales causas que afectan a la sobrestadía y los efectos que tendrían en el servicio y al cliente el implementar nuevas prácticas para ser más eficiente la operación de descarga.

5.3.1 MATRIZ DE BRAINSTORMING Y DE AFINIDAD

Uno de los resultados obtenidos en los talleres de análisis de mejoras es la matriz de afinidad que se elaboró de acuerdo con las ideas propuestas durante la aplicación del brainstorming

A continuación, se presenta el cuadro de resultado obtenido de la aplicación de esta herramienta.

Cuadro Nº 12: “Matriz de afinidad de las ideas”

		Avisar con anticipación el Shifting	Diagrama de amarras entregar a Capitan	Establecer un canal o frecuencia de maniobras	Implementar un laser	Sugerir el uso de maquinaria	Solicitar personal idoneo	Mantener siempre fluida y coordinada, facilitar el entendimiento	Dejar el Gruero en grua dominante	Sugerir el uso de remolcador	Implementar winches electrico	Apoyo de equipos en movilización de espias	Mejorar los tiempos de cambio de truno	FI	LI	DI	Suma
1.-	Avisar con anticipación el Shifting		9	1	3			9	1	3			1	2	2	3	7
2.-	Diagrama de amarras entregar a Capitan	9				9	9	1		3	1	1		3	1	3	7
3.-	Establecer un canal o frecuencia de maniobras	1				1		9						1	0	2	3
4.-	Implementar un laser	3					1			1	1	1	1	0	1	5	6
5.-	Sugerir el uso de maquinaria		9	1				3		3	1	9	1	2	2	3	7
6.-	Solicitar personal idoneo		9		1			9	1		9	3	1	3	1	3	7
7.-	Mantener comunicación fluida y coordinada, facilitar el entendimiento.	9	1	9		3	9		1		1		1	3	1	4	8
8.-	Dejar el Gruero en grua dominante	1					1	1					3	0	1	3	4
9.-	Sugerir el uso de remolcador	3	3		1	3							1	0	3	2	5
10.-	Implementar winches electrico		1		1	1	9	1				9		2	0	4	6
11.-	Apoyo de equipos en movilización de espias		1		1	9	3				9		1	2	1	3	6
12.-	Mejorar los tiempos de cambio de turno	1			1	1	1	1	3	1		1		0	1	7	8

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

Una vez concluida esta la evaluación se puede apreciar que las actividades 7 y 12 tiene una mayor cuantificación indicando su nivel de impacto en el proceso.

5.3.2 MATRIZ CAUSA EFECTO Y VALORIZACIÓN

Esta matriz permitió al equipo de trabajo el evaluar y valorizar las distintas alternativas identificadas como potenciales causas que inciden en el demurrage, además de definir la prioridad entre ellas de acuerdo con el impacto de estas en el servicio y en el cliente.

La información de entrada para la elaboración de esta matriz corresponde a la clasificación realizada en la eficiencia del ciclo considerando que actividad genera valor al servicio. De esta forma definieron las acciones que tienen un impacto relevante en la operación y que además permitan cumplir con el objetivo del proyecto. Si bien dentro de estas actividades se consideran las maniobras de atraque, zarpe y la amarra de la nave como actividades que aportan valor al servicio, estas no dependen en su totalidad de la gestión de PVSA, no así para los procesos de descarga y remate de bodega donde el tiempo de estadía o sobrestadía de la nave están determinadas por la eficiencia en que estas se desarrollen.

Resultado de esto se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 13: “Matriz causa efecto”

MATRIZ CAUSA - EFECTO													
Clasificación de importancia para el cliente o proyecto								5	8	7	3	23
Datos proceso/Proyecto								**Tiempo Neto de descarga**	**Tiempo de remate de bodega**	**Tiempo utilizado en maniobras**	**Demurrage de arrastre**	**Total**
Eva.	**9**		**3**		**1**	**0**						
1	Ingreso Cargador Frontal							1	3	1	1	39
2	Descuelgue							1	1	0	0	13
3	Acopio							3	9	0	1	90
4	Barrido							3	9	0	1	90
5	Plan. de las Naves (nominación aceptación)							0	0	0	9	27
6	Competencias de los capataces							9	9	9	9	**207**
7	Capataz supervisa efectiva de las tareas							9	9	9	9	**207**
8	Dirección y Control de la operación de la nave (operador de nave en ausencia adm de muelle)							3	3	9	3	111
9	Cambio de Turno							1	9	9	3	**149**
10	Falta de Comunicación (capataz gruero)							9	9	3	1	141
11	Estandarización Metodo de descarga (buenas practicas grueros-remate-shifting)							9	9	9	3	**189**
12	Falla de equipos propios / continuidad oper. (gruas-cintas conveyor)							9	3	3	9	117
13	Falla de equipos de apoyo							3	9	3	0	108
14	Habiliadad de tripulación nave							0	0	9	1	66
							Total	300	656	448	150	1554,2
							%	**19%**	**42%**	**29%**	**10%**	**100%**

Fuente: Elaboración propia con información aportada al proyecto

Operacionalmente los procesos seleccionados tienen una relación directa en el resultado, dado que las bodegas de la nave se encuentran llenas, por lo tanto, el inicio de la descarga se realiza en un régimen normal, donde las palas utilizadas descargan a máxima capacidad por ciclo. Esta condición de descarga cambia en la medida que el material disponible en bodega disminuye y los tiempos por ciclo aumentan.

Lo anterior concluye una vez que el gruero deja un volumen aproximado entre 3.000 y 2.500 toneladas de material en bodega, cuando esto se presenta el gruero informa al supervisor nave quien coordina la disponibilidad e ingreso de equipo cargador frontal y personal auxiliar al interior de la bodega.

Una vez realizado lo anterior el proceso de descarga cambia a régimen de remate de bodega donde el personal auxiliar realiza la tarea de descuelgue del material el que se encuentra acumulado en las cuadernas de la nave. Posterior a esto se inicia el proceso de acopio de este a través del equipo cargador frontal hacia a un sector de la bodega que le permita el ingreso de la pala y continuar así con la descarga.

Terminado el descuelgue se mantendrá solo el acopio de material. En esta etapa el proceso de descarga se desarrolla a una velocidad menor lo que implica un menor rendimiento.

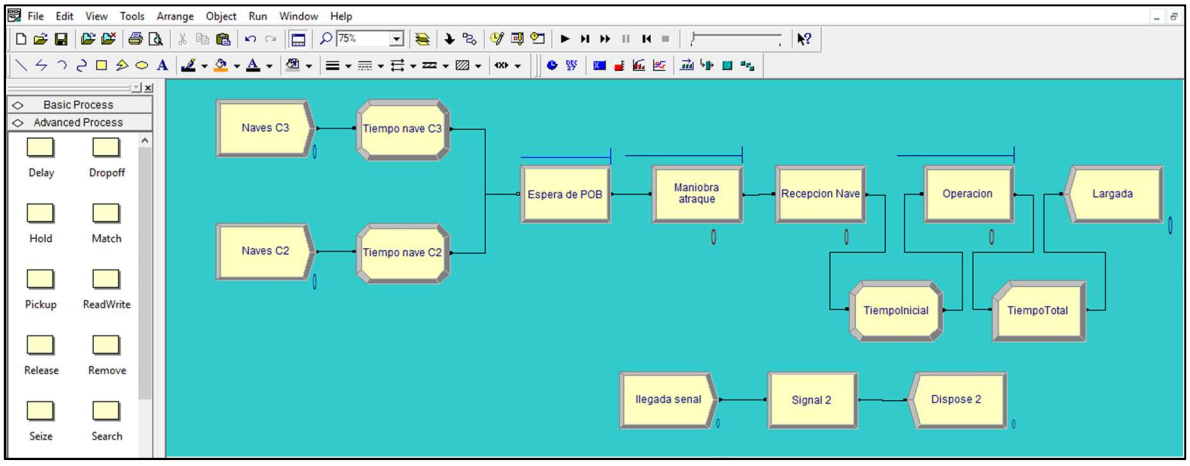
Resultado de esto se muestra a continuación un extracto de la matriz donde se registraron los tiempos atribuibles a cada una de estas actividades. Es importante mencionar que los datos extraídos de la operación se registraron respetando la secuencia de descarga establecida para cada una de las naves.

5.3.3 SIMULACIÓN DEL PROCESO

De acuerdo con lo expuesto en el capítulo anterior se desarrolló un modelo a través del software de simulación ARENA con el propósito de verificar si los ajustes definidos para la operación implican una mejora y lograr reducir al menos un 10% los tiempos de sobrestadía.

Para lo anterior primero se elaboró un diagrama de flujo requerido por el software y necesario para representar y modelar el sistema de descarga.

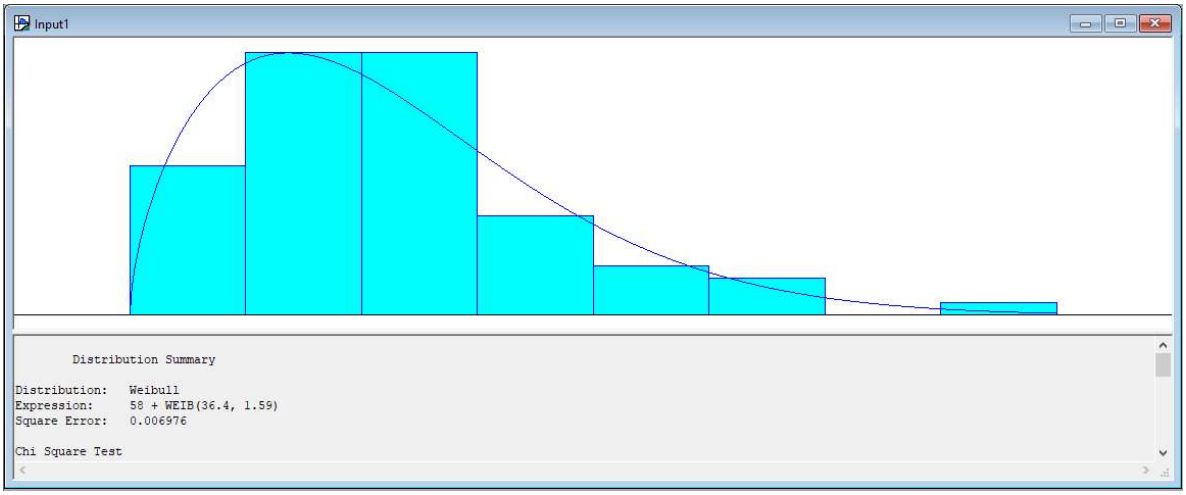
Imagen Nº 7: “Modelación del proceso de descarga”



Fuente: Elaboración propia con información aportada por ARENA

A esto se debe sumar el análisis de los datos y eventos para determinar de acuerdo con ARENA que tipo de comportamiento tienen los datos.

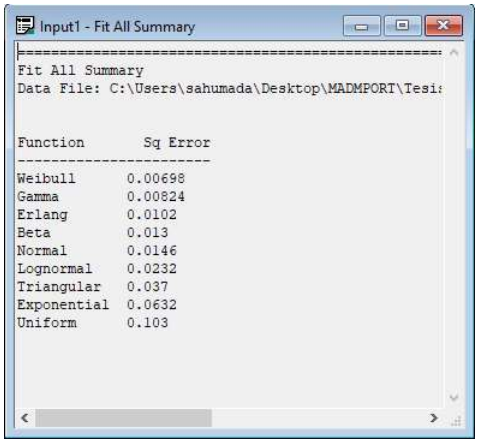
Imagen Nº 7: “Curva de comportamiento de datos en la operación”



Fuente: Elaboración propia con información analizada por ARENA

Esta gráfica cuenta con el ajuste de la curva de acuerdo con una comparación que realiza el software según el coeficiente de error.

Imagen Nº 8: “Resultado del ajuste de ARENA”



Fuente: Elaboración propia con información analizada por ARENA

Después del ajuste de las curvas y la comparación del coeficiente de error se ingresaron los parámetros a los módulos lógicos y de datos del modelo para correr el escenario 1 que es la condición actual del proceso de descarga.

Imagen Nº 8: “Resumen detalle de parámetros escenario 1”

Escenario 1					
Naves	Tiempo llegada	Maniobra atraque	Recepción nave	Llegada de señal	Tiempo oper
C2	7 + WEIB(456, 1.16)	LOGN(2.97, 2.7)	-0.001 + GAMM(1.15, 1.79)	55 + ERLA(24.7, 2)	55 + 91 * BETA(1.07, 2.18)
C3	8 + WEIB(447, 1.03)				74 + WEIB(36.4, 1.59)

Fuente: Elaboración propia con información analizada por ARENA

Luego de lo anterior se realizaron los ajustes a los parámetros y datos para determinar el escenario 2 con el objeto de lograr el resultado esperado del modelo que es el reducir en al menos un 10% el tiempo de sobrestadía de las naves.

Imagen Nº 9: “Resumen detalle de parámetros escenario 2”

Escenario 2					
Naves	Tiempo llegada	Maniobra atraque	Recepción nave	Llegada de señal	Tiempo oper
C2	7 + WEIB(456, 1.16)	LOGN(2.97, 2.7)	-0.001 + GAMM(1.15, 1.79)	43 + WEIB(43.3, 1.73)	43 + 91 * BETA(1.07, 2.17)
C3	8 + WEIB(447, 1.03)				58 + WEIB(36.4, 1.59)

Fuente: Elaboración propia con información analizada por ARENA

Resultado de las corridas de los 2 escenarios y sus respectivos antecedentes se obtuvieron los siguientes resultados:

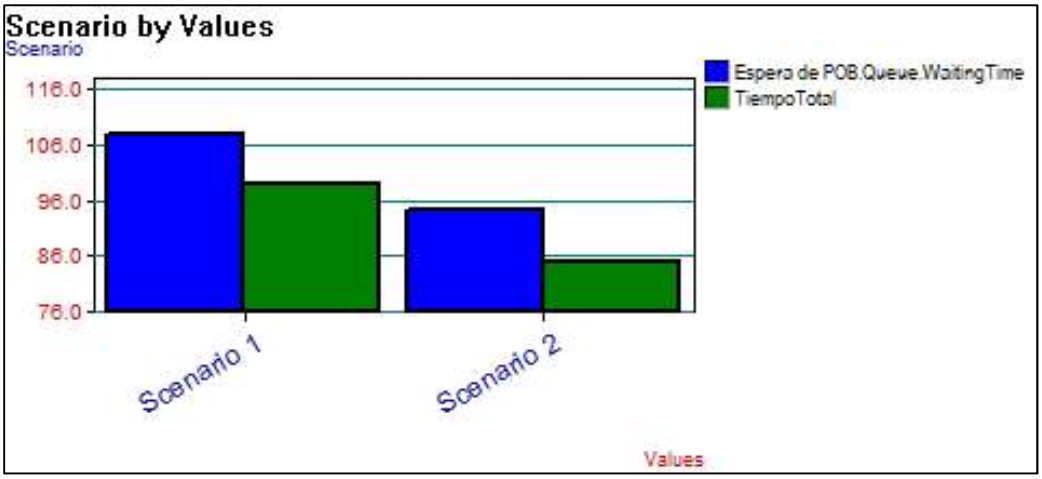
Imagen Nº 10: “Cuadro comparativo de los escenarios”

	Scenario Properties				Responses	
	S	Name	Program File	Reps	Espera de POB.Queue.	TiempoTotal
1		Scenario 1	11 : Model1	1	108.069	98.882
2		Scenario 2	3 : Model1 Si	1	94.162	84.971

Fuente: Elaboración propia con información analizada por ARENA

De lo anterior el software ARENA entregó la siguiente imagen que explica gráficamente los resultados obtenidos.

Imagen Nº 11: “Gráfica de resumen de los escenarios”



Fuente: Elaboración propia con información aportada por ARENA

En conclusión, de esta etapa y de acuerdo con los resultados obtenidos se puede demostrar que el realizar los ajustes al proceso específicamente el reducir los tiempos de los remates de bodega implica una reducción de los tiempos de operación que satisfacen el objetivo planteado para el proyecto, dado que el tiempo promedio total de la operación en el escenario 2 significa una disminución del 14% de los tiempos respecto del escenario 1.

Además de esto es importante mencionar que uno de los efectos producidos por esta reducción en los tiempos de operación y que ayuda al cumplimiento del objetivo es la reducción de los tiempos de espera de la nave por practico en la zona de fondeo.

Tal como en el alcance del proyecto esto ultimo es una variable que no controla puerto dado que el arribo depende del programa de naves elaborado por el cliente y que además está sujeto al programa de generación de la planta termoeléctrica. No obstante, el modelo demuestra que el realizar esta mejora en los tiempos también implica una reducción del 12% de los tiempos asociados a la espera de práctico en zona de fondeo e inicio del proceso de atraque.

5.4 ETAPA IMPLEMENTACIÓN

Durante esta fase se elaboró un plan de mejora que considera las acciones necesarias para optimizar el proceso de descarga y cumplir con el objetivo del proyecto. Este plan es el resultado del análisis de la información obtenida de la utilización de todas las herramientas y métodos más utilizados en este tipo de problemas.

Se debe mencionar que la ejecución de este plan esta sujeta a la revisión por la gerencia de operaciones dado que se debe consultar al personal que desarrolla las actividades debido a que se estaría frente a un cambio relevante de la operación.

A continuación, se muestra el plan desarrollado para implementar las mejoras identificadas:

Imagen Nº 12: “Plan de implementación”

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

	Nombre del Proceso	**Estandarización Metodo de descarga (buenas Practicas de grueros)**		
	Area, Sección, Depto	**Operaciones Muelle**		
	Dueño de Proceso	**Jefe de Operaciones - Ingeniero de Gestión Operacional**		
N°	**Acción (Qué se va a hacer)**	**Objetivo**	**Método (Cómo se va a hacer)**	**Asignación Tareas (Quién o Quienes)**
1	Mejorar metodología del proceso de descarga	Optimizar proceso de descarga de carbón	A.-Revisión de metodología con equipo de operaciones. Las modificaciones deben incluir tabla con valores de descarga promedios, forma descargar bodega (forma pareja en toda la superficie evitando desprendimiento abrupto de material). Incluir tareas descuelgue oportuna y controlada.	Jefe de Operaciones
				Ingeniero de Gestión Operacional
				Operador Nave
				Grueros
				Supervisores Naves
			B.-Definir calculo estandar del flujo descarga por tolva en sala de control.	Operador Sala de Control
2	Identificar mejoras en proceso de remate de bodega		A.-Revisión del equipos y procedimientos utilizados durante el proceso de acopio y barrido de bodega durante su remate. Busqueda de alternativas para lograr ser más eficientes en la descarga y remate de bodegas.	Jefe de Operaciones
				Ingeniero de Gestión Operacional
				Operador Nave
				Grueros
				Supervisores Naves
3	Estandarizar y difundir metodolog		A.-Estandarizar metodología a tráves de procedimiento e instructivos.	Jefe de Operaciones
			B.-Asegurar el entedimiento y aprendizaje de metodología	Ingeniero de Gestión Operacional

Fuente: Elaboración propia con información aportada por PVSA

5.5 ETAPA CONTROL

Durante esta última etapa se deben controlar y ejecutar las mejoras implementadas con el objeto de validar los resultados esperados. Para esto se debe generar un Plan de Control para la implementación y seguimiento de las mejoras con el objetivo de asegurar el logro de los beneficios esperados y mantener su nivel de contribución a la empresa. Si bien se realizaron simulaciones a través de software de los distintos escenarios, es necesario el realizar previamente la implementación del plan de mejora que se encuentra sujeta a la revisión y aprobación por las entidades que participan del servicio.

6 CONCLUSIONES

A partir de las conclusiones obtenidas durante el proceso de investigación y de los resultados alcanzados en las etapas de medición y análisis se deduce que, dadas las condiciones y características actuales del proceso de estudio, es factible el realizar cambios en la metodología utilizada, principalmente en mejorar a la planificación y estandarización de los criterios utilizados por los operadores grúa en el movimiento de carga. Esto apunta a optimizar los tiempos de la operación, controlar el desarrollo de las actividades críticas que afectan la eficiencia y mejorar la velocidad de transferencia que impacta en la productividad del proceso.

De acuerdo con lo anterior y para cumplir con los objetivos definidos de este proyecto, se elaboró un plan de trabajo que contiene las actividades necesarias para identificar las oportunidades de mejoras a través de la revisión de la secuencia del proceso y subprocesos, además de revisar y unificar los criterios de los operadores grúa y la forma en que se debe descargar una bodega para minimizar las demoras y el pago de penalización, y por ultimo realizar una búsqueda de alternativas de mejoras a los equipos y recursos utilizados con el objeto de lograr ser más eficientes en la descarga y en los remates de bodegas.

Resultado de esto se diseño un modelo matemático, a través del software de simulación ARENA con el propósito de verificar el desempeño del sistema actual (escenario 1) y comprobar, con el ajuste de algunos parámetros, la factibilidad de realizar las mejoras propuestas (escenario 2). Los ajustes consideran una reducción en al menos de 1 hora el promedio de los tiempos de remate por bodega.

En resumen, se comprobó que la implementación de estas mejoras en el escenario 2, permitirían reducir los tiempos promedios de la operación de las naves en al menos un 14% lo que significan 14 horas menos de estadía de la nave respecto de los tiempos utilizados en el escenario 1. Adicional a lo anterior debemos mencionar que el modelo también demuestra una reducción del 13% de los tiempos asociados a la espera de práctico en zona de fondeo e inicio del proceso de atraque, que también significó un total de 14 horas menos de espera de la nave para ser atendida habiendo disponibilidad del sitio.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con los resultados operacionales y económicos:

Cuadro Nº 13: “Cuadro resumen análisis operacional-económico”

Resumen análisis operacional		
Items	**Unidad**	**Cantidad**
Tiempo Total (E1)	[Hrs]	98,8
Tiempo Total (E2)	[Hrs]	84,9
Diferencia	[Hrs]	13,9
Menos Tiempo Promed. Maniobras	[Hrs]	4
Tiempo efectivo disponbible	[Hrs]	9,9
N° promed naves atendidas	[u]	37
Tiempo total disponible	[Hrs]	366,3
N° de naves por atender anual	[Hrs]	4
Resumen análisis económico		
Items	**Unidad**	**Cantidad**
Volumen promedio por nave	[Ton]	68.000
Total volumen a transferir	[Ton]	293.385
Tarifa promedio por tonelada	[USD/Ton]	2
Total beneficio económico anual	[USD]	400.000
Total demurrage menos	[USD]	284.022

Fuente: Elaboración propia con información aportada por PVSA

En consecuencia, para lograr la implementación del plan de mejora y obtener los resultados esperados del proyecto, se requiere del acuerdo y compromiso de las jefaturas, supervisores, operarios del terminal y de sindicatos.

7 BIBLIOGRAFÍA

Alden, J. B. (2006). *General Motors Increases Its Production Throughput* (Vol. 36).

Camelo, G. R. (2010). APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS Y DE LA SIMULACIÓN AL EMBARQUE DE MINERAL DE HIERRO Y MANGANESO EN LA TERMINAL MARÍTIMA DE PONTA DA MADEIRA. *Revista Gestão Industrial , 6*.

Carreras, M. R. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.

Chase, Jacobs, & Aquilano. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y cadena de suministro.* McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Cutrim, S. S. (2017). SIX SIGMA IN VALE PORT OPERATION AND LOGISTICS: CASE STUDY AT THE PONTA DA MADEIRA MARITIME TERMINAL. *Revista Eletronica De Estrategia E Negocios-Reen , 10*, 186-210.

Goldratt, E. M. (1990). *Theory of constraints.* Croton-on-Hudson.

Goldratt, E. M., & Cox, J. (1984). *The goal: excellence in manufacturing.*

Guerrero Hernández, M. A. (2014). Discrete event simulation of the commodities' supply chain exportation. *Revista chilena de ingeniería , 22*, 257-262.

Howeg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of operations management, , 25* (2), 420-437.

Jafari, H. (2013). *Increase the Efficiency Rate of Container Loading and Unloading Using Six Sigma Method* (Vol. 4). nternational Research Journal of Applied and Basic Sciences.

Mabin, V. J. (2003). *he performance of the theory of constraints methodology - Analysis and discussion of successful TOC applications* (Vol. 23). International Journal of Operations & Production Management.

Mariam Kotachi, G. R. (2013). Simulation Modeling and Analysis of Complex Port Operations with Multimodal Transportation. *Procedia Computer Science , 20*, 229-234.

Marlow, P. B. (2003). Measuring lean ports performance. *International journal of transport management , 1 (4)*, 189-202.

Martínez Jurado Pedro José, M. F. (2011). LEAN PRODUCTION Y GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA INDUSTRIA AERONÁUTICA,. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa , 17* (1), 137-157.

Ung, S. T. (2010). *A practical application of 'Six Sigma' to port operations.* Journal of Marine Engineering and Technology.

Ridwan, A. N. (2018). *Model of the port performance metrics in ports by integration six sigma and system dynamics* (Vol. 53). International Journal of Quality & Reliability Management.

Saeed Nooramin, A. R. (2011). *A Six Sigma framework for marine container terminals.* (Vol. 2(3)). International Journal of Lean Six Sigma.

Sapiña, R. Y.-S. (2012). Herramientas de simulación en terminales portuarias de contenedores.