

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Rediseño de galpones de producción en una planta procesadora de
acero”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

Jorge Luis Neira Robles

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios y a la Virgen, por otorgarme la sabiduría y la capacidad para poder llevar a cabo mi carrera universitaria y cumplir con uno de mis grandes objetivos.

A mis padres y hermanos quienes han estado presentes siempre, ya sea con una palabra de aliento o un detalle a lo largo de este camino.

A Romina Jama, quien ha sido prácticamente mi “compañera de tesis”, quien me ha brindado su compañía, cariño, paciencia y ha estado ahí todos estos días motivándome a ser mejor.

A mis tutores quienes me han impartido sus conocimientos y me han enseñado importantes lecciones de vida.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jorge Luis Neira Robles* y doy mi 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"



Jorge Luis Neira Robles

Autor

EVALUADORES



Jorge Abad M. Ph.D

PROFESOR DE LA MATERIA



Kleber Barcia V. Ph.D

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La industria XYZ, encargada de la fabricación y distribución de productos derivados del conformado de acero cuenta con dos galpones que comparten zonas de almacenamiento con máquinas. Los mismos tienen un 94% de la utilización de la capacidad de almacenamiento de producción diaria y el objetivo del proyecto es alcanzar como máximo el 80% de la utilización de la capacidad de almacenamiento de producción diaria a través del rediseño de los galpones y la creación de nuevos búferes de producción aumentando el rendimiento operativo y seguridad en el mediano plazo en los galpones de producción en una planta procesadora de acero.

Para lograrlo se utilizó la metodología DMAIC, la cual consiste en definir, medir, analizar, implementar y controlar el problema. De este modo se recopiló la información y se analizó los datos capturados para luego simular en el software de simulación Flexsim la situación inicial y las propuestas de mejora.

Con los resultados obtenidos de la simulación se logró reducir la utilización de la capacidad de almacenamiento de producción diaria a 71%, una disminución del inventario almacenado en el área de producción un 40%, y la eliminación de tiempos de bloqueo a causa de falta de espacio.

Con los resultados obtenidos se concluye que por medio del control de la variable de respuesta se logra controlar el inventario. Esto impacta positivamente a la productividad, las maniobras operativas, y a la seguridad dentro de planta.

Palabras Clave: Simulación, Almacenamiento, Utilización, DMAIC.

ABSTRACT

The XYZ industry, responsible for the manufacture and distribution of products derived from steel forming, has two warehouses that share storage areas with machines. They have 94% of the utilization of daily production storage capacity and the objective of the project is to reach a maximum of 80% of the utilization of the daily production storage capacity through the redesign of the sheds and the creation of new production buffers increasing operational performance and safety in the medium term in production halls in a steel processing plant.

To achieve this, the DMAIC methodology was used, which consists of defining, measuring, analyzing, implementing and controlling the problem. In this way, the information was collected and the captured data were analyzed and then simulated in the Flexsim simulation software the initial situation and the improvement proposals.

With the results obtained from the simulation it was possible to reduce the utilization of the storage capacity of daily production to 71%, a reduction of the inventory stored in the production area by 40%, and the elimination of blocking times due to lack of space.

With the results obtained, it is concluded that by controlling the response variable, inventory control is achieved. This positively impacts productivity, operational maneuvers, and safety within the plant.

Keywords: *Simulation, Storage, Utilization, DMAIC.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	3
1.1.1 Variables de interés.....	5
1.1.2 Alcance	6
1.1.3 Restricciones.....	7
1.2 Justificación del problema.....	9
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos Específicos	10
1.4 Marco teórico	10
1.4.1 DMAIC.....	10
1.4.2 VOC	11
1.4.3 SIPOC	11
1.4.4 CTQ.....	11
1.4.5 Simulación.....	12

1.4.6	Gestión de almacenes.....	12
1.4.7	Seguridad Industrial	12
1.4.8	Mejoramiento de procesos	12
1.4.9	Administración de operaciones	13
1.4.10	Stock	13
CAPÍTULO 2		
2.	Metodología	14
2.1	Medición	14
2.1.1	Plan de recolección de datos	15
2.1.2	Proceso detallado.....	15
2.1.3	Verificación de Datos	16
2.1.4	Distribución actual de planta	17
2.1.5	Capacidad de almacenamiento de producción	18
2.1.6	Puentes Grúas	20
2.1.7	Método de almacenamiento de paquetes de tubos.....	21
2.1.8	Destinos de productos.....	23
2.1.9	Desalojo de productos.....	23
2.1.10	Turnos y tiempo de operación.....	26
2.1.11	Cálculo de variable de respuesta	27
2.2	Análisis	27
2.2.1	Análisis modal de causas y efectos.....	28
2.2.2	Verificación de causas	29
2.2.3	Evaluación de soluciones.....	30
2.2.4	Priorización de soluciones.....	31
2.2.5	Solución Propuesta	33
2.3	Implementación	34

2.3.1	Supuestos del sistema	34
2.3.2	Simulación del estado actual.....	34
2.3.3	Verificación de datos simulados	35
2.3.4	Resultados simulación de estado actual	36
2.3.5	Descripción de soluciones.....	38
2.3.6	Simulación de Propuesta	41
2.3.7	Distribución Propuesta	44
2.3.8	Plano situación propuesta	45
2.4	Control	45
2.4.1	Actividades de Control y seguimiento	45
2.4.2	Poka Yoke.....	46
2.4.3	Costo de control	46
CAPÍTULO 3		
3.	Resultados y Análisis.....	47
3.1	Comparación entre Situación Inicial y Propuesta	47
3.1.1	Planos de situación Propuesta.....	48
3.2	Análisis financiero.....	49
3.2.1	Costos	49
3.2.2	Contingencia	49
3.2.3	Análisis de contingencia.....	51
CAPÍTULO 4		
4.	Conclusiones y Recomendaciones	52
4.1	Conclusiones	52
4.2	Recomendaciones.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....		54

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AMFE	Análisis modal de fallas y efectos
CTQ	Critical to Quality
KPI	Keep Performance Indicator
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Output, Client
VOC	Voice of the customer
WIP	Work in Process
ERP	Enterprise Resource System
PT	Producto Terminado

SIMBOLOGÍA

A	Área
D	Diámetro
L	Lado
D	Diámetro
S	Segundos
Min	Minutos
H	Horas
V	Volumen
paq	Paquete
Kg	Kilogramo
Ton	Toneladas
m	metros lineales
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
Ton/día	Toneladas por día
Km/h	Kilómetros por hora
m/min	metros por minuto
m/min	metros por minuto
ton/mes	Toneladas por mes
Ton/m ³	Toneladas por metro cúbico
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de Siderurgia	1
Figura 1.2 Metros cúbicos producidos en 2018	4
Figura 1.3 Árbol de variables críticas.....	5
Figura 1.4 Macroproceso y alcance	6
Figura 1.5 SIPOC y alcance del proyecto	7
Figura 1.6 Restricciones operativas.....	8
Figura 1.7 Restricciones de capacidad	9
Figura 2.1 Distribución actual de áreas de almacenamiento	18
Figura 2.2 Distribución actual de áreas de almacenamiento por tipo de producto.....	20
Figura 2.3 Distribución de puentes grúas en galpones	21
Figura 2.4 Método de almacenamiento en bodegas	22
Figura 2.5 Función de densidad de probabilidad	24
Figura 2.6 Función distribución acumulada	25
Figura 2.7 Verificación de causas	29
Figura 2.8 Lluvia de ideas de soluciones	30
Figura 2.9 Matriz de impacto vs esfuerzo	31
Figura 2.10 Matriz de impacto vs esfuerzo	33
Figura 2.11 Vista aérea de galpones simulados	35
Figura 2.12 Recopilación de datos.....	35
Figura 2.13 Gráfica de cajas de variable de respuesta	37
Figura 2.14 Gráfica de cajas de producción procesada	37
Figura 2.15 Gráfica de cajas de almacenamiento promedio	38
Figura 2.16 Gráfica de cajas Tiempo de bloqueo de máquinas	38
Figura 2.17 Propuesta de carro de traspaso.....	40
Figura 2.18 Gráfica de cajas de variable de respuesta con solución	42
Figura 2.19 Gráfica de cajas de producción procesada con solución	43
Figura 2.20 Gráfica de cajas de almacenamiento promedio con solución	43
Figura 2.21 Gráfica de cajas Tiempo de bloqueo de máquinas con solución	44
Figura 2.22 Plano propuesto por zonas de grúas	45
Figura 3.1 Plano de solución propuesta.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Porcentaje de utilización inicial	4
Tabla 2.1 Plan de recolección de datos	15
Tabla 2.2 Denominación de tubos de acuerdo al tipo de proceso	16
Tabla 2.3 Áreas y volúmenes de almacenamiento	17
Tabla 2.4 Capacidad volumétrica por zona.....	19
Tabla 2.5 Capacidad volumétrica por galpón.....	19
Tabla 2.6 Destinos de producción por proceso.....	23
Tabla 2.7 Tabla de probabilidades acumulada del tiempo de picking.....	25
Tabla 2.8 Turnos y tiempo de operación de procesos productivos	26
Tabla 2.9 Turnos y tiempo de operación de puentes	26
Tabla 2.10 Turnos y tiempo de operación de carros de transferencia	27
Tabla 2.11 Análisis modal de fallas y efectos del proceso de fabricación y almacenamiento.....	28
Tabla 2.12 Resumen de causas potenciales de falla de la fabricación y almacenamiento de productos.....	29
Tabla 2.13 Relaciones entre causas y soluciones	30
Tabla 2.14 Criterios de evaluación de soluciones.....	32
Tabla 2.15 Calificación de soluciones.....	32
Tabla 2.16 Costos de maniobras internas	39
Tabla 2.17 Costo de fabricación de carro de traspaso.....	40
Tabla 2.18 Aumento de horas operativas	42
Tabla 2.19 Nuevas zonas de almacenamiento de producción.....	44
Tabla 2.20 Actividades de personal de control	45
Tabla 2.21 Costo de actividades de personal de control	46
Tabla 3.1 Resultados Generales.....	47
Tabla 3.2 Áreas totales de propuesta	48

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La industria del acero, es una de las industrias de mayor crecimiento a nivel mundial con una variación desde 715 millones de toneladas métricas a 1.413 millones en el año 2010, y un aumento de producción del 5.5% anual. Para el año 2017, Latinoamérica representa el 4.14% de ventas a nivel mundial en productos laminados con 67.2 millones de toneladas con respecto a 64.8 millones de toneladas del año 2016 (Asociación Latinoamericana del acero, 2017). Esta industria se encuentra en un estado de madurez y es una de las actividades productivas que más se relacionan con el desarrollo económico y de innovación tecnológica.

La cadena siderúrgica, como se observa en la Figura 1.1, se puede clasificar en 3 eslabones: materia prima, productos intermedios y productos terminados. El eslabón de materia prima corresponde a la extracción de los minerales metálicos y la obtención del acero; el segundo eslabón, de productos intermedios, corresponde a la fabricación de piezas fundidas, lingotes, o laminación que da lugar a las bobinas. El tercer eslabón corresponde a los productos terminados y se dividen en dos: los laminados como barras, láminas, tuberías, varillas, etc (EKOS, 2018). Y la metalmecánica que corresponde a una reprocesamiento de los laminados como puede ser la fabricación de maquinarias, o productos metálicos elaborados.

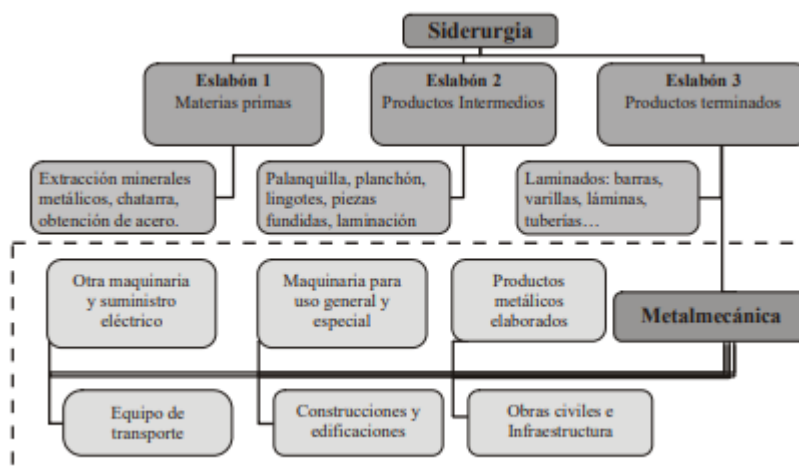


Figura 1.1 Diagrama de Siderurgia

Elaboración propia

En este tipo de industrias se mide la eficiencia por las toneladas reportadas, o toneladas fabricadas disponibles para la venta, lo cual lo convierte en un indicador crítico a nivel de dirección y uno de los principales objetivos estratégicos es el de aumentar la capacidad productiva manteniendo una alta eficiencia productiva y operativa en los recursos que se posee.

En la actualidad del Ecuador, la industria de la siderurgia procesa tanto productos intermedios como productos terminados, mientras que la materia prima se la importa de distintos puntos del globo. La oferta actualmente se encuentra marcada por pocas empresas dentro de este giro de negocio, sin embargo, debido a la amplia variedad de productos que se pueden fabricar a partir del acero y su estandarización ha provocado una alta competitividad entre las industrias ofertantes donde la disponibilidad, precio de venta y tiempo de respuesta juega un papel muy importante en las ventas. Se estima que el Ecuador está produciendo cerca del 30% del acero que se consume (Líderes, 2018).

El proceso de fabricación de tubos tiene una gran cantidad de variables que generan una amplia gama de productos. Para ello, las tuberías pasan por distintos procesos como el proceso de fabricación en tuberías, proceso de probado, proceso de galvanizado y proceso de roscado. El flujo de productos dependerá del tipo de tubo que se fabrica. Los tubos salientes de las tuberías que no necesitan pasar por un proceso subsecuente son reportados a ventas. El proceso genera desperdicios operativos como lo son el inventario, traslado de material, movimientos internos y esperas a causa de la locación de procesos y productos.

Este proyecto busca proponer una mejora al proceso de almacenamiento de productos fabricados en los procesos de fabricación de tuberías utilizando la metodología DMAIC. Para ello, se realiza el proyecto en una empresa procesadora de acero la cual su giro de negocio se centra en la fabricación de productos terminados de conformación y laminación en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Esta empresa cuenta con 4 tuberías, 1 área de probado, 1 planta de galvanizado y 1 área de roscado y busca la reducción o eliminación de los distintos desperdicios operativos.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, el departamento de producción presenta quejas en dos galpones compartidos entre producción y almacenamiento por el poco espacio que tiene disponible para almacenar los productos fabricados durante el día y aquellos que se dirigen a otros procesos hasta ser convertidos en productos terminados. Dentro de los galpones se encuentran cuatro procesos productivos que son la fabricación de tuberías a partir de flejes de acero, probador hidrostático de tuberías, planta productiva de galvanizado en caliente y roscado de tuberías; el flujo de materiales depende del tipo de producto que se está fabricando. La empresa cuenta con cuatro tuberías, un probador hidrostático, un área de galvanizado y un área de roscado. En la actualidad, se evidencian niveles de inventario elevados y almacenamiento de paquetes de forma insegura.

Dentro de la planta de producción no hay zonas de almacenamiento claras, el producto es almacenado considerando el primer espacio disponible, lo cual genera desorden dentro de los galpones, incluso, los paquetes son almacenados en los pasillos o en zonas cercanas a máquinas, lo cual conlleva a riesgos que deben ser eliminados.

Es por ello que se crea un indicador que esté relacionado con el almacenamiento de productos en el área de producción. Para el caso específico, se define la utilización del espacio de almacenamiento del área de producción, el mismo que es medido para poder cuantificarlo en el mes de octubre 2018. Históricamente, como se puede observar en la Figura 1.2, el mes de octubre 2018 corresponde al mes en el que más producto se fabricó, por lo que impacta en los niveles de inventario y su ordenamiento.

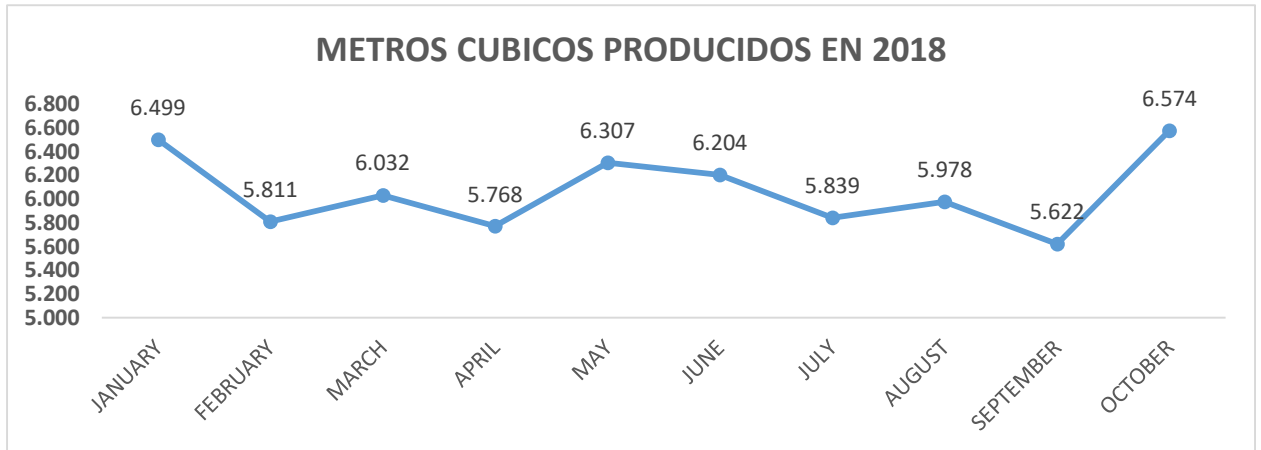


Figura 1.2 Metros cúbicos producidos en 2018

Elaboración propia

Para calcular el indicador, se contaron diariamente la cantidad de paquetes almacenados sobre la cantidad de metros cúbicos que tiene el área de producción. Los resultados de la recopilación se muestran en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1 Porcentaje de utilización inicial

Elaboración propia

Descripción	Empaquetado	Almacenamiento Galpon 1	Por Galvanizar	Por Roscar	Roscado	Almacenamiento Galpon 2	Total
Inventario físico utilizado (m3)	122	864	631	212	395	1430	3655
Capacidad (m3)	77	1111	745	395	211	1343	3882
Utilización	158,5	77,8	84,7	53,8	187,0	106,5	94,1

Este problema representa un grave inconveniente operativo por lo que es de interés de la dirigencia establecer y delimitar el espacio físico para los productos en proceso de producción con la finalidad de reducir el desorden y errores en desalojo de productos. Se define el problema del proyecto como:

“De acuerdo con los registros, en octubre de 2018 una empresa procesadora de acero tiene 94% de Utilización de la capacidad de almacenamiento diaria de producción cuando la compañía desea que sea a lo mucho un 80%”.

1.1.1 Variables de interés

Una vez comprendidos los intereses de la dirección y el problema a resolver se realizan reuniones con todos los involucrados en el sistema “Clientes” dentro del proceso para identificar sus distintas necesidades. A este proceso se le llama identificación de la voz del cliente, y tiene como objetivo determinar las variables críticas del proceso por medio del árbol de variables críticas como se muestra en la Figura 1.3

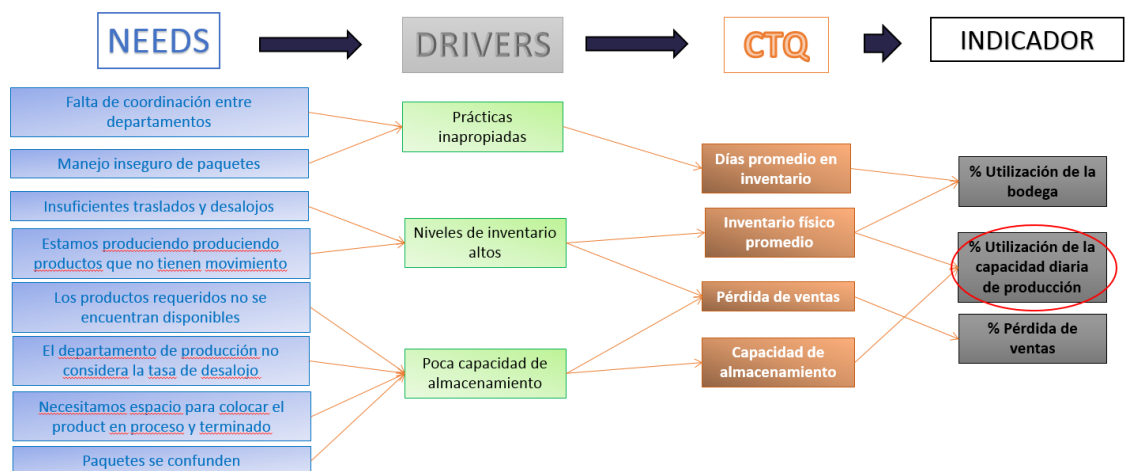


Figura 1.3 Árbol de variables críticas

Elaboración propia

Es preciso determinar la variable de respuesta del problema a resolver, la misma con la que se medirá la eficiencia del proyecto. En este caso, se escogerá como variable de respuesta al porcentaje de la utilización de la capacidad de almacenamiento diaria de producción debido a que está relacionada con el ordenamiento y seguridad dentro de la fábrica, además de ser el indicador que más relaciona las distintas necesidades de la procesadora de acero. Un alto indicador de utilización implica más riesgos para el operador. De este modo, la variable de respuesta se calculará considerando el producto inventariado por el departamento de producción en las zonas de almacenamiento ya definidas.

$$\% \text{ Utilización de capacidad de almacenamiento diario de producción} = \frac{\text{Producción Diaria Inventariada}}{\text{Capacidad de almacenamiento diario}} \quad (1.1)$$

1.1.2 Alcance

Para definir el alcance del proyecto se consideran las necesidades de los directivos, la voz de los clientes del proceso, y las distintas restricciones como lo son el acceso a la información, el tiempo de implementación y los recursos. Se usará la herramienta SIPOC para definir el alcance del proyecto, para ello, se define el proceso a ser analizado, los proveedores, entradas, salidas y clientes de este.

De la Figura 1.4 y Figura 1.5 se observa que el alcance engloba desde el procesamiento de los tubos negros hasta el proceso de roscado y reporte. A lo largo del proyecto se asumirá que la planificación y el desalojo de productos no se modificarán debido a que son decisiones que están fuera de los objetivos del proyecto.

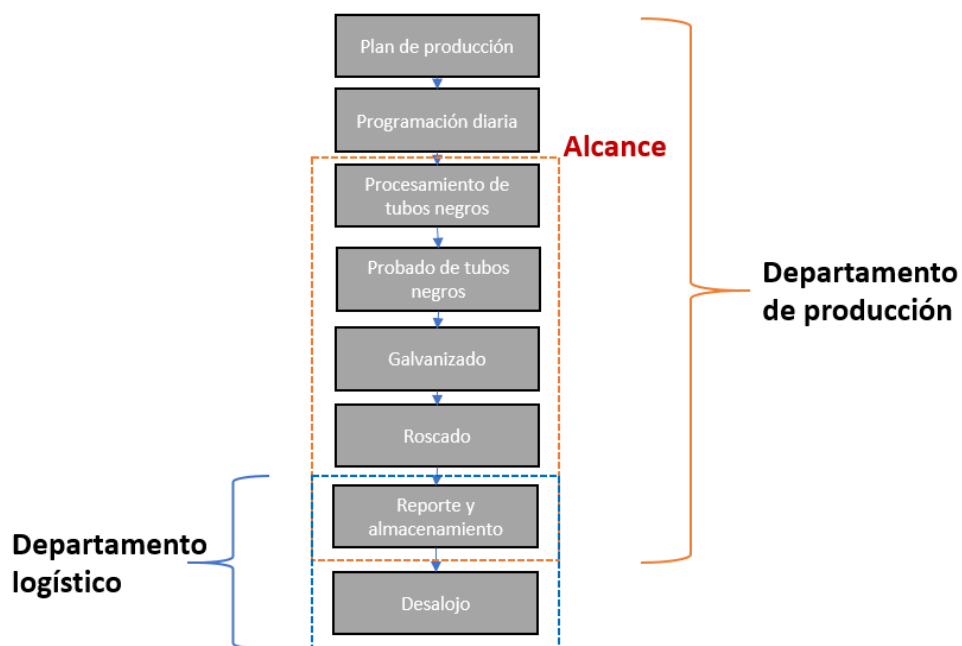


Figura 1.4 Macroproceso y alcance

Elaboración propia

Proveedores	Entrada	Proceso	Salida	Clientes
Planificador de producción, Planificador de ventas, Jefe de Logística	Ventas, Inventario	Creación de Orden de producción	Plan de producción	Supervisor de línea, mantenimiento, logística y ventas
Mantenimiento, Cortadoras	Flejes, Rodillos, Insumos de producción, Orden de producción	Procesamiento de orden de producción	Tubos para probador, galvanizado, reproceso, y ventas.	Planta de galvanizado, supervisor de bodega, probador, supervisor de línea y ventas
Supervisor y coordinador de línea	Reporte y almacenamiento, aprobación de calidad, inventario y plan de producción	Transferir productos a procesos subsecuentes	Tubos para ventas	Ventas, logística y Calidad
Supervisor de bodega, supervisor de línea	Espacio físico disponible, Puente grúa	Almacenamiento y reporte de productos	Tubos listos para despacho	Ventas, Logística, Calidad, Clientes

Alcance del proyecto



Figura 1.5 SIPOC y alcance del proyecto

Elaboración propia

1.1.3 Restricciones

Las restricciones se dividen de acuerdo al tipo de restricción que puede ser operativo o de capacidad. Los tipos de restricciones operativas son las restricciones por transportes y la ubicación de activos; las restricciones de capacidad son las restricciones de almacenamiento.

Transporte

- Cantidad de puentes grúa
- Velocidad de puentes grúa
- Capacidad de carga de puentes grúa
- Ubicación de puente grúa
- Método de transportación de paquetes

Ubicación de activos

- Ubicación de máquinas
- Ubicación de zonas de almacenamiento
- Área ocupada por máquinas
- Área ocupada por zonas de almacenamiento
- Costos de obra civil
- Orientación de máquinas
- Tasa de producción de máquinas

Almacenamiento

- Altura de bodega
- Altura máxima de almacenamiento
- Forma de paquete
- Tipo y calidad de producto
- Distribución actual de planta
- Método de almacenamiento

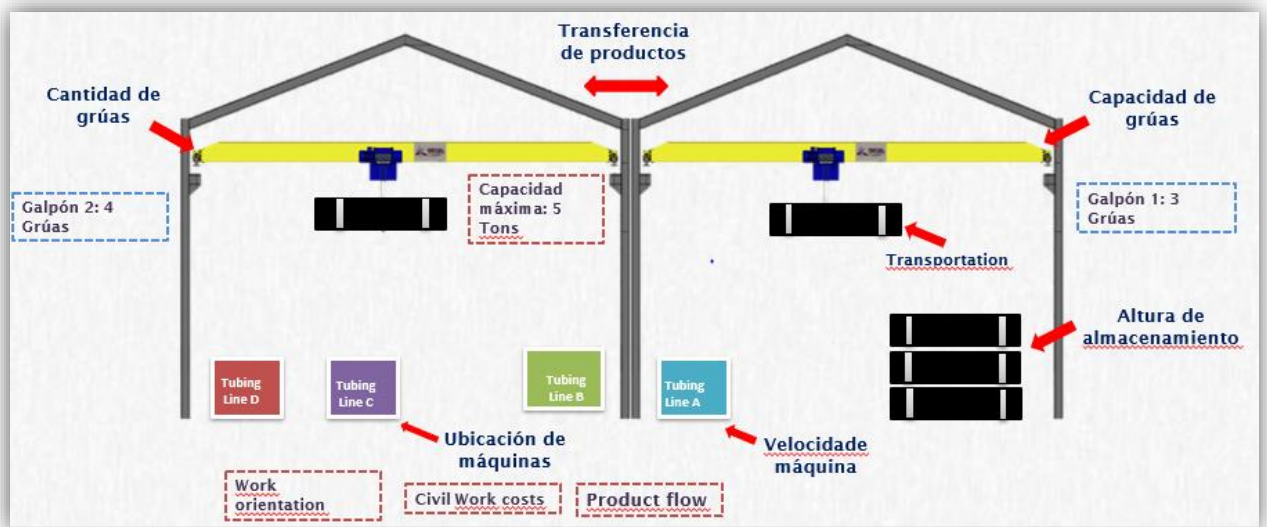


Figura 1.6 Restricciones operativas

Elaboración propia



Figura 1.7 Restricciones de capacidad

Elaboración propia

1.2 Justificación del problema

La empresa procesadora de acero ha presentado un nivel de crecimiento de ventas del 24% en los últimos 3 años. Este crecimiento está relacionado al aumento de la capacidad productiva que ha permitido satisfacer un mayor porcentaje de la demanda del mercado nacional e internacional. El aumento de la demanda exigió en su momento una estrategia distinta de planificación y a su vez generar más inventario. Sin embargo, se dejaron a un lado algunas decisiones estratégicas operativas con el fin de abastecer a la demanda.

Se busca alcanzar un mejor nivel de ordenamiento y seguridad de bodega y para ello se deberá realizar un análisis de la cantidad de espacio que realmente necesitan las distintas áreas para evitar conflictos entre los departamentos de producción y logística.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Alcanzar como máximo el 80% de la utilización de la capacidad de almacenamiento de producción diaria a través del rediseño de los galpones y la creación de nuevos búferes de producción aumentando el rendimiento operativo y seguridad en el mediano plazo en los galpones de producción en una planta procesadora de acero.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Localizar el mejor lugar para los buffers de inventario analizando las capacidades necesarias por tipos de productos.
- Mejorar la coordinación entre logística y producción logrando la disminución de movimientos innecesarios.
- Mejorar el rendimiento y los sistemas de control de inventario para el aseguramiento del correcto estado de las bodegas.
- Simular propuesta proponiendo una solución que logre satisfacer las necesidades de la empresa.

1.4 Marco teórico

1.4.1 DMAIC

Es la metodología de mejora de procesos usado por Seis Sigma, es un método iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada. (Ocampo & Pavón, 2012)

DMAIC consistente de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí; Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.

Definir

Esta es la primera fase de la metodología, en la cual se identifican posibles proyectos de mejora dentro de la empresa y en conjunto con la dirección de la misma se seleccionan los que se juzgan más prometedores.

Medir

Luego de haber encontrado el problema a atacar, se debe de establecer qué características determinan el comportamiento del proceso. Es necesario identificar las variables de desempeño y variables de entrada.

Analizar

En esta etapa se analizan los datos obtenidos del estado actual del proceso y se determinan las causas de este estado y las oportunidades de mejora. Aquí se establece si el problema es real o es solo un evento aleatorio, el cual no puede ser solucionado usando DMAIC.

Mejorar

Una vez que se ha determinado que el problema es real, se deben identificar posibles soluciones. En esta fase del proceso se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora.

Controlar

Una vez que se encontró la manera de mejorar el desempeño del sistema, se necesita encontrar como asegurar que la solución pueda sostenerse sobre un período largo de tiempo; es por ello que se debe de diseñar e implementar una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente. (Ocampo & Pavón, 2012)

1.4.2 VOC

La voz del cliente es la retroalimentación de los clientes actuales y futuros, que indica ofertas de servicios que satisfacen, y no les satisfacen. Se puede obtener la voz del cliente a través de muchas formas, incluyendo encuestas, grupos de enfoque y entrevistas. (Angulo & Lombeida, 2017)

1.4.3 SIPOC

El diagrama SIPOC es una herramienta en la cual se analiza todo lo que involucra a un proceso en particular tales como los proveedores y el cliente, la entrada y salida del proceso, se describe el proceso objeto a análisis y sus subprocesos, además los requerimientos de insumos y productos. (Aguilar & Salazar, 2012)

1.4.4 CTQ

Critical to Quality por sus siglas en inglés, es un atributo o característica de calidad de un producto o servicio que es importante bajo la expectativa del cliente.

Para determinar los CTQ se debe conocer la voz del cliente interno o externo; ya que mediante la VOC se puede conocer cuál es el grado de satisfacción que el cliente tiene. (Morales, 1981)

1.4.5 Simulación

La simulación consiste en estimar o intentar duplicar las características, funcionalidades y apariencia de un sistema real. Es un método que permite aprender y obtener una retroalimentación acerca de experimentos de la situación real con un modelo que representa al sistema.

Para lograrlo se utilizan expresiones matemáticas y lógicas que describirán cómo obtener el valor de datos de salida una vez ingresado los datos. (Massuh, 2015)

1.4.6 Gestión de almacenes

La gestión de almacenes es un proceso crítico para lograr la administración correcta y eficiente de los recursos y capacidades del almacén, dependiendo de las características físicas y propias de los elementos almacenados.

La gestión de un almacén siempre variará de acuerdo al tipo de procesos y productos que tiene la empresa, de modo que cada solución es distinta para cada situación. Sin embargo, es importante tener presente tres puntos elementales como son: la facilidad del recuento, minimizar recorridos, y minimizar tráfico y riesgos. (Massúh, 2012)

1.4.7 Seguridad Industrial

Es el conjunto de procedimientos y normas que crean un ambiente seguro de trabajo, con el principal objetivo de evitar pérdidas personales y materiales. Así mismo, es la confianza de realizar un trabajo determinado sin llegar al descuido. (Valencia, 2008)

1.4.8 Mejoramiento de procesos

Los procesos de la empresa son en la actualidad, el principal factor del costo de una organización. Más aún que los procesos productivos. Existe una tendencia actual que se enfoca en la mejora de los procesos para así reducir los costos. (Reina, 2013)

1.4.9 Administración de operaciones

La administración de operaciones es la responsable de la producción de bienes y servicios de las organizaciones, es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones. (Jijon & Alexis, 2017)

1.4.10 Stock

Cantidad de materias primas, productos en proceso, productos terminados, herramientas. Que es necesario almacenar con el fin de comenzar la variación entre el flujo de producción y flujo de consumo. (Mendoza & Rincón, 2012)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Con el fin de poder resolver el problema previamente definido en el Capítulo 1 de una manera estructurada, se utilizó la metodología DMAIC, la cual está conformada por las fases de: Definición, Medición, Análisis, Mejora e Implementación y Control. Dado que en el capítulo anterior ya se definió el problema a resolver, a continuación, se detalla las actividades realizadas correspondientes a cada una de las fases posteriores a la definición, con sus respectivos elementos.

En la etapa de Medición se encuentran elementos que permitirán conocer con mayor detalle el comportamiento de las variables independientes y dependientes del problema a atacar, con su respectiva verificación. La etapa de Análisis muestra el proceso con el cual se determinaron las causas raíces del problema, mientras que en las etapas de Mejora, Implementación y Control se encuentran detalles de las soluciones que fueron llevadas a cabo para resolver el problema, así como medidas de control que garanticen la sostenibilidad de la solución implementada.

2.1 Medición

Una vez definido el problema a atacar, con su respectivo objetivo, alcance y variable de respuesta, se procede a levantar información sobre el proceso de fabricación de productos, así como de las variables de interés del problema, con el fin de obtener un mapeo general de las posibles causantes del problema. Para ello, fue necesario realizar un plan de recolección de datos que permita obtener la información requerida con un propósito definido, así como la verificación de la confiabilidad de los datos obtenidos; para luego entrar a detalle con los procesos en estudio mediante diagramas funcionales, con el fin de poder analizar dicha información y así determinar las posibles causantes del elevado nivel de utilización.

2.1.1 Plan de recolección de datos

Con el fin de levantar información de las variables de interés del problema a resolver, se establece un plan de recolección de datos que permita obtener dicha información de manera estructurada, con objetivos y responsables bien definidos. Para el desarrollo del plan de recolección de datos, básicamente se tomó en cuenta la medición de las variables respuesta, variables dependientes, restricciones y los datos requeridos para la elaboración del mapeo de la cadena de valor del proceso estudiado, tal como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

Elaboración propia

Paso del proceso	CTQ		Métrica	Unidad de medida	Tipo de dato	Definición Operacional	Cómo medir	Tamaño de muestra	Frecuencia	Ubicación de datos	Persona responsable
	Entrada	Salida									
Procesamiento de tubos negros	Tasa de producción	Productos Conformes	Producción total por proceso	Unidades	Cuantitativo - Continuo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Merma tota	%		Base de datos	Colección de datos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Desalajo	Minutos	Cualitativo	Base de datos	Colección de datos	30	Veces	Planta de producción	Jorge Neira
			Naturaleza del producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Almacenamiento de producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Descripción de producto	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
	Capacidad de almacenamiento	Utilización de almacenamiento	Destino de productos	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
Proceso de testeado	Tasa de producción	Productos Conformes	Producción total por proceso	Unidades	Cuantitativo - Continuo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Merma tota	%		Base de datos	Colección de datos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Desalajo	Minutos	Cualitativo	Base de datos	Colección de datos	30	Veces	Planta de producción	Jorge Neira
			Naturaleza del producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Almacenamiento de producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Descripción de producto	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
	Capacidad de almacenamiento	Utilización de almacenamiento	Destino de productos	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
Proceso de galvanizado	Tasa de producción	Productos Conformes	Producción total por proceso	Unidades	Cuantitativo - Continuo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Merma tota	%		Base de datos	Colección de datos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Desalajo	Minutos	Cualitativo	Base de datos	Colección de datos	30	Veces	Planta de producción	Jorge Neira
			Naturaleza del producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Almacenamiento de producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Descripción de producto	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
	Capacidad de almacenamiento	Utilización de almacenamiento	Destino de productos	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
Proceso de roscado	Tasa de producción	Productos Conformes	Producción total por proceso	Unidades	Cuantitativo - Continuo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Merma tota	%		Base de datos	Colección de datos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Desalajo	Minutos	Cualitativo	Base de datos	Colección de datos	30	Veces	Planta de producción	Jorge Neira
			Naturaleza del producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Almacenamiento de producto	Global		Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
			Descripción de producto	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira
	Capacidad de almacenamiento	Utilización de almacenamiento	Destino de productos	Global	Cualitativo	Base de datos	Datos Históricos	Production 2018	Diaria	Reportes	Jorge Neira

2.1.2 Proceso detallado

El proceso sigue de la siguiente forma:

Una vez que se ha planificado la producción y generado la orden de producción se gestiona la generación de una orden de corte en las cortadoras de bobinas. Las bobinas se transforman en flejes que posteriormente alimentarán al proceso de fabricación de tubos en las tuberías. El supervisor de tuberías verifica la existencia de los flejes y programa la producción diaria de acuerdo al plan de producción. El proceso de fabricación en las tuberías transforma los flejes de bobina en tubos. Los tubos son empaquetados, trasladados y almacenados de acuerdo al destino que puede ser el proceso de probado, proceso de galvanizado y proceso de ventas. En caso de pasar al proceso de ventas, el

departamento de logística se encarga de su reubicación en la bodega de producto final. Para los procesos de probado, es posible que el tubo sea redireccionado al área de galvanizado o directamente avanzará al área de roscado. Después de ser galvanizados, los tubos pasan directamente al área de roscado. El área de roscado produce productos terminados que el departamento de logística luego trasladará a bodega de producto final para su despacho. En la Tabla 2.2 se puede observar cuál es la denominación de los tubos, de acuerdo al proceso detallado anteriormente.

Tabla 2.2 Denominación de tubos de acuerdo al tipo de proceso

Elaboración propia

Producto/Proceso	Fabricación en Tuberías	Roscado	Galvanizado	Testing
Tubos en negro	X			
Tubos Galvanizados	X	X	X	
Tubos Roscados	X	X		
Cañerías Galvanizadas	X	X	X	X

2.1.3 Verificación de Datos

- La producción total por proceso es obtenida por medio de los reportes históricos de producción, de modo que es información que ha sido inventariada y auditada.
- El desecho generado por proceso es obtenido por medio de los reportes históricos de producción, de modo que es información que ha sido inventariada y auditada. Representa un valor del 2% del total por lo que no es considerado dentro del proyecto.
- La naturaleza del producto, sus especificaciones y almacenamiento son estimadas de acuerdo con la norma a la que están sujetas.
- El destino de los productos fabricados es obtenido por medio de los reportes históricos de producción de modo que es información que ha sido inventariada y auditada.

- El desalojo de productos es un proceso que depende del operador por lo que es necesario estimarlo.

2.1.4 Distribución actual de planta

Para determinar la distribución actual de la planta fue necesario medir y corroborar los planos que mantiene la empresa de acero y de esa manera obtener datos fiables de la misma.

Fue necesario clasificar las áreas de almacenamiento y determinar el espacio total en metros cuadrados ocupado por las máquinas; por lo que, de acuerdo a lo calculado, se obtuvieron los datos que se muestran resumidos en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Áreas y volúmenes de almacenamiento

Elaboración propia

DISTRIBUCIÓN ACTUAL			
DESCRIPCIÓN	GALPÓN 1	GALPÓN 2	TOTAL
ÁREA TOTAL	4212	3543	7755
MÁQUINAS	1927	434	2361
ESPACIO FÍSICO DISPONIBLE	2285	3109	5394
ZONA DE DESPACHO	211	632	843
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO	1904	2028	3932
CORREDOR	170	449	619

**Datos en metros cuadrados*

Fue necesario determinar el espacio ocupado por las máquinas y destinado a espacio de almacenamiento, tal como se demuestra en la Figura 2.1.

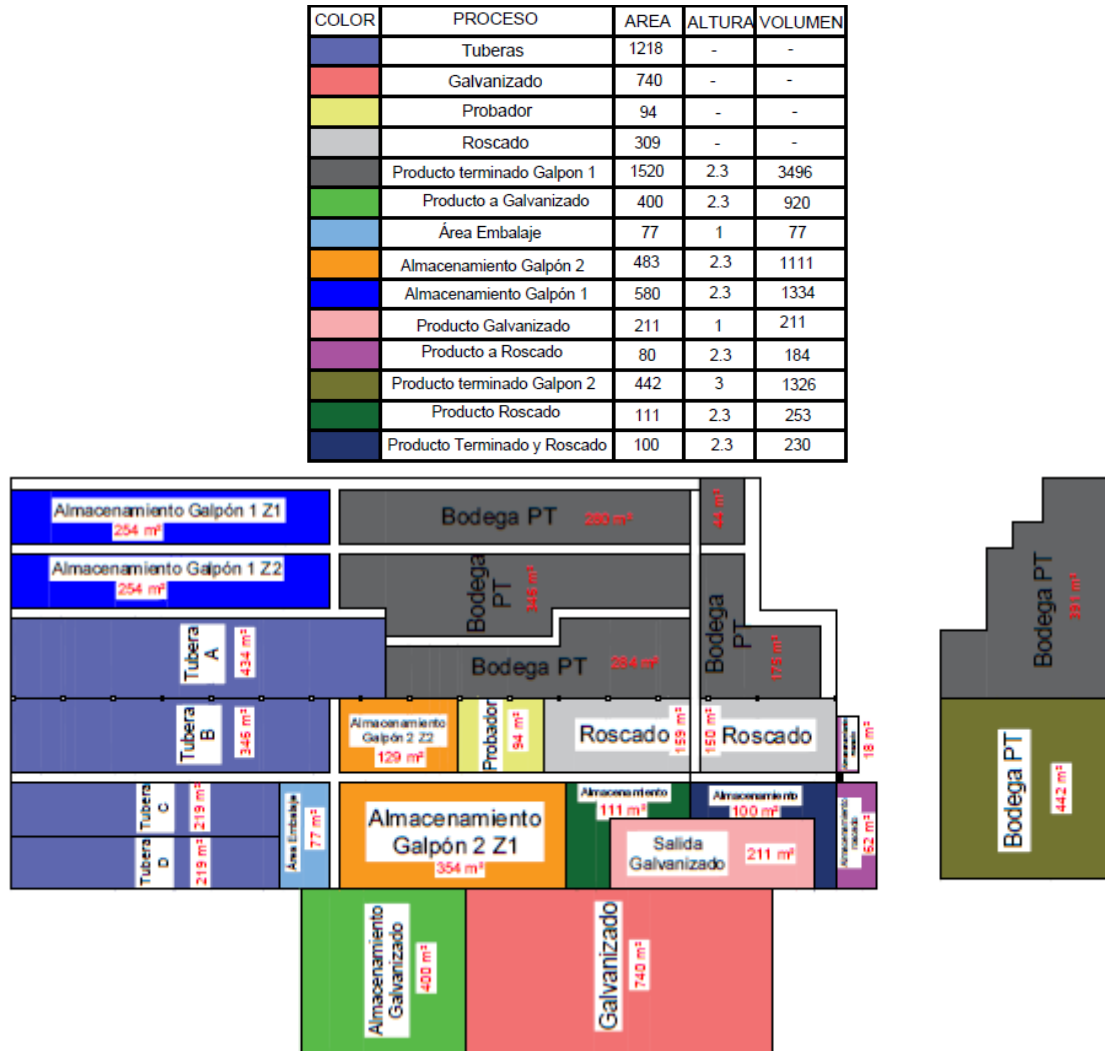


Figura 2.1 Distribución actual de áreas de almacenamiento

Elaboración propia

2.1.5 Capacidad de almacenamiento de producción

Para determinar la capacidad volumétrica de almacenamiento se calculó el área de almacenamiento por proceso y máquina. El volumen corresponde a la multiplicación entre el área y la altura máxima de almacenamiento. Las distintas áreas son identificadas y se cuantifica su capacidad. En total se clasificaron 6 zonas dentro del análisis, tal como se muestra en la Tabla 2.4 y Tabla 2.5.

Tabla 2.4 Capacidad volumétrica por zona

Elaboración propia

Zona	Capacidad (m3)
Embalaje G2	77
G2	1111
Galvanizado	645
Alm. Galpón 1	1343
Roscado	395
Alm. Galpón 2	483
Total	4054

Tabla 2.5 Capacidad volumétrica por galpón

Elaboración propia

Zona	Capacidad (m3)
Galpón 1	1343
Galpón 2	2711
Total	4054

Las zonas de almacenamiento se pueden clasificar de acuerdo al tipo de producto almacenado, como se puede observar en la Figura 2.2:

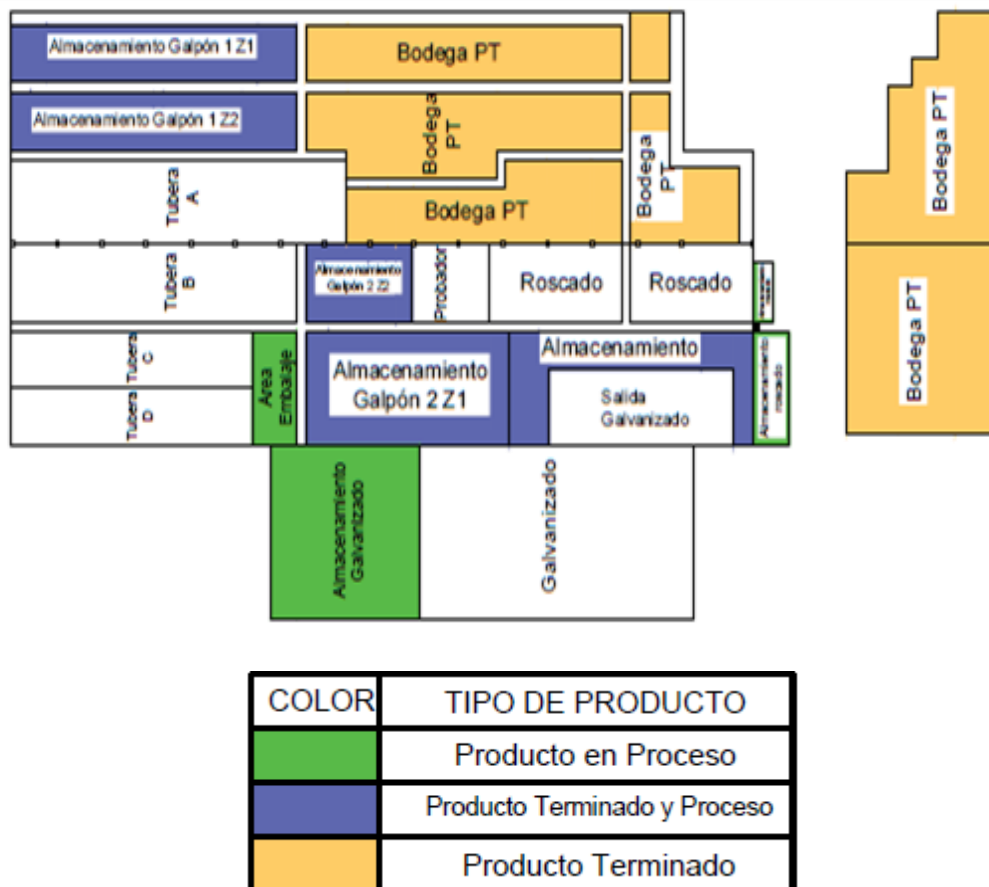


Figura 2.2 Distribución actual de áreas de almacenamiento por tipo de producto

Elaboración propia

2.1.6 Puentes Grúas

El transporte de los paquetes de productos dentro del galpón es efectuado por medio de puentes grúas. Los mismos se diferencian por la capacidad en toneladas que tiene cada uno y están distribuidos tal como se muestra en la Figura 2.3.

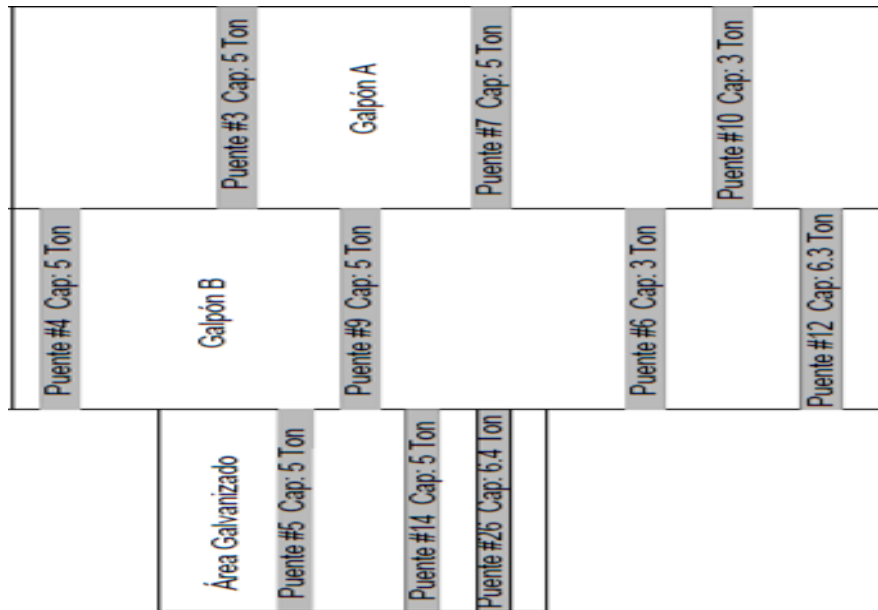


Figura 2.3 Distribución de puentes grúas en galpones

Elaboración propia

De este modo, se tiene que son utilizados 3 puentes en el galpón 1 y 4 puentes en el galpón 2.

- **Galpón 1:** Puente 3, Puente 7, y Puente 10
- **Galpón 2:** Puente 4, Puente 9, Puente 6, Puente 12

2.1.7 Método de almacenamiento de paquetes de tubos

Los tubos se almacenan en paquetes enzunchados por los operadores de las distintas máquinas y son trasladados a una zona de almacenamiento diario, para posteriormente ser almacenados en la zona de espera y luego avanzar al siguiente proceso.

Los paquetes pueden ser formados en forma de panel o cuadrado, de modo que su almacenamiento sea lo suficientemente estable y seguro para el trabajador. La selección de la forma dependerá del producto que está siendo almacenado, que a su vez está relacionado con el diámetro y peso del mismo.

Los paquetes de tubos son almacenados respetando el orden de la columna, como se muestra en la Figura 2.4, de modo que no se permite almacenar más de un tipo de producto por columna. Almacenar más de un producto por columna

causará desorden dentro de la bodega, aumentará el riesgo de derrumbe de paquetes y aumentará el tiempo de recolección de un producto con el puente grúa.



Figura 2.4 Método de almacenamiento en bodegas

Elaboración propia

La producción total es considerada un input del proyecto, sin embargo, no se trabaja sobre la planificación, de modo que se determinan distribuciones de probabilidad por línea productiva.

Se determinaron los distintos tiempos de procesamiento utilizando la herramienta Experfit de Flexsim 2016. Los datos de entrada para la determinación de las distribuciones de probabilidad fueron los datos de producción diaria histórica del 2018.

Tubera A: beta(0.061301, 303.820109, 0.963940, 7.148536)

Tubera B: pearsont6(0.000000, 59.702762, 1.198493, 5.623249)

Tubera C: johnsonbounded(0.000904, 84.337915, 1.756443, 0.783464)

Tubera D: beta(0.158501, 228.409018, 0.829118, 3.628318)

Probador: beta(0.037724, 84.634761, 0.928425, 8.213208)

Galvanizado: weibull(13.118055, 13.786241, 1.648666)

Roscado: johnsonbounded(0.012701, 121.743334, 0.866530, 1.257631)

2.1.8 Destinos de productos

Los destinos de los productos salientes de las máquinas se determinan de acuerdo a históricos, de modo que se tienen los siguientes resultados mostrados en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Destinos de producción por proceso

Elaboración propia

Proceso	Ventas(%)	Galvanizado(%)	Probador(%)	Reproceso(%)
Tubera A	90	10		
Tubera B	100			
Tubera C	90	10		
Tubera D	65	25	10	
Probador		90		10
Galvanizado				100
Reproceso	100			

2.1.9 Desalojo de productos

El tiempo de desalojo de productos se obtiene sumando los tiempos de picking, tiempos de traslado, depósito y regreso.

$$\text{Tiempo de desalojo} = T.Picking + T.Traslado + T.Depósito + T.Retorno \quad (2.1)$$

$$\text{Tiempo de desalojo} = 2 * T.Picking + 2 * T.Traslado$$

$$\text{Tiempo de desalojo} = 2 * (T.Picking + T.Traslado)$$

El tiempo de traslado está directamente relacionado con la velocidad del puente grúa, que es 5 km/h ó 1.4 m/s. Debido a que la mayor distancia que recorren los puentes grúa es de 35 metros, se asumirá que el tiempo de traslado es de 25 segundos.

De este modo, se obtiene un tiempo de transportación máximo de 50 segundos.

Para tomar la información del picking, se procedió de la siguiente forma: Para iniciar el estudio se tomaron 30 observaciones, de las cuales, se obtuvo una media de 83.50 segundos y una desviación estándar de 28.57 segundos. Al utilizar la media muestral como una estimación de la media poblacional, se deseó obtener

un tamaño de muestra tal que el error no excediera al 10% de la media en un 95% de confianza.

Resolviendo

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2} * S}{e} \right)^2 \quad (2.2)$$

$$n = \left(\frac{1.96 * 28.57}{0.1(83.5)} \right)^2 = 44.97$$

Por lo cual, se completaron las 15 observaciones para obtener un tamaño de muestra de 45.

El tiempo de recogidas de paquetes se aproxima a una distribución **Lognormal** según se muestra en la Figura 2.5 con distribución acumulada según se muestra en la Figura 2.6 y Tabla 2.7 con parámetros $\mu=4.25383$ y $\sigma=0.40644$, donde μ y σ son la media y desviación estándar del logaritmo natural de cada una de las observaciones.

Sea x : tiempo de recogida de un paquete en segundos

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln(x)-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (2.3)$$

Para $x > 0$

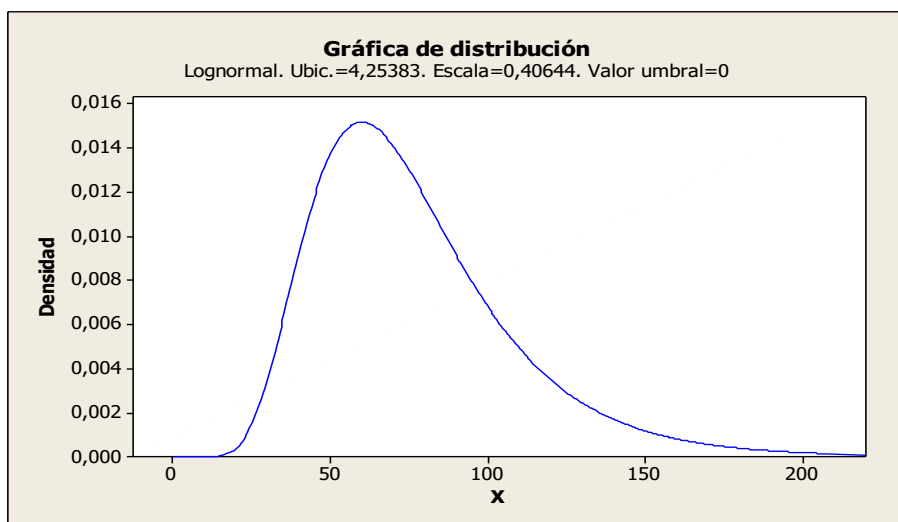


Figura 2.5 Función de densidad de probabilidad

Elaboración propia

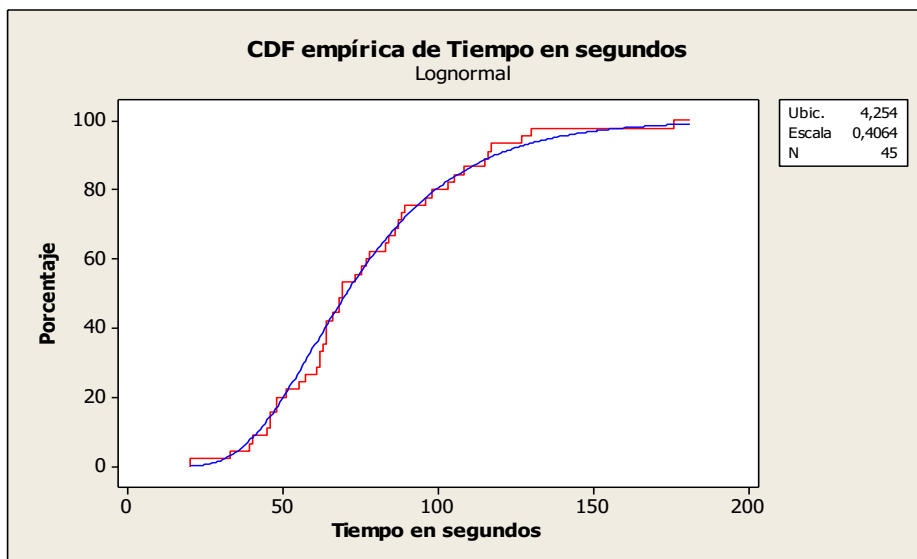


Figura 2.6 Función distribución acumulada

Elaboración propia

Tabla 2.7 Tabla de probabilidades acumulada del tiempo de picking

Elaboración propia

X [segundos]	% P(x<=X)
30	1,80%
35	4,28%
40	8,23%
45	13,56%
50	20,02%
55	27,21%
60	34,74%
65	42,25%
70	49,48%
75	56,22%
80	62,38%
85	67,89%
90	72,75%
95	76,98%
100	80,63%
105	83,76%
110	86,41%
115	88,65%
120	90,54%
125	92,12%
130	93,45%
135	94,55%
140	95,47%
145	96,23%
150	96,87%
155	97,40%
160	97,84%
165	98,20%
170	98,50%

Se utilizó la herramienta Experfit para determinar la distribución de probabilidad que tiene el tiempo de recolección y se obtuvo lo siguiente:

Tiempo de picking: loglogistic(0.000000, 1.186290, 4.477930)

2.1.10 Turnos y tiempo de operación

Se relevó la información de los días programados por línea productiva, obteniendo los siguientes resultados por tipo de proceso u transporte, mostrados en las Tablas 2.8, 2.9 y 2.10.

Tabla 2.8 Turnos y tiempo de operación de procesos productivos

Elaboración propia

Proceso	Turnos	Duración
Tubera A	2 turnos de 12 horas	Lunes a Viernes
Tubera B	1 turno de 12 horas	Lunes a Viernes
Tubera C	1 turno de 12 horas	Lunes a Viernes
Tubera D	2 turnos de 12 horas	Lunes a Viernes
Roscado	2 turnos de 12 horas	Lunes a Sábado
Galvanizado	2 turnos de 12 horas	Lunes a Sábado
Probador	2 turnos de 12 horas	3 días cada 15 días

Tabla 2.9 Turnos y tiempo de operación de puentes

Elaboración propia

Puentes	Capacity (m3)	Duración	Días a la semana	Horas a la semana
Puente 7	2	5 horas al día	5,5	27,5
Puente 3	1	24 horas al día	5,5	132
Puente 4	2	24 horas al día	5	120
Puente 9	2	16 horas al día	5	80
Puente 6	1	24 horas al día	5,5	132
Puente 12	2	16 horas al día	5,5	88
Horas totales a la semana				579,5

Tabla 2.10 Turnos y tiempo de operación de carros de transferencia

Elaboración propia

Carro de transferencia	Capacidad	Duración	Días a la semana	Horas a la semana
Galpón 2 a GV	1	12 horas por día	5,5	27,5
Galpón 1 a Galpón 2	3	12 hours per day	5	60
Desalojo 1	3	3,5 horas al día	5,5	19,25
Horas totales a la semana				106,75

2.1.11 Cálculo de variable de respuesta

Para obtener el valor de la variable de respuesta y el porcentaje de utilización de capacidad de almacenamiento diario de producción se procedió a calcular las distintas tasas de producción y desalojo por proceso y máquina, así como el inventario del periodo anterior. Los datos fueron divididos para la capacidad de almacenamiento de las distintas áreas de almacenamiento. Las siguientes fórmulas detallan más a profundidad el método de cálculo de la variable de respuesta.

$Y = \% \text{ Utilización de capacidad de almacenamiento diario de producción}$

$$Y = \frac{\text{Producción Diaria Inventoriada}}{\text{Capacidad de almacenamiento diario}} \quad (2.4)$$

$$Y = \frac{\text{Producción Diaria Inventoriada por Proceso}}{\text{Capacidad diaria de almacenamiento}} \quad (2.5)$$

$$Y = \frac{\text{Inventario del periodo anterior } (t - 1) + \text{Producción Diaria} - \text{Evacuación Diaria}}{\text{Capacidad diaria de almacenamiento}} \quad (2.6)$$

2.2 Análisis

Una vez que se ha recopilado toda la información necesaria para hacer un análisis a los datos, se establecen grupos focales para poder identificar y relacionar las causas y factores que impactan a la variable de respuesta. En este caso, dada la información recopilada, se participa con el personal del área de mantenimiento, los distintos

supervisores de producción y planificación, y supervisores del área logística. De este modo, se tienen conclusiones de todos los involucrados y relacionados con la variable de respuesta.

2.2.1 Análisis modal de causas y efectos

Para determinar los distintos factores y causas potenciales que afectan a la variable de respuesta, se procede a realizar un Análisis modal de causas y efectos (AMFE), como se muestra en la Tabla 2.11. Donde se detalla el proceso clave general, que es igual al proceso escogido en el alcance del proyecto.

Para identificar cuáles son las causas más influyentes, se utiliza el indicador del NPR, de modo que valores más altos de la escala de 125 son considerados causas potenciales.

Tabla 2.11 Análisis modal de fallas y efectos del proceso de fabricación y almacenamiento

Elaboración propia

Pasos Clave del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	D E T	N P R
Producción de tubos	Productos no conformes	Retrabajos, aumento de merma	5	Operador realiza armado de línea de forma empírica	3	3	45
				Operador procesa tubos de forma empírica	3	3	45
	Averías de máquina	Tiempo muerto, incumplimiento con planificación	7	Personal de mantenimiento incapacitado	4	4	112
				Operadores procesan tubos de forma empírica	5	3	105
				Nómina de mantenimiento inadecuada para la demanda	8	4	224
				Nómina de mantenimiento inadecuada para la demanda	7	4	196
	Detenciones inesperadas	Pérdida de rendimiento	4	Tasa de desalojo de producto terminado inferior a capacidad de producción	5	3	105
				Espacio de almacenamiento lleno	7	4	196
	Pequeñas detenciones	Pérdida de velocidad	4	Espacio de almacenamiento lleno	7	4	112
				Operador procesa tubos de forma empírica	5	4	80
Transferir a proceso subsecuente	Movimientos en falso	Tiempo muerto	8	Operador procesa tubos de forma empírica	4	6	96
				Espacio de almacenamiento lleno	7	4	224
				Operador traslada paquetes de forma empírica	5	3	120
	Movimiento incompleto	Almacenamiento incorrecto	7	Desconocimiento de despachadores de tasa de producción de máquinas	8	5	320
				Desconocimiento de despachadores de tasa de producción de máquinas	8	5	320
	Clasificación incorrecta	Tiempo muerto	8	Espacio de almacenamiento lleno	7	3	168
				Paquetes son segregados de forma empírica	4	5	140
Almacenamiento	Avería de grúa	Tiempo muerto	8	Espacio de almacenamiento lleno	4	5	140
				Personal de mantenimiento incapacitado	5	3	120
				Operador traslada paquetes de forma empírica	6	4	192
	Almacenamiento innecesario	Disminución de capacidad de almacenamiento	7	Nómina de mantenimiento inadecuada para la demanda	7	4	224
				Producción de productos de baja rotación	3	6	126
	Apilado Riesgoso	Derrumbamiento	9	Operador apila paquetes de forma empírica	3	4	108
Desorden				7	4	196	

De este modo, se tienen las causas potenciales de falla del proceso de fabricación y almacenamiento de productos, detalladas en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Resumen de causas potenciales de falla de la fabricación y almacenamiento de productos

Elaboración propia

Causas Potenciales
Nómina de mantenimiento inadecuada para la demanda
Espacio de almacenamiento lleno
Desconocimiento de despachadores de tasa de producción de máquinas
Paquetes son segregados de forma empírica
Operador traslada paquetes de forma empírica
Nómina de mantenimiento inadecuada para la demanda
Producción de productos de baja rotación

2.2.2 Verificación de causas

Para la verificación de las causas fue necesario ir al piso de planta y así tener datos relevantes al problema, de lo cual, se tienen las imágenes que se muestran en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Verificación de causas

Elaboración propia

2.2.3 Evaluación de soluciones

Una vez analizadas las distintas causas del problema, se realiza la lluvia de ideas, como se muestra en la Figura 2.8, con los distintos grupos focales, para así tener posibles soluciones que permitan reducir la variable de respuesta.



Figura 2.8 Lluvia de ideas de soluciones

Elaboración propia

De las soluciones propuestas obtenidas se procede a clasificar como se muestra en la Tabla 2.13 para poder identificar a qué causa están relacionadas.

Tabla 2.13 Relaciones entre causas y soluciones

Elaboración propia

Causas Potenciales	Soluciones	No	Impacto	Esfuerzo
Nómina de mantenimiento inadecuada para la demanda	Contratar personal de mantenimiento	1	3	8
	Subcontratar mantenimiento de puentes	2	5	6
	Plan de mantenimiento preventivo	3	7	9
	Mantenimiento de rutina	4	6	6
Espacio de almacenamiento copado	Definir zonas de almacenamiento	5	7	2
	Relocalizar máquinas	6	8	5
	Definir políticas de desalojo	7	9	4
	Crear corredor de desalojo adicional	8	7	3
Producción de productos de baja rotación	Definir catálogo de productos	9	7	8
	Rematar productos con baja rotación	10	9	7
	Modificar políticas del plan de producción	11	9	9
Desconocimiento de tasa de producción de la	Reuniones semanales de programación	12	7	1
	Formato de control de movimientos	13	5	1
Paquetes son segregados empíricamente	Segregar WIP de producto final	14	6	4
Operador transfiere paquetes empíricamente	Definir políticas de desalojo	7	9	4

De la Tabla 2.13 se deriva la matriz de impacto vs esfuerzo para identificar las soluciones que son de mayor impacto de implementación y menor esfuerzo. Las mismas serán consideradas como soluciones al problema. Se presentan en la Figura 2.9.

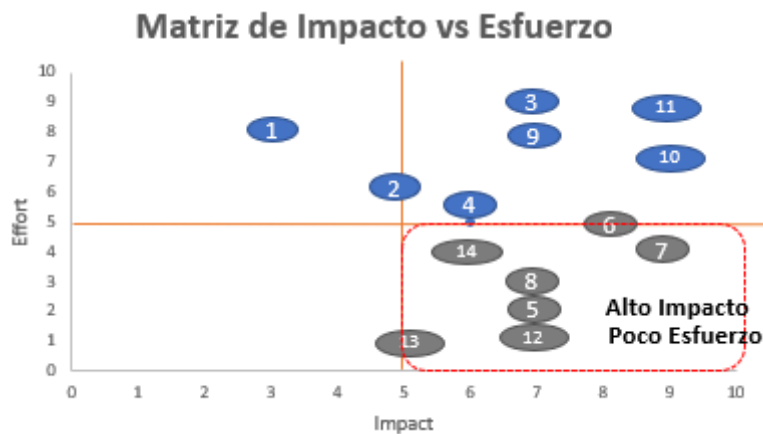


Figura 2.9 Matriz de impacto vs esfuerzo

Elaboración propia

De este modo, se obtienen 7 soluciones que tienen un alto impacto y necesitan poco esfuerzo para poder ser implementadas como se describen a continuación:

- Definir zonas de almacenamiento.
- Relocalizar máquinas.
- Definir políticas de desalojo.
- Crear corredor adicional de desalojo.
- Reuniones semanales de programación.
- Formato de control de movimientos.
- Segregar WIP de producto terminado.

2.2.4 Priorización de soluciones

Se priorizan las soluciones de acuerdo a 4 puntos críticos establecidos por la dirección, como son: la sostenibilidad, la viabilidad económica, la inclusión de áreas, y la compatibilidad. Así mismo, se establecen pesos de acuerdo al grado de importancia del criterio establecido por la dirección. Para esto, se establece una tabla de criterios de priorización, en la cual se evalúan las soluciones, como se observa en la tabla 2.14.

Tabla 2.14 Criterios de evaluación de soluciones

Elaboración propia

Criterio	Objetivo del criterio	Peso
La solución es útil en 5 años	Sustentabilidad	20
La solución es económicamente viable	Viabilidad Económica	10
La solución involucra a más de un departamento	Inclusión	10
La solución puede ser acopladas a otras y generar mayor valor	Compatibilidad	20

Se califican las soluciones de un rango del 1 al 10 y se obtienen los siguientes resultados mostrados en la Tabla 2.15, después de hacer la evaluación.

Tabla 2.15 Calificación de soluciones

Elaboración propia

Solución	Priorization Criteria				Calificación
	La solución es útil en 5 años (20)	La solución es económicamente viable (10)	La solución involucra a más de un departamento (10)	La solución puede ser acopladas a otras y generar mayor valor (20)	
Definir zonas de almacenamiento	7	10	9	9	8,5
Relocalizar máquinas	9	4	8	9	8,0
Definir políticas de desalojo	5	10	10	10	8,3
Crear corredor adicional de desalojo	9	7	7	9	8,3
Reuniones semanales de programación	7	10	9	7	7,8
Formato de control de movimientos	8	8	4	6	6,7
Segregar WIP de producto terminado	9	10	7	9	8,8
					8,1

Se establece un criterio de selección, donde se escogerán aquellas soluciones que se encuentren por arriba del promedio calculado, dando como resultado la Figura 2.10:

$$\frac{\sum X_i}{n} = \frac{8,5 + 8,2 + 8,3 + 8,3 + 7,8 + 6,7 + 8,8}{7} = 8.1 \quad (2.7)$$

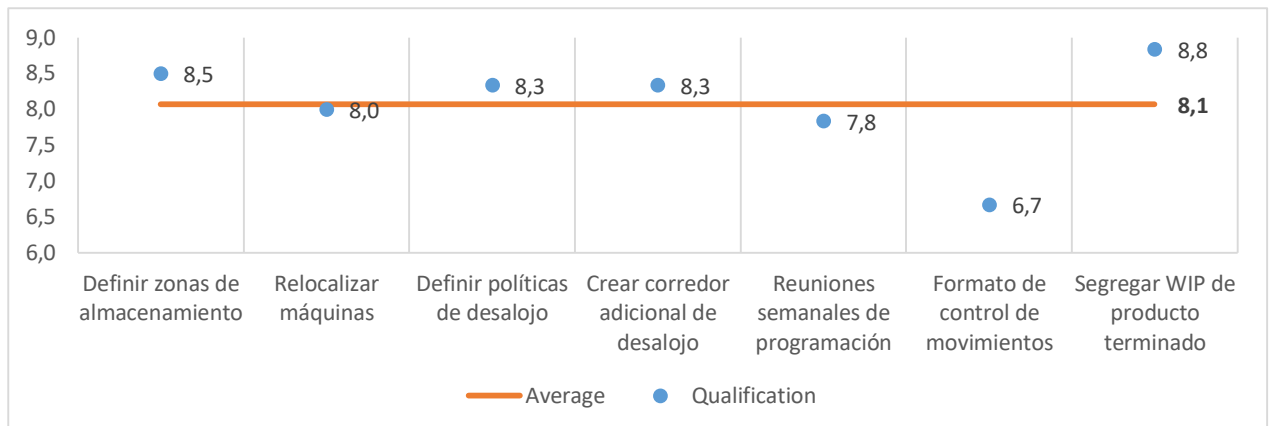


Figura 2.10 Matriz de impacto vs esfuerzo

Elaboración propia

Entonces, las soluciones a ser consideradas son las siguientes:

- Definir zonas de almacenamiento
- Definir políticas de desalojo
- Crear corredor adicional de desalojo
- Segregar WIP de Producto terminado

Aun así, dado que todas las soluciones tienen un alto índice de compatibilidad, se procede a combinar las soluciones para generar una sola solución, que tendrá mayor impacto que las soluciones individuales.

2.2.5 Solución Propuesta

Realizar la simulación de las actividades dentro de dos galpones compartidos entre líneas de producción, trabajo en productos de proceso y almacenamiento de productos finales; definiendo áreas de almacenamiento, políticas de desalojo, segregando el producto en proceso de los productos finales, y creando un corredor adicional entre los galpones para transferir los productos finales. De esta manera, el porcentaje de utilización de la capacidad de almacenamiento de producción diaria caerá del 94% al 71% y mejorará las condiciones de seguridad dentro de la planta de producción.

2.3 Implementación

Para la implementación y prototipado de las soluciones, se utilizará el software de simulación llamado Flexsim, el cual indicará los resultados de las variables de respuestas y otros indicadores asociados.

2.3.1 Supuestos del sistema

Debido a que no es posible simular en su totalidad la realidad, se presentan los siguientes supuestos iniciales.

- La unidad de producción es el metro cúbico.
- Simulación de 3 meses.
- Líneas de producción trabajan por turnos.
- La capacidad de almacenamiento se establece de acuerdo con los datos recogidos.
- Las zonas de almacenamiento son un poco más grandes que la capacidad real para representar el exceso de inventario.
- Inventario inicial establecido según datos gamba.
- Las grúas pueden superponerse entre cada una.
- Para el producto final y despacho se considera un sink.
- Los operadores no son simulados.
- Las averías se consideran en el tiempo de proceso de la máquina.
- Una caja o producto procesado equivale a un metro cúbico.

2.3.2 Simulación del estado actual

Es necesario simular la situación actual, como se muestra en la figura 2.11, considerando la variable de respuesta obtenida y las distintas restricciones del sistema mencionadas en la etapa de medición.

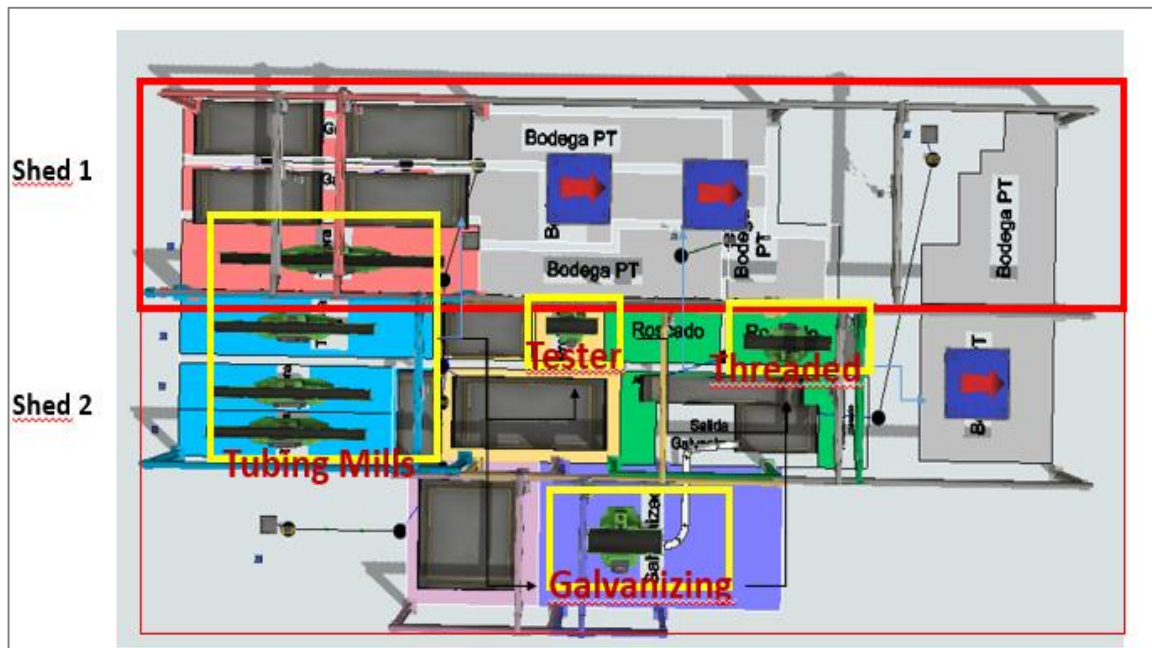


Figura 2.11 Vista aérea de galpones simulados

Elaboración propia

2.3.3 Verificación de datos simulados

Una vez simulada la situación inicial, se utiliza la herramienta Experimenter del software Flexsim para hacer pruebas, de las cuales se obtienen los siguientes resultados mostrados en la Figura 2.12.

Descripción	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6	Rep 7	Rep 8	Rep 9	Rep 10	Rep 11	Rep 12	Rep 13	Rep 14	Rep 15
Variable de respuesta	94,76	95,2	94,44	93,37	95,09	95,85	93,28	94,55	95,77	94,06	93,71	94,27	94,71	93,74	93,85

Figura 2.12 Recopilación de datos

Elaboración propia

Sus parámetros son:

Promedio: 94,4

Desviación estándar: 0,8

Se procede a realizar una prueba t de student, para obtener el tamaño de muestra necesario con un 95% de confianza, mediante la ecuación 2.8:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2} * S}{e} \right)^2 \quad (2.8)$$

$$n = \left(\frac{2,14 * 0,7}{94,5 * 0,05} \right)^2 = 1$$

Concluyendo así, que el promedio y desviación estándar corresponden a la de la simulación inicial.

Para realizar la verificación de la simulación se propone la siguiente prueba de hipótesis:

$H_0 =$ No hay diferencia significativa entre las medias de las muestras

$H_1 =$ Hay diferencia significativa entre las medias

$$|t_o| = \left| \frac{Y_2 - \mu_o}{S/\sqrt{n}} \right| = \left| \frac{94,15 - 94,5}{0,7/\sqrt{15}} \right| = 1,89 \quad (2.7)$$

donde $t = 2.14$

$$|t_o| \leq t_{\alpha/2}$$

$$1,89 \leq 2,14$$

Se concluye que la simulación sí es adecuada con respecto a la realidad.

2.3.4 Resultados simulación de estado actual

Con las condiciones actuales, la simulación dio los siguientes resultados mostrados en las Figuras 2.13, 2.14, 2.15 y 2.16:

- **Porcentaje de utilización de la capacidad de almacenamiento de producción**

% DAILY PRODUCTION STORAGE UTILIZATION					
	Mean (90% Confidence)	Sample	Std Dev	Min	Max
Current Scenario	94.02 < 94.33 < 94.63		0.67	93.29	95.62

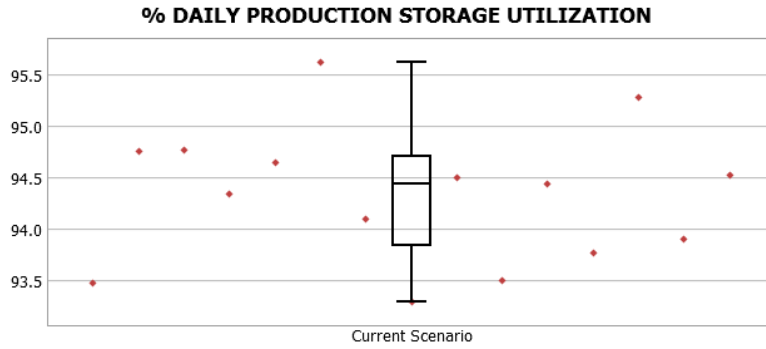


Figura 2.13 Gráfica de cajas de variable de respuesta

Elaboración propia

- **Producción acumulada (3 meses)**

MACHINES PRODUCTION					
	Mean (90% Confidence)	Sample	Std Dev	Min	Max
Current Scenario	18170 < 18213 < 18256		95	18033	18390

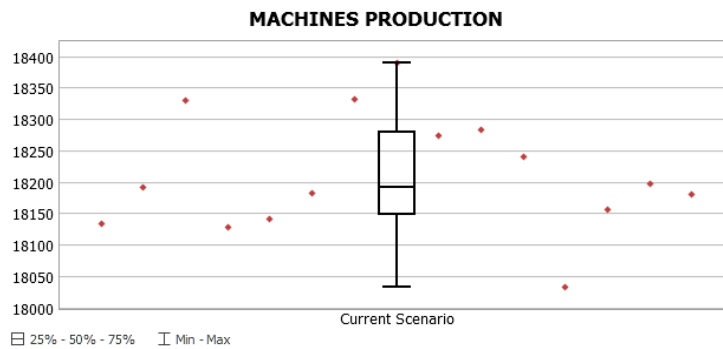


Figura 2.14 Gráfica de cajas de producción procesada

Elaboración propia

- **Almacenamiento Promedio (3 meses)**

STORAGE						
	Mean (90% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	3914	< 3926	< 3939	28	3883	3979

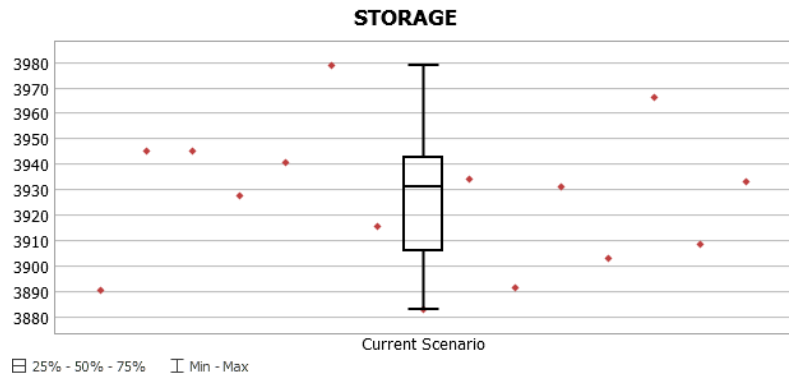


Figura 2.15 Gráfica de cajas de almacenamiento promedio

Elaboración propia

- **Tiempo de bloqueo (3 meses)**

BLOCKED TIME						
	Mean (90% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	83.4	< 85.2	< 86.9	3.8	77.0	91.3

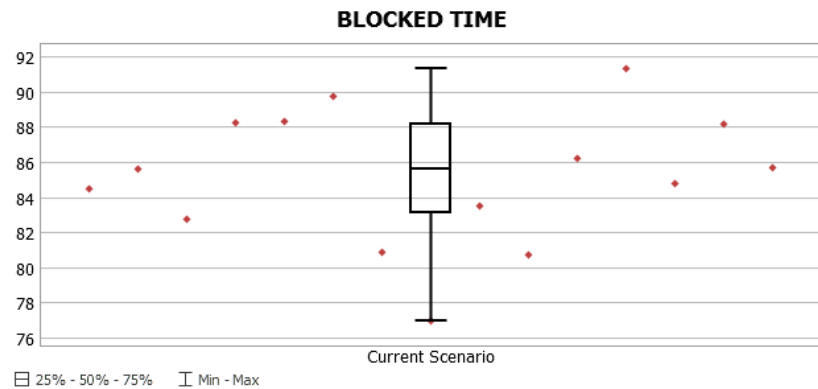


Figura 2.16 Gráfica de cajas Tiempo de bloqueo de máquinas

Elaboración propia

2.3.5 Descripción de soluciones

2.3.5.1 Definir zonas de almacenamiento

Las zonas de almacenamiento se clasificarán de acorde al tipo de producto almacenado. La simulación determinará la capacidad de almacenamiento requerida para que el sistema corra sin inconvenientes. Se crearán dos zonas de transición de producto terminado, tanto para tuberías como para roscado. De este modo, los operadores de

puentes de logística sólo tendrán que desalojar productos terminados y reubicarlos dentro de su zona de almacenamiento.

Trasladar los productos de distintas áreas a sus nuevas ubicaciones requerirá de maniobras adicionales, se estima que serán necesarios 4 días en total para poder ejecutar la operación. De este modo, se seleccionan a las personas involucradas y se obtienen los costos por hora de cada personaje. El total de maniobras internas es de 1.017 USD, como se muestra en la Tabla 2.16.

Tabla 2.16 Costos de maniobras internas

Elaboración propia

Costo Maniobras Internas				
Descripción	Costo/Hora	Tiempo requerido(Hrs)	Cantidad de personas	Costo Total
Hora Operador de Puente	\$1,70	32	6	\$320,00
Operadores de Máquina	\$1,70	16	5	\$133,00
Coordinadores de P.Terminado	\$3,30	32	1	\$107,00
Supervisores de P. Terminado	\$5,00	32	1	\$160,00
Coordinadores de Máquina	\$3,30	16	1	\$53,00
Supervisores de Máquina	\$5,00	16	2	\$160,00
Jefe Operaciones	\$10,40	4	1	\$42,00
Jefe Planta	\$10,40	2	2	\$42,00
Total				\$1.017,00

Maniobras internas: Operaciones para relocalizar los productos

2.3.5.2 Definir políticas de desalojo

Las políticas de desalojo están relacionadas a la capacidad de desalojo de productos terminados del área de logística. Se define con los representantes del departamento una política de 2 días de inventario, esto significa que serán desalojados los productos cada 2 días. En caso de no ser evacuado, la línea de producción se detendrá y no reubicará en zonas que no le corresponde. El tiempo de detención a causa de espacio será un indicador de interés tanto para logística como para producción para asegurar su interés a lo largo del tiempo. La solución no tiene costos directos asociados.

2.3.5.3 Crear corredor adicional de desalojo

Se creará un corredor adicional por donde circulará un carro de transferencia nuevo entre el galpón 2 y galpón 1 para traspasar producto terminado en galpón a la zona de transición del galpón 1. El corredor estará ubicado después de la tubera A. El carro, el cual se muestra en la Figura 2.17, tendrá un sistema eléctrico motorizado que será

accionado por medio de pulsadores, será necesario realizar una obra civil en el área para instalar las y habilitar el carro de traspaso. El costo aproximado es de 10.000 USD, tal como se indica en la Tabla 2.17.

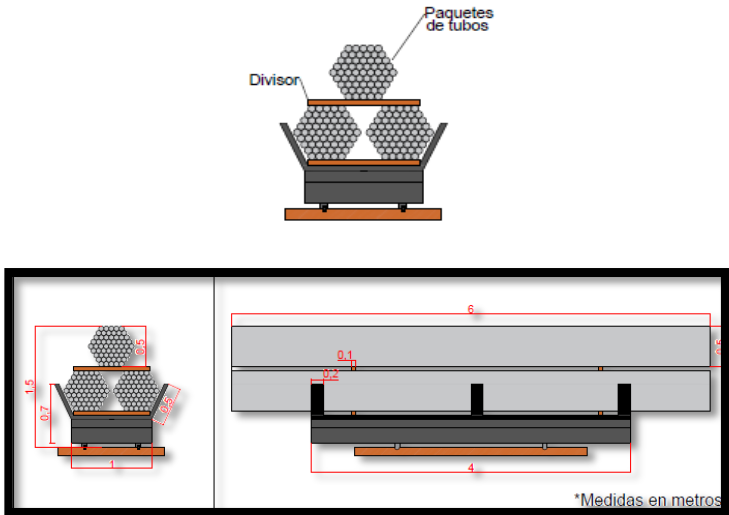


Figura 2.17 Propuesta de carro de traspaso

Elaboración propia

Tabla 2.17 Costo de fabricación de carro de traspaso

Elaboración propia

Costo de carro de traspaso	
Descripción	Costo
Materiales de Acero	\$2.000,00
Acometida eléctrica	\$2.000,00
Obra civil	\$2.500,00
Motores eléctricos	\$1.000,00
Sensores y accesorios	\$1.500,00
Mano de obra	\$1.000,00
Total	\$10.000,00

2.3.5.4 Segregar WIP de Producto terminado

Los productos serán clasificados desde la máquina y serán ubicados de acuerdo al tipo de producto fabricado, respetando las zonas previamente establecidas. En caso de no contar con espacio, la línea de producción se detendrá hasta tener el espacio requerido. El tiempo de detención a causa de espacio será un indicador

de interés tanto para logística como para producción para asegurar su interés a lo largo del tiempo. La solución no tiene un costo directo asociado, debido a que los operadores sí tienen tiempo para ejecutar esta operación.

2.3.6 Simulación de Propuesta

Para la simulación de la propuesta se consideran las siguientes modificaciones al estado inicial:

- Se realizan 40 réplicas de 3 meses de simulación.
- Los productos se clasifican desde la máquina y se dirigen a zonas ya establecidas de acuerdo al tipo de producto fabricado. De este modo se cumple la propuesta de la segregación del producto en proceso del producto terminado.
- Se modifica el trayecto del carro del galpón 1 a galpón 2, debido a que se crea un nuevo corredor por el que se transferirá el producto terminado a la zona de transición.
- El plano inicial es alterado de acuerdo a las propuestas.
- El área de almacenamiento se modifica de acuerdo al inventario máximo alcanzado.
- Las tasas de producción se mantienen iguales a la situación inicial.
- Se modifican los tiempos de operación de puentes para cumplir con la política de inventario de 2 días.

Para lograr el objetivo de disminución de la Utilización de la capacidad de almacenamiento diaria de producción a un máximo del 80%, es necesario incrementar la tasa de evacuación del producto terminado de la zona de transición. Para ello, según lo simulado, es necesario incrementar el tiempo de operación a 60 horas extras, como se describe en la Tabla 2.18, para lo cual, será necesario contratar a un operador de puente adicional.

Tabla 2.18 Aumento de horas operativas

Elaboración propia

Descripción	Horas Semanales
Diferencia Neta	60
Puentes	5
Carros de traspaso	55

De este modo, obtenemos los siguientes resultados de las simulaciones con las condiciones actuales; mostrados en las Figuras 2.18, 2.19, 2.20 y 2.21.

- **Porcentaje de utilización de la capacidad de almacenamiento de producción**

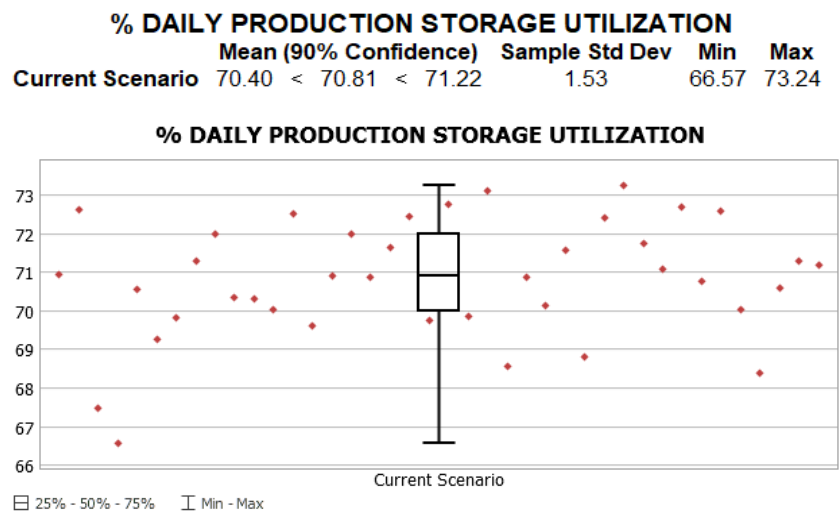


Figura 2.18 Gráfica de cajas de variable de respuesta con solución

Elaboración propia

- **Producción acumulada (3 meses)**

MACHINES PRODUCTION					
	Mean (90% Confidence)		Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	18257	< 18311 < 18366	203	17910	18709

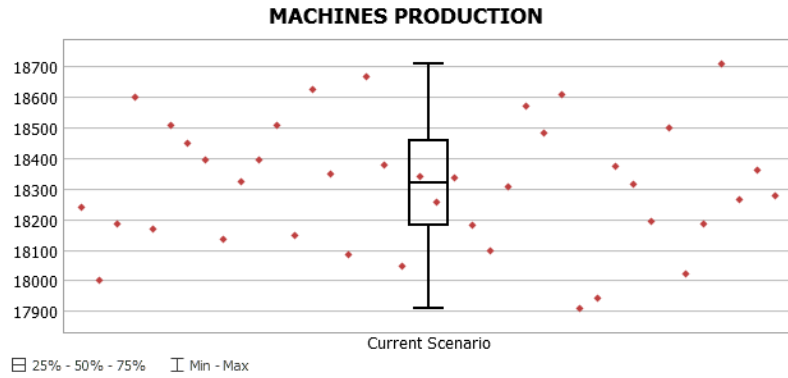


Figura 2.19 Gráfica de cajas de producción procesada con solución

Elaboración propia

- **Almacenamiento Promedio (3 meses)**

STORAGE					
	Mean (90% Confidence)		Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	2351	< 2365 < 2379	52	2223	2448

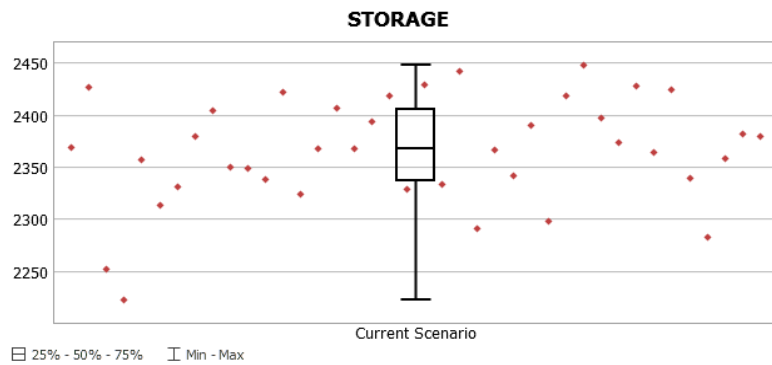


Figura 2.20 Gráfica de cajas de almacenamiento promedio con solución

Elaboración propia

- **Tiempo de bloqueo (3 meses)**

BLOCKED TIME					
	Mean (90% Confidence)	Sample Std Dev	Min	Max	
Current Scenario	N/A < 0.00 < N/A	0.00	0.00	0.00	

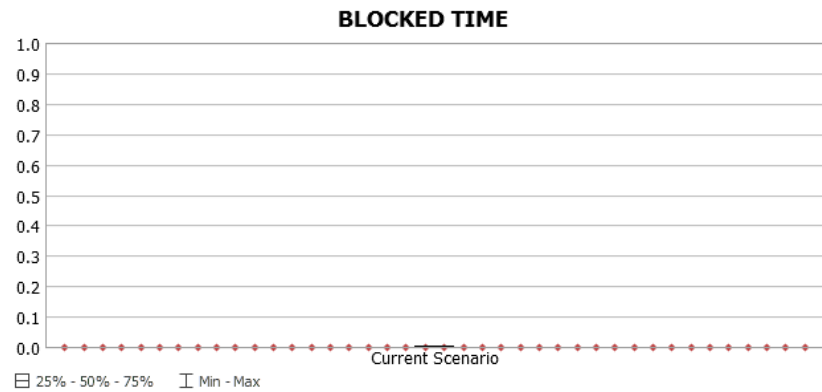


Figura 2.21 Gráfica de cajas Tiempo de bloqueo de máquinas con solución

Elaboración propia

2.3.7 Distribución Propuesta

Una vez simulados los resultados se determina el área necesaria, que fue seleccionada de acuerdo al criterio de “El máximo valor de inventario en la zona establecida”. De este modo se tienen los siguientes resultados.

Tabla 2.19 Nuevas zonas de almacenamiento de producción

Elaboración propia

Zona	Capacidad (m3)
Embalaje G2	77
Almacenamiento G2	810
Galvanizado	645
Transición 1	709
Roscado	366
Transición 2	735
Total	3342

2.3.8 Plano situación propuesta

De este modo se tiene el siguiente plano, producto de la simulación:

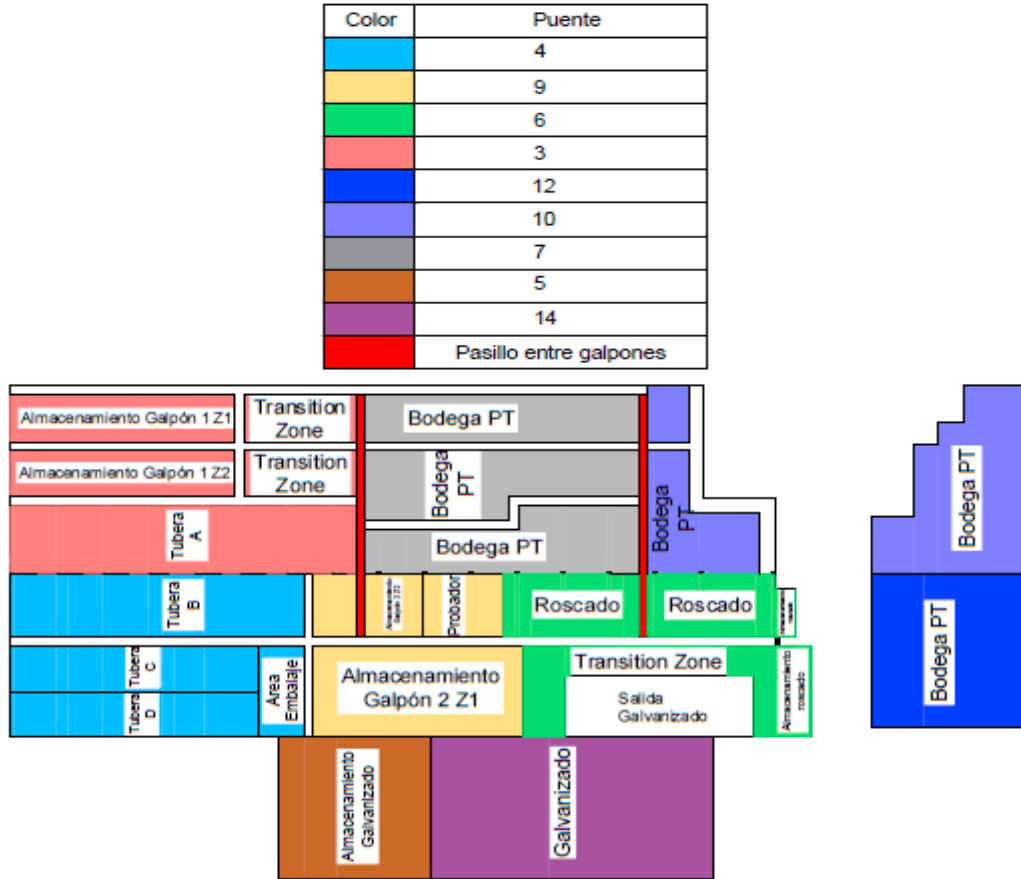


Figura 2.22 Plano propuesto por zonas de grúas

Elaboración propia

2.4 Control

2.4.1 Actividades de Control y seguimiento

Para lograr el correcto control del sistema, deben identificar actividades básicas para su ejecución, como se detalla a continuación en la Tabla 2.20.

Tabla 2.20 Actividades de personal de control

Elaboración propia

Responsable	Actividad
Supervisor de logística y supervisor de producción	Coordinar transferencias entre las líneas de producción, zonas de transición y almacenamiento de producto final
Supervisor de logística	Liberar espacio de la zona de transición y de producto final
Supervisor de producción	Controlar el inventario del producto en proceso y de la zona de transición
Supervisor de logística y supervisor de producción	Asignar operador de puentes de acuerdo a la carga del proceso

2.4.2 Poka Yoke

Se aplicarán soluciones Poka Yoke que facilitarán el control de las operaciones como, por ejemplo:

- Pintar en los pilares de la planta la altura máxima permitida, establecida en el procedimiento de seguridad industrial, el cual es 2.3 metros. De este modo, en caso de almacenar más arriba de lo permitido, será de fácil reconocimiento y podrá ser prevenido.
- Pintar y marcar en el suelo las áreas correspondientes a las distintas zonas establecidas. De este modo, asegurar que no se estará almacenando producto más allá de lo permitido, evitando almacenar cerca de las máquinas o en los pasillos. Las áreas internas del área de transición estarán divididas por bloques, indicando la cantidad diaria producida. De este modo se podrá estimar el porcentaje de utilización visualmente.

2.4.3 Costo de control

Los costos de control asociados, que se muestran en la Tabla 2.21, se estiman de acuerdo al tiempo necesario para llevar a cabo las operaciones adicionales, debido a que antes, no se llevaban. Se calcula estimando las actividades por personaje, su costo por hora y la duración de la actividad.

Tabla 2.21 Costo de actividades de personal de control

Elaboración propia

Descripción de actividad	Responsable	Costo de control		
		Tiempo Ejecución(Hrs/Días)	Costo	Costo Mensual
Planificación de carga	Supervisor P.T	0,25	\$5,00	\$30,00
Coordinar transferencias de productos terminados	Supervisor P.T	0,25	\$5,00	\$30,00
	Supervisor Máquina	0,25	\$5,00	\$30,00
	Coordinador P.T.	1	\$3,30	\$80,00
	Coordinador Máquina	1	\$3,30	\$80,00
Registrar Actividades (Análisis)	Supervisor P.T.	0,1	\$5,00	\$12,00
	Supervisor Máquina	0,1	\$5,00	\$12,00
	Coordinador P.T.	0,25	\$3,30	\$20,00
	Coordinador Máquina	0,25	\$3,30	\$20,00
Costo de control mensual				\$314,00
Costo de control anual				\$3.768,00

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Comparación entre Situación Inicial y Propuesta

Los resultados generales se evidencian en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1 Resultados Generales

Elaboración propia

Descripción	Unidad	Situación Actual	Solución propuesta	Resultado
Porcentaje de utilización de la capacidad de almacenamiento diario de producción	Porcentaje	94.33	70.81	Reducción del 23% del porcentaje de utilización de la capacidad de almacenamiento diario de producción, cumple con el objetivo principal del proyecto
Producción de Máquinas (3 meses)	Metros Cúbicos	18213	18311	Opción de aumentar la producción en un 1%
Almacenamiento promedio	Metros cúbicos	3926	2365	Reducción del 40% del almacenamiento promedio correspondiente a producción
Tiempo de Bloqueo de Máquinas	Minutos	85	0	Reducción del 100% del tiempo de bloqueo

La distribución física tiene una variación con respecto a la situación inicial a causa de la redistribución de las áreas, el área de almacenamiento se divide acorde al responsable. En este caso se crean dos divisiones, almacenamiento producción, que le corresponde a producción y almacenamiento logística, que corresponde el producto en terminado de logística. En la Tabla 3.2 se cuantifican las áreas propuestas.

Tabla 3.2 Áreas totales de propuesta

Elaboración propia

DISTRIBUCIÓN DE LA SITUACIÓN PROPUESTA			
DESCRIPCIÓN	GALPÓN 1	GALPÓN 2	TOTAL
ÁREA TOTAL	4212	3543	7755
MÁQUINAS	1927	434	2361
ESPACIO FÍSICO DISPONIBLE	2285	3109	5394
PATIO DE DESPACHO	211	632	843
ALMACENAMIENTO PRODUCCIÓN	1450	247	1697
ALMACENAMIENTO LOGÍSTICA	442	1729	2171
HALL	182	501	683

3.1.1 Planos de situación Propuesta

Los planos de la situación propuesta se detallan a continuación en la figura 3.1:

COLOR	PROCESO	AREA	ALTURA	VOLUMEN
Blue	Tuberas	1218	-	-
Red	Galvanizado	740	-	-
Yellow	Probador	94	-	-
Grey	Roscado	309	-	-
Orange	Transición 1	304	2.3	699
Green	Producto a Galvanizado	400	2.3	920
Light Blue	Área Embalaje	77	1	225
Pink	WIP G2	344	2.3	791
Cyan	A Roscado	292	2.3	395
Olive	Transición 2	280	2.3	644
Dark Grey	Bodega Producto Terminado	113	2.3	260

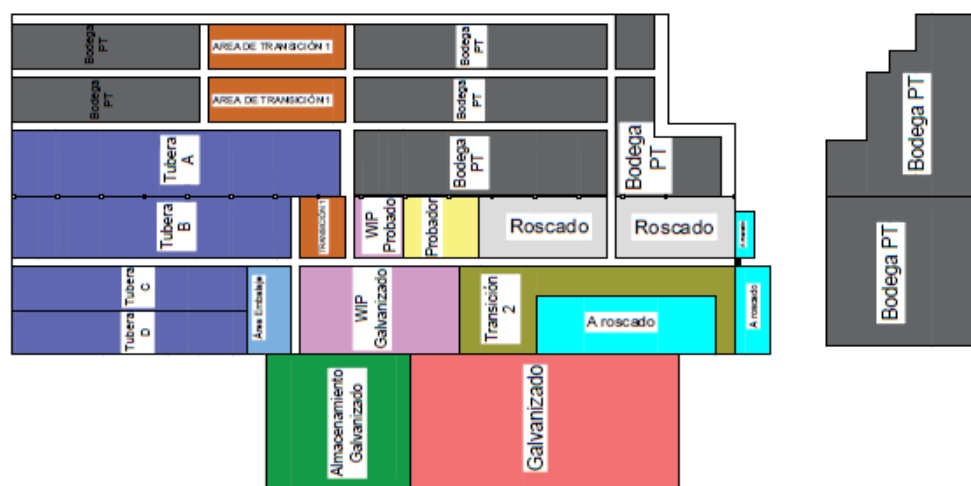


Figura 3.1 Plano de solución propuesta

Elaboración propia

3.2 Análisis financiero

3.2.1 Costos

Los costos distintos costos de implementación son: inversión inicial, costo anual de control, costo de operador adicional.

El costo de inversión inicial incluye el costo de creación del carro de traspaso entre galpones y el costo de maniobras internas. De modo que se tiene:

$$\text{Costo de inversión inicial} = \text{Costo de Carro} + \text{Costo de Maniobras} \quad (3.1)$$

$$\text{Costo de inversión inicial} = 10.000 + 1.017$$

$$\text{Costo de inversión inicial} = 11.017 \text{ USD}$$

El costo de control incluye el costo anual de control y el costo anual de mantener a un operador de puente adicional.

$$\text{Costo anual de control} = \text{Costo anual de control operativo} + \text{Costo de Operador} \quad (3.2)$$

$$\text{Costo anual de control} = 3.768 + 6720$$

$$\text{Costo anual de control} = 10.488$$

En resumen, se obtiene lo siguiente:

Costo de inversión inicial: 11.017 USD

Costo anual de control: 10.488 USD

3.2.2 Contingencia

Es de interés mejorar el almacenamiento dentro de la empresa con el fin de mantener una bodega más ordenada y segura para los operadores. Históricamente, no se ha invertido en el control del almacenamiento, por lo que, según lo evidenciado en etapas anteriores, existe riesgo de tener accidentes dentro de la empresa. Es por esto que la inversión se considera una inversión de contingencia, debido a que es una medida para reducir riesgos de accidentes dentro de planta.

Su justificación es, que al mantener un nivel de utilización de bodega más bajo hay menos probabilidades de accidentes. La caída de un paquete de productos

sobre una persona puede tener resultados catastróficos. Es por esto, que se toma como medida de contingencia ante el peor caso, en este caso, la peor situación es la fatalidad de un operador, por lo que se realiza el análisis considerando lo establecido en el código de trabajo Art. 369 del Ecuador.

De este modo, considerando la fatalidad de un operador que gana el sueldo mínimo establecido por la ley (aproximadamente 400 USD), la empresa disminuye la probabilidad de incurrir en este tipo de gastos. En estos casos, la empresa puede ser clausurada durante 15 días hasta terminar las investigaciones pertinentes y establecer responsabilidades.

Los costos ahorrados cuantificables son:

Costo de indemnización

$$\text{Costo de indemnización} = \text{Sueldo correspondiente a 4 años} \quad (3.3)$$

$$\text{Costo de indemnización} = 4 * 400 * 12$$

$$\text{Costo de indemnización} = 19.200 \text{ USD}$$

Costo de clausura

En este caso, se asumirá la venta perdida durante 15 días, históricamente las ventas de la empresa son de 1'000.000 mensuales (Por motivos de privacidad no se presentarán históricos), de este modo, la venta perdida 66.660 USD.

Existen adicionales, pero no serán considerados dentro del análisis.

$$\text{Costo de clausura de 15 días} = 66.660 \text{ USD}$$

De este modo el costo, se estima el costo de una fatalidad:

$$\text{Costo de fatalidad} = \text{Costo de indemnización} + \text{Costo de Clausura} \quad (3.4)$$

$$\text{Costo de fatalidad} = 19.200 + 66.660$$

$$\text{Costo de fatalidad} = 85.860 \text{ USD}$$

Además del costo asociado a una fatalidad, existen riesgos no cuantificables que la empresa corre el riesgo como problemas legales, incrementa la improductividad, insatisfacción interna y temor dentro de la empresa, despidos, investigaciones internas y externas, impacto negativo de la sociedad, entre otros.

3.2.3 Análisis de contingencia

Dada la inversión y los costos de control anuales se necesitarían aproximadamente 7 años para recuperar el costo de una fatalidad.

$$\textit{Tiempo de recuperación de fatalidad} = \frac{\textit{Costo de fatalidad} - \textit{Costo de inversión}}{\textit{Costo de control anual}} \quad (3.5)$$

$$\textit{Tiempo de recuperación de fatalidad} = \frac{85.860 - 11.017}{10.488}$$

Tiempo de recuperación de fatalidad ≈ 7 años

De este modo, la inversión y el control del inventario llega a ser beneficioso para la empresa, debido a la disminución del riesgo de una fatalidad. Esto implica que la inversión es económicamente viable y necesaria.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se localizaron las zonas de almacenamiento de inventario de producto final y producto en proceso de acuerdo al flujo de producto y destinos de este. De este modo, el galpón 1 tiene disponible el 66% para producto final, y en el galpón 2 tiene el 20% para producto final, dando como total de los dos galpones un 56%, lo cual representa 2.171 m³. De este modo, quedan identificados los distintos responsables.
- La coordinación entre departamentos mejorará debido a las técnicas visuales dentro de planta y Poka Yoke, indicando la capacidad de almacenamiento máxima por área y máximas alturas de almacenamiento. Esto permitirá mejorar la calidad de respuesta de los departamentos.
- El sistema de control de inventario se beneficia debido a las técnicas visuales dentro de planta y Poka Yoke, indicando la capacidad de almacenamiento máxima por área y máximas alturas de almacenamiento. Mediante los formatos de control y comunicación por medio del sistema.
- La simulación propuesta demuestra que la utilización de la capacidad de almacenamiento diario del área de producción se reduce 23% gracias a la rápida evacuación del producto terminado, segregado desde las máquinas, de las zonas de almacenamiento por medio del carro de transferencia e implementando políticas claras de desalojo de producto terminado.
- Un inventario controlado permite una mejor y más segura administración y operación de almacenamiento. Reducción del inventario promedio en un 40% en comparación con la situación actual.
- La contratación del operador de grúa permite ejecutar una política de inventario de 2 días en la zona de transición y eliminar el tiempo de bloqueo de la máquina si se coordinan los departamentos.

4.2 Recomendaciones

- Hacer campañas de seguridad industrial, concientizar a todo el personal de la empresa sobre los riesgos dentro de la planta y bodega de almacenamiento.
- Capacitar a operadores de grúas sobre el correcto uso del recurso y su importancia dentro de las operaciones de ordenamiento, control y seguridad.
- Implementar propuestas presentadas dentro de planta y otras que permitan un fácil reconocimiento de los peligros y zonas dentro de planta.
- Evaluar la reubicación o remate del producto de baja rotación almacenado en las bodegas.
- Controlar las operaciones internas de la bodega por medio de formatos de control que indiquen estados y la utilización de la capacidad de la misma.
- Establecer directrices claras a operadores de puentes con respecto a los productos que deben trasladar.
- Integrar al ERP de la empresa la cantidad de productos almacenados real por galpón, así tener un mejor control del inventario desde el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A., & Salazar, A. (2012). *Análisis y Diseño de un sistema de información en la parte operativa, para la empresa importadora y comercailizadora de repuestos de automóviles FRAMIR S.A.* Guayaquil.
- Angulo, C., & Lombeida, J. (2017). *Diseño de un sistema de priorización de la lista de espera quirúrgica en un hospital de tercer nivel.* Guayaquil.
- Asociación Latinoamericana del acero. (2017). *América Latina en cifras 2017.* Santiago de Chile.
- EKOS. (5 de 12 de 2018). *EKOS* . Obtenido de <http://www.ekosnegocios.com/empresas/Resultados.aspx?ids=230&n=Industria%20met%C3%A1lica>
- Jijon, B., & Alexis, F. (2017). *Determinación de las políticas de inventario para el almacén de la empresa eléctrica del Ecuador.* Guayaquil.
- Líderes. (05 de 12 de 2018). *Líderes*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-consumo-acero-mejora-region.html>
- Massúh, O. (2012). *Rediseño del área de almacenamiento en una empresa de servicios logísticos integrales.* Guayaquil.
- Massuh, O. (2015). *Diseño e implementación de una política de inventarios.* Guayaquil.
- Mendoza, H., & Rincón, O. (2012). *Diseño de una política de inventario multinivel para un centro de distribución de productos congelados.* Guayaquil.
- Morales, J. (1981). *Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora del desempeño en el consumo de combustible de un vehículo en las condiciones de uso del mismo.* México D.F.
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). *Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim .* LACCEI.
- Reina, E. (2013). *Diseño de un Sistema de Control basado en la Metodología Reingeniería de Procesos, aplicado en el Área de Operaciones de una Empresa Verificadora de Productos Alimenticios, utilizando Indicadores de Gestión .* Guayaquil.
- Valencia, A. (2008). *Evaluación de riesgos del área de manufactura de tapas de latón en una empresa manufacturera de componentes de acero y metales no ferrosos, mediante el método de William Fine.* Guayaquil.

Walpole, R., Myers, R., Myers, S. and Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 9th ed. México: Pearson Educación, p.272.

