

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA  
FABRICACIÓN DE SEMIRREMOLQUES VOLQUETE EN UNA  
EMPRESA METALMECÁNICA**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial**

**AUTOR:**

Ruben Alvaro Velasquez Paredes

**ASESORA:**

María Isabel Quispe Trinidad

Lima, setiembre, 2020

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal realizar un diagnóstico, un análisis y brindar propuestas de mejora para el proceso de fabricación de semirremolques volquetes en la Empresa metalmecánica en estudio. La tesis comprende la descripción de las herramientas de análisis y mejora a desarrollar, una descripción general de la Empresa, el diagnóstico y análisis del problema más relevante de la Empresa y sus causas potenciales, la implementación de las herramientas de mejora propuestas y finalmente la factibilidad económica de la implementación de las propuestas de mejora.

A partir del diagnóstico de la Empresa, se identificó que el problema más relevante que afecta a la Empresa es el frecuente retraso en la entrega de las ordenes de pedido a los clientes. En función a ello, se buscó las causas posibles del problema mediante una lluvia de ideas proporcionada por el personal que trabaja directamente en la fabricación, se analizaron las posibles causas del problema mediante el diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto, concluyendo que las causas principales son las siguientes: una ausencia de orden y limpieza en las áreas de trabajo; falta de organización de herramientas, planos y artículos en las mesas de trabajo; demora en el subproceso de habilitado de material, subproceso crítico de la planta; Falta de comunicación entre las áreas de ingeniería; y una ineficaz coordinación entre el Área de ventas y producción para establecer la fecha de entrega de las ordenes de pedido.

Por lo tanto se plantea la primer propuesta de mejora, metodología 5S, para tener áreas de trabajo más ordenadas y limpias que permitan un flujo productivo continuo mediante la mejora en la utilización de del subproceso crítico, subproceso de habilitado, de 88.43% a 89.57% reduciendo la cadencia de 152.67 a 150.73 minutos por unidad y aumentando la capacidad de planta de 75 a 76 unidades mensuales. Como segunda propuesta se plantea un programa de comunicación y coordinación interna empleando Gestión de la Calidad Total (TQM) para mejorar la comunicación entre las Áreas de Producción, Ingeniería y Ventas, ya sea al momento de establecer la fecha de entrega de un pedido con el Área de Ventas o cuando se haya realizado una modificación en los planos de la unidad con el Área de Ingeniería y así minimizar la cantidad de unidades defectuosas anuales. Y como última propuesta se aplica la teoría de restricciones (TOC) la cual tiene como objetivo determinar el subproceso crítico, que en el caso de la Empresa es el subproceso de habilitado, para luego explotar este subproceso y mejorar su tiempo de ciclo o cadencia de 150.73 a 145.83 minutos por unidad y por consecuencia mejorar la capacidad de producción de 76 a 78 unidades mensuales igualando la demanda promedio mensual del año 2017. Luego el ritmo de producción de los subprocesos de fabricación irá al ritmo del subproceso crítico mediante el uso del sistema tambor-amortiguador-cuerda. Finalmente, en el caso que el promedio de unidades demandadas aumente, ya que la Empresa trabaja con un sistema de producción PULL, se procederá a elevar la restricción con la implementación de un segundo turno para el Área de habilitado. Finalmente, se considera un horizonte de proyecto de cinco años con una inversión total de S/. 202,960, con lo cual se obtiene un beneficio total de S/. 1, 897,231 y un ratio Beneficio-coste de 9.348. Estos

indicadores reflejan que el proyecto es viable económicamente, ya que los beneficios son mayores a la inversión y el ratio beneficio-costos es mayor a uno.



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, Martha y Ruben, por el esfuerzo y sacrificio que realizaron para que yo pueda culminar mi carrera y por siempre apoyarme y brindarme seguridad y confianza en el desarrollo de mi carrera profesional.

A mi hermana, Nathaly, por siempre estar apoyándome en las situaciones más difíciles.

A la plana docente de la universidad que me brindo sus consejos y sugerencias a la brevedad posible cuando yo lo necesitaba.



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios, a la Virgen María y Jesús por darme la fuerza de voluntad, determinación, motivación en el día a día y guiarme por el buen camino.

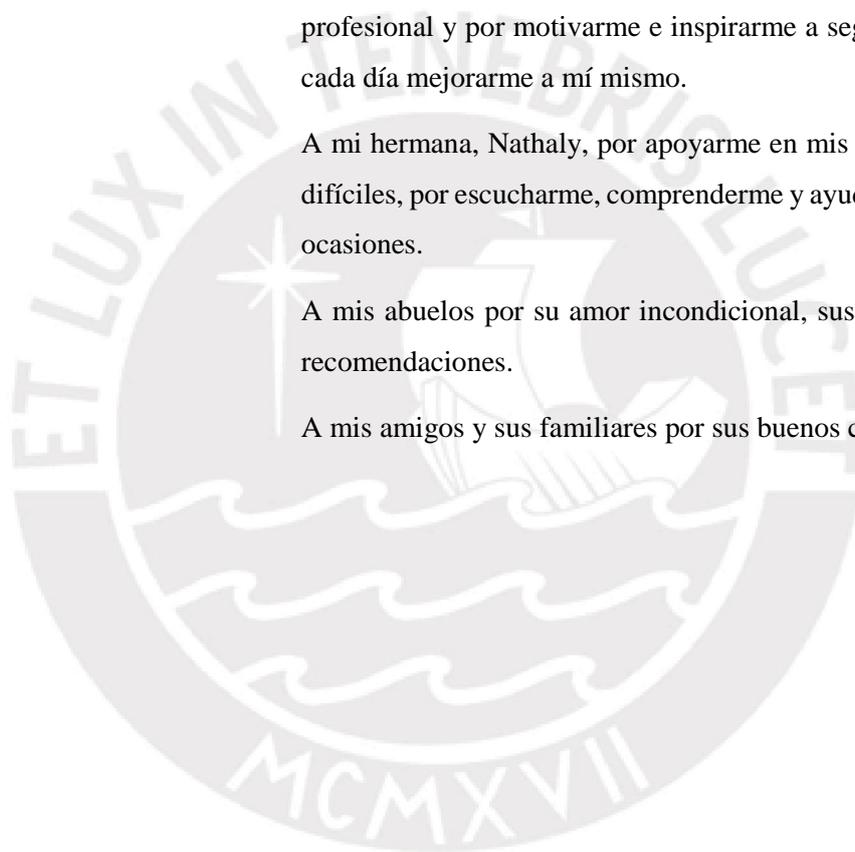
A mi madre, Martha, por darme la vida, por darme la oportunidad de culminar mi profesión en la mejor universidad del Perú, por confiar siempre en mí y por apoyarme incondicionalmente en todo.

A mi padre, Ruben, por apoyarme en mi orientación profesional y por motivarme e inspirarme a seguir adelante, y cada día mejorarme a mí mismo.

A mi hermana, Nathaly, por apoyarme en mis momentos más difíciles, por escucharme, comprenderme y ayudarme en varias ocasiones.

A mis abuelos por su amor incondicional, sus experiencias y recomendaciones.

A mis amigos y sus familiares por sus buenos consejos.





PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial

ALUMNO : **RUBEN ALVARO VELASQUEZ PAREDES**

CÓDIGO : 2011.2134.12

PROPUESTO POR : Ing. María I. Quispe Trinidad

ASESORA : Ing. María I. Quispe Trinidad

TEMA : **DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA FABRICACIÓN DE SEMIRREMOLQUES VOLQUETE EN UNA EMPRESA METALMECANICA.**

Nº TEMA : **# 1426**

FECHA : San Miguel, 20 de noviembre de 2017

### **JUSTIFICACIÓN:**

En la actualidad uno de los sectores más relevantes en el Perú es la minería. Según señala el Instituto Peruano de Economía en el diario El Comercio (2015), el sector minero representa el 11% del Producto Bruto Interno y más del 50% de las divisas<sup>1</sup>. Adicionalmente, el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) indica en el diario Gestión (2016), que en el área de Minería Metálica habrá un crecimiento de producción de un 11.2 % a un 17%, dado que solo en el mes de febrero hubo un crecimiento de más del 30%. Mientras, que el sector de construcción tendría un avance nulo debido a la menor ejecución de inversiones en proyectos por parte del público según indica el BCRP en el diario Gestión<sup>2</sup> (2016).

Los sectores minero y de construcción requieren abastecerse de unidades de transporte de carga pesada para transportar materiales pesados, tales como metales, minerales, rocas, tierra, piedras, entre otros. Las unidades que estos sectores usan con frecuencia son los volquetes roqueros y semirremolques volquetes, debido a su resistencia al impacto de las piedras y rocas. Estas unidades son adquiridas en empresas metalmeccánicas especializadas en carrocerías. Sin embargo, la mayoría de estas empresas tienen un problema que podría afectar su imagen y credibilidad ante las empresas de los sectores minero y de construcción.

<sup>1</sup> Diario El Comercio. 2015. "¿Por qué es tan importante la minería para el Perú?". Consulta 27 de marzo del 2016 <<https://elcomercio.pe/economia/peru/importante-mineria-peru-192754>>

<sup>2</sup> Diario Gestión. 2016. "Los 10 indicadores de la economía a tomar en cuenta el 2016". 2016. Consulta: 27 de Marzo del 2016 <<http://gestion.pe/economia/10-indicadores-economia-tomar-cuenta-2016-2156865>>



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

- 2 -

El Gerente general de la empresa metalmecánica en estudio (Roberto Muttini, comunicación personal, 12 de noviembre del 2015), detalla que el principal problema de la mayoría de empresas de este sector es la demora en la entrega de las órdenes de compra; debido a que aproximadamente 3 de cada 10 órdenes de compra se entregan después de la fecha acordada con el cliente. Como consecuencia, esto genera un clima de desconfianza con los clientes vigentes y una mala imagen de la empresa ante los posibles compradores.

Finalmente, la base de datos de ventas de la empresa<sup>3</sup> (2015), nos indica que la unidad más vendida es el semirremolque volquete con un promedio de 82 unidades. Adicionalmente, la unidad que brinda la mayor cantidad de ingresos netos en la empresa metalmecánica es el semirremolque volquete, ya que la utilidad neta de un semirremolque volquete es mayor a la de un volquete en un 320.65%.

El presente trabajo de investigación busca realizar un diagnóstico de los problemas existentes en el proceso de fabricación del semirremolque volquete. Luego, en función del diagnóstico realizar un análisis de las causas del problema y finalmente, proponer mejoras en el proceso de fabricación de semirremolques-volquetes. Todo esto con el fin de mejorar el proceso de producción de la empresa y evaluar el impacto que generará la aplicación de las mejoras propuestas.

El interés por los temas relacionados a sistemas integrados de producción y al planeamiento y control de operaciones y el querer ayudar a la empresa en estudio a mejorar su proceso de producción son los motivos fundamentales para la elección del presente trabajo.

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Realizar un diagnóstico, un análisis y proponer mejoras en el proceso de fabricación de semirremolques volquetes en una empresa metalmecánica.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Describir las herramientas de ingeniería industrial y la metodología que se utilizará para el desarrollo de la tesis.
- Realizar una descripción de la empresa en estudio. Indicando a que sector pertenece y describir sus productos, procesos, organización, recursos humanos, materiales y proveedores.
- Diagnosticar la situación actual en la empresa identificando el principal problema y las causas más relevantes en la fabricación de semirremolques volquetes.
- Elaborar propuestas de mejora en base al diagnóstico realizado en la empresa en estudio que involucren el uso de herramientas y metodologías aprendidas en la carrera de Ingeniería Industrial.
- Evaluar la conveniencia económica al aplicar las mejoras que fueron propuestas.

<sup>3</sup> Información interna-empresa-ventas. 15 de diciembre del 2015. Excel: Ventas realizadas mensualmente 2017. Consulta: 7 Marzo del 2016



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

- 3 -

**PUNTOS A TRATAR:**

**a. Marco teórico.**

Se presentarán las definiciones, herramientas y conceptos teóricos relacionados a la ingeniería que ayudarán en el diagnóstico y análisis del proceso de fabricación y en la implementación de las mejoras. Se enfocará en el estudio de técnicas de planeamiento, fundamentos de 5's, teoría de restricciones y sistema TQM.

**b. Descripción de la empresa.**

Se presentará una descripción detallada de la empresa en estudio; se detallará a que sectores van dirigidos los productos y servicios de la empresa; se mencionará a las organizaciones y clientes relacionados con la compañía. Adicionalmente, se presentará el proceso productivo, los recursos, equipos, herramientas, infraestructura y materiales de la compañía.

**c. Diagnóstico y análisis de la situación actual del proceso.**

Se realizará el diagnóstico de la situación actual de la fabricación de semirremolques volquetes y mediante un análisis se identificarán las causas de las deficiencias y los problemas que se presentan en la empresa.

**d. Propuesta de mejoras.**

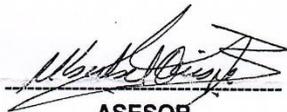
En base al diagnóstico y análisis de la situación actual de la empresa, se realizará una descripción detallada para la implementación de las herramientas de mejora.

**e. Evaluación del impacto económico.**

Se desarrollará una evaluación de costo beneficio de las propuestas de mejora, estableciendo de este modo el alcance y la viabilidad de la implementación de las mismas a partir de las necesidades del área y empresa en estudio.

**f. Conclusiones y recomendaciones.**

*Máximo : 100 páginas*

  
ASESOR

# ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras.....	xí
Índice de tablas .....	xii
Índice de anexos.....	xiv
Introducción .....	1
Capítulo 1. Marco teórico .....	3
<b>1.1. Procesos.</b> .....	3
1.1.1. Tipos de procesos.....	3
1.1.3. Descripción de proceso .....	4
<b>1.2. Herramientas para realizar el diagnóstico y análisis del proceso de fabricación.</b> .....	5
1.2.1. Diagrama de causa – efecto.....	5
1.2.2. Método de tormenta de ideas o <b>Brainstorming.</b> .....	6
1.2.3. Diagrama de Pareto.....	7
<b>1.3. Herramientas de mejora de procesos.</b> .....	8
1.3.1. Teoría de restricciones ( <i>Theory Of Constraints</i> o <b>TOC</b> ). .....	8
1.3.2 Metodología 5S.....	12
1.3.3. Gestión de la Calidad Total ( <b>Total Quality Management</b> o <b>TQM</b> ). .....	14
Capítulo 2. Descripción de la empresa.....	17
<b>2.1. Perfil empresarial y principios organizacionales.</b> .....	17
<b>2.2. Actividad económica.</b> .....	17
<b>2.3. Productos y Clientes.</b> .....	18
<b>2.4. Organización y recursos humanos.</b> .....	19
2.4.1. Organización de la empresa y del Área de Producción. ....	19
2.4.2. Recursos humanos. ....	23
<b>2.5. Proceso principal.</b> .....	24
2.5.1. Funciones del Área de Producción. ....	25
2.5.2. Actividades del Área de Producción. ....	26
2.5.3. Descripción detallada del proceso de producción de un semirremolque volquete.....	26
<b>2.6. Instalaciones.</b> .....	30
2.6.1. Tipo de Distribución. ....	30
Capítulo 3. Diagnóstico y análisis de problemas en el proceso de fabricación de semirremolques volquetes .....	32
<b>3.1. Diagnostico e identificación de problemas en el proceso de fabricación de un semirremolque volquete.</b> .....	32
3.1.1. Meta, demanda y unidades terminadas. ....	32
3.1.2. Disponibilidad de tiempo en áreas de trabajo.....	33

3.1.3. Tiempo requerido para fabricar una unidad de semirremolque volquete. ....	34
3.1.4. Tiempos estándar de subprocesos, balance de línea y capacidad de producción de la planta... ..	35
3.2. Lluvia de ideas o Brainstorming. ....	39
3.3. Diagrama de causa – efecto. ....	40
3.4. Análisis e identificación de oportunidades de mejora. ....	42
3.4.1. Encuesta de procesos. ....	42
3.4.2. Análisis y Diagrama de Pareto. ....	44
3.4.3. Identificación de las causas más importantes del problema. ....	45
Capítulo 4. Propuestas de mejora.....	46
4.1. Implementación de primera propuesta, metodología 5S. ....	47
4.1.1. Procedimiento de implementación de las 5S. ....	47
4.1.2. Impacto de la aplicación de las 5S en el Área de Producción. ....	57
4.2. Realización de un programa de comunicación y coordinación interna empleando Gestión de la Calidad Total ( <i>Total Quality Management</i> o TQM). ....	59
4.2.1. Identificar la información que es necesaria transmitir. ....	60
4.2.2. Formas de transmitir la información necesaria. ....	61
4.2.3. Seguimiento del desarrollo de la metodología TQM. ....	67
4.2.4. Retroalimentación. ....	68
4.2.5. Impacto de la implementación de la gestión de la calidad total. ....	68
4.3. Aplicación de Teoría de las restricciones (TOC) e implementación del sistema DBR (Tambor - Amortiguador - Cuerda).....	70
4.3.1. Identificar las restricciones del sistema. ....	70
4.3.2. Decidir cómo explotar la restricción.....	72
4.3.3. Subordinar las otras tareas a la restricción. ....	76
4.3.4. Elevar la restricción.....	80
4.3.5. Repetir proceso.....	82
4.3.6. Impacto de la aplicación de la teoría de restricciones e implementación del sistema DBR (Tambor - Amortiguador - Cuerda). ....	83
Capítulo 5. Evaluación beneficio-costos. ....	84
5.1. Evaluación Económica de la propuesta de mejora n°1 – metodología 5S.....	84
5.2. Evaluación Económica de la propuesta de mejora n°2 – Gestión de la calidad total o TQM. ....	87
5.3. Evaluación Económica de la propuesta de mejora N°3 – Teoría de restricciones y sistema tambor-amortiguador-cuerda.....	91
5.4. Análisis beneficio – costo de las propuestas de mejora.....	92
Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones .....	94
6.1. Conclusiones. ....	94
6.2. Recomendaciones.....	95
BIBLIOGRAFIA .....	96

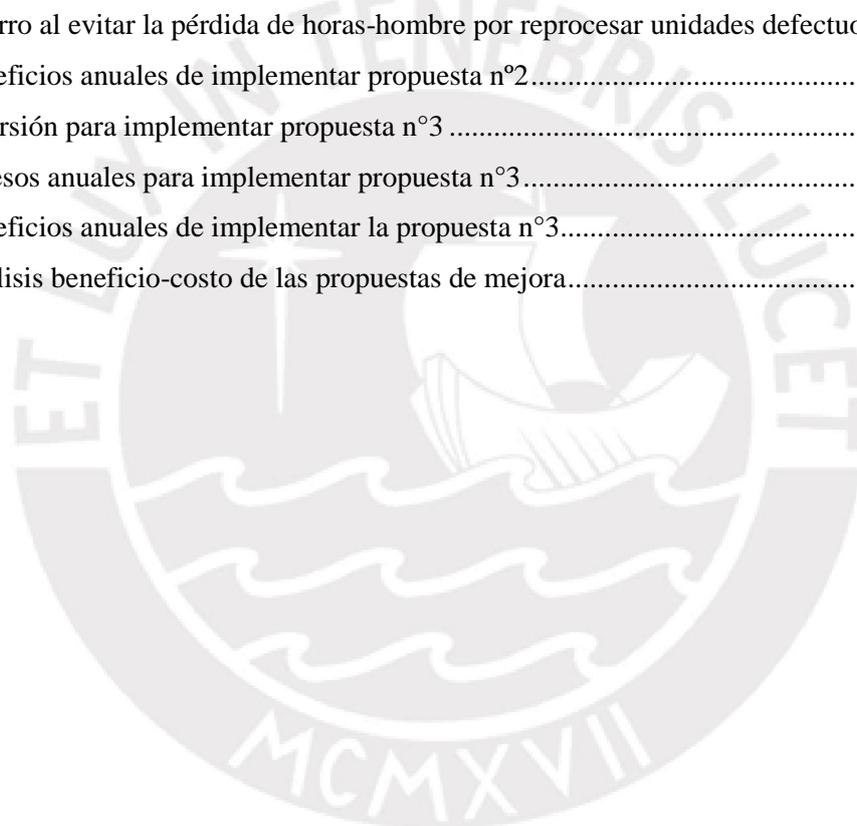
## Índice de figuras

Figura 1. Símbolos del diagrama de flujo .....	5
Figura 2. Diagrama de Ishikawa .....	6
Figura 3. Diagrama de Pareto .....	8
Figura 4. Rueda de Gestión de la Calidad Total .....	15
Figura 5. Ciclo de Deming.....	16
Figura 6. Organigrama organizacional de la empresa.....	20
Figura 7. Organigrama del área de producción.....	22
Figura 8. Montaje de tolva en viga .....	29
Figura 9. Diseño del porta extintor y el porta conos.....	29
Figura 10. Distribución de planta.....	31
Figura 11. Leyenda Jefes de áreas de trabajo.....	31
Figura 12. Diagrama de Ishikawa - causas del problema.....	41
Figura 13. Diagrama de Pareto - causas principales .....	45
Figura 14. Cronograma implementación de las 5S .....	47
Figura 15. Formato comienzo - fin de acción .....	49
Figura 16. Mesa con 3 divisiones.....	53
Figura 17. Contenedores de materiales y piezas .....	53
Figura 18. Limpieza de área de trabajo.....	54
Figura 19. Trayecto de limpieza en las áreas de trabajo de la planta.....	55
Figura 20. Distribución de pizarras de corcho en la planta.....	61
Figura 21. Pizarra de corcho con planos de órdenes de trabajo en proceso.....	62
Figura 22. Distribución de pantallas LED en planta. ....	63
Figura 23. Diagrama de flujo de implementación de LED's .....	65
Figura 24. Diagrama de flujo de programación de reuniones con clientes .....	66
Figura 25. Stock de seguridad con variabilidad en los plazos de entrega.....	78

## Índice de tablas

Tabla 1. Unidades producidas por categoría.....	18
Tabla 2. Clasificación de unidades según sector o industria.....	19
Tabla 3. Unidades solicitadas, Unidades terminadas y Meta.....	33
Tabla 4. Disponibilidad de horas de trabajo en cada área de trabajo por mes .....	33
Tabla 5. Tiempo requerido para fabricar un Semirremolque Volquete .....	34
Tabla 6. Comparación de tiempos en los subprocesos para la producción de un semirremolque .....	35
Tabla 7. Balance de línea de planta.....	36
Tabla 8. Tiempos requeridos por área de trabajo para producir un semirremolque volquete .....	37
Tabla 9. Capacidad de producción por área de semirremolques volquetes en planta .....	37
Tabla 10. Tormenta de ideas – causas del problema principal .....	39
Tabla 11. Resultado encuesta de causas de problema principal.....	43
Tabla 12. Causas del problema principal enlistados por prioridad según encuesta .....	44
Tabla 13. Causas más influyentes en el problema principal .....	44
Tabla 14. Propuestas de Mejora.....	46
Tabla 15. Planificador de acciones metodología 5S .....	49
Tabla 16. Inventario de materiales del Área de Fabricación.....	50
Tabla 17. Descripción de los estados de frecuencia de uso de materiales. ....	50
Tabla 18. Clasificación de materiales por frecuencia de uso - Área de Fabricación. ....	51
Tabla 19. Comparación de tiempos en los subprocesos para producir un semirremolque implementando la propuesta n°1.....	58
Tabla 20. Balance de línea de planta - Metodología 5S implementada .....	58
Tabla 21. Capacidad de producción en la planta implementando propuesta n°1 .....	59
Tabla 22. Unidades solicitadas, terminadas y defectuosas por errores .....	69
Tabla 23 Promedio mensual y anual de unidades defectuosas por año .....	69
Tabla 24. Balance de línea de planta - Teoría de restricciones explotación de restricción.....	74
Tabla 25. Comparación de tiempos en subprocesos implementando montacargas .....	75
Tabla 26. Tiempos requeridos para fabricar una unidad por área de trabajo - Teoría de restricciones	75
Tabla 27. Capacidad de producción mensual por áreas con montacargas implementado .....	75
Tabla 28. Cálculo del stock de amortiguación.....	79
Tabla 29. Disponibilidad tiempo área habilitado opción 1 – 1 máquina.....	81
Tabla 30. Capacidad de producción opción 1 – 1 máquina .....	81
Tabla 31. Disponibilidad tiempo área habilitado opción 2 .....	82

Tabla 32. Capacidad de producción opción 2 .....	82
Tabla 33. Detalle monetario de semirremolque volquete .....	84
Tabla 34. Inversión para implementar propuesta n°1 .....	85
Tabla 35. Egresos anuales para implementar propuesta n°1 .....	86
Tabla 36. Ahorro en materiales al implementar propuesta n°1 .....	86
Tabla 37. Beneficios anuales de implementar la propuesta n°1 .....	87
Tabla 38. Inversión para implementar propuesta n°2 .....	88
Tabla 39. Egresos anuales para implementar propuesta n°2 .....	88
Tabla 40. Unidades defectuosas del año 2017 .....	89
Tabla 41. Ahorro de piezas al evitar errores en planos por modificaciones .....	89
Tabla 42. Pagos a grupos de trabajo por unidad de semirremolque según subproceso .....	90
Tabla 43. Ahorro al evitar la pérdida de horas-hombre por reprocesar unidades defectuosas.....	90
Tabla 44. Beneficios anuales de implementar propuesta n°2.....	90
Tabla 45. Inversión para implementar propuesta n°3 .....	91
Tabla 46. Egresos anuales para implementar propuesta n°3.....	91
Tabla 47. Beneficios anuales de implementar la propuesta n°3.....	92
Tabla 48. Análisis beneficio-costo de las propuestas de mejora.....	93



## Índice de anexos

Anexo A: Clientes que realizaron órdenes de compra. ....	1
Anexo B: Planos de fabricación de viga. ....	2
Anexo C: Planos de estructura de casco o tolva. ....	4
Anexo D: Planos de tipos de suspensión. ....	6
Anexo E: Diagrama de operaciones (DOP) del proceso de fabricación de un semirremolque volquete. .....	8
Anexo F: Meta, Unidades solicitadas y Unidades terminadas. ....	10
Anexo G: Evidencias de causas raíces. ....	11
Anexo H: Tablas de lista de materiales y herramientas de cada área de trabajo. ....	14
Anexo I: Tablas de clasificación de materiales y herramientas por frecuencia de uso en cada área de trabajo. ....	17
Anexo J: Figuras de materiales a usar para la organización de materiales y herramientas en las áreas de trabajo. ....	20
Anexo K: Plano de distribución de los contenedores por frecuencia de uso en mesa de trabajo con tres niveles. ....	21
Anexo L: Documento de auditoria para comprobar que las 5S se desarrollen idóneamente. ....	22
Anexo M: Comparación de tiempos mediante cronometría antes y después de implementar propuesta n°1 metodología 5S. ....	23
Anexo N: Diagramas de flujo de instalación de los televisores LED para informar modificación en planos. ....	31
Anexo O: Unidad de transporte de materiales y accesorios. ....	32
Anexo P: Paso 3 Explotación de restricción – Comparación de tiempos mediante cronometría. ....	33

Anexo Q: Aumento de capacidad de la planta usando las dos máquinas de habilitado en el segundo

turno..... 34



## Introducción

En la actualidad la actividad minera cumple un rol importante en la economía peruana. Según lo informado por la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, este rol destacado de la minería es debido a que brinda un aporte del 10% al producto bruto interno (PBI) del país, genera puestos de empleo, mayores divisas e ingresos fiscales por impuestos, etc. Al igual que el sector manufacturero y de construcción su crecimiento en estos últimos años es indiscutible (El Peruano, 2018). Por lo que en estos últimos años se ha generado un incremento en la demanda de carrocerías para vehículos. A su vez el incremento de la información que presentan los clientes en relación a los productos en esta última década, como es en este caso las carrocerías de transporte de material pesado, ha generado aumento en las exigencias, que requieren productos de alta calidad que se ajustan a sus necesidades específicas; así como entregas más rápidas y frecuentes; mucha competitividad y una gran inestabilidad de la demanda.

En este sentido, las empresas del sector metalmeccánico, en su esfuerzo por mantenerse competitivos en el mercado, deben de implementar las herramientas y metodologías provenientes de nuevas tecinas con la finalidad de mejorar su competitividad y una de estas es la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, que permitirán reducir costos de producción, producir unidades con una calidad óptima, entregar las ordenes de trabajo en el tiempo especificado, aumentar la capacidad de producción de la Empresa y finalmente aumentar las utilidades de la Empresa.

El objetivo de este trabajo es diagnosticar, analizar y mejorar el proceso de producción de semirremolques volquetes, unidad de alta demanda, de una empresa dedicada a la fabricación de carrocerías de transporte de material pesado. La finalidad de este trabajo es que la Empresa cumpla con las demandas mensuales y anuales de unidades y cuente con clientes satisfechos.

En el capítulo 1, se realiza la descripción del proceso. Asimismo, también se realiza una descripción de las herramientas a utilizar para realizar el diagnóstico y análisis del proceso de producción, las cuales ayudarán a identificar el problema que afecta al sistema de producción y sus causas principales. Finalmente, se realiza una descripción de las herramientas a usar para la mejora del proceso productivo.

En el capítulo 2, se realiza la presentación de la Empresa que incluye una breve reseña histórica de la misma, su misión, su visión, sus objetivos, su organización y sus productos fabricados. Adicionalmente, se hace una descripción de la organización de la Empresa y el área de producción, de su proceso de producción y de sus instalaciones.

En el capítulo 3, se desarrolla el diagnóstico y el análisis, donde se desarrolla la identificación del problema principal que afecta el proceso de fabricación de los semirremolques volquetes, una tormenta de ideas de las causas del problema, la clasificación de las causas por segmentos usando el diagrama de Ishikawa, una encuesta para determinar las causas más relevantes del problema principal y finalmente la identificación de las causas más importantes del problema mediante análisis de Pareto.

En el capítulo 4, se desarrolla la implementación de las propuestas de mejora para la Empresa. Estas son: la metodología 5S, la gestión de la calidad total (TQM) y la teoría de restricciones (TOC), incluyendo el sistema tambor-amortiguador-cuerda (DBR). Todas las propuestas de mejora van enfocadas a mejorar el proceso de fabricación de la unidad más demandada, el semirremolque volquete. Finalmente, se desarrolla la evaluación del impacto económico de las propuestas de mejora con respecto a sus implementaciones, cuantificándose el incremento de producciones obtenidas y evaluando la rentabilidad de estas herramientas de mejora, a través del indicador económico Beneficio/Costo.



## Capítulo 1. Marco teórico

En el presente capítulo se describirá el marco teórico utilizado para el presente trabajo de investigación, el cual será necesario para implementar mejoras en base a herramientas de ingeniería industrial como la Gestión de la Calidad Total (TQM), manufactura esbelta (5S) y la teoría de restricciones (TOC).

### 1.1. Procesos.

Según Alexander (2002), los procesos son un conjunto de recursos y actividades que se relacionan para transformar insumos en resultados. Así mismo la Organización Internacional de Normalización (1999), define un proceso como un conjunto de actividades mutuamente relacionadas que transforman elementos de entrada en resultados. Esta definición es similar a lo que señala Galloway (1998), que define un proceso como una secuencia de actividades o tareas que transforman las entradas en una salida considerando a los materiales, mano de obra, información, equipo, condiciones del ambiente y fuentes monetarias como entradas necesarias para realizar el proceso, y la salida como el producto obtenido al desarrollar el proceso. Por último, las definiciones de proceso mencionadas anteriormente concuerdan con la definición de Cerrón (2006), que define un proceso como el conjunto de actividades y recursos que se interrelacionan para transformar elementos de entrada, como materiales, en elementos de salida o productos, donde los recursos pueden ser personal, equipos, métodos, etc.

#### 1.1.1. Tipos de procesos.

Existen varias propuestas de clasificación de procesos por parte de diferentes autores de las cuales se señalarán algunas de ellas: Krajewsky, Ritzman y Malhotra (2013), proponen opciones de proceso que por definición son una forma de estructurar los procesos. Estas opciones de proceso están en función a dos variables, el volumen de producción y el nivel de personalización del producto, y se dividen en cuatro opciones de proceso que son: proceso por trabajo, proceso por lote, proceso en línea y proceso de flujos continuos; Domínguez, Álvarez, García, Domínguez y Ruiz (1995) mencionan que los procesos se clasifican en función a la continuidad en la obtención del producto, estos son los siguientes.

- **Configuración productiva o procesos por proyecto:** se emplea para la elaboración de productos o servicios únicos y complejos como aviones o líneas férreas, que se obtienen de la coordinación en el uso de unos INPUTS que suelen ser de gran tamaño. Además se caracteriza porque los INPUTS son trasladados donde se elabora el producto o se genera el servicio.
- **Configuración productiva por lotes:** estos procesos utilizan las mismas instalaciones o áreas para la obtención de varios productos de modo que una vez obtenida la cantidad deseada para uno de ellos, se procede a procesar otro lote de otro producto.
- **Configuración productiva continua:** en este tipo de procesos la fabricación de lotes se transforma en un flujo continuo de producción, ya que se eliminan los tiempos ociosos y de espera, de forma

que siempre se ejecutan las mismas operaciones, en las mismas máquinas para obtener un mismo producto con una disposición en línea.

Otra clasificación de procesos, según Galloway (1998) es de acuerdo al alcance del mismo proceso, estos son.

- ✓ **Proceso macro:** se refiere al proceso global, que por lo general cruza fronteras funcionales, por lo que es necesario que intervengan varios miembros de la organización para llevar a cabo el proceso.
- ✓ **Subproceso:** son los pasos de los que se compone cada uno de los pasos correspondientes a un proceso.
- ✓ **Proceso micro:** es un proceso más reducido compuesto por una serie de pasos y actividades más específicas.

### 1.1.3. Descripción de proceso

Según Cerrón (2006) la descripción de un proceso busca determinar métodos y criterios, para verificar que las actividades que se realizan en dicho proceso, se realicen de manera eficaz y permita el control del mismo. Lo que señala que la descripción de los procesos se debe centrar fundamentalmente en las actividades y características relevantes del proceso que permita el control y la gestión de estos. Luego, con el fin de entender fácilmente la interrelación o secuencia de las actividades o de las características de un proceso es preferible utilizar los diagramas de procesos más utilizados como son los siguientes.

- ✓ **Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP):** es la representación simbólica de la acción de elaborar un producto o brindar un servicio, mostrando las operaciones e inspecciones que se deben realizar de forma sucesiva, los materiales a usar, los desperdicios obtenidos y el producto o servicio final.
- ✓ **Diagrama Analítico de Procesos (DAP):** es una representación gráfica de todas las actividades que se desarrollan durante el proceso de elaboración de un producto o servicio; como las operaciones, inspecciones, transportes, demoras, almacenamientos, etc.
- ✓ **Diagrama de flujo de Procesos:** es la representación gráfica de un proceso. Cada paso o actividad que se realiza en el proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una corta descripción de la actividad y todos estos símbolos están unidos mediante flechas. Los símbolos que se utilizan en el diagrama de flujo se pueden visualizar en la Figura 1.
- ✓ **Diagrama de Bloques:** es la representación gráfica del funcionamiento de un sistema, el cual se realiza mediante bloques y la relación que existe entre ellos. Además, definen la organización del proceso interno, las entradas y salidas que tiene la organización.

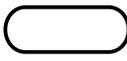
SIMBOLO	REPRESENTA	SIMBOLO	REPRESENTA
	<b>Terminal:</b> Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		<b>Actividad:</b> Representa una actividad llevada a cabo en el proceso.
	<b>Decisión:</b> Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación del tipo "SI" - "NO"		<b>Documento:</b> Se refiere a un documento utilizado en el proceso, se utilice, se genere o salga del proceso.
	<b>Multidocumento:</b> Refiere a un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente que agrupa a distintos documentos.		<b>Inspección/Firma:</b> Empleado para aquellas acciones que requieren una supervisión o una firma.
	<b>Base de datos/aplicación:</b> Empleado para representar la grabación de datos.		<b>Línea de flujo:</b> Proporciona indicación sobre el sentido de flujo del proceso.

Figura 1. Símbolos del diagrama de flujo

Fuente: <https://www.aiteco.com/> 2016: "Diagrama de flujo"

## 1.2. Herramientas para realizar el diagnóstico y análisis del proceso de fabricación.

Para definir adecuadamente que herramientas de mejora se usarán, se hará uso de herramientas de diagnóstico y análisis para identificar los principales problemas y sus principales causas que afectan en el proceso de fabricación del semirremolque volquete.

### 1.2.1. Diagrama de causa – efecto.

Esta herramienta descrita por Kume (1993) permite determinar una relación múltiple de causa-efecto de los diversos factores que influyen en el resultado de un proceso con la finalidad de solucionar problemas complejos. Este diagrama exhibe la relación entre una característica de calidad y los factores. Otras denominaciones de este diagrama son "diagrama de Ishikawa", debido a que Kaoru Ishikawa fue quien lo desarrollo y "diagrama de esqueleto de pescado" por la forma del diagrama. Todo esto coincide con lo descrito por Niebel y Freivalds (2009), con la diferencia que ellos sugieren agrupar las causas potenciales en cinco categorías: mano de obra o personal, máquinas, materiales, métodos y medio ambiente. La Figura 2 muestra un ejemplo del diagrama de causa – efecto. Los pasos considerados para realizar el diagrama causa - efecto según Niebel y Freivalds (2009) son los siguientes:

- i. Definir el problema, escribirlo y encerrarlo en un rectángulo.
- ii. A partir del lado izquierdo del rectángulo trazar una línea horizontal hacía la izquierda.
- iii. Escribir las causas principales en rectángulos y unirlos mediante líneas a la línea principal.
- iv. Efectuar una tormenta de ideas para ir añadiendo factores a cada causa principal.
- v. Someter el diagrama al análisis grupal.
- vi. Definir las causas más probables.

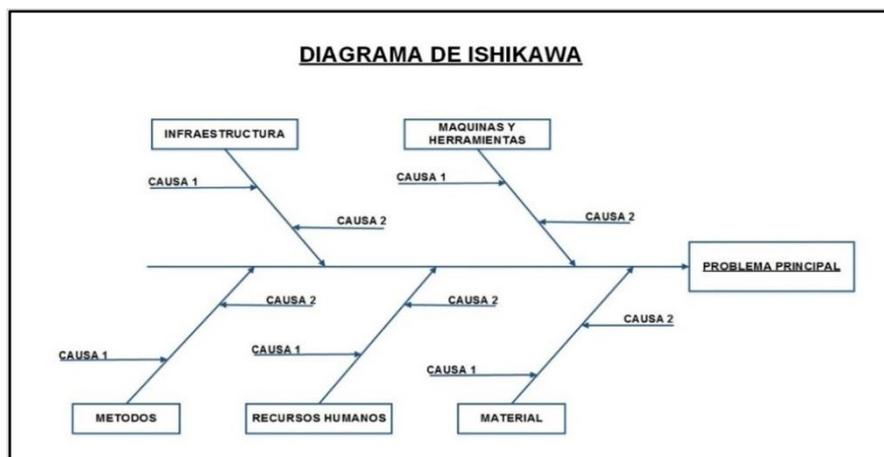


Figura 2. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Niebel y Freivalds (2009: Pg.19)

### 1.2.2. Método de tormenta de ideas o Brainstorming.

Según Osborn (1953), es un método destinado a estimular la formulación de ideas de modo que se facilita la libertad de pensar en distintas soluciones para el problema. Éste consiste en un procedimiento por el que un grupo intenta encontrar una solución a un problema específico mediante la acumulación de todas las ideas expresadas, de forma espontánea, por sus miembros. Los principios para el desarrollo de la tormenta de ideas son los siguientes:

- La crítica no está permitida
- La libertad de pensamiento es indispensable
- La cantidad es fundamental
- La combinación y la mejora deben ponerse en práctica

Las fases de una sesión de tormenta de ideas son las siguientes:

1. **Presentación de la sesión de tormenta de ideas:** La sesión debe comenzar con una explicación de la tarea, de sus objetivos, del procedimiento a seguir y de la duración de la sesión de trabajo.
2. **Generación de ideas:** El tema se muestra de manera visible en una pizarra, soporte o pantalla, de modo que no haya dudas sobre el mismo. Hay que asegurar que este se ha comprendido correctamente por parte de todos los participantes. Es aconsejable que esté planteado en forma de pregunta. También es conveniente establecer un objetivo sobre el número de ideas a alcanzar. Como mínimo, proponer que se produzcan de 30 o 40 ideas para un grupo en torno a cinco personas.
3. **Mejora de ideas:** Una vez expuestas todas las ideas, es preciso asegurarse de que han sido comprendidas. Para ello se revisarán, preguntando a los participantes si hay dudas o si se quiere hacer algún comentario. Se aplica la combinación, la reelaboración y la síntesis de una o más ideas.

4. **Evaluación:** La evaluación de las ideas puede hacerse en la misma sesión de tormenta de ideas en un momento posterior. El resultado de esta evaluación es la reducción de la lista de ideas hasta un número en el que sea factible trabajar con ellas, siendo el voto individual para la selección de las ideas finales el mejor método, para predecir las ideas de éxito. En este sentido es imprescindible contar con un procedimiento estructurado, como el de Votación Múltiple.

### 1.2.3. Diagrama de Pareto.

Según Kume (1993), indica que la mayoría de los problemas de calidad se deben a unos pocos tipos de defectos, y estos pueden ser provocados debido a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos problemas, se puede eliminar casi todas las pérdidas o problemas, debido a que nos concentramos en esas causas particulares y se dejan de lado los defectos triviales por un momento. Es el uso del diagrama de Pareto que nos permite dar solución a este tipo de problemas con eficiencia. Los pasos por seguir para elaborar el diagrama de Pareto son los siguientes:

- Decidir qué problema se desea investigar y cómo recoger los datos.
- Diseñar una tabla para conteo de datos.
- Utilizar la tabla de conteo y calcule los totales.
- Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto que incluya una lista de todos los ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
- Organizar los ítems por orden de cantidad, y llenar la tabla de datos.
- Dibujar dos ejes verticales y uno horizontal.
- Construir el diagrama de barras.
- Dibujar la curva acumulada (curva de Pareto).
- Escribir en el diagrama cualquier información necesaria.

Esta información coincide plenamente con lo manifestado por Alexander (2002). Un ejemplo del diagrama de Pareto lo podemos observar en la Figura 3.

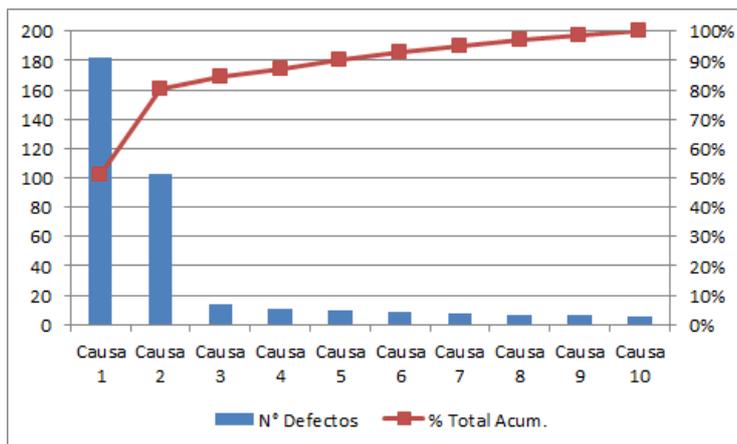


Figura 3. Diagrama de Pareto

Fuente: Kume (1993: Pg. 22)

### 1.3. Herramientas de mejora de procesos.

A continuación, se presentan las herramientas de mejora propuestas que se usarán para mejorar la productividad en la Empresa.

#### 1.3.1. Teoría de restricciones (*Theory Of Constraints* o TOC).

Según Goldratt (1995), la única meta que toda empresa busca es la de ganar dinero y será “productivo” toda acción que consiga aumentar las ganancias de dinero. En función a lo mencionado por Goldratt, la teoría de restricciones (TOC) busca aumentar las ganancias netas de la empresa aumentando la capacidad de producción de la empresa. En función a lo mencionado anteriormente, Dominguez (1995) indica que el inicio de la aplicación de la teoría de restricciones comienza con la identificación de 2 características esenciales:

1. Primero: todas las áreas de la empresa no deben buscar obtener un beneficio en particular, sino que todas deben estar averiguando un beneficio en general, ya que de lo contrario se pierde energía.
2. Segundo: el rendimiento del sistema de producción de cualquier empresa está establecido por su eslabón más débil, ya que son las limitaciones. Por lo tanto, los gerentes y ejecutivos deberían destinar sus esfuerzos en identificarlos y mejorarlos.

Según Goldratt (1995), cualquier sistema que desee lograr un proceso de mejora continua debe realizar los siguientes pasos.

#### **Paso1: Identificar las restricciones del sistema**

Buscar cuales son las etapas, operaciones, procesos o condiciones que limitan el mejor desempeño y producción de la empresa, es decir su capacidad de producción. Esto se refiere a restricciones que reducen el beneficio neto de la empresa. Una vez encontrada una serie de restricciones las cuales pueden ser trabajadas, se debe seleccionar la más importante e influyente en el sistema de producción.

## 1. Análisis del sistema actual.

Este punto trata de observar problemas frecuentes que se presentan en el sistema de producción. Estos problemas se deben superar para llegar a un sistema de producción eficiente. Partiendo de los principios básicos descritos por Goldratt (1993) y Dominguez (1995) los resume en las siguientes nueve reglas:

- 1) **Equilibrar el flujo de producción:** cuando se trata de equilibrar la capacidad instalada con la demanda del mercado en la empresa, frecuentemente las empresas cometen el error de equilibrar cada área de trabajo independientemente. La elaboración de un producto se conforma de una serie de procesos que dependen de procesos anteriores y los cálculos estadísticos de las capacidades de estos procesos trabajan con promedios, por lo tanto no son exactos. La solución que propone Goldratt (1993) indica que el equilibrio se debe dar entre la demanda del mercado y el flujo de la producción. Este flujo está limitado por la capacidad del área de trabajo que sea el “cuello de botella” de todo el proceso. Este cuello de botella no debe perder tiempo procesando productos defectuosos, debe trabajar siempre y debe evitar sufrir demoras en abastecimiento.
- 2) **La utilización de un recurso NCB no viene determinado por su propia capacidad, sino por alguna otra limitación en el sistema:** se debe equilibrar el ritmo de las operaciones NCB al ritmo que marca el cuello de botella con la finalidad de que no se generen inventarios innecesarios. Algunas relaciones existentes en la empresa entre los recursos cuello de botella (CB) y los no cuellos de botella (NCB) son.
  - El cuello de botella tiene capacidad menor o igual a la demanda.
  - El recurso NCB tiene una capacidad mayor a la demanda.
  - Un NCB suministra componentes a un CB: consecuencia se acumula inventarios provenientes de NCB en el CB, ya que este tiene menor capacidad.
  - Un CB suministra componentes a un NCB: NCB tiene más capacidad que CB, solo se puede usar capacidad de CB.

De acuerdo con las dos relaciones anteriores, se concluye que la utilización de los recursos NCB está limitada o restringida por los recursos CB del sistema de producción.

- 3) **La utilización y la activación de un recurso no son lo mismo:** utilización, es el uso de un recurso para llegar a la meta de la empresa y la activación, es el comienzo del funcionamiento del sistema de operaciones, así no sean bien utilizados los procesos, centros, áreas u operaciones. Las operaciones NCB no deben activarse si no se están utilizando para llegar a la meta de un mayor beneficio para la empresa.
- 4) **El tiempo que pierde el cuello de botella es el mismo que pierde la empresa:** debido a que la capacidad del cuello de botella determina la capacidad del sistema de producción

de la empresa, cualquier demora en el cuello de botella implica una menor producción e ingresos para la empresa.

- 5) **El tiempo ganado en un proceso u operación NCB es un “espejismo”:** el tiempo que sobra de equilibrar la utilización de los procesos NCB con la capacidad del cuello de botella o restrictor de capacidad, debe ser tiempo ocioso si no hay utilidad productiva, ya que de lo contrario se estaría produciendo inventarios y gastos innecesarios.
- 6) **Los cuellos de botella rigen el inventario y la facturación del sistema:** La operación cuello de botella debe tener igual o menor capacidad que la demanda, de tal manera que se pueda vender todo lo producido en la empresa. En función a los inventarios, solo debe existir una acumulación de estos antes del cuello de botella (suministrado por un NCB) y después del cuello de botella (en los NCB que necesiten un subproducto procesado por un cuello de botella).
- 7) **El lote de transferencia no debe ser necesariamente igual al lote de proceso:** el lote en proceso se realiza en un centro de trabajo entre dos preparaciones sucesivas, es de tamaño grande para reducir ineficiencias y demoras en los tiempos de preparación. Las áreas de trabajo cuello de botella deben trabajar con lotes de procesos grandes para evitar demoras. Los lotes de transferencia son lotes de transporte de ítems entre dos áreas u operaciones de producción, de manera que no se tenga que esperar a que todo un lote se termine de procesar para ir a la siguiente operación. La disminución de este lote puede ayudar a reducir el tiempo total de procesamiento debido a que el flujo es más continuo. Además, ayuda a reducir los inventarios en los procesos.
- 8) **El lote de proceso debe ser variable a lo largo de su ruta y en el tiempo:** la flexibilidad del tamaño del lote en proceso desarrolla mejor adaptabilidad en el comportamiento de cualquier sistema de producción.
- 9) **Las prioridades se pueden fijar teniendo en cuenta en simultáneo todas las limitaciones del sistema:** se debe tomar decisiones a partir del objetivo de percibir mayores beneficios para la empresa. El tiempo de fabricación es un derivado del programa. Debido a imprevistos o retrasos la empresa puede cometer el error de reordenar la producción, afectando a la operación cuello de botella.

## 2. Identificar la restricción.

Se trata de definir las preguntas y detalles que se deben considerar para encontrar la restricción o restricciones del sistema de producción. Según Narasinhham, Mcleavey y Billington (1996) toda organización cuenta con mínimo una restricción que no permite el desempeño máximo del negocio. El proceso es ir eliminando una restricción identificándola y ejecutando una mejora. Los tipos de restricción son los siguientes.

- **Restricción de capacidad:** ventas limitadas por la capacidad instalada en el sistema de producción o falta de capacidad de equipo productivo.
- **Restricción de logística:** la demora en la programación y el control de tiempos puede ser significado de una restricción en el flujo de producción.
- **Restricción administrativa:** las políticas y estrategias establecidas por la empresa pueden limitar la producción y venta de productos o servicios.
- **Restricción de mercado:** ventas de producto limitadas por su demanda. Número de consumidores que acoja puede ser alterado a través de estrategias de organización.
- **Restricción de materiales:** las ventas de la empresa están limitadas por disponibilidad de materiales. Falta de material a corto plazo puede ser por un mal planeamiento.

### **Paso 2: Decidir cómo explotar la restricción.**

Maximizar el rendimiento de la operación o proceso que se encuentra limitado. Se debe tratar de eliminar o minimizar los tiempos improductivos y controlar la mejora de eficiencia de la misma.

### **Paso 3: Subordinar todas las operaciones a la restricción.**

Exige situar el flujo de los recursos de la empresa a no exceder la capacidad de la operación limitante o restrictiva. De esta manera, no se invierte tiempo excesivo en operaciones anteriores, ni se desperdicia tiempo y material en producir un exceso de productos en proceso. Es importante que las otras operaciones no estén produciendo en exceso por encima de la operación restrictiva. Sino que todas avancen a la velocidad de esta operación. Esto lo explica Krajewski et al. (2013) en el sistema DBR (Tambor – Amortiguador – Cuerda). A continuación, este sistema se explicará con más detalle.

### **Sistemas de tambor-amortiguador-cuerda (drum – buffer – rope o DBR).**

Según Krajewski et al. (2013), la técnica DBR tiene como finalidad la planificación, programación y control de un sistema productivo. Su objetivo es localizar el óptimo del sistema productivo mediante las restricciones físicas que presenta este sistema, los cuales corresponden a los recursos u operaciones cuellos de botella. Consiste en concentrar la planificación de la producción en la operación restrictiva (DRUM), en proteger dicho programa con un colchón de tiempo (Buffer) y en subordinar a las operaciones anteriores al cuello de botella mediante un sistema de comunicación e información (Rope) de manera que el resto de las operaciones se subordinen a la capacidad que tiene el cuello de botella y no produzcan más de lo que deben producir.

- Tambor o Drum: se refiere al cuello de botella que marca el ritmo de trabajo del sistema de producción de la fábrica o empresa.
- Amortiguador o Buffer: es el amortiguador de impactos basado en el tiempo, que protege a la operación o subproceso cuello de botella de las interrupciones del día a día en el sistema de producción y que se asegura que el tambor no se quede sin material en caso se soliciten pedidos anormales de productos. Asimismo, los buffers recomendados por la TOC están basados en el

tiempo de proceso. En otras palabras, en lugar de tener una cantidad adicional de material, se hace llegar el material necesario solo a los puntos críticos con una cierta anticipación.

- **Cuerda o Rope:** consiste en la liberación de materiales al sistema de producción en función a la programación o ritmo del “tambor”. En otras palabras, es un medio de comunicación para controlar que no se ingrese en el sistema de producción más materia prima de la que puede manejar el cuello de botella. De esta manera, cada producto es tirado por la “cuerda” a través de la planta. Esto sincroniza a todas las operaciones del sistema al ritmo del “tambor”, lográndose un flujo de materiales rápido y uniforme.

#### **Paso 4: Elevar la restricción.**

Una vez concluida la optimización de la operación limitante con los recursos disponibles, se procede a eliminar esta restricción. Por lo tanto, se debe evaluar las opciones disponibles y escoger la mejor opción. Considerar cuánto se elevará la restricción. En otras palabras, se puede incrementar la capacidad de la operación o proceso limitante hasta que iguale o sobrepase a la próxima limitante o hasta un valor determinado menor a la próxima limitante.

#### **Paso 5: Repetir proceso.**

Al eliminar una restricción se inicia el proceso de búsqueda de operaciones cuello de botella, para identificar nuevas restricciones existentes en el proceso de producción.

### **1.3.2 Metodología 5S.**

Según Krajewski et al. (2013) la metodología 5S es “una metodología para organizar, limpiar, desarrollar y sustentar un entorno de trabajo productivo, el cual representa cinco términos relacionados donde sus iniciales comienzan con S”. En función a lo mencionado anteriormente, Dorbessan (2006) describe a las cinco eses de la siguiente manera.

- ✓ **Clasificar - seiri:** Consiste en distinguir y separar los artículos necesarios de los innecesarios. Al decir artículos nos referimos a herramientas, materiales y documentos. Las ventajas obtenidas de esta etapa son las siguientes.
  - Mayor disponibilidad de espacio para artículos necesarios.
  - Se evita la compra de artículos innecesarios.
  - Mejora de productividad de los operarios y máquinas.
  - Promueve la clasificación de artículos en trabajadores.
- ✓ **Ordenar - seiton:** Una vez clasificados los artículos, estos deben ser ordenados con la finalidad de conseguir rápidamente los artículos necesarios que tienen una alta frecuencia de uso. De la misma manera, se debe devolver los artículos a su sitio una vez empleados. Mientras, que los artículos innecesarios deben devolverse al almacén o ser desechados. De esta manera, cada artículo debe tener una ubicación determinada, un nombre y debe estar disponible en la cantidad, calidad, momento y lugar requerido. Con ello se logra los siguientes beneficios.

- Menor tiempo de búsqueda de artículos necesarios para una operación determinada.
  - Se evita la compra de artículos duplicados y de artículos innecesarios.
  - Se mejora la productividad de operarios y máquinas.
- ✓ **Limpiar - seiso:** esta etapa tiene la finalidad de incentivar la actitud de limpieza del área de trabajo y mantener la clasificación y orden de los artículos. Para poder implementar esta etapa se debe suministrar los elementos necesarios para su realización, debe contar con un tiempo requerido para su ejecución y se debe incentivar y entrenar a los trabajadores. Al ejecutar esta etapa se puede, incluso, descubrir diferentes problemas de funcionamiento. Por ejemplo, falla de equipos o máquinas por la presencia de esquirlas de metal en sus orificios o la presencia de polvo. Los beneficios obtenidos de la tercera etapa, limpieza, son los siguientes.
- Menor cantidad de accidentes e incidentes.
  - Mejor aspecto del área de trabajo.
  - Un aumento de productividad de los trabajadores, materiales y máquinas, evitando repetir las operaciones dos veces.
  - Evita el reprocesamiento.
  - Evita pérdidas y daños de materiales.

Para lograr que la tercera etapa, limpieza, se establezca con solidez, se puede tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- Todos los trabajadores deben limpiar las herramientas y máquinas al terminar su uso.
  - Los archivadores, mesas de trabajo, equipos y máquinas deben permanecer limpios.
  - No se debe tirar nada al suelo.
- ✓ **Estandarizar - seiketsu:** tiene la finalidad de estabilizar las tres etapas precedentes ratificando y mejorando todo lo que se realizó. La calidad y apariencia son muy apreciadas en las empresas, es por ello que un ambiente ordenado y limpio producirá confianza y seguridad dentro de la planta. Los beneficios obtenidos de la estandarización son los siguientes.
- Se evita errores de limpieza que puedan conducir a incidentes y accidentes laborales.
  - Al crear un hábito de mantener organizado y limpio el área de trabajo, se mejora el bienestar de los trabajadores.
  - Una mejor imagen de la empresa interna y externamente.

Para asegurar el establecimiento de las tres etapas anteriores, se pueden tomar como referencia las siguientes consideraciones para mantener las etapas previas.

- Tener instrucciones y procedimientos de trabajo.
- Tener recordatorios sobre los requisitos de limpieza.
- Tener avisos de peligro y advertencia.

- ✓ **Disciplinar - shitsuke:** tiene como finalidad el respetar y utilizar como hábito los procedimientos, estándares y controles desarrollados previamente en las cuatro etapas anteriores, sumándola a las demás actividades habituales de cada persona. En otras palabras, tener disciplina se refiere a adquirir la voluntad de respetar las normas y procedimientos establecidos por todo el grupo.

Sin embargo, Dorbessan (2006), indica que para poder implementar satisfactoriamente la metodología 5S. Una organización o empresa debe prepararse de la siguiente manera.

1. Formar un equipo responsable de la implementación de la metodología: equipo que coordinará las funciones necesarias para que la metodología se realice satisfactoriamente.
2. Capacitar al equipo designado: con una organización especializada en 5S para que pueda implementar la metodología dentro de la empresa u organización.
3. Realizar preparativos para la aplicación de la metodología 5S: como la adquisición de elementos de limpieza, contenedores, cartillas de colores y útiles que permitan diferenciar los materiales y herramientas por la frecuencia de uso.
4. Finalmente, aplicar las cinco etapas de la metodología 5S: Clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

### **1.3.3. Gestión de la Calidad Total (Total Quality Management o TQM).**

Según Krajewski et al. (2013) la Gestión Total de la Calidad es una filosofía que hace hincapié en tres principios para alcanzar altos niveles de desempeño y calidad de los procesos, los cuales se relacionan con tres de sus elementos fundamentales que son los siguientes: satisfacción de los clientes, participación de los empleados y el mejoramiento del desempeño. Según Krajewski et al. (2013) la gestión de la calidad total ha sido ampliamente utilizada en manufactura, educación, gobierno e industrias de servicio y se le denomina “total” porque implica todo lo relacionado con la organización de la empresa y las personas que laboran en ella. En otras palabras, no solo pretende fabricar un producto, para venderlo, sino que también considera otros aspectos como mejoras en las condiciones de trabajo y brindar un mejor servicio al cliente. En la Figura 4 se visualiza los tres elementos fundamentales de la gestión de la calidad total.

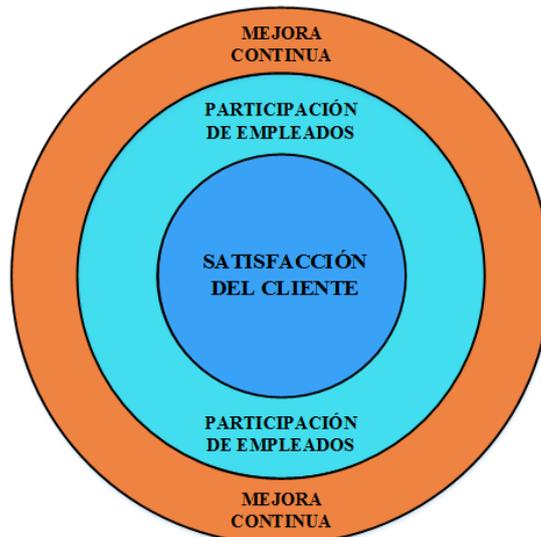


Figura 4. Rueda de Gestión de la Calidad Total

Fuente: Krajewski (2013: Pg. 160)

- ✓ **Satisfacción al cliente:** los clientes, tanto internos como externos, se sienten satisfechos cuando se logran o superan las expectativas que tiene con respecto a un servicio o producto. En la mente del cliente la calidad tiene múltiples dimensiones de las cuales una o más se pueden aplicar en algún momento tales como: la conformidad con las especificaciones, el valor del producto o servicio, si el producto es adecuado para el uso, el servicio de soporte, y las impresiones psicológicas de los clientes con respecto al producto.
- ✓ **La participación de los empleados:** es la más importante, ya que el empleado es el soporte fundamental para el funcionamiento de la Gestión de la Calidad Total. Para lograr un programa de participación de empleados es necesario incluir un cambio cultural en la organización.
- ✓ **Mejora continua:** se basa en el concepto de Kaizen, es la filosofía que busca continuamente maneras o formas de mejorar los procesos. La base de la filosofía del mejoramiento continuo, es la convicción de que cualquier aspecto de un proceso puede mejorarse, que las personas que participan más de cerca en un proceso se encuentran en la mejor posición para identificar los cambios que deben hacerse. La gran parte de empresas que se involucran con mejora continua aplican el método conocido como la rueda o ciclo de Deming, la cual consiste en: planear, hacer, comprobar y actuar.

Finalmente, en adición a las herramientas y metodologías de mejora de procesos, para mantener una constante mejora, se usará el Enfoque del ciclo de Deming.

**Ciclo de Deming:** Según Krajewski et al. (2013), la base de la filosofía de la mejora continua, es la creencia de que cualquier aspecto de un proceso se puede mejorar y que las personas estrechamente relacionadas al proceso están ubicadas en la mejor posición para identificar los cambios que se deben realizar.

Según Krajewski et al. (2013), la mayoría de empresas que aplican la mejora continua hacen uso del ciclo planear, hacer, verificar y actuar para solucionar sus problemas. Este ciclo es conocido como el ciclo o la rueda de Deming. Este ciclo contiene los siguientes pasos:

- **Planear:** un equipo selecciona un proceso que requiere mejora para luego documentarlo, analizar los datos relacionados a este proceso y establecer metas de calidad para mejorarlo. Finalmente, evalúan los costos-beneficios de las alternativas, y desarrollan un plan para la mejora.
- **Hacer:** el equipo se encarga de implementar el plan y monitorear el progreso de la mejora. Luego, el equipo recolecta los datos para medir las mejoras en el proceso. Ante cualquier cambio en la mejora el equipo debe documentarlo y revisarlo.
- **Verificar:** el equipo realiza el análisis de los datos obtenidos del paso previo y corrobora que tan cerca están los resultados de las metas establecidas por el plan de mejora. En caso exista algún obstáculo relevante o fundamental, el equipo reevaluará el plan o detendrá el proyecto.
- **Actuar:** si el resultado obtenido es exitoso, el equipo debe documentar el proceso, para que se vuelva un procedimiento estándar la persona o equipo que lo use.

El ciclo de Deming se visualiza en la Figura 5.

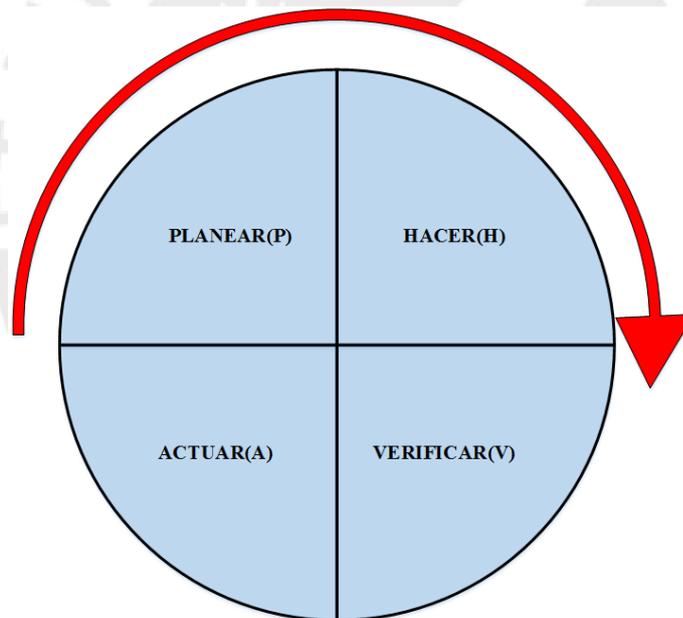


Figura 5. Ciclo de Deming

Fuente: Krajewski (2013: Pg. 164)

## Capítulo 2. Descripción de la empresa

La Empresa es una empresa manufacturera especialista en la fabricación de carrocerías para el transporte de carga pesada, la cual cuenta con más de sesenta años de experiencia en el mercado del sector metalmecánico. Es la única empresa que cuenta con las certificaciones ISO 9001 y OHSAS 18001. Su amplia experiencia le permite elaborar productos de alta calidad.

### 2.1. Perfil empresarial y principios organizacionales.

La Empresa ha estado presente en el mercado de las carrocerías por más de sesenta años, por lo que esta se encuentra en un periodo de madurez, donde presenta un continuo crecimiento de ventas, un tamaño óptimo de mercado y una ardua competencia con otras empresas del mismo rubro para lograr posicionarse en el mercado objetivo. Aquí el objetivo es alcanzar la mayor eficiencia de costos y de procesos posible. A continuación, se presenta la misión, visión, valores y propuestas de valor de la Empresa.

**Misión:** Ser reconocidos en el mercado por nuestra calidad de productos y soluciones innovadoras, que cumplan con todas las expectativas de nuestros clientes, con el soporte de un grupo motivado para contribuir al desarrollo del país.

**Visión:** Ser el líder en la industria nacional de carrocerías para el transporte de carga; y ser reconocidos por los altos estándares de calidad de nuestros productos y servicios.

Los valores empresariales que tiene la Empresa son los siguientes:

- **Integridad:** Promovemos altos estándares de comportamiento que van más allá de cualquier código o regulación.
- **Excelencia:** Nos imponemos metas desafiantes que requieren gran atención a los detalles, así como profesionalismo y responsabilidad.
- **Entusiasmo:** Trabajamos con vitalidad y alegría en la búsqueda de alternativas y soluciones innovadoras para superar las expectativas de nuestros clientes.

### 2.2. Actividad económica.

La Empresa pertenece a la sección de industrias manufactureras. La labor principal de esta empresa consiste en la fabricación de carrocerías que transporten cargas pesadas. Por ejemplo, los semirremolques o volquetes. Este proceso de fabricación consta de varios subprocesos, los cuales incluyen varias operaciones, que comienza desde el habilitado de las planchas de acero y culmina en la revisión del producto final. Finalmente, los sectores atendidos por la Empresa son los siguientes.

- **Minería:** es uno de los sectores donde la Empresa ha participado activamente durante el transcurso de su existencia. Esto se debe a que para transportar la materia prima de las minas se requieren de carrocerías de transporte de carga pesada, como volquetes roqueros, volquetes

mineros y semirremolques volquetes rectangulares. En los últimos años la Empresa se ha convertido en uno de los más importantes proveedores de medios de transporte de materia prima de las empresas mineras.

- **Construcción:** el desarrollo de proyectos mineros, edificios, represas y otras obras de infraestructura requieren de materia prima pesada que solo puede ser transportado con vehículos o carrocerías de transporte pesado como son los semirremolques volquetes y volquetes semirroqueros que suministra la Empresa. Algunas empresas u organizaciones son la MINAM, Diveimport S.A., Municipalidad de Trujillo.
- **Agricultura y Agroindustria:** la Empresa provee a las grandes empresas agricultoras con unidades que transporten una gran cantidad de materia prima agrícola, como semillas, caña de azúcar, papa entre otros recursos. Por ejemplo, unidades como el semirremolque volquete half round o el semirremolque cañero de 40 toneladas. Así mismo ofrece también para el regadío de las cosechas, cisternas de agua o semirremolques cisternas. Algunos clientes de este sector son Municipalidad provincial de Huánuco, Obrascon Huarte Lain S.A., Sucursal del Perú, Agrícola del Chira S.A. y Comunidad Campesina Uchucarcco.

### 2.3. Productos y Clientes.

La Empresa mediante diversas operaciones produce diversas estructuras, las cuales se dividen en tres categorías que son: semirremolques, súper estructuras y remolques. En la Tabla 1 se visualiza los tipos de unidades que se producen en cada categoría.

Tabla 1. Unidades producidas por categoría

Semirremolques	Súper estructuras	Remolques
Semirremolque volquete	Compactadora	Remolque Dolly
Semirremolque plataforma	Cisterna	Remolque volquete
Semirremolque cama-baja	Volquete minero	
Semirremolque cisterna	Volquete constructor	
Semirremolque porta contenedor	Volquete semirroquero	
Semirremolque cañero	Baranda fija telera	

Las unidades mencionadas anteriormente son clasificadas según el sector o industria que los usa. En la Tabla 2 se visualiza la clasificación según sector o industria. En adición, algunos de los clientes actualmente vigentes que realizaron pedidos se pueden visualizar en el ANEXO A.

Tabla 2. Clasificación de unidades según sector o industria

CLASIFICACIÓN DE UNIDADES SEGÚN SECTOR O INDUSTRIA		
Sector	Tipo de unidad	Unidad
Automotriz	Semirremolque	Cama-baja
Exportador	Semirremolque	Plataforma
	Remolque	Porta contenedor
Minero	Superestructura	Tolva minera rectangular
		Tolva semirroquera half round
		Tolva semirroquera rectangular
		Cisterna de agua
	Semirremolques	Volquete
		Bombona
		Cisterna
Remolque	Dolly	
Construcción	Superestructura	Cisterna de agua
		Todas las tolvas en general
	Semirremolques	Volquete
		Bombona
		Cisterna
	Remolque	Dolly
Agricultura	Semirremolques	Volquete
		Cisterna
		Cañero
Petroleras o Hidrocarburos	Superestructura	Cisternas
	Semirremolques	Volquete
		Cisterna
Transporte de muebles y accesorios	Superestructura	Baranda fija telera
		Baranda rebatible

## 2.4. Organización y recursos humanos.

En este punto se detallará la organización de la Empresa y los recursos humanos. Primero, como está estructurada la organización de la Empresa. Luego, en recursos humanos se detallará los tipos de colaboradores existentes y las condiciones laborales de los trabajadores.

### 2.4.1. Organización de la empresa y del Área de Producción.

La Empresa cuenta con seis gerencias establecidas cada una con responsabilidades específicas y con áreas bajo su responsabilidad. Por ejemplo, la gerencia de producción tiene bajo su responsabilidad a el Área de producción, el Área de Control de Calidad y el Área de planeamiento. El organigrama organizacional de la empresa representa esta distribución de la Empresa en la Figura 6.

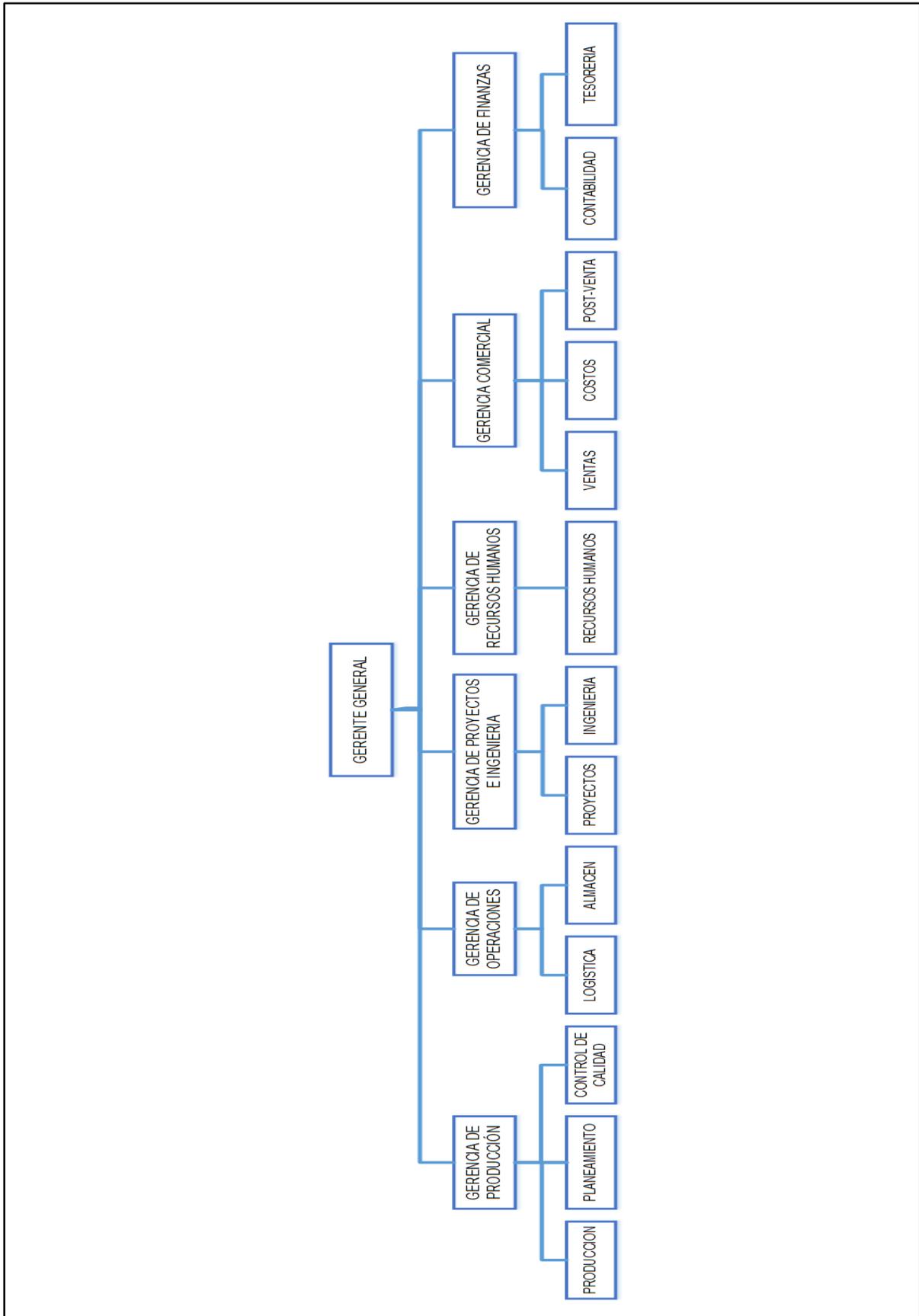


Figura 6. Organigrama organizacional de la Empresa

- **Gerencia de Producción:** esta gerencia tiene bajo su responsabilidad la fabricación de las unidades solicitadas por nuestros clientes. Se encarga de que todos los procesos se realicen eficientemente. Esto con el fin de producir unidades de calidad, minimizar costos de producción y utilizar eficientemente nuestros recursos. Esta gerencia tiene bajo su responsabilidad a las Áreas de Producción, Control de Calidad y Planeamiento.
- **Gerencia de Operaciones:** esta gerencia tiene bajo su responsabilidad la organización y buena gestión de los accesorios y materiales que se usan para la fabricación de unidades. Luego, se encarga de administrar los procesos de la gestión de todas las operaciones a realizar. Esta gerencia tiene bajo su responsabilidad a las Áreas de Logística y Almacén.
- **Gerencia de Proyectos e Ingeniería:** esta gerencia tiene bajo su responsabilidad elaborar y evaluar la viabilidad de proyectos acerca de nuevos prototipos de unidades. Luego, se encargan del diseño y elaboración de los planos de cada unidad. Esta gerencia tiene bajo su responsabilidad al Área de Proyectos e Ingeniería.
- **Gerencia de Recursos Humanos:** esta gerencia tiene bajo su responsabilidad el respaldar o asegurar una buena comunicación entre todos los niveles de la organización. Esto con el fin de mantener un ambiente organizacional ideal donde sea más armónica la comunicación y las jornadas laborales. Esta gerencia tiene bajo su responsabilidad al Área de Recursos Humanos.
- **Gerencia Comercial:** esta gerencia tiene bajo su responsabilidad la mantención y ampliación del mercado objetivo. Luego, se encarga de la fidelización de clientes, mediante la identificación de sus necesidades y las expectativas que tienen de la Empresa. Finalmente, se encarga de la adquisición de productos y servicios según el monto presupuestado por el nivel ejecutivo. Esta gerencia tiene bajo su responsabilidad a las Áreas de Ventas, Costos y Post-venta.
- **Gerencia Financiera:** esta gerencia tiene bajo su responsabilidad el determinar los montos apropiados de fondos que debe manejar la organización, ya sea para el crecimiento de la Empresa o una ampliación del área, maximizar las utilidades y la de mantener una capacidad financiera estable con el fin de satisfacer las expectativas esperadas por los accionistas. Esta gerencia tiene bajo su responsabilidad a las Áreas de Tesorería y Contabilidad.

Luego, el Área de Producción cuenta también con un organigrama que detalla la jerarquía de las posiciones que laboran en esta área. El organigrama del Área de Producción se puede visualizar en la Figura 7. Las funciones de cada posición laboral se definen a continuación.

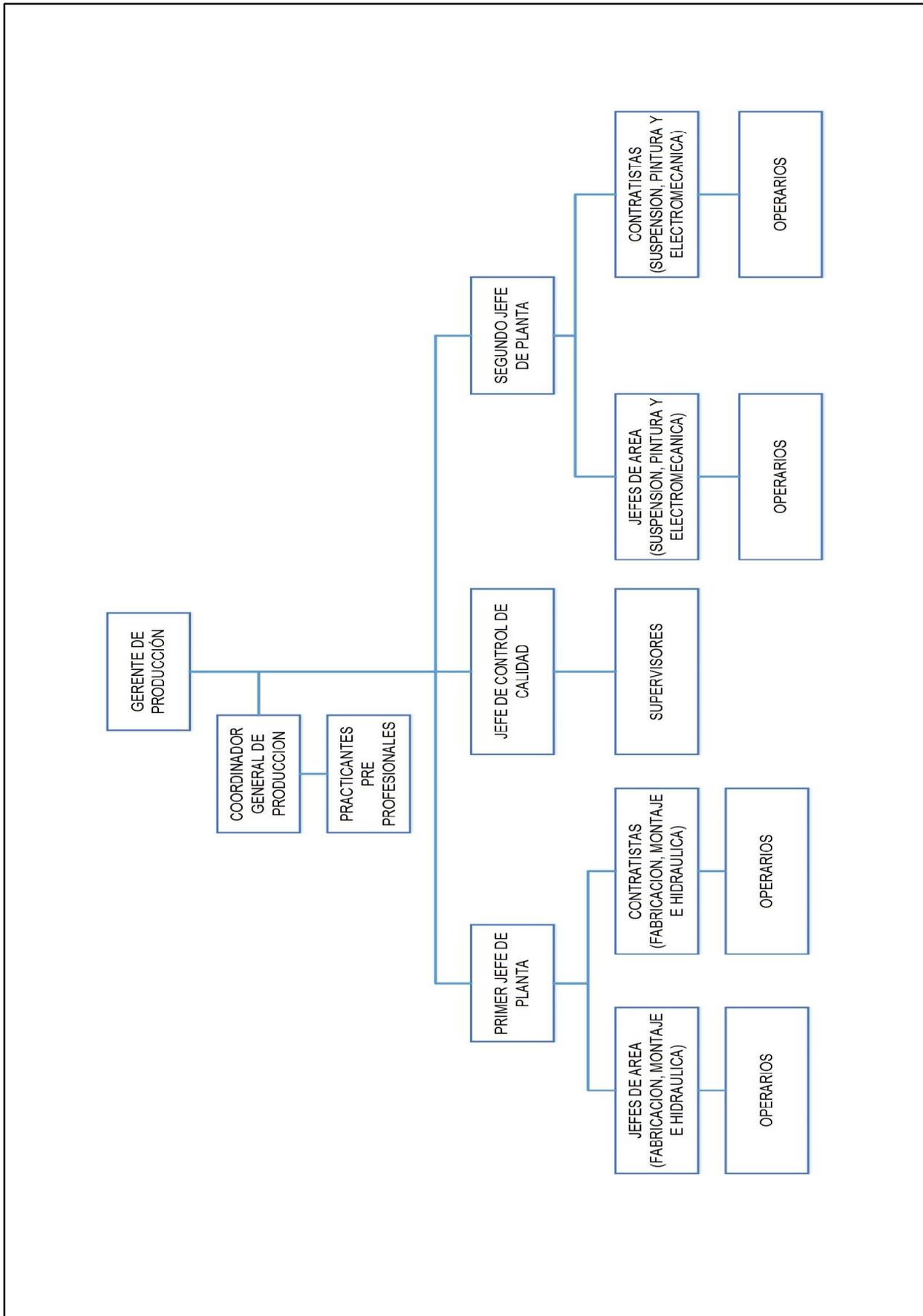


Figura 7. Organigrama del área de producción

- ✓ **Gerente de Producción:** se encarga organizar, coordinar y asignar con los jefes de planta que ordenes de trabajo se realizaran en la planta. Luego, elabora y actualiza los indicadores de producción, decide que ordenes de trabajo se ejecutarán y revisa el estado de fabricación de las órdenes de trabajo.
- ✓ **Coordinar general de producción:** se encarga de supervisar que se esté realizando un adecuado control de piso de las órdenes de trabajo, supervisa y corrige los Estados o Status de las órdenes de trabajo.
- ✓ **Jefe de planta:** se encarga de asignar las órdenes de trabajo a los jefes o contratistas. Luego, se encarga de elaborar y entregar las solicitudes de pedido para recoger material, para la fabricación de las unidades. Finalmente, supervisa que todos los operarios y jefes estén trabajando adecuadamente en la planta.
- ✓ **Jefe de control de calidad:** se encarga de revisar y verificar que los informes acerca de los estándares de las unidades, enviados por los supervisores, estén en los valores correctos. Sin embargo, si existiese algún defecto o problema con la unidad, él elabora un reporte acerca del problema y las medidas que se tomaran, para solucionarlo.
- ✓ **Supervisores:** se encargan de supervisar el estado de las órdenes de trabajo en los subprocesos de pintado base de caja, pintado base de viga, montaje de estructura e instalación de sistema eléctrico.
- ✓ **Jefes de áreas:** son jefes de áreas encargadas de ciertos subprocesos que se encargan de asignar órdenes de trabajo para las contratistas y ellos mismos. Los jefes de áreas son los siguientes: jefe de sistema de suspensión, jefe de sistema hidráulico, jefe de sistema eléctrico, jefe de pintura de estructuras. Para las Áreas de Fabricación de Estructuras y Montaje de Estructuras; Los jefes de planta asignan las unidades de las órdenes de trabajo que cada uno debe hacer.
- ✓ **Contratistas de planta:** son jefes de un grupo de operarios, desde tres hasta doce operarios, que se encargan de determinados subprocesos en la fabricación de estructuras. Estos son los siguientes: contratistas del Área de Fabricación de Estructuras, Área de Suspensión, Área de Montaje y el Área de Pintura.
- ✓ **Operarios:** son los que se encargan directamente de realizar los procesos de fabricación de las estructuras bajo la guía de sus contratistas o jefes de áreas.
- ✓ **Practicantes:** se les asignan funciones para apoyar al gerente de producción, coordinador general de producción y a los jefes de planta.

#### 2.4.2. Recursos humanos.

La Empresa cuenta con dos tipos de colaboradores: el personal operativo y el personal administrativo. Los primeros realizan todas las operaciones directamente relacionadas a la fabricación de las unidades. Mientras, que los segundos se encargan de actividades de apoyo, así como también de

actividades principales, como sería realizar las ventas de las unidades a los clientes. A continuación, se detallan los niveles que son parte de la Empresa.

- **Nivel directivo:** las funciones principales de este nivel son las siguientes: crear normas y procedimientos que debe seguir la Empresa; decretar resoluciones y realizar reglamentos que permitan un mejor desenvolvimiento entre el personal administrativo y operativo. Este nivel es el primer nivel jerárquico de la Empresa y sería conformado por la Junta General de Accionistas. Dentro del nivel directivo se encuentran diez trabajadores.
- **Nivel administrativo:** se encargan del manejo de la organización, ya que se encargan de hacer cumplir las políticas, normas, reglamentos y leyes que disponga el nivel Directivo. Además, se encargan de planificar, orientar, organizar y controlar las tareas administrativas de la Empresa. Este nivel maneja programas, planes, métodos y otras técnicas administrativas en coordinación con el nivel operativo y medio. Dentro del nivel ejecutivo hay diecinueve trabajadores.
- **Nivel medio:** se encarga de brindar apoyo a los niveles administrativos en la prestación de servicios de forma oportuna. En este nivel hay catorce trabajadores.
- **Nivel operativo:** es el nivel más importante de la Empresa y parte fundamental de la producción, ya que son los que se encargan de las actividades principales, para la fabricación de las unidades. Este nivel es responsable del cumplimiento de todas las operaciones que se deban realizar a la unidad a producir. En el nivel operativo se considera a los operarios, contratistas, choferes de montacargas y supervisores que hacen un total de ciento cincuenta y cinco trabajadores.

### Condiciones laborales

Los horarios de trabajo de la Empresa son los siguientes.

Lunes a viernes: desde las 8:30 am hasta las 5:30 pm.

Sábados: desde 8:15 am hasta las 12:15 pm.

Adicionalmente, los operarios de la Empresa reciben algunos servicios y artículos antes de empezar a trabajar. Por ejemplo: reciben el servicio de una entidad prestadora de salud y reciben artículos y ropa de seguridad como cascos, botas punta de acero, lentes protectores, tapa oídos, pantalones gruesos para laborar, sacos, polos gruesos manga larga para protegerse de las esquirlas y de las mermas de soldadura y máscaras de gas para los operarios de pintura.

## 2.5. Proceso principal.

El proceso principal que se realiza en la Empresa es la fabricación o producción de carrocerías para el transporte de carga pesada. Este proceso cuenta con una serie de operaciones que se deben realizar para producir la unidad deseada. Estas operaciones son realizadas en las siguientes áreas.

- **Área de Habilitado de Material:** esta área es conocida como el Área de Habilitado o SERCODA. Se encargan de preparar las planchas de acero mediante máquinas programables a laser cortadoras y plegadoras. Esto con la finalidad de que los operarios de fabricación puedan construir la unidad solicitada por el cliente.
- **Área de Fabricación de Estructura:** en esta área se encargaran de armar la estructura, apuntalarla, soldarla y por ultimo pasa al proceso de pulido o acabado metálico.
- **Área de suspensión:** en esta área se realiza la instalación del sistema de suspensión de la unidad. Existen dos tipos de suspensión que son: suspensión neumática, la cual lleva bolsas de aire, válvulas de aire y mangueras corrugadas, y suspensión mecánica, la cual lleva muelles, cartabones y amortiguador.
- **Área de Montaje:** en esta área se encargan de ensamblar los subproductos como la tolva con la viga para formar el semirremolque volquete. Sin embargo, también se instalan las autopartes y accesorios que el cliente solicito para su unidad.
- **Área de Instalación de Sistema Hidráulico:** en esta área se encargan de la instalación de las mangueras, el tanque de hidrolina y el pistón hidráulico en la unidad.
- **Área de montaje de cobertor:** en esta área se instalan el pistón del cobertor, válvulas y el cobertor del semirremolque volquete.
- **Área de Pintura:** en esta área se encargan de las operaciones de pintado de la estructura con pintura base epóxica y la pintura de acabado seleccionada por el cliente.
- **Área de Instalación de Sistema Eléctrico:** en esta área se encargan de la instalación de los cables eléctricos en la unidad, instalación de faros laterales, posteriores y frontales para que luego se ponga en funcionamiento y evalué la unidad.
- **Área de Pruebas de Funcionamiento:** en esta área se encargan de evaluar la unidad finalizada, para verificar que no exista algún defecto. Sin embargo, si hay presencia de algún defecto, se deberán realizar las correcciones y reparaciones correspondientes.

### 2.5.1. Funciones del Área de Producción.

Las funciones que desempeña el Área de Producción son las siguientes:

- Se encarga de la producción de unidades para las órdenes de pedido solicitadas por los clientes a la empresa metalmecánica.
- Se encarga de realizar los servicios de reparación y garantía que post venta ofrece a los clientes de la empresa metalmecánica.
- Se encarga de verificar que las unidades de las órdenes de trabajo no tengan ninguna fisura o defecto.
- Se encarga de verificar que la producción de unidades sea eficiente y eficaz.

### 2.5.2. Actividades del Área de Producción.

Para poder realizar las funciones mencionadas anteriormente. El Departamento de Producción realiza las siguientes actividades:

- La asignación de unidades de las órdenes de trabajo a los jefes y contratistas de la planta.
- La entrega de las solicitudes de pedido de materiales y herramientas a los jefes y contratistas de cada área para que recojan los materiales y herramientas necesarios, para la elaboración de la estructura asignada. Las solicitudes que se les entrega depende de los subprocesos que realicen como fabricación de estructura, montaje de estructura, etc.
- La entrega de planos de la estructura a las contratistas y jefes; debido a que los planos indican las medidas y ubicaciones de los accesorios y materiales. Los planos pueden ser para los procesos de fabricación de estructuras, montaje de estructuras, instalación de accesorios y autopartes, instalación de sistema hidráulico, instalación de sistema de suspensión, instalación de sistema eléctrico y pintado con pintura base y pintura de acabado.
- La supervisión del estado de las unidades de las órdenes de trabajo al finalizar los siguientes subprocesos: pintado de viga con pintura base, pintado de caja o tolva con pintura base, montaje de estructura e instalación de sistema eléctrico.
- Se usa indicadores para ver la productividad y eficiencia en la producción de unidades. Para luego hacer una retroalimentación y mejorar los procesos de producción y aprovechar mejor los recursos y materiales.

### 2.5.3. Descripción detallada del proceso de producción de un semirremolque volquete.

Para la fabricación de las unidades solicitadas por los clientes se emplean los siguientes recursos, descritos en forma general.

- **Planchas de acero:** todas las planchas de acero son inoxidables y los tipos de aceros que se usan son HARDOX, DOMEX, A – 36, A – 572. Su principal proveedor es la empresa SSAB.
- **Accesorios:** se tiene una gran diversidad de accesorios. Por ejemplo, jebe anti abrasivo minero, cadena galvanizada de 1/8”, escarpines sin y con logotipo de la empresa, zapata de pivoteo, cobertor encapsulado, etc.

A continuación, se describirá todos los subprocesos para producir un semirremolque volquete.

1. **Habilitado de planchas de acero:** en este subproceso se seleccionan planchas de acero para luego cortarlas con la máquina programable a láser para así producir las planchas de acero con las dimensiones de la unidad a producir. Adicionalmente se producen pequeñas piezas y accesorios para la caja o tolva. Luego, algunas planchas cortadas son dobladas con la máquina plegadora según el diseño de la unidad. El subproceso de habilitado de planchas de acero lo realiza el Área de Habilitado, también llamada SERCODA.

2. **Armado de viga:** en este subproceso se realizan el empalme de alma y alas. El empalme es el proceso de modificar aplicando fuerza, ya sea mediante el uso de combas sobre las piezas que se encuentren dobladas levemente con el fin de que queden rectas y uniformes. Luego, se realizan medidas de las piezas y se marca los lugares donde luego se apuntalará el alma con las alas y las cartelas. El subproceso de apuntalado consiste en soldar los lugares marcados que conectan el alma, las alas y las cartelas. Este subproceso lo realizan los contratistas de fabricación de estructuras. El plano de la viga se puede ver en el ANEXO B.
  3. **Soldado de viga:** en este subproceso, luego de fijar las piezas con el apuntalado, se suelda el alma con las alas y luego con las cartelas. Este subproceso lo realizan los contratistas de fabricación de estructuras.
  4. **Ensamble de viga:** en este subproceso se apuntala y suelda las piezas pequeñas de la viga como son las siguientes: canales “C”, tubos, soporte de zapata, plato King pin, refuerzos de viga, puente delantero, omegas de pata de apoyo, refuerzos de King pin, base pistón inferior, canales de King pin y King pin. Este subproceso lo realizan los contratistas de fabricación de estructuras. El plano del ensamble de la viga se puede observar en el ANEXO B.
  5. **Aplicación de pintura base en viga:** en este subproceso los contratistas de pintura con sus obreros realizan las siguientes operaciones:
    - a. **Escariado y limpieza:** se limpia las impurezas que se encuentran en la viga usando cinceles, martillos y lija.
    - b. **Soplado con aire:** luego del limpiado de la viga, se usan compresoras con sopladoras de aire para limpiar el polvo y pequeñas impurezas presentes en la viga.
    - c. **Limpieza con tiner:** después de terminar el soplado, se limpia la viga con trapos mojados con tiner.
    - d. **Pintado de unidad:** por último, se pinta la viga con pintura epóxica para protegerla de la corrosión y oxidación.
- Luego de terminar el pintado, los supervisores evalúan que la viga este bien fabricada y pintada.
6. **Fabricación de caja o volquete:** en este subproceso se realiza lo siguiente: primero, se apuntalan y soldán las planchas laterales con sus canales, la plancha base con su refuerzo metálico, la plancha frontal y las planchas laterales. Luego, se ensambla la caja con la compuerta. Adicionalmente, se apuntala y soldán la escalera, los ganchos, el logotipo de la empresa y la base pistón superior. Finalmente, se realiza el acabado metálico que es un retoque de toda la caja para luego pasar al subproceso de pintado con pintura epóxica. El plano de la estructura de la caja se puede observar en el ANEXO C. Este subproceso lo realizan los contratistas de fabricación de estructuras.
  7. **Fabricación de compuerta:** en este subproceso se apuntala y suelda una plancha de acero grande con canales horizontales, verticales y oblicuos y refuerzo de compuerta. Luego, van al

proceso de fabricación de caja para ser ensamblados por el mismo contratista de fabricación. El plano de la compuerta se puede observar en el ANEXO C.

**8. Aplicación de pintura base para caja:** en este subproceso el mismo contratista que pinto la viga realiza las siguientes operaciones en la caja:

- **Escariado y limpieza:** se limpia las impurezas que se encuentran en la caja usando cinceles, martillos y lija.
- **Soplado con aire:** después de limpiar la caja, se usan sopladoras de aire para limpiar el polvo y pequeñas impurezas presentes en la caja.
- **Limpieza con tiner:** después de realizar el soplado, se limpia la caja con trapos mojados con tiner.
- **Pintado con pintura base:** finalmente, se pinta la caja con pintura epóxica para protegerla de la corrosión y oxidación.

Luego de terminar el pintado los supervisores realizan una inspección para verificar que la caja este bien fabricada y pintada.

**9. Suspensión y ejes:** en este subproceso se realiza la instalación del sistema de suspensión y ejes. Este subproceso se puede realizar con dos tipos de suspensión.

- **Suspensión neumática:** en la instalación de una suspensión neumática se trabaja con bolsas de aire, válvulas, amortiguadores, mangueras corrugadas, tanques de aire, ejes, canales de refuerzo, tapones, puentes, cañerías plásticas, conectores y otras piezas. Este subproceso tiene las siguientes operaciones: alinear ejes, apuntalar y soldar ejes con canales de refuerzo, montar y apuntalar los ejes con los tubos de la viga de la estructura, soldar los ejes con los tubos, trazar viga para verificar medidas, colocar y soldar cartabones, instalar platos de bolsa neumática, soldar platos e instalar amortiguador y bolsas de aire. En el ANEXO D se muestra la Figura de la suspensión neumática.
- **Suspensión mecánica:** la instalación de una suspensión mecánica se trabaja con muelles, amortiguador, cartabones y ejes. Este subproceso tiene las siguientes operaciones: alinear los ejes, apuntalar y soldar la base muelle con los ejes, trazar vigas para verificar medidas, colocar y soldar cartabones, montar muelles y ejes en viga, colocar y torquear abrazadera, alinear ejes y montar el brazo fijo o regulable. La Figura del sistema mecánico se muestra en el ANEXO D.

**10. Montaje:** en este subproceso se coloca la caja sobre la viga y se realizan las siguientes operaciones: instalación de mecanismo de cierre de compuerta, el cual se realiza en 4 partes: instalación de zapata, instalación de pivote, ensamble con compuerta y la instalación de tijera; la instalación de pequeñas piezas como las guías y brazos de mantenimiento. Al finalizar este subproceso, se realiza una tercera inspección por parte de los supervisores. La Figura 8 muestra el trabajo final del subproceso de montaje.

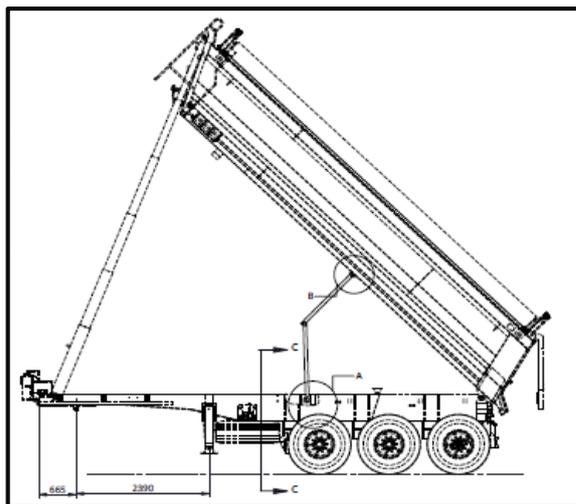


Figura 8. Montaje de tolva en viga

Fuente: la Empresa 2016: IND - 2003

**11. Instalación de autopartes y accesorios:** en este subproceso se apuntalan y soldán los accesorios y autopartes del semirremolque volquete. Por ejemplo, patas de apoyo, porta picos, potar llantas, porta conos, porta tacos, porta extintor, caja de válvulas, soporte de escarpines y soporte de faros posteriores. La Figura 9 muestra el resultado final de dos accesorios del semirremolque volquete, el porta extintor y la porta conos.

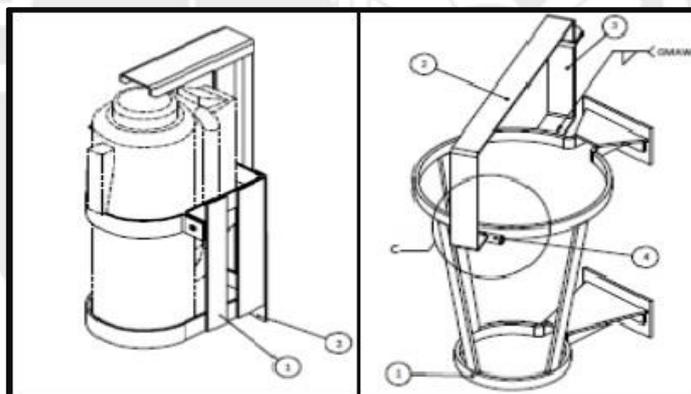


Figura 9. Diseño del porta extintor y el porta conos

Fuente: la Empresa 2016: IND - 2003

- 12. Sistema hidráulico:** en este subproceso se encargan de instalar las mangueras del sistema hidráulico, el tanque de hidrolina y el pistón en la base de pistón inferior, la cual se encuentra en la viga. Luego, ensamblan el pistón con la caja mediante la base pistón superior.
- 13. Instalación de cobertor:** en este subproceso se encargan de instalar el pistón del cobertor y el cobertor encima del volquete. Este subproceso solo lo realiza un contratista.
- 14. Aplicación de pintura de acabado:** en este subproceso se realizan las siguientes operaciones:
- a. **Limpieza:** se limpia las impurezas encontradas en la unidad usando una lija.

- b. **Masillado de estructura:** se prepara la masilla mezclando el producto MASIFLEX con un catalizador para luego colocarlo en todos los desniveles que existan por algún defecto en la unidad.
- c. **Limpieza y soplado:** se limpia la unidad por segunda vez con lija y se sopla con aire para quitar los residuos de polvo que quedaron en la unidad luego del lijado.
- d. **Pintado con pintura de acabado:** se pinta la unidad con la pintura de acabado solicitada por el cliente.

**15. Sistema eléctrico:** en este subproceso se realiza la instalación de los cables eléctricos en todo el semirremolque volquete. Luego, se instalan los faros laterales y posteriores del semirremolque volquete. Finalmente, se realiza la última inspección por parte de los supervisores.

**16. Prueba de funcionamiento:** en este subproceso se prueba si el pistón, las válvulas, la tijera estabilizadora y el cobertor funcionan bien o si existe algún defecto o problema. Esto con el fin de arreglar el problema o cambiar el accesorio defectuoso.

A continuación, en el ANEXO E se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) de fabricación de un semirremolque volquete y una tabla indicando el número de operaciones e inspecciones que tiene este proceso.

## **2.6. Instalaciones.**

Para realizar las operaciones respectivas la Empresa cuenta con una planta de más de 20000 m<sup>2</sup> para el proceso productivo, destinando un espacio a sus oficinas interiores, en donde se ubica la recepción, Área de Contabilidad, Área de Reuniones, Departamento de Producción, Departamento de Logística, Almacenes, Departamento de Habilitado, Departamento de Calidad y Gerencia General. Cuenta también con servicios higiénicos: duchas, vestidores y comedores.

### **2.6.1. Tipo de Distribución.**

La planta presenta un tipo de distribución por proceso, debido a que los subprocesos realizados no son en línea, sino que la ubicación de las áreas de trabajo ha sido determinada debido a que hay varias funciones similares, tales como el montaje; la instalación del sistema eléctrico; el pintado con pintura base y de acabado entre otras, para la producción de diferentes unidades. Así, de acuerdo a las operaciones necesarias para procesar una determinada unidad o estructura, el material e insumos hacen un recorrido de acuerdo a las operaciones de fabricación que les corresponda. La distribución de cada área de trabajo en la planta se muestra en la Figura 10 y la leyenda de los contratistas de Fabricación de Estructuras y Pintura se muestra en la Figura 11.



## **Capítulo 3. Diagnóstico y análisis de problemas en el proceso de fabricación de semirremolques volquetes**

En este capítulo, se diagnosticará la situación actual del proceso de fabricación de unidades; en otras palabras, se descubrirá el problema crítico o principal que afecta a la planta y se identificarán cuáles son las causas que más influyen en este problema, causas raíces; con el objetivo de proponer herramientas de mejora para su resolución.

### **3.1. Diagnóstico e identificación de problemas en el proceso de fabricación de un semirremolque volquete.**

Una vez descritos todos los subprocesos para la fabricación de un semirremolque volquete, se debe identificar el problema principal que hay en el proceso de fabricación y las causas que provocan este problema. Para determinar el problema principal, se explicarán con detalle los siguientes puntos.

#### **3.1.1. Meta, demanda y unidades terminadas.**

En la Tabla 3 se pueden observar las siguientes filas: meta, unidades solicitadas, unidades solicitadas en total, unidades terminadas y unidades no terminadas. A continuación, se explicará en que consiste cada fila.

- **Meta:** consiste en que el Área de Producción debe tener la capacidad de llegar a producir 100 semirremolques volquetes al finalizar cada mes. Esta meta fue establecida en conjunto por el gerente general, el gerente de producción y los jefes de planta. Sin embargo, los resultados pueden ser menores como una producción de 45 unidades al mes; ya que la producción mensual depende de la cantidad de unidades demandadas al mes, sistema de producción tipo “PULL”.
- **Unidades solicitadas:** es la cantidad de unidades solicitadas o demandadas por el Área de Ventas para que el Área de Producción proceda a fabricarlas.
- **Unidades solicitadas en total:** son las unidades solicitadas por el Área de Ventas y las unidades no terminadas del mes pasado que quedan pendientes de entrega.
- **Unidades terminadas:** es la cantidad de unidades fabricadas al finalizar cada mes.
- **Unidades no terminadas:** es la cantidad de unidades que no se lograron entregar en el mes correspondiente. En otras palabras, son las unidades que no se entregaron en el tiempo acordado con el cliente.

Tabla 3. Unidades solicitadas, Unidades terminadas y Meta

AÑO	2015												2016			
MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.
Meta:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Unidades solicitadas	45	49	35	64	56	76	65	71	75	78	70	93	83	92	78	84
Unidades solicitadas total	45	49	35	64	56	76	68	71	75	81	81	100	87	98	91	95
Unidades terminadas	45	49	35	64	56	73	68	71	72	70	74	96	81	85	80	82
Unidades no terminadas	0	0	0	0	0	3	0	0	3	11	7	4	6	13	11	13

Fuente: la Empresa 2016: "Unidades solicitadas y terminadas en planta"

Como se puede observar en la Tabla 3, la producción mensual depende de la cantidad demandada de unidades. Por ejemplo, para los meses de enero, febrero y marzo del año 2015 la demanda fue baja. Sin embargo, para la demanda de diciembre del 2015, enero y febrero del 2016 la demanda de unidades fue demasiado alta, debido a una orden grande dividida en tres órdenes de trabajo más pequeñas para la MINAM, provocando como consecuencia que se de horas extras de trabajo, se contrate servicios de terceros y a pesar de eso existan retrasos en la producción. En la Tabla 3 se puede visualizar que a partir de mediados del año 2015 el principal problema que aqueja a la Empresa es el retraso en la entrega de las órdenes de trabajo a sus clientes debido a que se visualiza un incremento de unidades no terminadas. En el ANEXO F se puede visualizar la gráfica de la meta, las unidades solicitadas y las unidades terminadas y se muestra las unidades solicitadas y terminadas desde el año 2015 al 2017.

### 3.1.2. Disponibilidad de tiempo en áreas de trabajo.

En la Empresa existen nueve áreas de trabajo y cada una de estas áreas tiene un representante de área. Ahora cada representante de área cuenta con jefes o contratistas y estos a su vez cuentan con una cantidad de operarios o máquinas, en el caso único de habilitado, los cuales disponen de 192 horas al mes para trabajar. En la Tabla 4 se muestran el tiempo disponible en cada área de trabajo, en función a la cantidad de jefes o contratistas, la cantidad de operarios y el tiempo disponible al mes de cada operario.

Tabla 4. Disponibilidad de horas de trabajo en cada área de trabajo por mes

Área de trabajo	Cantidad de jefes	# operarios o máquinas	Hrs. Disponibles por operarios por mes	Tiempo total disponible	Observaciones
Habilitado	1	2	192	384	Son 2 máquinas
Fabricación de estructuras	10	8	192	15360	Personal
Sistema de suspensión	3	4	192	2304	Personal
Montaje	2	12	192	4608	Personal
Sistema hidráulico	1	4	192	768	Personal
Montaje cobertor	1	8	192	1536	Personal
Pintura	5	3	192	2880	Personal
Sistema Eléctrico	1	4	192	768	Personal
Pruebas de funcionamiento	1	2	192	384	Personal

En función a la Tabla 4, se observa que el área de trabajo que tiene menor tiempo disponible (TD) es el Área de Habilitado. El motivo de la baja disponibilidad de tiempo es que se trabaja con máquinas de habilitado y el área solo cuenta con dos máquinas que habilitan las planchas de acero y cada una ópera 192 horas al mes. En otras palabras, funciona 8 horas diarias de lunes a viernes y 4 horas los sábados.

### 3.1.3. Tiempo requerido para fabricar una unidad de semirremolque volquete.

En base a la información brindada por la Empresa (la Empresa: 2016, “Tiempos estándar requeridos y reales - semirremolques”), se coloca los valores de los tiempos estándar (TE) de cada subproceso en la Tabla 5. Según la Tabla 5, primero se indica el área de trabajo. Luego, en función a cada área de trabajo se nombran los subprocesos realizados en cada área de trabajo. Posteriormente, en cada subproceso se detalla el número de operarios o máquinas requeridas para el subproceso, el tiempo estándar (TE) en horas requerido para realizar el subproceso indicado y el tiempo total requerido (TTR) en horas, que es el tiempo estándar de cada subproceso multiplicado por el número de operarios requerido para ese subproceso, obteniendo la cantidad de horas-hombre u horas-máquina utilizadas en total. Después en las observaciones se detalla si el subproceso es realizado por personal o por máquinas. Finalmente, para las áreas de trabajo que tienen más de un subproceso, se coloca el tiempo total requerido por cada área de trabajo (TTRA), lo que consiste en la suma de las horas totales requeridas de todos sus subprocesos.

Tabla 5. Tiempo requerido para fabricar un Semirremolque Volquete

<b>ÁREA DE TRABAJO</b>				
<b>Subproceso</b>	<b># operarios o máquinas</b>	<b>TE (Horas)</b>	<b>Tiempo total requerido (Horas)</b>	<b>Observaciones</b>
<b>HABILITADO</b>				
Habilitado	1	4.5	4.5	Maquina
<b>FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS</b>				
Fabricación de caja	4	8	32	Personal
Fabricación de compuerta	2	4	8	Personal
Armado de viga	2	2	4	Personal
Soldado de viga	2	4	8	Personal
Ensamble de viga	2	4	8	Personal
Tiempo total requerido por área			60	
<b>SISTEMA DE SUSPENSIÓN</b>				
Instalación sistema de suspensión	4	3	12	Personal
<b>MONTAJE</b>				
Montaje de estructura	4	4	16	Personal
Instalación de accesorios	4	3	12	Personal
Tiempo total requerido por área			28	
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>				
Instalación sistema hidráulico	2	3.5	7	Personal
<b>MONTAJE COBERTOR</b>				
Montaje de cobertor	2	3	6	Personal
<b>PINTURA</b>				
Aplicación pintura base a caja	3	3	9	Personal
Aplicación pintura base a viga	3	2	6	Personal

Aplicación pintura de acabado	3	4	12	Personal
Tiempo total requerido por área			27	
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>				
Instalación de sistema eléctrico	2	3	6	Personal
<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO</b>				
Pruebas de funcionamiento	1	1	1	Personal

Fuente: la Empresa 2016: “Tiempo de producción – Semirremolque volquete”

### 3.1.4. Tiempos estándar de subprocesos, balance de línea y capacidad de producción de la planta.

En función a los tiempos estándar obtenidos en la Tabla 5, se procede a calcular el porcentaje de utilización de cada subproceso. Para poder calcular la utilización, se trabajó con el tiempo estándar prima (TE') brindado por la Empresa (la Empresa: 2016, “Tiempos estándar requeridos y reales - semirremolques”) y se trabaja con una eficiencia del 100% en todos los subprocesos. En la Tabla 6 se tiene el tiempo observado (TO), la calificación de desempeño (CD), el tiempo normal (TN), el tiempo suplementario (TS), los tiempos estándar de cada subproceso en horas y minutos, los tiempos estándar prima (TE') o reales obtenidos del programa ERP de la Empresa, el porcentaje de utilización (Uti.) y el porcentaje de eficiencia de cada subproceso (Efi.).

Tabla 6. Comparación de tiempos en los subprocesos para la producción de un semirremolque

Subproceso	Tiempo efectivo						Tiempo real			
	TO (Min.)	CD (%)	TN (Min.)	TS (%)	TE (Hrs.)	TE (Min.)	TE' (Min.)	TE' (Hrs.)	Uti. (%)	Efi (%)
Habilitado	242	98%	238	12%	4.50	270	305	5.09	88.43%	100%
Armado de viga	106	95%	101	16%	2.00	120	135	2.25	88.71%	100%
Soldado de viga	212	95%	202	16%	4.00	240	268	4.47	89.51%	100%
Ensamble de viga	212	95%	202	16%	4.00	240	267	4.45	89.89%	100%
Pintura base de viga	114	95%	108	10%	2.00	120	132	2.20	91.08%	100%
Fabricación de caja	424	95%	403	16%	8.00	480	527	8.78	91.08%	100%
Fabricación de compuerta	212	95%	202	16%	4.00	240	264	4.40	90.91%	100%
Pintura base caja	171	95%	162	10%	3.00	180	198	3.29	91.06%	100%
Suspensión y ejes	158	100%	158	12%	3.00	180	204	3.40	88.24%	100%
Montaje de estructura	217	95%	206	14%	4.00	240	268	4.47	89.55%	100%
Instalación de autopartes	163	95%	155	14%	3.00	180	200	3.33	90.23%	100%
Sistema hidráulico	176	105%	185	12%	3.50	210	234	3.90	89.74%	100%
Montaje de cobertor	155	100%	155	14%	3.00	180	203	3.38	88.89%	100%
Pintura de acabado	227	95%	216	10%	4.00	240	265	4.42	90.43%	100%
Sistema eléctrico	162	100%	162	10%	3.00	180	199	3.32	90.41%	100%
Pruebas de funcionamiento	53	100%	53	12%	1.00	60	65	1.09	91.73%	100%

Después de calcular el porcentaje de utilización de cada subproceso, se procede a realizar el balance de línea de la planta, con la finalidad de determinar cuál es el subproceso cuello de botella y en qué área de trabajo se encuentra. Los atributos necesarios en una tabla de balance de línea son los siguientes: nombre del subproceso, el tiempo estándar (TE) en minutos, “n” que indica la cantidad de estaciones o máquinas que hay en cada subproceso, los porcentajes de utilización y eficiencia que hay en cada subproceso, el

tiempo estándar real o prima (TE'), el tiempo de ciclo o cadencia (C) que se obtiene de dividir el TE' entre el número de estaciones, y por último la capacidad de producción de la planta que se obtiene al dividir el tiempo disponible de la planta en un mes, 192 horas/mes, entre la mayor cadencia o el tiempo de ciclo más alto de todos los subprocesos, 152.67 minutos/unidad, obteniendo 75, 46 unidades/mes. Adicionalmente, el subproceso que tenga la cadencia o tiempo de ciclo más alto es el subproceso cuello de botella, ya que es el subproceso que más se demora en fabricar una unidad. En el caso de la Empresa, el cuello de botella es el subproceso de habilitado con una cadencia de 152.67 minutos/unidad. En la Tabla 7, se muestra el balance de línea de la planta.

Tabla 7. Balance de línea de planta

Subproceso	Tiempo estándar o TE (Min.)	n (estaciones o maquinas)	Utilización (%)	Eficiencia (%)	TE' (Min.)	Tiempo de ciclo (min/und.)
Habilitado	270	2	88.43%	100%	305	152.67
Armado de viga	120	4	88.71%	100%	135	33.82
Soldado de viga	240	6	89.51%	100%	268	44.69
Ensamble de viga	240	5	89.89%	100%	267	53.40
Pintura base de viga	120	1	91.08%	100%	132	131.75
Fabricación de caja	480	10	91.08%	100%	527	52.70
Fabricación de compuerta	240	5	90.91%	100%	264	52.80
Pintura base caja	180	2	91.06%	100%	198	98.83
Suspensión y ejes	180	3	88.24%	100%	204	68.00
Montaje de estructura	240	3	89.55%	100%	268	89.33
Instalación de autopartes y accesorios	180	3	90.23%	100%	200	66.50
Sistema hidráulico	210	2	89.74%	100%	234	117.00
Montaje de cobertor	180	4	88.89%	100%	203	50.63
Pintura de acabado	240	2	90.43%	100%	265	132.70
Sistema eléctrico	180	2	90.41%	100%	199	99.54
Pruebas de funcionamiento	60	1	91.73%	100%	65	65.41
<b>Tiempo de ciclo máximo o Cmax</b>						152.67
<b>Capacidad de planta en función a Cmax (Unidades)</b>						75.46

Para determinar la capacidad de producción de cada área de trabajo, se debe realizar lo siguiente: primero, se determina el tiempo estándar real o prima (TE') o tiempo que realmente demora en realizarse cada subproceso para producir una unidad, la cantidad de operarios o mano de obra (MO) necesario por estación para el subproceso, el tiempo total requerido (TTR) en cada subproceso que se obtiene de multiplicar el TE' con la cantidad de operarios que trabaja en el subproceso y finalmente el tiempo total requerido por área (TTRA) que se obtiene de la suma de los tiempos totales requeridos de los subprocesos que pertenezcan a cada área de trabajo. Por ejemplo, para el Área de Habilitado su tiempo requerido es igual al tiempo estándar de su subproceso. Mientras, que para el Área de fabricación de estructuras es la

suma de los tiempos de fabricación de caja y compuerta, armado de viga, soldado de viga y ensamble de viga. La Tabla 8 nos muestra los Tiempos requeridos por área de trabajo para producir un semirremolque volquete.

Tabla 8. Tiempos requeridos por área de trabajo para producir un semirremolque volquete

Área de trabajo	Subproceso	TE' (min)	Cantidad MO x Estación	TTR (Min.)	TTRA (Min.)
Habilitado	Habilitado (máquina)	305	1	305	305
Fabricación de estructuras	Fabricación de caja	527	4	2108	3977
	Fabricación de compuerta	264	2	528	
	Armado de viga	135	2	271	
	Soldado de viga	268	2	536	
	Ensamble de viga	267	2	534	
Sistema de suspensión	Suspensión y ejes	204	4	816	816
Montaje	Montaje de estructura	268	4	1072	1870
	Instalación de autopartes y accesorios	200	4	798	
Sistema hidráulico	Sistema hidráulico	234	2	468	468
Montaje cobertor	Montaje de cobertor	203	2	405	405
Pintura	Pintura base caja	198	3	593	1784
	Pintura base de viga	132	3	395	
	Pintura de acabado	265	3	796	
Sistema Eléctrico	Sistema eléctrico	199	2	398	398
Pruebas de funcionamiento	Pruebas de funcionamiento	65	1	65	65

En función a la Tabla 8, se procede a calcular las capacidades de producción neta de cada área de trabajo mediante la división del tiempo disponible (TD) de cada área de trabajo entre el tiempo total requerido por área (TTRA) que fue calculado en la Tabla 8. En la Tabla 9 se muestran las nueve áreas de trabajo que existen en la planta, el tiempo requerido esperado por área que fue obtenido de la Tabla 5 (página 32), el tiempo disponible por área de trabajo que fue obtenido de la Tabla 4 (página 31), la capacidad de producción esperada por cada área de trabajo, el tiempo requerido por área obtenido de la Tabla 8 (página 36), y la capacidad de producción real.

Tabla 9. Capacidad de producción por área de semirremolques volquetes en planta

Área de trabajo	CAPACIDAD EFECTIVA			CAPACIDAD REAL			
	Tiempo requerido por área (Hrs.)	TD (Hrs.)	Capacidad de producción	TTRA (Min.)	TTRA (Hrs.)	Capacidad de producción	Capacidad de producción neta
Habilitado	4.5	384	85	305	5.09	75.46	75.00
Fabricación de estructuras	60.0	15360	256	3977	66.28	231.74	231.00
Sistema de suspensión	12.0	2304	192	816	13.60	169.41	169.00
Montaje	28.0	4608	164	1870	31.17	147.85	147.00
Sistema hidráulico	7.0	768	109	468	7.80	98.46	98.00

Montaje cobertor	6.0	1536	256	405	6.75	227.56	227.00
Sistema Eléctrico	6.0	768	128	398	6.64	115.73	115.00
Pintura	27.0	2880	106	1784	29.74	96.84	96.00
Pruebas de funcionamiento	1.0	384	384	65	1.09	352.24	352.00

En la Tabla 9, se puede observar que el subproceso que limita la producción de la planta, cuello de botella, es el habilitado que se encuentra en el Área de Habilitado. Esto se debe a que limita la capacidad de producción de la planta a 85 unidades mensuales. Sin embargo, la capacidad real de producción de la planta es de 75 unidades a causa de un bajo porcentaje de utilización en el Área de Habilitado. Luego, las Áreas de Sistema Hidráulico y de Pintura con sus subprocesos correspondientes serían las siguientes limitantes de capacidad de la planta. A continuación, se explicará las causas que provocan una reducción en el porcentaje de utilización en cada subproceso.

- Para el subproceso de habilitado la utilización es del 88.43%. Esto se debe a dos razones. Primero, la falta de limpieza y orden en el área de trabajo provocando la detención de operaciones y pérdidas de tiempo; por causa de la presencia de obstáculos, como desperdicios de metal, que evitan el libre transporte de las planchas de acero y la falta de organización en la mesa de trabajo. La segunda razón es el no disponer totalmente del montacargas, Puesto que este montacargas se encarga de transportar las planchas de metal a las máquinas, pero también transporta las planchas habilitadas al Área de Fabricación de estructuras y transporta las tolvas o cajas al Área de Montaje. Esto trae como consecuencia un retraso en el habilitado de las planchas de acero y una reducción en la capacidad de la planta, ya que este subproceso es el cuello de botella de la planta.
- Para las Áreas de Fabricación de estructuras, Sistema de Suspensión, Montaje, Sistema Hidráulico, Montaje de Cobertor, Sistema Eléctrico y Pintura el porcentaje de utilización es en promedio el 89.98%. Este porcentaje de utilización se debe a la falta de limpieza y orden en el área de trabajo y a la falta de organización en las mesas con tres divisiones de los trabajadores, lo que provoca pérdida de herramientas, planos y materiales, y como consecuencia la pérdida de horas – hombre de trabajo por parar en los flujos de los subprocesos.
- Para el Área de Pruebas de Funcionamiento el porcentaje de utilización es del 91.73%. Esto es a causa del desorden con sus documentos y archivadores, y a una pequeña desorganización en sus cajas de herramientas.

De acuerdo con los puntos 3.1.1 y 3.1.4, el principal problema es el retraso en la entrega de las unidades en el tiempo acordado con el cliente. Esto se debe a la falta de capacidad de producción en la planta y al bajo porcentaje de utilización del personal y las maquinarias. Algunos defectos que usualmente se presentan en la producción son los siguientes.

- Re-procesos debido a mal diseño de los planos de la unidad.
- Demora en el habilitado de planchas de acero para la tolva y viga.

- Falta de planchas de acero habilitadas para el Área de Fabricación.

Del mismo modo, las no conformidades detectadas luego de la inspección de las unidades generan re-procesos y demoras en la fabricación de las unidades; así como cualquier error durante la etapa de producción ocasionará correcciones. Todos los errores mencionados afectan directamente el tiempo de entrega de la unidad, retrasando la entrega de la orden de trabajo.

A continuación, en los siguientes puntos se determinarán las causas principales de este problema, con la finalidad de definir las metodologías y herramientas ideales para mejorar la producción y solucionar el problema principal.

### 3.2. Lluvia de ideas o Brainstorming.

En base a la descripción del proceso de fabricación del semirremolque volquete y a la identificación del problema principal, se procede a elaborar una “lluvia de ideas” sobre las posibles causas de este problema. Esta herramienta según Osborne (1953), debe ser realizada en conjunto con diversos integrantes de la organización, ya que facilita el surgimiento de las ideas concernientes a los problemas que afectan a la Empresa y que se despliegan a todas las áreas. De este modo, es útil para la identificación y clasificación de los problemas y sus causas, pudiendo visualizarlos de una manera más ordenada y priorizando las soluciones. En la Tabla 10 se muestra la tormenta de ideas referidas al problema principal. Se contó con la participación de los jefes de planta, los jefes de cada área de trabajo y el gerente de producción.

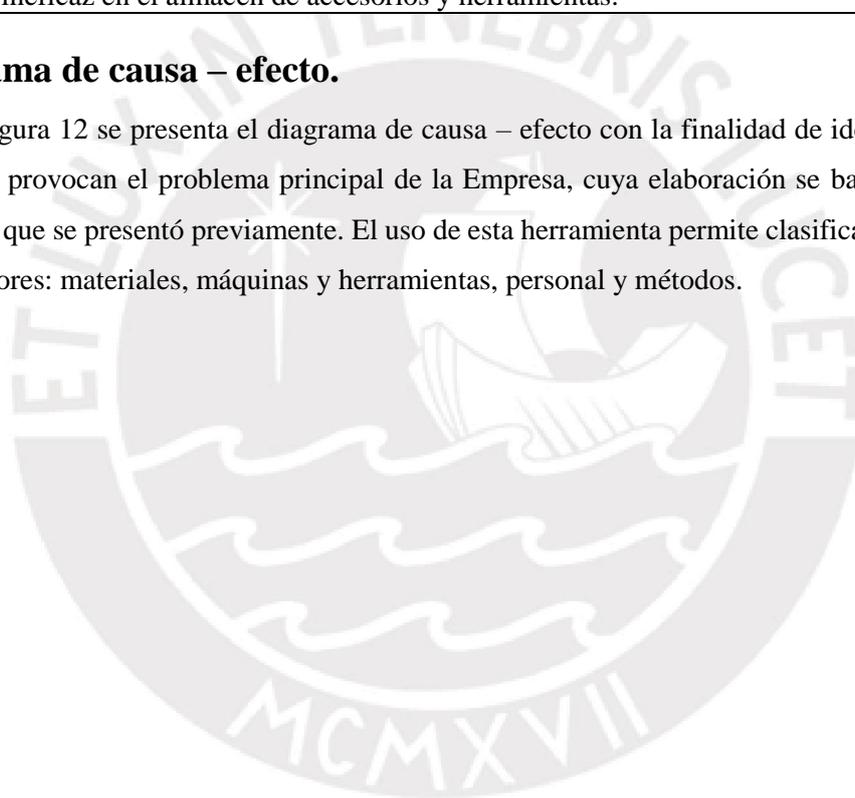
Tabla 10. Tormenta de ideas – causas del problema principal

<b>Tormenta de ideas - causas del problema</b>	
<b>Nº</b>	<b>Idea de causa de problema</b>
1	Falta de accesorios para la unidad en el tiempo planificado.
2	Falta de material habilitado para la unidad en el tiempo planificado.
3	Material o accesorios no corresponden a la orden de trabajo.
4	Perdida de accesorios.
5	Perdida de material habilitado.
6	Notificación tardía de falta de material o accesorios.
7	Accesorios adquiridos no cumplen con las especificaciones.
8	Material habilitado defectuoso o con errores.
9	Accesorios defectuosos.
10	Se dispuso del material para otra orden de trabajo.
11	Ineficaz control de stock de accesorios.
12	Supervisión inadecuada de accesorios comprados.
13	Planos no tienen todas las dimensiones detalladas.
14	Tardía entrega de material faltante a encargados de fabricación y montaje.
15	Tardía entrega de accesorios faltantes a encargados de fabricación y montaje.
16	Reprocesos de unidades defectuosas.
17	Ausencia de un stock de seguridad de accesorios más utilizados.
18	Ausencia de un stock de seguridad de material habilitado (Planchas de acero).
19	Demora en el habilitado de material (planchas y piezas pequeñas).
20	Distribución de los vehículos transportadores no es óptima.

21	Áreas de trabajo de las áreas de fabricación, montaje, hidráulica, suspensión, sistema eléctrico y pintura están desordenadas.
22	Desperdicios y basura en las áreas de trabajo.
23	Falta de herramientas y repuestos.
24	Demora en ubicación de herramientas y planos de trabajo.
25	Herramientas y planos desordenados en mesas de trabajo de contratistas.
26	Equipos de trabajo sin usar debido a que están dañados.
27	Cantidad insuficiente de herramientas de trabajo.
28	Ausencia de un plan de mantenimiento de herramientas y máquinas.
29	Errores en la programación de las máquinas de habilitado.
30	No se aprovecha completamente el uso de las máquinas.
31	No existe un programa de capacitación.
32	Personal ausente en horas de trabajo.
33	Falta de comunicación entre el Área de Ingeniería y el Área de Producción.
34	Ineficaz coordinación entre las Áreas de Ventas y Producción sobre la fecha de entrega de las órdenes de trabajo.
35	Atención ineficaz en el almacén de accesorios y herramientas.

### 3.3. Diagrama de causa – efecto.

En la Figura 12 se presenta el diagrama de causa – efecto con la finalidad de identificar y agrupar las causas que provocan el problema principal de la Empresa, cuya elaboración se basa en función a la lluvia de ideas que se presentó previamente. El uso de esta herramienta permite clasificar las causas en los siguientes factores: materiales, máquinas y herramientas, personal y métodos.





### 3.4. Análisis e identificación de oportunidades de mejora.

Una vez realizado el diagnóstico e identificadas las causas que posiblemente ocasionan el problema principal de la Empresa, se deben identificar las causas que más influyen en el problema principal, ya que estas son las oportunidades de mejora de la planta.

#### 3.4.1. Encuesta de procesos.

La identificación de las oportunidades de mejora de este estudio, parte de la realización de una encuesta hacia el personal que dirige y está involucrado en los distintos procesos de producción. Donde se encuentran las causas que contribuyen a que el tiempo de fabricación de las órdenes de trabajo se vea afectado y se produzcan retrasos en la entrega de las órdenes. Esta encuesta tiene el objetivo de identificar, de acuerdo con la opinión del propio personal, las principales causas que provocan este problema. Los datos tomados han sido posibles gracias al aporte de las siguientes personas:

GP: gerente de producción

CGP: coordinador general de producción

JP1: jefe de planta 1.

JP2: jefe de planta 2.

JS: jefe de supervisores.

Es importante también mencionar las calificaciones posibles que se reflejan en la encuesta, hacia las principales causas que afectan al problema principal mencionado. Para ello se emplean las siguientes escalas respecto al grado de influencia o contribución que éstas poseen.

5 = Muy alta

4 = Alta

3 = Regular

2 = Poca

1 = Muy poca

En la Tabla 11 se presentan los resultados de la encuesta realizada. Las causas mostradas en dicho cuadro parten de la Lluvia de Ideas y del Diagrama Causa – Efecto mostrados anteriormente. Asimismo, éstas se encuentran agrupadas de acuerdo a la clasificación que se hizo para elaborar el Diagrama Causa – Efecto.

Tabla 11. Resultado encuesta de causas de problema principal

PROBLEMA PRINCIPAL: Retraso en el tiempo de fabricación de semirremolques volquetes	PARTICIPANTES					PUNTAJE TOTAL
	GP	CGP	JP1	JP2	JS	
<b>MATERIALES</b>	<b>CONTRIBUCION</b>					
Falta de accesorios para la unidad en el tiempo planificado.	4	3	4	5	4	20
Falta de material habilitado para la unidad en el tiempo planificado.	4	4	5	5	4	22
Material o accesorios no corresponden a la orden de trabajo.	1	2	1	2	1	7
Perdida de accesorios.	1	2	2	2	1	8
Perdida de material habilitado.	1	1	2	2	1	7
Notificación tardía de falta de material o accesorios.	4	3	5	4	4	20
Accesorios adquiridos no cumplen con las especificaciones.	2	2	2	3	2	11
Material habilitado defectuoso o con errores.	2	2	2	3	3	12
Accesorios defectuosos.	1	1	1	1	1	5
<b>MÉTODOS</b>	<b>CONTRIBUCION</b>					
Se dispuso del material para otra orden de trabajo.	2	2	2	3	1	10
Ineficaz control de stock de accesorios.	2	2	3	3	2	12
Supervisión inadecuada de accesorios comprados.	1	3	2	2	1	9
Planos no tienen todas las dimensiones detalladas.	2	3	4	4	3	16
Tardía entrega de material faltante a encargados de fabricación y montaje.	3	4	4	3	3	17
Tardía entrega de accesorios faltantes a encargados de fabricación y montaje.	2	2	3	4	3	14
Reprocesos de unidades defectuosas.	2	3	2	3	2	12
Ausencia de un stock de seguridad de accesorios más utilizados.	2	4	3	3	3	15
Ausencia de un stock de seguridad de material habilitado (Planchas de acero).	4	4	4	5	3	20
Demora en el habilitado de material (planchas y piezas pequeñas).	5	4	5	5	4	23
<b>INFRAESTRUCTURA Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>CONTRIBUCION</b>					
Distribución de los vehículos transportadores no es óptima.	2	3	4	4	3	16
Áreas de trabajo de las áreas de fabricación, montaje, hidráulica, suspensión, sistema eléctrico y pintura están desordenadas.	3	5	5	5	4	22
Desperdicios y basura en las áreas de trabajo.	2	3	3	3	2	13
<b>MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>	<b>CONTRIBUCION</b>					
Falta de herramientas y repuestos.	2	1	2	2	3	10
Demora en ubicación de herramientas y planos de trabajo.	2	3	3	3	3	14
Herramientas y planos desordenados en mesas de trabajo de contratistas.	5	4	4	5	4	22
Equipos de trabajo sin usar debido a que están dañados.	1	1	1	1	1	5
Cantidad insuficiente de herramientas de trabajo.	1	1	1	2	1	6
Ausencia de un plan de mantenimiento de herramientas y máquinas.	3	3	3	3	3	15
Errores en la programación de las máquinas de habilitado.	2	3	3	2	2	12
No se aprovecha completamente el uso de las máquinas.	4	5	3	4	4	20
<b>PERSONAL</b>	<b>CONTRIBUCION</b>					
No existe un programa de capacitación.	2	2	3	3	2	12
Personal ausente en horas de trabajo.	2	3	3	4	2	14
Falta de comunicación entre el Área de Ingeniería y el Área de Producción.	4	5	5	5	4	23
Ineficaz coordinación entre las Áreas de Ventas y Producción sobre la fecha de entrega de los órdenes de trabajo.	5	5	5	5	4	24
Atención ineficaz en el almacén de accesorios y herramientas.	4	4	5	5	4	22

Entonces, utilizando los puntajes obtenidos en la encuesta realizada a los encargados del proceso, se elabora un ranking que permita identificar ¿cuáles son las causas más influyentes que afectan al problema principal? Se consideran como las causas más influyentes a aquellas que tengan un puntaje

mayor o igual a un valor de 20. En la Tabla 12 se visualiza cuáles son las causas principales consideradas para realizar el análisis de Pareto. En el ANEXO G se visualizan evidencias de las causas raíces.

Tabla 12. Causas del problema principal enlistados por prioridad según encuesta

Nº de causa	Causas	Puntaje
Causa 1	Ineficaz coordinación entre las Áreas de Ventas y Producción sobre la fecha de entrega de las órdenes de trabajo.	24
Causa 2	Demora en el habilitado de material (planchas y piezas pequeñas).	23
Causa 3	Falta de comunicación entre el Área de Ingeniería y el Área de Producción.	23
Causa 4	Falta de material habilitado para la unidad en el tiempo planificado.	22
Causa 5	Áreas de trabajo de las áreas de fabricación, montaje, hidráulica, suspensión, sistema eléctrico y pintura están desordenadas.	22
Causa 6	Herramientas y planos desordenados en mesas de trabajo de contratistas.	22
Causa 7	Atención ineficaz en el almacén de accesorios y herramientas.	22
Causa 8	Falta de accesorios para la unidad en el tiempo planificado.	20
Causa 9	Notificación tardía de falta de material o accesorios.	20
Causa 10	Ausencia de un stock de seguridad de material habilitado (Planchas de acero).	20
Causa 11	No se aprovecha completamente el uso de las máquinas.	20

### 3.4.2. Análisis y Diagrama de Pareto.

Para identificar y priorizar las causas principales que originan los retrasos en la entrega de los ordenes de trabajo a los clientes, se realiza un Análisis de Pareto. Este análisis nos permite determinar cuáles son las causas más influyentes del retraso de entrega de semirremolques volquete. En la Tabla 13 se visualiza las causas que influyen más en el problema principal, según el Análisis de Pareto.

Tabla 13. Causas más influyentes en el problema principal

Nº de causa	Causas del problema principal	Puntaje	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Causa 5	Áreas de trabajo de las áreas de fabricación, montaje, hidráulica, suspensión, sistema eléctrico y pintura están desordenadas.	22	79	17.4%	17.44%
Causa 6	Herramientas y planos desordenados en mesas de trabajo de contratistas.	22	79	17.4%	34.88%
Causa 2	Demora en el habilitado de material (planchas y piezas pequeñas).	23	71	15.7%	50.55%
Causa 3	Falta de comunicación entre el Área de Ingeniería y el Área de Producción.	24	64	14.1%	64.68%
Causa 1	Ineficaz coordinación entre las Áreas de Ventas y Producción sobre la fecha de entrega de las órdenes de trabajo.	23	59	13.0%	77.70%
Causa 8	Falta de accesorios para la unidad en el tiempo planificado.	20	26	5.7%	83.44%
Causa 4	Falta de material habilitado para la unidad en el tiempo planificado.	22	20	4.4%	87.86%
Causa 9	Notificación tardía de falta de material o accesorios.	20	19	4.2%	92.05%
Causa 7	Atención ineficaz en el almacén de accesorios y herramientas.	22	16	3.5%	95.58%
Causa 11	No se aprovecha completamente el uso de las máquinas.	20	15	3.3%	98.90%
Causa 10	Ausencia de un stock de seguridad de material habilitado (Planchas de acero).	20	5	1.1%	100.00%
<b>TOTAL</b>			<b>453</b>	<b>100.0%</b>	

En la Tabla 13 se presentan las causas que originan retrasos en la entrega de los ordenes de trabajo, así como la frecuencia de cada una de estas causas en el periodo de Marzo a Mayo del 2016. Los datos fueron obtenidos de la base de datos de incidentes que maneja el Área de Producción, y corresponden a los 87 semirremolques volquetes realizados durante ese periodo de tiempo.

Para la elaboración del Diagrama de Pareto, se utiliza los datos contemplados en la Tabla 13 donde primero se ordena de mayor a menor los puntajes de las causas; luego se calcula los porcentajes en función a la frecuencia y se ordenan las causas desde la causa con mayor porcentaje hasta la causa con menor porcentaje. En la Figura 13 se visualiza el Diagrama de Pareto indicando las causas que más influyen en el problema principal.

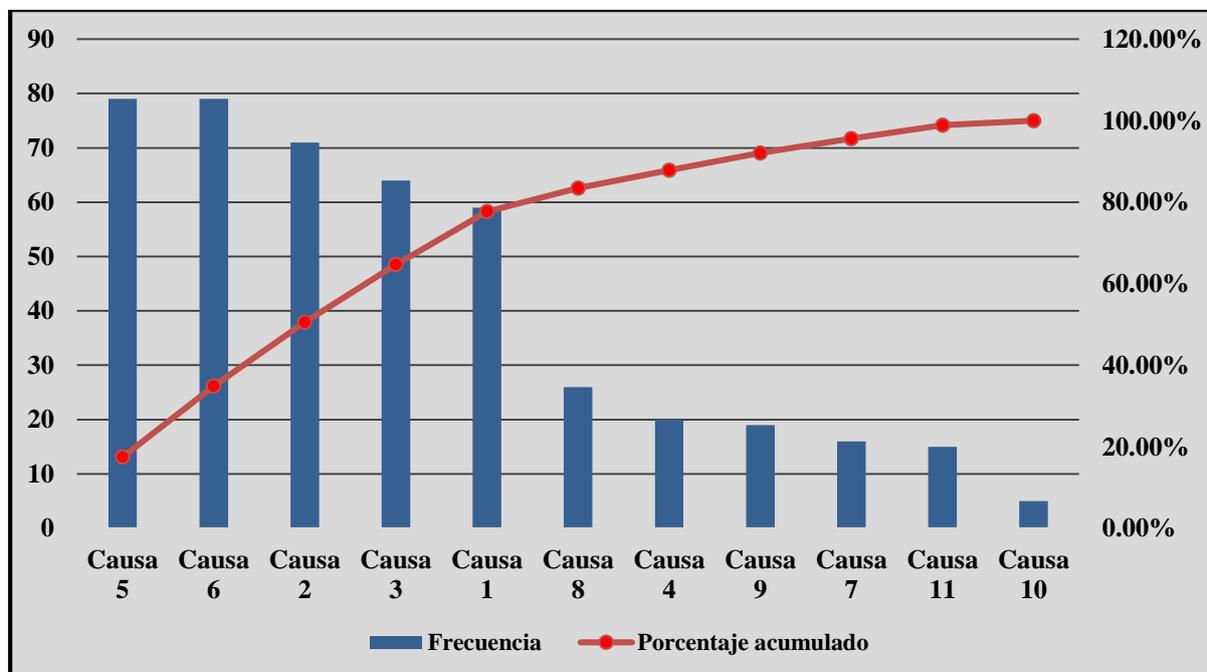


Figura 13. Diagrama de Pareto - causas principales

### 3.4.3. Identificación de las causas más importantes del problema.

Según lo obtenido en el diagrama de Pareto, se concluye que el 77.70% del problema principal proviene de las siguientes causas:

- Causa 5: áreas de trabajo de las áreas de fabricación, montaje, hidráulica, suspensión, sistema eléctrico y pintura están desordenadas.
- Causa 6: herramientas y planos desordenados en mesas de trabajo de contratistas.
- Causa 2: demora en el habilitado de material (planchas y piezas pequeñas)
- Causa 3: falta de comunicación entre el Área de Ingeniería y el Área de Producción.
- Causa 1: ineficaz coordinación entre las Áreas de Ventas y Producción sobre la fecha de entrega de las órdenes de trabajo

En función a estas causas, se propondrán mejoras que las eliminen o reduzcan con la finalidad de resolver el problema principal de la Empresa. Adicionalmente, las mejoras también solucionarán otras causas que no son necesariamente las más influyentes.

## Capítulo 4. Propuestas de mejora

En este capítulo se describirá las oportunidades de mejora identificadas a partir del capítulo anterior, puesto que se busca disminuir o eliminar las causas que provocan el retraso en las entregas de las unidades. En la Tabla 14 se presentan el problema principal, las causas vinculadas al problema principal, las herramientas, metodologías de mejora propuestas y las acciones que afrontarán a las causas vinculadas.

Tabla 14. Propuestas de Mejora

Problema principal	Causas vinculadas	Herramientas y metodologías de mejora	Acciones
<b>Retraso en la entrega de ordenes de trabajo en el tiempo acordado debido a la falta de capacidad de producción y a la baja eficiencia en cada área de trabajo.</b>	Demora en el habilitado de material (planchas y canales).	Teoria de restricciones (TOC) y Sistema DBR	Implementar la teoria de restrcciones con la finalidad de explotar el sub-proceso limitante y darle soporte si necesitara aumentar su capacidad de producción.
	Falta de material habilitado para la unidad en el tiempo planificado.	Teoria de restricciones (TOC) y Sistema DBR	Implementar la teoria de restrcciones con la finalidad de explotar el sub-proceso limitante y darle soporte si necesitara aumentar su capacidad de producción.
	Ausencia de un stock de seguridad de material habilitado ( Falta de planchas de acero).	Teoria de restricciones (TOC) y Sistema DBR	Implementar la teoria de restricciones haciendo uso del sistema DBR e incluir un stock de seguridad (Amortiguador) de planchas de acero cortadas para evitar rotura de stock.
	Areas de Fabricación, Montaje, hidraulica, suspensión, sistema electrico y pintura desordenadas.	Metodología 5's	Implementar un habito de mantener el area de trabajo limpia y ordenada a todos los trabajadores utilizando la metodologia 5'S.
	Herramientas y planos desordenados en casilleros de contratas.	Metodología 5's	Implementar una organización en los casilleros con la finalidad de tener organizado los planos y herramientas. Adicionalmente, se ordenaran las herramientas en base a su frecuencia de uso y solo se mantendran los planos de las ordenes vigentes. Todo en función a la metodologia 5'S
	Falta de accesorios para la unidad en el tiempo planificado.	Metodología 5's	En función a la metodologia 5'S, la limpieza y buena organización de las herramientas y materiales demostrara que materiales y herramientas se estan acabando para luego solicitar más materiales.
	Ineficaz coordinacion entre las areas de Ventas y Produccion acerca de la entrega de ordenes de trabajo.	Herramienta de gestión Total Quality Management (TQM)	Realizar eventos extracurriculares como reuniones o actividades deportivas con la finalidad de generar mayor integración entre los empleados de la empresa.
	Falta de comunicación entre el area de Ingeniería y el area de Producción (acerca de modificaciones en la unidad de la orden).	Herramienta de gestión Total Quality Management (TQM)	Implementacion de televisores LED, pizarras de corcho para que el área de ingeniería notifique la modificacion de planos al area de producción y al area de control de calidad.
	Notificación tardia de falta de material o accesorios.	Herramienta de gestión Total Quality Management (TQM)	Realizar eventos extracurriculares como reuniones para insentivar a los trabajadores a que comuniquen cualquier problema con las herramientas o falta de material .
Atención ineficaz en el almacen de accesorios y herramientas.	Herramienta de gestión Total Quality Management (TQM)	Realizar eventos extracurriculares como reuniones o actividades deportivas con la finalidad de generar mayor integración entre los empleados de la empresa.	

## 4.1. Metodología 5S.

La implementación de la metodología 5S tiene como objetivo lograr que las áreas de trabajo de la Empresa sean más ordenadas, limpias y organizadas. Esto con el fin de poder incrementar la productividad, el porcentaje de utilización y mejorar el ambiente laboral de trabajo. En este caso, la mejora va directamente a cada una de las áreas de trabajo que se encargan de la fabricación directa de los semirremolques volquetes, como el Área de Habilitado, Área de Fabricación, Área de Montaje, Área de Hidráulica, etc.

### 4.1.1. Procedimiento de implementación de las 5S.

Según Dorbessan (2006), indica que para poder aplicar la metodología de las 5S se deben realizar los siguientes pasos: formar un equipo o comité responsable de la implementación de la metodología, capacitar al equipo sobre la metodología, realizar preparativos para la aplicación de la metodología, aplicar las cinco etapas de la metodología 5S y finalmente realizar auditorías y reuniones. Esto se muestra en el cronograma de implementación de las 5S en la Figura 14.

N°	Actividad	Duración	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6					
			S1	S2	S3	S4																						
1	Organización del equipo 5S	2 sem.																										
2	Capacitaciones 5S	2 sem.																										
3	Planificación actividades	1 sem.																										
4	Adquisición de materiales	1 sem.																										
5	Seiri - clasificación	1 sem.																										
6	Seiton - orden	1 sem.																										
7	Seiso - Limpieza	1 sem.																										
8	Seiketsu - estandarización	1 sem.																										
9	Shitsuke - Disciplina	1 sem.																										
10	Auditorías 5S	1 día por mes																										
11	Reuniones	1 día por mes																										

Figura 14. Cronograma implementación de las 5S

A continuación, se presenta la aplicación de las 5S en el área de producción de la Empresa.

- 1) Formar un equipo responsable para la implementación: se seleccionará a las personas que conformaran el equipo que se encargará de realizar las coordinaciones necesarias para aplicar la metodología 5S, desde su planificación hasta que la metodología se implemente en el área de producción. Del mismo modo, las coordinaciones que realicen incluirán los recursos que son necesarios y el diseño de las etapas de aplicación. El equipo estará conformado por el coordinador general de producción, los dos jefes de planta y dos supervisores. Mínimo tres de ellos deben tener educación universitaria relacionada a Ingeniería Industrial, Mecánica o Mecatrónica y dos de ellos con educación técnica en manufactura. Ambos con experiencia mínima de un año laborando en manufactura.

2) Capacitar al equipo sobre la metodología 5S: el equipo de trabajo requiere necesariamente de una capacitación para que posteriormente ellos implementen la mejora en la planta, la cual tiene los siguientes objetivos.

- a. Presentar los conceptos de la metodología de mejora 5S, sus características, funciones y beneficios.
- b. Incentivar el compromiso en el personal, para ejecutar la metodología desde una perspectiva de mejora en su trabajo y ambiente laboral.

La capacitación debe basarse en la política 5S. Documento que contiene el procedimiento y las acciones para poder ejecutar esta metodología de mejora. Con respecto a la duración de la capacitación, su duración será de 20 horas y será realizada por la empresa ELG Asesores. Esta capacitación se brindará al equipo responsable para la implementación y luego este equipo lo implementará en el Área de Producción. Finalmente, un especialista en metodología 5S de la empresa capacitadora supervisará y orientará al equipo para que se implemente satisfactoriamente la metodología 5S. El especialista irá a la empresa dos veces al mes, al inicio de mes y a mediados del mes y supervisará la planta.

3) Preparativos para la aplicación: antes de iniciar la implementación de la metodología, el equipo debe solicitar y contar con todos los materiales y herramientas de la implementación, para tener un buen desarrollo y resultado. Estos preparativos son.

- Contenedores de materiales: en función a la clasificación que se realizará, ya sea por necesidad, por frecuencia de uso o por tipo.
- Archivadores de planos: archivadores verticales de cuatro gavetas, en los cuales se ordenarán los planos más recientes en la parte superior; mientras que los más antiguos se colocaran abajo, para luego ser llevados a un punto de desecho.
- Puntos de desecho: serán puntos estratégicos donde los operarios podrán botar los desechos que no son necesarios según el tipo de desecho, ya sea un bote de basura exclusivo para papel y otros reciclables; cilindros para botar las mermas, polvo y desperdicios metálicos.
- Herramientas y materiales de limpieza: tales como escobas, recogedores y plumeros.
- Tarjetas de clasificación de artículos: las cuales clasificarán los materiales y herramientas por la frecuencia con la que se usan.

Luego, según Dorbessan (2006), es también fundamental contar con los siguientes formatos de documentos para realizar una buena implementación de la metodología 5S.

- Planificador de acciones 5S: en donde se registran acciones referidas a las 5S que se realizan para resolver problemas. En la Tabla 15 se puede observar el formato del planificador de acciones.

Tabla 15. Planificador de acciones metodología 5S

Acciones de metodología 5S					
Problema	Acción correctiva	Núm. de "S"	Inicio de acción	Fin de acción	Responsable

Fuente: Dorbessan (2006: Pg. 95)

- Documento de comienzo y fin de acción: este documento permite verificar las diferencias en las situaciones mediante fotografías del “antes y después”, con la finalidad de destacar el resultado después de aplicar la metodología 5S. En la Figura 15 se muestra el formato que se empleará.

ACCIÓN: COMIENZO Y FIN	
Acción:	
Responsable:	
Num. de "S":	
Fecha antes de comenzar acción:	
Foto antes de comenzar acción	
<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	
Fecha después de finalizar acción:	
Foto después de finalizar acción	
<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	

Figura 15. Formato comienzo - fin de acción

Fuente: Dorbessan (2016: Pg. 96)

- 4) Aplicación de la metodología 5S: Para implementar la metodología 5S se deben realizar las siguientes etapas:

- Etapa 1: seiri – clasificación

En el caso de la Empresa, en las diversas áreas de trabajo como Habilitado, Fabricación de Estructuras, Montaje, Hidráulica, Suspensión, Pintura y Electricidad, hay diversos materiales en cada una que deben ser clasificados en función al tipo de material o herramienta. Asimismo, se debe determinar cuál material o herramienta es importante y

cuál no, debido a que siempre existe la duda de “si servirá en un futuro o no”. Para esto debe cuestionarse la frecuencia con que los materiales fueron y son utilizados, para así evitar tener un elemento que no es útil, ocupa espacio y provoca desorden. En la Tabla 16 se muestra el inventario de materiales en el Área de Fabricación.

Tabla 16. Inventario de materiales del Área de Fabricación.

Nº	Material o herramienta
1	Lija para metal.
2	Trapo.
3	Disco de desbaste.
4	Llaves Allen.
5	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc).
6	Pie de rey.
7	Electrodos.
8	Planos de fabricación.
9	Wincha.
10	Regla metálica.
11	Documentos (Asistencia, avance, etc).
12	Ganchos metálicos.

Las tablas que muestran el inventario de los materiales de las otras áreas de trabajo se encuentran en el ANEXO H. Asimismo en la Tabla 17 se indica una descripción de los tres estados de frecuencia de uso de materiales.

Tabla 17. Descripción de los estados de frecuencia de uso de materiales.

Frecuencia de uso		
Color	Descripción	Rango
	Alta frecuencia	66 - 100
	Regular frecuencia	37 - 65
	Baja frecuencia	01 - 36

A continuación, se presentará en las siguientes tablas la clasificación de materiales según su frecuencia de uso, desde los más usados hasta los menos usados. Esto se hará en función a las 84 últimas unidades producidas en abril del 2016. En la Tabla 18 se nos indica con qué frecuencia se usó cada material del Área de Fabricación.

Tabla 18. Clasificación de materiales por frecuencia de uso - Área de Fabricación.

Frecuencia	Nº	Material o herramienta
84	7	Electrodos.
84	8	Planos de fabricación.
84	9	Wincha.
84	10	Regla metálica.
84	11	Documentos (Asistencia, avance, etc).
84	12	Ganchos metálicos.
73	3	Disco de desbaste.
58	1	Lija para metal.
49	6	Pie de rey.
16	4	Llaves Allen.
13	5	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc).
8	2	Trapo.

En la Tabla 18, se observa que los materiales más usados son de color verde. Esto se debe a que estos materiales se usan en la mayoría de unidades que se producen. Estos materiales al tener una alta frecuencia de uso, se deben colocar en un lugar de fácil acceso para el personal. Los materiales con color amarillo son de uso regular, pero no muy frecuente. Finalmente, los materiales de color rojo son los de menor frecuencia de uso, ya que se usa en casos excepcionales. Estos materiales deben o devolverse al almacén o colocarlos en el lugar menos frecuentado de los contenedores. Las tablas de clasificación por frecuencia de materiales de las áreas de trabajo restantes se encuentran en el ANEXO I.

- Etapa 2: seiton – orden

Después de realizar la clasificación de materiales e insumos de cada área de trabajo, se procede a ordenarlos. En esta etapa es esencial disponer de contenedores de piezas y archivadores. En el ANEXO J se muestran los materiales necesarios. La finalidad es identificar y ordenar los materiales que son necesarios y abastecer oportunamente al personal que lo necesita. Para lograr esto se debe tener claramente establecido lo siguiente.

- Cada uno de todos los objetos como materiales y herramientas deben estar identificados, según la frecuencia de uso del material. Los materiales más usados tendrán una cartilla verde con su nombre y características: El color verde indica que es usado muchas veces. Los materiales que son usados regularmente llevarán una cartilla amarilla con sus características. Finalmente, los materiales menos usados o que raras veces son usados tendrán una cartilla roja con su nombre y características.

- Debe haber un lugar definido para cada material, insumo o herramienta según su color de cartilla. Si es verde debe estar en un lugar de fácil acceso para el personal, si es de color amarillo en un lugar donde el personal pueda ubicarlo y si es de color rojo en el lugar menos frecuentado del almacén del área de trabajo del personal.

En el ANEXO K, se tiene las vistas frontal, lateral y superior de la mesa de acero donde los operarios de cada área de trabajo colocarán sus materiales. Esta mesa cuenta con tres plataformas inferiores, donde se colocarán los contenedores de cada tipo de material. En la plataforma superior que cuenta con siete contenedores, se colocaran los materiales que tienen una alta frecuencia de uso, etiqueta verde. Luego, en la plataforma del centro que contiene seis contenedores, se colocarán los materiales con frecuencia de uso regular, etiqueta amarilla. Sin embargo, en caso no existan muchos materiales con etiqueta amarilla, se colocarán materiales con etiqueta verde o roja. Finalmente, en la plataforma inferior que contiene seis contenedores, se colocarán los materiales con mínima frecuencia de uso, etiqueta roja, y solo en el caso de que existan pocos materiales de etiqueta roja, se colocaran los materiales de etiqueta roja y amarilla juntos. En la Figura 16 se visualiza una mesa con tres divisiones (dos plataformas) que es similar a la mesa que tienen las áreas de trabajo, con la diferencia que las mesas de las áreas de trabajo contienen una plataforma adicional, paredes laterales y posteriores como se detalla en el ANEXO K. Adicionalmente, en la Figura 17 se visualiza la forma de los contenedores y su distribución.



Figura 16. Mesa con 3 divisiones

Fuente: [www.mercadolibre.com.pe](http://www.mercadolibre.com.pe) 2016: “mesas de acero”



Figura 17. Contenedores de materiales y piezas

Fuente: <https://spanish.alibaba.com> 2016: “Contenedor de piezas”

- Etapa 3: seiso – limpieza

En esta etapa, las áreas de trabajo deben ser frecuentemente limpiadas por el personal de cada área, como se muestra en la Figura 18. En esta etapa, es esencial que el personal del área de trabajo se comprometa en realizar la limpieza de sus áreas de trabajo. La finalidad es que el operario lo vea como una forma de mantener más organizada su área de trabajo, para su propia satisfacción y en beneficio de él y de la empresa. Asimismo, con la limpieza pueden evitarse accidentes por mermas o desperdicios de metal y evitarse retrasos en las operaciones por la presencia de desperdicios u objetos dispersos en el área de trabajo. Los pasos para poder realizar esta etapa son los siguientes:

1. Comprar todos los materiales necesarios como escobas, recogedores, plumeros y contenedores para basura, y residuos reciclables.

2. Comprometer al personal, para que realice la limpieza de sus áreas de trabajo 15 minutos después de terminar su jornada de trabajo, aproximadamente de 5:30 a 5:45 pm.
3. Comprometer al personal de trabajo para que organice las herramientas utilizadas y deje las áreas de trabajo libres de cualquier desperdicio que interrumpa en los subprocesos.
4. Entregar el material de limpieza al personal.
5. Supervisar al finalizar la jornada de trabajo que se haya realizado la respectiva limpieza de las áreas de trabajo.

En función a lo mencionado anteriormente, se supervisará frecuentemente la limpieza en el área de trabajo y en caso se encuentre alguna observación se procederá a llenar un registro. Para realizar esta actividad se deben considerar ciertos puntos.

- Se entregan dos escobas y dos recogedores a cada grupo de trabajo para la limpieza debido a que disponen de aproximadamente 300 a 360 m<sup>2</sup> de área para trabajar.
- Realizar una lista de los lugares donde es difícil acceder para la limpieza.
- Realizar evaluaciones ante la detección de problemas en la limpieza.
- Pintar las áreas con colores ideales con el propósito de facilitar la detección de problemas de limpieza visualmente.
- Elaborar una lista que indique los puntos más críticos que deben ser frecuentemente limpiados.



Figura 18. Limpieza de área de trabajo.  
Fuente: www.seviani.com 2016: "Orden y limpieza"

La limpieza se realizará desde el inicio de las flechas hacia las puntas de las flechas hasta llegar al cuadro rojo donde estarán ubicados los dos tipos de contenedores, uno de basura y el otro contenedor de residuos reciclables. En la Figura 19 se observa el trayecto de limpieza en la planta.



- ✓ Tercero: verificar que se mantenga la organización, el orden y la limpieza obtenidos con las tres primeras etapas de la metodología 5S.

- Etapa 5: shitsuke – disciplina

Luego de realizar la estandarización estableciendo de manera clara las reglas de la metodología 5S, la etapa de disciplina tiene la función de asegurar la conservación de las condiciones logradas y la mejora continua de estas. Esta etapa debe realizarse mediante reuniones frecuentes con todo el personal. Por lo tanto, se realizará a diario el primer mes y luego se realizará cada lunes por las mañanas. Los jefes de planta serán los encargados de las reuniones, ya que tienen frecuente contacto con todo el personal. En las reuniones se informará y platicará acerca de los siguientes temas:

- ✓ Primero, que se cumplan las normas establecidas en la metodología.
- ✓ Segundo, que los procedimientos de clasificación, limpieza y orden se realicen adecuadamente.
- ✓ Tercero, en cuánto mejoró la realización del trabajo en función a los indicadores de productividad y utilización de los subprocesos.
- ✓ Luego, la comprobación continúa de que cada material se encuentre en un lugar adecuado. El jefe de planta ira con cada representante de área a verificar si las áreas de cada uno están limpias y ordenadas.
- ✓ Finalmente, la supervisión del puesto de trabajo al inicio y fin de la jornada de trabajo.

#### 5) Auditorias y reuniones

Para verificar que la implementación de las 5S se desarrolló con éxito se realizarán auditorias y para evaluar y demostrar el buen desarrollo de la metodología se realizarán reuniones.

- Auditorias: para comprobar que la metodología se está desarrollando idóneamente en el área de producción, se llevarán a cabo auditorias de forma periódica utilizando una lista de comprobación de auditoria de las 5S que en conjunto con el planificador de acciones (Página 48) se usarán para que se cumplan las normas de la metodología. Para comenzar, cuando las 5S se estén implementando en la planta al finalizar cada etapa, se debe hacer una auditoria para verificar que se haya desarrollado adecuadamente y sin inconvenientes. Luego, una vez implementado toda la metodología, se deben hacer auditorias mensuales. Finalmente, una vez que las 5S estén bien establecidas, bastará con realizar las auditorias cada tres meses. La auditoría la realizarán los dos supervisores que son parte del equipo que implemento la metodología. En el ANEXO L se visualiza el documento de auditoria.
- Reuniones: se realizarán reuniones mensuales con todo el personal, para indicar si se están cumpliendo o no los procedimientos y requisitos establecidos. Esto con la finalidad de garantizar el sostenimiento de la implementación y buen desarrollo de la metodología 5S.

#### 4.1.2. Impacto de la aplicación de las 5S en el Área de Producción.

Al implementar la metodología de las 5S se podrán eliminar o disminuir las causas principales del retraso en la producción de semirremolques volquetes. Estas causas se eliminarán de la siguiente manera.

- Áreas de Fabricación, Montaje, Hidráulica, Suspensión, Sistema Eléctrico y Pintura ordenadas: al tener más ordenado, limpio y organizado las áreas de trabajo se obtiene lo siguiente.
  - Primero, evitar accidentes por herramientas pequeñas esparcidas en el suelo, ya que se habrá establecido un orden y costumbre de mantener las áreas limpias y colocar las cosas en su lugar.
  - Segundo, tener un área más limpia y organizada.
  - Tercero, el transporte de materiales o subproductos de un área a otra tomará menos tiempo, ya que no existirá obstáculos contundentes que obstaculicen el transporte.
- Herramientas y planos ordenados en mesas de trabajo y archivadores: al tener organizado y distribuido en orden los planos y herramientas de los operarios se obtendrá lo siguiente.
  - Primero, mayor facilidad para ubicar las herramientas y planos indicados.
  - Segundo, evitar o reducir las pérdidas de tiempo al tratar de ubicar y sacar una herramienta o plano.
  - Tercero, con la buena organización de las herramientas es muy difícil que se pierdan herramientas, materiales y planos.
- Observar y prevenir la falta de accesorios para las unidades: al tener organizado, limpio y distribuido los materiales, se podrá visualizar si algunos de los materiales y accesorios principales se están terminando y se podrá solicitar un aumento de accesorios al almacén.

Luego de implementar la primera propuesta de mejora, metodología 5S, la Tabla 19 Comparación de horas de trabajo en los subprocesos implementando la propuesta n°1, metodología 5S, muestra el tiempo estándar real o prima ( $TE'$ ) inicial, los minutos ahorrados en cada subproceso luego de haber implementado la metodología 5S, que se encuentran en un rango que va desde dos hasta diez minutos, el nuevo tiempo estándar prima en minutos y horas, en cuanto aumento las utilidades (%) de cada subproceso y la eficiencia. En relación a los minutos ahorrados, la implementación de la metodología 5S es más efectiva en las Áreas de Fabricación y Montaje, ya que estas áreas son más propensas a ensuciarse y desordenarse, debido a la diversidad de materiales existentes. Después, en la Tabla 20 balance de línea implementando metodología 5S, se muestra la siguiente información: la nueva utilización (%) obtenida, el nuevo tiempo estándar real o prima ( $TE'$ ) calculado de la división del tiempo estándar ( $TE$ ) entre la multiplicación de la utilización por la eficiencia, el tiempo de ciclo o cadencia ( $C$ ) de cada subproceso. Finalmente, con la mayor cadencia o el tiempo de ciclo máximo, 150.73 minutos/unidad, se calcula la capacidad de producción de la planta, 76,43 unidades/mes, la cual es resultado de dividir el tiempo disponible al mes, 11520 minutos/mes, entre la mayor cadencia.

Tabla 19. Comparación de tiempos en los subprocesos para producir un semirremolque implementando la propuesta n°1

Subproceso	Tiempo efectivo		Tiempo real implementando propuesta N°1					
	TE (Hrs.)	TE (Min.)	TE' inicial (Min.)	Min. ahorrados con 5S	Nuevo TE' (Min.)	TE' (Hrs.)	Utilización (%)	Eficiencia (%)
Habilitado	4.50	270	305	3.88	301	5.02	89.57%	100%
Armado de viga	2.00	120	135	7.22	128	2.13	93.71%	100%
Soldado de viga	4.00	240	268	8.25	260	4.33	92.35%	100%
Ensamble de viga	4.00	240	267	8.32	259	4.31	92.78%	100%
Pintura base de viga	2.00	120	132	3.77	128	2.13	93.76%	100%
Fabricación de caja	8.00	480	527	9.88	517	8.62	92.82%	100%
Fabricación de compuerta	4.00	240	264	8.15	256	4.26	93.80%	100%
Pintura base caja	3.00	180	198	5.62	192	3.20	93.73%	100%
Suspensión y ejes	3.00	180	204	7.87	196	3.27	91.78%	100%
Montaje de estructura	4.00	240	268	7.97	260	4.33	92.30%	100%
Instalación de autopartes y accesorios	3.00	180	200	7.89	192	3.19	93.94%	100%
Sistema hidráulico	3.50	210	234	6.15	228	3.80	92.17%	100%
Montaje de cobertor	3.00	180	203	6.53	196	3.27	91.85%	100%
Pintura de acabado	4.00	240	265	6.54	259	4.31	92.71%	100%
Sistema eléctrico	3.00	180	199	8.20	191	3.18	94.30%	100%
Pruebas de funcionamiento	1.00	60	65	2.15	63	1.05	94.85%	100%

Tabla 20. Balance de línea de planta - Metodología 5S implementada

Subproceso	Tiempo estándar o TE (min)	n (estaciones o maquinas)	Utilización (%)	Eficiencia (%)	TE' (min)	tiempo de ciclo (min/und)
Habilitado	270	2	89.57%	100%	301	150.73
Armado de viga	120	4	93.71%	100%	128	32.01
Soldado de viga	240	6	92.35%	100%	260	43.31
Ensamble de viga	240	5	92.78%	100%	259	51.74
Pintura base de viga	120	1	93.76%	100%	128	127.98
Fabricación de caja	480	10	92.82%	100%	517	51.71
Fabricación de compuerta	240	5	93.80%	100%	256	51.17
Pintura base caja	180	2	93.73%	100%	192	96.03
Suspensión y ejes	180	3	91.78%	100%	196	65.38
Montaje de estructura	240	3	92.30%	100%	260	86.68
Instalación de autopartes y accesorios	180	3	93.94%	100%	192	63.87
Sistema hidráulico	210	2	92.17%	100%	228	113.93
Montaje de cobertor	180	4	91.85%	100%	196	48.99
Pintura de acabado	240	2	92.71%	100%	259	129.43
Sistema eléctrico	180	2	94.30%	100%	191	95.44
Pruebas de funcionamiento	60	1	94.85%	100%	63	63.26
					<b>Tiempo de ciclo Máximo o Cmax</b>	150.73
					<b>Capacidad de planta en función</b>	76.43

a Cmax  
(Unidades)

Para finalizar, en la Tabla 21 se ve la capacidad de producción de la planta por área de trabajo luego de implementar la propuesta n°1, metodología 5S, la cual nos demuestra el aumento de la capacidad de producción de planta de 75.46 a 76.43 unidades por mes. Adicionalmente, en el ANEXO M se encuentra la comparación de tiempos, mediante cronometría del traslado de materiales y la ubicación de materiales y herramientas de trabajo en cada subproceso antes y después de implementar la metodología 5S. En estas tablas se puede verificar como la metodología de las 5S recupera tiempo de producción perdido en cada subproceso.

Tabla 21. Capacidad de producción en la planta implementando propuesta n°1

Área de trabajo	CAPACIDAD EFECTIVA			CAPACIDAD REAL CON PROPUESTA N°1			
	Tiempo requerido por área (Hrs.)	TD (Hrs.)	Capacidad de producción	Tiempo requerido por área (Min.)	Tiempo requerido por área (Hrs.)	Capacidad de producción	Capacidad de producción neta
Habilitado	4.5	384	85	301	5.0	76.43	76.00
Fabricación de estructuras	60.0	15360	256	3873	64.6	237.93	237.00
Sistema de suspensión	12.0	2304	192	785	13.1	176.21	176.00
Montaje	28.0	4608	164	1807	30.1	153.04	153.00
Sistema hidráulico	7.0	768	109	456	7.6	101.12	101.00
Montaje cobertor	6.0	1536	256	392	6.5	235.14	235.00
Sistema Eléctrico	6.0	768	128	382	6.4	120.70	120.00
Pintura	27.0	2880	106	1737	28.9	99.50	99.00
Pruebas de funcionamiento	1.0	384	384	63	1.1	364.21	364.00

#### 4.2. Programa de comunicación y coordinación interna empleando Gestión de la Calidad Total (*Total Quality Management* o TQM).

La falta de comunicación entre las áreas de trabajo, como las Áreas de Producción, Ventas e Ingeniería, influye claramente en la producción de las órdenes de trabajo, dado que al no existir una adecuada comunicación puede haber conflictos entre las áreas de trabajo y problemas con los clientes en la entrega de sus órdenes. Las razones de esto son las siguientes.

- Primero, el Área de Ventas no coordina con el Área de Producción acerca de la fecha planificada en que se finalizará una orden de trabajo, lo que trae como consecuencia que la orden de trabajo no esté lista en la fecha establecida y el cliente tenga que esperar más tiempo del acordado.
- Segundo, no existe una adecuada comunicación entre el Área de Ingeniería con las Áreas de Producción y de Control de Calidad, ya que el Área de Ingeniería al realizar una modificación en

algún plano de la unidad, no comunica acerca de la modificación al Área de Producción, ni al Área de Control de Calidad, trayendo como consecuencia un conflicto entre el personal de control de calidad y los jefes de área, pérdida de material y recursos, horas – hombre, y retrasos en la entrega de las ordenes de los clientes.

- Tercero, hay una atención ineficaz en el almacén de accesorios, debido a una falta de comunicación entre el personal de esta área y el Área de Producción. Además, suelen desperdiciar mucho tiempo realizando otras funciones secundarias que no son tan esenciales, como atender y brindar a los operarios los accesorios que necesitan para culminar la orden de trabajo.

A partir de los puntos anteriormente expuestos, surge la necesidad de que exista una forma de comunicarse y coordinar efectivamente entre las áreas de trabajo, especialmente entre las Áreas de Ingeniería, Producción, Almacén de Accesorios y Ventas. Con la finalidad de que puedan coordinar el tiempo que conllevará culminar una orden de trabajo; puedan dar a conocer alguna modificación en los planos de una unidad y de que exista una mejor comunicación entre las áreas, para que exista un ambiente laboral más agradable. Para la implementación del enfoque de Gestión de la Calidad Total se realizan los siguientes pasos.

#### **4.2.1. Identificar la información que es necesaria transmitir.**

El personal de la Empresa, principalmente de las Áreas de Producción, Calidad, Ingeniería y Ventas, con la finalidad de comunicarse mejor con sus compañeros de trabajo y tener un mejor conocimiento de su trabajo a realizar, y la prioridad de este, debe conocer la siguiente información.

- Planos de la unidad a producir: el personal de Producción y Control de Calidad deben tener conocimiento de los planos de los diversos sub productos y productos que se fabrican en ese momento, y de los materiales necesarios para poder elaborarlos.
- Informes de modificaciones en los planos de la orden a producir: el personal de las Áreas de Producción y Control de Calidad, deben tener conocimiento de cualquier modificación existente en cualquier plano de los sub productos o del producto final, por parte del Área de Ingeniería con la finalidad de evitar problemas a futuro en la producción y el control de calidad de las unidades.
- Fecha establecida de entrega de orden de trabajo con el cliente: el jefe de ventas o uno de sus subordinados debe coordinar con el cliente y el gerente de producción o un jefe de planta el tiempo que llevará realizar la orden de trabajo, en función a los tiempos programados para cada tipo de estructura. Luego, el gerente de producción debe dar a conocer al personal de producción el tiempo en que se debe terminar la orden de trabajo, para que luego coordinen y organicen el orden en que se producirán las órdenes de trabajo.
- Informes de problemas existentes en Áreas de Producción: el personal de las Áreas de Fabricación, Montaje, Pintura y otras áreas, deben informar a los jefes de planta, mediante un reporte, cualquier problema o inconveniente que atrase la producción de la orden de trabajo y explicarlo

detalladamente, para que se solucione a la brevedad posible. En caso no se encuentren los jefes de planta y sea una orden urgente, el personal puede informar el problema al gerente de producción.

#### 4.2.2. Formas de transmitir la información necesaria.

Para transmitir la información descrita en el anterior punto se realizarán las siguientes acciones a continuación.

- **Publicación de planos de órdenes de trabajo en proceso en pizarras de corcho:** publicar en pizarras de corcho ubicadas en puntos estratégicos de la planta, los planos de las unidades de las ordenes de trabajo que están en proceso de producción, con el número de orden y el cliente que solicito esa orden, para que el personal de producción tenga conocimiento de que orden de trabajo están produciendo. En la Figura 20 se muestra la distribución de las pizarras de corcho. Luego, en la Figura 21 se muestra el contenido que debe llevar cada pizarra de corcho.

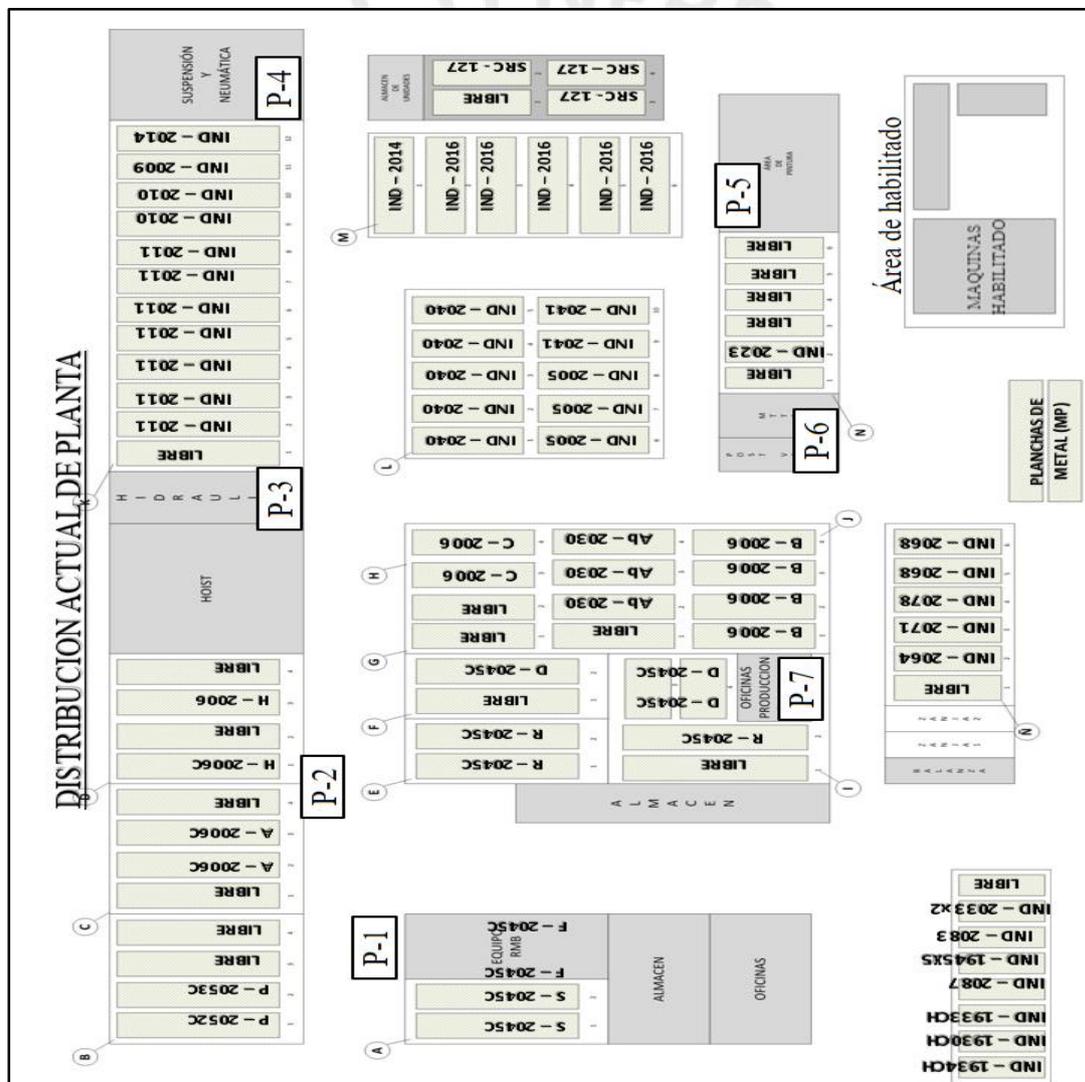


Figura 20. Distribución de pizarras de corcho en la planta

En la Figura 20 se puede observar cuadros con el código P-Número. Estos son las pizarras distribuidas en toda la planta. Son siete pizarras en total en la planta. En estas pizarras se encuentran

los planos principales de cada subproceso de la orden de trabajo que se esté trabajando en ese momento. Las ubicaciones de las pizarras son las siguientes:

- P-1: pizarra con planos de los subprocesos del Área de Fabricación correspondiente a seis contratistas de Fabricación que son Filomeno, Saúl, Pedro y Alonso. La pizarra está ubicada en una pared, por donde el personal de estas áreas suele concurrir.
- P-2: pizarra con planos de los subprocesos del Área de Fabricación correspondiente a cuatro contratistas de Fabricación que son Rene, David y Hernán. La pizarra está ubicada en un poste grueso al frente del único ingreso del Personal del Área de Fabricación, donde los otros cuatro contratistas pueden ver sus planos correspondientes.
- P-3: pizarra con planos de los subprocesos de las Áreas de Hidráulica y Montaje. La pizarra está ubicada en una pared al lado del taller de Hidráulica.
- P-4: pizarra con planos de los subprocesos de montaje de Cobertor e Instalación de accesorios. La pizarra está ubicada en una pared del taller de suspensión.
- P-5: pizarra con planos de los subprocesos del Área de Pintura correspondiente a sus cinco contratistas que son Juan, Silvio, Jorge, Leonardo y Humberto. La pizarra está ubicada en la pared del taller de pintura al lado del acceso a este taller.
- P-6: pizarra con planos de los subprocesos de las Áreas de Habilitado, Suspensión e Instalación Eléctrica. La pizarra está ubicada en la pared al lado del acceso al taller de Instalación eléctrica y al frente del Área de Habilitado.
- P-7: pizarra con planos de los subprocesos de las Áreas de Fabricación y de Pruebas de Funcionamiento. En el caso del Área de Fabricación orientará a los jefes Carlos, Abner y Beto. La pizarra está ubicada en la pared de la oficina de Producción, ya que es muy concurrida por el personal de las áreas mencionadas previamente.

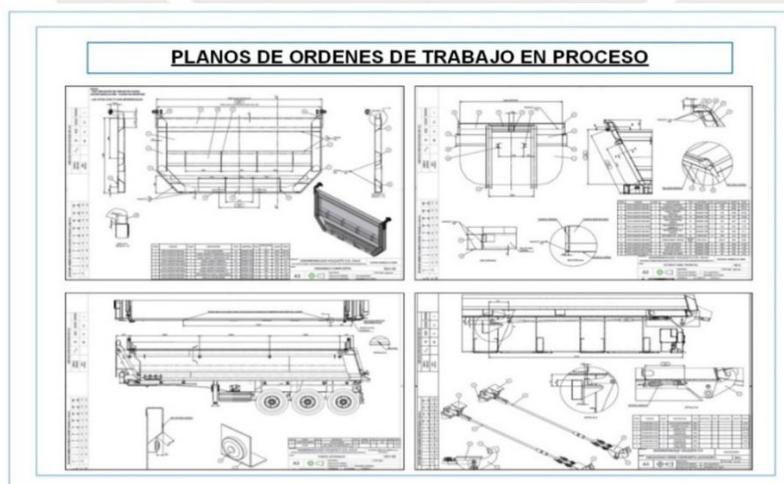


Figura 21. Pizarra de corcho con planos de órdenes de trabajo en proceso

- **Publicación de las modificaciones hechas en planos mediante pantallas LED:** el área de Ingeniería deberá publicar mediante televisores LED de cincuenta y cinco pulgadas, distribuidas



- LED-4: para el Área de Habilitado.
- LED-5: para el área de suspensión.

Para las áreas de pintura y electricidad no será necesario colocar televisores LED, ya que según el gerente de producción y el jefe de ingeniería, la instalación eléctrica es estándar en cada tipo de unidad y para el pintado de las unidades los colores van según lo solicitado por el cliente. En adición, se debe mencionar algunos detalles con respecto a la función de los televisores LED.

- Primero, los televisores LED mostrarán dos tipos de información que son las siguientes: información acerca de modificación de planos de algún subproceso e información del progreso de la empresa y las áreas.
- Segundo, cuando exista una modificación en los planos se hará saber al personal solo el día de la modificación para que tomen los apuntes y las medidas adecuadas con respecto a esta nueva modificación y soliciten el plano modificado. Sin embargo, cuando no exista alguna modificación en los planos, los televisores mostrarán los progresos de las áreas y la Empresa para que todo el personal tenga conocimiento de cuanto mejoró la planta.

Por otro lado, la instalación y conexión de los 5 televisores LED con la computadora ubicada en el Área de Ingeniería será mediante un splitter de una entrada y 8 salidas HDMI. Estas salidas se conectarán con los televisores mediante cable HDMI y mostrarán lo que se visualiza en la computadora. En la computadora se usará el programa Action!, grabador de video de la pantalla del ordenador, para grabar en un video corto los planos modificados de la orden de trabajo y el responsable de la modificación indicará en el video el código de la orden de trabajo, el área de trabajo, el plano modificado y las modificaciones realizadas. El video se podrá visualizar y escuchar en los cinco televisores y se repetirá durante dos horas para que los jefes y contratistas tomen apuntes de las modificaciones y soliciten los nuevos planos. En el caso de que existieran dos o más planos modificados, se visualizará cada plano modificado durante treinta minutos cuatro veces cada uno. El diagrama de flujo de la implementación de los televisores LED se muestra en la Figura 23 y el diagrama de flujo de la instalación de los televisores LED está en el ANEXO N.

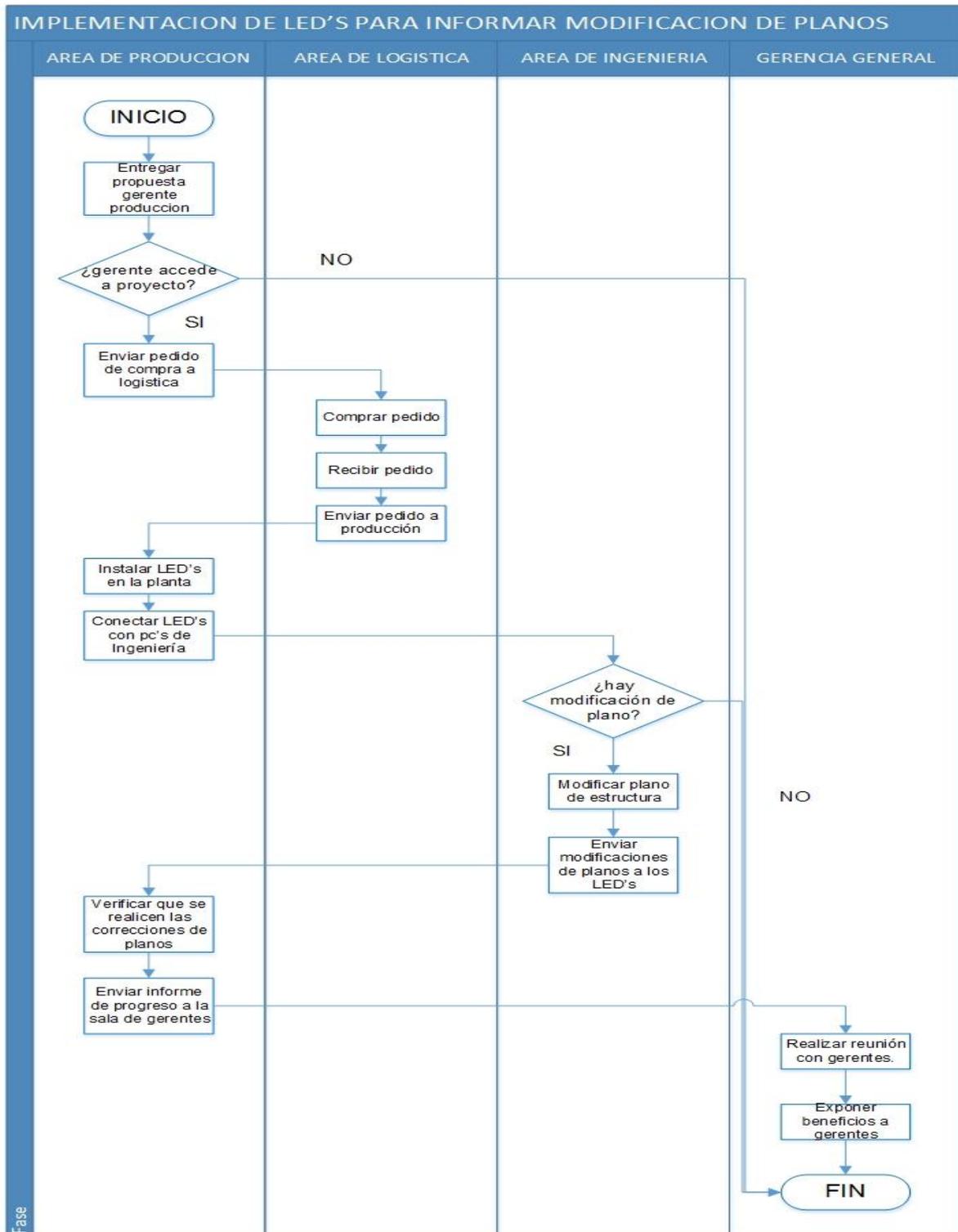


Figura 23. Diagrama de flujo de implementación de LED's

- Reuniones con clientes:** cuando un cliente solicite una orden. El jefe de ventas deberá establecer una fecha para una reunión, presencial o virtual, con el cliente y el gerente de producción para coordinar y pactar la fecha en que la orden de trabajo pueda ser entregada al cliente. Esto con la finalidad de evitar retrasos en la entrega de la orden de trabajo y satisfacer a los clientes con la entrega puntual de sus pedidos. Si por algún inconveniente el gerente de producción no puede

asistir, entonces los jefes de planta deberán ir a la reunión. En la Figura 24 se muestra el diagrama de flujo de programación de reuniones con clientes.

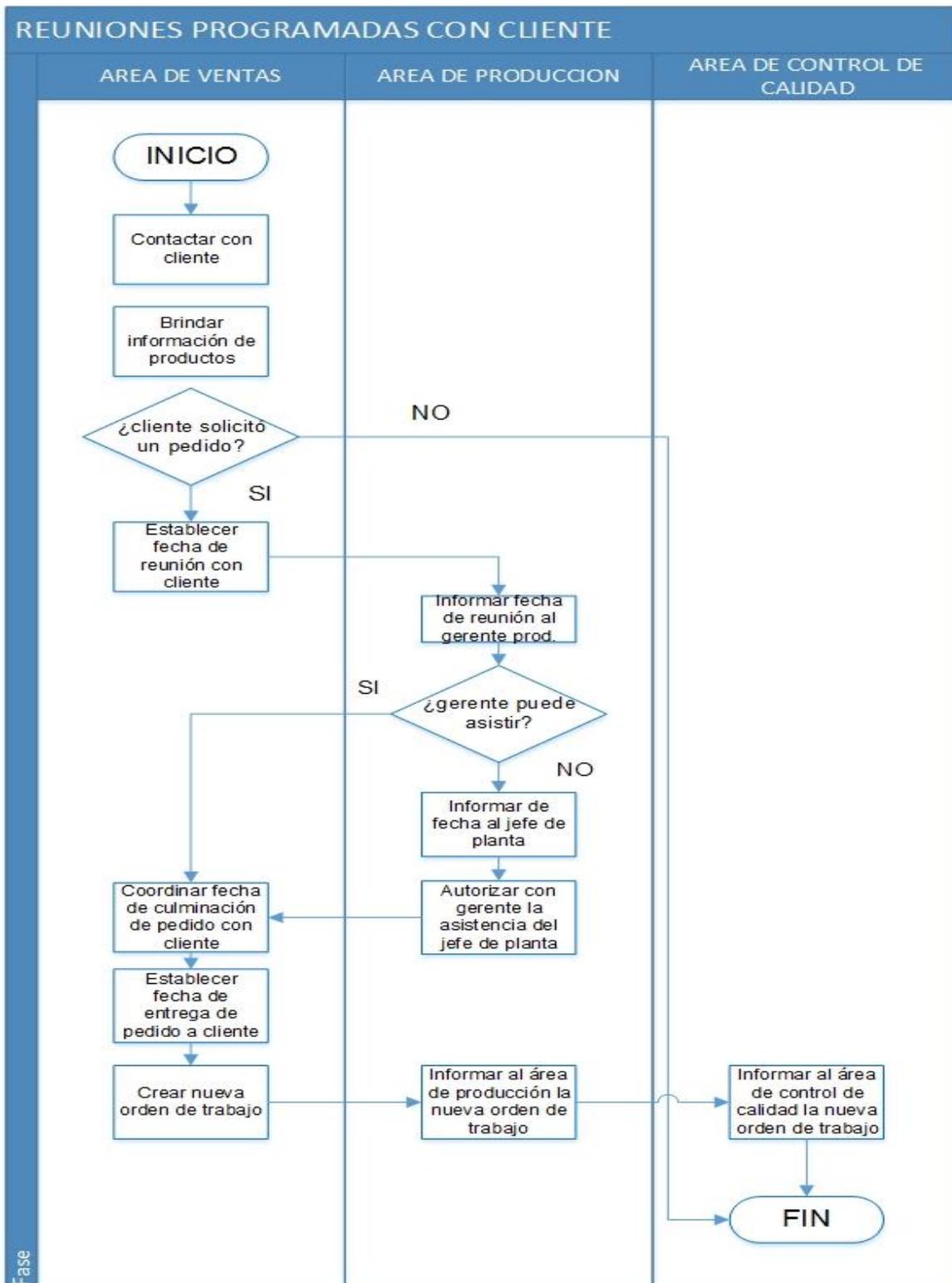


Figura 24. Diagrama de flujo de programación de reuniones con clientes

- **Realizar días de integración del personal:** para mejorar la relación interpersonal entre el personal y los jefes de las diferentes áreas de trabajo, se realizarán días de integración en las cuales podrán relajarse mediante partidos de futbol, eventos deportivos y dinámicas grupales, etc. Sin embargo, estas actividades deberán ser autorizadas por el gerente general, el gerente de producción, el gerente de operaciones y el gerente de recursos humanos. Las actividades que se pueden realizar son las siguientes.

- **Eventos deportivos:** eventos de competencias deportivas entre equipos de cada área de trabajo. Esta actividad se realizará cuatro veces al año con la finalidad de que el personal fortalezca su compañerismo.
- **Dinámicas de trabajo en equipo:** se realizarán juegos y dinámicas grupales para que personas de diferentes áreas de trabajo trabajen en equipo y tengan un mejor conocimiento de sus compañeros. Esta actividad se realizará dos veces al año, a mediados de año y en noviembre. Un ejemplo de estas dinámicas sería la siguiente.

El cliente misterioso: este consiste en que un miembro de cada equipo formado por 6 personas deberá hacerse pasar como un cliente molesto con la Empresa, y el resto del equipo deberá trabajar la inteligencia emocional y ponerse en el pie del cliente. El objetivo final debe ser dar a conocer al cliente y demostrarle que nuestro producto es mejor mediante una prueba del producto, ofreciéndole otro servicio.

- **Almuerzos de integración:** realizar almuerzos grupales para que las personas de todas las áreas de trabajo conozcan mejor a sus compañeros de las otras áreas de trabajo. Se realizará dos veces al año. Esto se puede realizar de la siguiente manera.
  - Primero, que gerentes apoyen la actividad y aprueben la actividad.
  - Segundo, reservar un local.
  - Tercero, citar a todo el público mediante un anuncio por el megáfono y una publicación en las pizarras de corcho.
  - Cuarto, juntar al personal con gente que conozca y gente de otras áreas con la finalidad de que conozca mejor las funciones de sus compañeros.

#### 4.2.3. Seguimiento del desarrollo de la metodología TQM.

Luego de implementar la gestión de la calidad total, se debe realizar un seguimiento para verificar los siguientes puntos.

- Verificar que las reuniones con los clientes se lleven a cabo para que se coordine una fecha razonable para la entrega de las órdenes.
- Verificar que el Área de Ingeniería informe de las modificaciones a las Áreas de Producción y de Control de Calidad mediante el uso de los televisores LED.

- Cerciorarse de que el personal de producción comunique al gerente de producción y a los jefes de planta acerca de cualquier problema o incidente que afecte las ordenes de trabajo.

#### **4.2.4. Retroalimentación.**

Luego de realizar el seguimiento, se debe realizar una retroalimentación con la finalidad de ver si se realizó lo siguiente.

- Una implementación satisfactoria de la gestión de la calidad total (TQM).
- Si hubo una mejora en la comunicación entre todo el personal.
- Si se encontró nuevos problemas relacionados a la comunicación entre el personal para buscar soluciones.
- Si los errores por falta de comunicación disminuyeron o no. Si los errores no disminuyeron, se debe investigar el motivo de porque no disminuyeron.

#### **4.2.5. Impacto de la implementación de la gestión de la calidad total.**

Al implementar la gestión de la calidad total, se podrán reducir o eliminar las causas principales de falta de comunicación que se encontraron en el análisis de Pareto, previamente visto en el capítulo 3 (página 45), de las siguientes formas.

- Primero, todo el personal tendrá conocimiento de las ordenes de trabajo que están fabricando, que tipo de unidad es, quien es el cliente, y cuando se debe terminar.
- Segundo, todo el personal tendrá conocimiento de las modificaciones que se realicen en los planos de subproductos y productos antes de realizar la fabricación de las unidades. Como consecuencia, se evitarán producir unidades defectuosas, retrasos, pérdida de material por confusiones con los planos y conflictos con el Área de Control de Calidad por confusión en las órdenes.
- Tercero, las órdenes de trabajo se concluirán con menos tiempo, ya que el personal será informado de cualquier cambio en los planos y también existirá una mejor comunicación entre ellos.
- Cuarto, una reducción radical de conflictos entre personal debido a una mejor comunicación entre el personal de las diversas áreas.
- Finalmente, el personal de la empresa trabajará con más dedicación debido a que se sentirán identificados con la empresa y sentirán que tienen un compromiso con la empresa al ver los avances que se realizan por cada orden de trabajo.

Estos beneficios serán esenciales para la Empresa, debido al aumento en la cantidad de unidades defectuosas en los últimos meses. En la Tabla 22 se puede visualizar las unidades, solicitadas, terminadas, no terminadas y defectuosas entre el año 2015-2017.

Tabla 22. Unidades solicitadas, terminadas y defectuosas por errores

AÑO	2015											
MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Unidades solicitadas	45	49	35	64	56	76	65	71	75	78	70	93
Unidades solicitadas en total	45	49	35	64	56	76	68	71	75	81	81	100
Unidades terminadas	45	49	35	64	56	73	68	71	72	70	74	96
Unidades no terminadas	0	0	0	0	0	3	0	0	3	11	7	4
Unidades defectuosas	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2
AÑO	2016											
MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Unidades solicitadas	83	92	78	84	75	77	69	78	71	80	74	75
Unidades solicitadas en total	87	98	91	95	88	86	80	83	80	84	80	79
Unidades terminadas	81	85	80	82	79	75	75	74	76	78	76	74
Unidades no terminadas	6	13	11	13	9	11	5	9	4	6	4	5
Unidades defectuosas	4	1	2	0	4	0	0	1	0	2	0	0
AÑO	2017											
MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Unidades solicitadas	75	81	78	80	79	76	79	80	83	81	76	78
Unidades solicitadas en total	80	85	78	83	86	85	79	83	91	82	80	81
Unidades terminadas	76	85	75	76	77	85	76	75	90	78	77	78
Unidades no terminadas	4	0	3	7	9	0	3	8	1	4	3	3
Unidades defectuosas	0	0	1	1	0	3	1	0	0	0	1	2

Fuente: la Empresa 2017: "Meta y unidades planificadas"

La finalidad de implementar esta propuesta es evitar la fabricación de unidades defectuosas y por consiguiente evitar que las unidades se entreguen con retraso y evitar gastos obtenidos por los materiales desechados de la unidad defectuosa como se puede observar en la Tabla 22. En adición, en la Tabla 23 se visualiza el promedio mensual de unidades defectuosas en los últimos tres años, el promedio de los tres promedios obtenidos y la cantidad de unidades defectuosas producidas por año en función a la multiplicación del promedio mensual total por la cantidad de meses en un año, doce meses, obteniendo la cantidad de unidades defectuosas en promedio en un año. Si se implementa la Gestión de la calidad total o TQM se evitaría la producción de estas unidades defectuosas y se obtendría como beneficio el ahorro de costos en materiales y en recursos como las horas-hombre invertidas para arreglar las unidades defectuosas.

Tabla 23 Promedio mensual y anual de unidades defectuosas por año

Promedio mensual de unidades defectuosas	Cantidad (unidades)
Promedio mensual del año 2015	0.50
Promedio mensual del año 2016	1.17
Promedio mensual del año 2017	0.75
<b>Promedio mensual total</b>	<b>0.81</b>
<b>Unidades defectuosas por año</b>	<b>9</b>

### 4.3. Teoría de las restricciones (TOC) y el sistema tambor-amortiguador-cuerda (DBR) en el área de habilitado.

La teoría de restricciones tiene como finalidad identificar las causas principales de problemas como son los siguientes.

- Entrega tardía de los pedidos a los clientes.
- Tiempos de producción muy largos.
- Tiempos pactados con clientes no llegan a concluirse por falta de capacidad.

Y busca la solución sistémica o solución en todo el proceso de producción. El TOC es la metodología que ayuda a identificar cual es la causa principal de los problemas mencionados anteriormente. Con la metodología TOC se puede determinar dónde está la causa principal del problema, el cual limita la capacidad de producción de la Empresa, ya sea un subproceso (cuello de botella) o un insumo (recurso con capacidad restringida o CCR).

A partir de los puntos anteriormente expuestos, surge la necesidad de mejorar la capacidad de la planta con la finalidad de suprimir el cuello de botella y evitar las roturas de stock. Por consiguiente, se evitará el retraso en la entrega de órdenes de pedido a los clientes. Finalmente, para la aplicación de la teoría de restricciones y la implementación del sistema Drum-Buffer-Rope, se realizan las siguientes etapas o pasos.

#### 4.3.1. Identificar las restricciones del sistema.

Se divide en 2 fases. Estas fases son las siguientes.

- 1) **Análisis del sistema actual:** En este punto se busca analizar el estado actual del proceso de producción del sistema productivo de la empresa. El proceso de producción de la Empresa cuenta con 16 subprocesos los cuales pueden ser revisados en el capítulo 2, Subtitulo 2.5.3. Descripción detallada del proceso de producción de un semirremolque volquete (página 25). Según la regla 9 (Capítulo 1, subtitulo 1.3.1 Teoría de restricciones, página 11) la meta primordial de la empresa es percibir la mayor cantidad de beneficios netos y esto se debe priorizar. Una de las formas de apoyar con el cumplimiento de la regla mencionada es aumentando la eficiencia y utilización de los subprocesos de tal manera que se eliminen demoras y gastos innecesarios.

Las operaciones incluidas en los subprocesos son operaciones distribuidas secuencialmente, se podrían llamar lineales. Desde el primer subproceso con el habilitado de planchas hasta el último subproceso que consiste en la evaluación de la unidad terminada por parte de control de calidad.

Dado que la Empresa vende mensualmente en promedio 78.83 unidades según la cantidad de órdenes de pedidos solicitadas cada mes, el último año, 2017. La regla 4 (Capítulo

1, punto 1.3.1 Teoría de restricciones, página 11) enfatiza que no se debe cometer el error de activar la maquinaria si los productos que se procesan no son de utilidad para el cumplimiento de la meta. En otras palabras, evitar la producción de los productos menos vendidos, ya que no benefician a llegar a la meta, ya sean bombonas o compactadoras. Bajo el mismo concepto se debe priorizar la producción de los productos de mayor rotación para minimizar la inmovilización de capital en la Empresa. En otras palabras, se debe priorizar la producción de semirremolques volquetes, ya que es la unidad más demandada de la Empresa.

Esta empresa opera con pronósticos de ventas evaluando cual sería el estimado a producir, que actualmente es producir 100 unidades de semirremolques volquetes mensuales como meta, y al llegar la orden de trabajo recién empiezan a fabricar las unidades, en otras palabras, utilizan la estrategia “PULL” en el cual dan a conocer a sus potenciales clientes el producto, pero sin presionarlos y cuando el cliente realiza el pedido, recién la empresa produce las unidades.

Para el proceso de fabricación de semirremolques volquetes, en función a las reglas 7 y 8 (Capítulo 1, punto 1.3.1 Teoría de restricciones, página 11) en las que se hace referencia al tamaño de los lotes de proceso y transferencia se tiene lo siguiente.

El lote de transferencia es variable, debido a que entre subprocesos los transportes son de las siguientes maneras.

- Primero, para el transporte entre el área de habilitado y el área de fabricación el montacargas realiza tres recorridos de ida y vuelta para transportar las planchas de acero para la fabricación de la viga y la tolva de un semirremolque volquete.
- Segundo, para el transporte entre el área de fabricación y montaje, el montacargas transporta de 1 en 1 las tolvas para colocarlas encima de las vigas.
- Finalmente, en el resto de los subprocesos, como pintado, instalación de suspensión, instalación de accesorios, instalación de sistemas hidráulico y eléctrico, el conjunto de materiales para cada subproceso se transporta de uno en uno para cada unidad. Esto se realiza mediante el uso de cinco transpaletas hidráulica tipo Pato que se encarga de transportar los pallets a cada una de las áreas restantes. Las figuras de la unidad tipo pato y el montacargas que transporta el material se pueden visualizar en el ANEXO O.

Para el caso del lote de proceso. Este lote está en función del pedido del cliente, ya que puede variar según lo que el cliente demande desde 1 unidad hasta 80 o más unidades.

- 2) **Identificar restricción:** Para poder mejorar el rendimiento de la Empresa y acercarse más a la meta, es necesario atacar el punto más débil del proceso ¿Qué impide que la Empresa perciba mayores ingresos netos? Como se mencionó anteriormente existen subprocesos que forman parte del sistema de producción de la Empresa. Estos 16 subprocesos son consecutivos e

independientes. Sin embargo, los subprocesos están distribuidos en áreas de trabajo. Por ejemplo, el subproceso de habilitado se encuentra en el área de habilitado y los subprocesos de pintado base de tolva, pintado base de viga y pintado de acabado de estructura se encuentran en el área de pintado. Esto se muestra en la Tabla 5 (Capítulo 3, Página 32). En función a lo anteriormente mencionado y al problema principal, se identificaron que las causas principales del problema son las siguientes.

- Primero, que el cuello de botella de la producción es el subproceso de habilitado, ya que demora demasiado en habilitar las planchas de acero para la fabricación del semirremolque volquete, lo que indica que es un recurso que no puede satisfacer la demanda exigida y que es el limitante de la capacidad de producción de la Empresa. Esto se puede visualizar en la Tabla 7 (Capítulo 3, Página 34).
- Segundo, la existencia de un recurso con capacidad restringida (CCR) que en este caso son las planchas de acero habilitadas, subproducto, para luego ser apuntaladas y soldadas en el área de fabricación. Esto se debe a que es un recurso que no se programa de una manera adecuada, ya que solo se habilitan las planchas cuando la orden de trabajo empieza a realizarse y por lo tanto no existe un stock de seguridad o un amortiguador para evitar la rotura de stock.

Observando las capacidades de cada operación mencionadas anteriormente, se puede evaluar que la capacidad de producción del Área de Habilitado de las planchas de acero para la fabricación de las tolvas y vigas de los semirremolques volquetes es de 75 unidades mensuales, siendo la limitante de la capacidad de producción de la planta. Adicionalmente, la demanda promedio del último año, 2017, sería de 78.83 unidades mensuales. En el caso de la Empresa, existe una variación de demanda que puede generar 2 situaciones distintas, cada una con un tipo de restricción.

- Situación 1: la demanda mensual es menor a 75 unidades y por lo tanto se convierte en la nueva limitante del sistema.
- Situación 2: la demanda mensual es mayor a 75 unidades y menor a 100 unidades, por lo tanto, existe una nueva limitante o restricción que es originada por el cuello de botella, que en este caso sería el subproceso de habilitado.

#### **4.3.2. Decidir cómo explotar la restricción.**

La teoría de restricciones enfatiza la explotación del subproceso cuello de botella antes de proceder a la elevación de la restricción. Esto quiere decir que es necesario optimizar al máximo la utilización del recurso o subproceso de habilitado antes de realizar algún tipo de inversión para romper con la restricción. Es muy importante ajustar al recurso de manera que se esté aprovechando al máximo.

En función a lo mencionado recientemente, se tienen algunos medios para explotar el subproceso limitante, habilitado, con la finalidad de mejorar su utilización en la producción de planchas de acero habilitadas.

- **Primero:** debido al desorden, desorganización y la falta de limpieza en el área, la utilización del subproceso de habilitado se ve afectada. Las causas que afectan la utilización son las siguientes.
  - La falta de limpieza y el desorden provocan retrasos en el traslado de las planchas de metal del almacén de materia prima a la máquina y de la máquina al área de planchas cortadas. Esto se debe a la presencia de mermas grandes de metal o herramientas de trabajo en el suelo del área de trabajo, la cual obstaculiza el movimiento del montacargas parando el flujo del subproceso.
  - La desorganización en el área provoca pérdidas de tiempo innecesarias debido a que el montacargas antes de finalizar el día coloca las planchas habilitadas en cualquier lugar, ya sea el suelo, el área para colocar planchas habilitadas o inclusive en el almacén de planchas no habilitadas y luego al día siguiente el montacargas pierde tiempo colocando las planchas de acero en el lugar correcto.

Con la finalidad de eliminar las causas que afectan la utilización del Área de Habilitado y mejorar la organización y limpieza del área se recurre a la implementación de la primera propuesta de mejora, metodología 5S (Página 44), la cual evitará pérdidas de horas-máquina y evitará retrasos en el traslado de los materiales y sub-productos, recuperando aproximadamente 03:53 minutos por unidad y en efecto aumentando la utilización del área de habilitado en un 1.14% aproximadamente, ya que se mejorará la distribución de las herramientas y planos para el habilitado de las planchas de acero. Además, se tendrá un área de habilitado más limpia y organizada. El aumento de utilización se puede verificar en la Tabla 19 (página 55) y el aumento de capacidad en la Tabla 21 (página 56).

- **Segundo:** la planta de producción solo cuenta con un montacargas. El montacargas trabaja con tres áreas de trabajo: el área de habilitado, fabricación y montaje. Como consecuencia, la disponibilidad del tiempo del montacargas para el transporte de planchas de acero en el área de habilitado es limitada debido a que también es requerido en las otras áreas de trabajo, reduciendo la utilización del área de habilitado. En otras palabras, hay horas-maquina perdidas en el subproceso de habilitado, ya que el montacargas es utilizado por otras áreas cuando es requerido para el colocado de planchas de acero en las máquinas de habilitado o para el traslado de las planchas habilitadas al Área de Fabricación.

Con la finalidad de solucionar este inconveniente con el montacargas y mejorar la utilización del Área de Habilitado. Se adquirirá un montacargas para el Área de Habilitado. Este montacargas se encargará de transportar las planchas de acero a las máquinas de habilitado

y las planchas habilitadas a un área asignada en el Área de Habilitado para una orden de trabajo en proceso para que después el otro montacargas recoja las planchas habilitadas y las lleve al Área de Fabricación. Por otro lado, el otro montacargas se encargará de recoger las planchas habilitadas del Área de Habilitado, llevarlas al Área de Fabricación y trabajar con las Áreas de Fabricación y Montaje en subprocesos como la fabricación de tolva, donde el montacargas debe sostener las planchas de acero para que los operarios apuntalen y solden las conexiones que hay entre las planchas de acero para formar la tolva. El implementar el montacargas evitará las pérdidas de horas-maquina en el subproceso de habilitado recuperando aproximadamente un promedio de 9.47 minutos por unidad.

Después de utilizar los dos medios para explotar la restricción, el balance de línea de la planta después de la explotación de la restricción nos brinda la siguiente información: la utilización del subproceso cuello de botella aumentará de un 89.57% a un 92.57%, el tiempo estándar prima o real del subproceso de habilitado se reducirá de 305 a 292 minutos obteniendo una cadencia o tiempo de ciclo de 145.84 min/und y aumentando la capacidad de planta de 76.43 a 78.99 unidades/mes. Esto se muestra en la Tabla 24 balance de línea de planta – explotación de restricción.

Tabla 24. Balance de línea de planta - Teoría de restricciones explotación de restricción

Subproceso	TE (min)	n (estaciones o maquinas)	Utilización (%)	Eficiencia (%)	TE' (min)	tiempo de ciclo (min/und)
Habilitado	270	2	92.57%	100%	292	145.84
Armado de viga	120	4	93.71%	100%	128	32.01
Soldado de viga	240	6	92.35%	100%	260	43.31
Ensamble de viga	240	5	92.78%	100%	259	51.74
Pintura base de viga	120	1	93.76%	100%	128	127.98
Fabricación de caja	480	10	92.82%	100%	517	51.71
Fabricación de compuerta	240	5	93.80%	100%	256	51.17
Pintura base caja	180	2	93.73%	100%	192	96.03
Suspensión y ejes	180	3	91.78%	100%	196	65.38
Montaje de estructura	240	3	92.30%	100%	260	86.68
Instalación de autopartes y accesorios	180	3	93.94%	100%	192	63.87
Sistema hidráulico	210	2	92.17%	100%	228	113.93
Montaje de cobertor	180	4	91.85%	100%	196	48.99
Pintura de acabado	240	2	92.71%	100%	259	129.43
Sistema eléctrico	180	2	94.30%	100%	191	95.44
Pruebas de funcionamiento	60	1	94.85%	100%	63	63.26
<b>Tiempo de ciclo Máximo o Cmax</b>						145.84
<b>Capacidad de planta en función a Cmax (Unidades)</b>						78.99

Sin embargo, la capacidad aún es menor a la meta establecida por el Área de Producción, pero es aproximadamente igual a la demanda promedio del último año (2017), 78.83 unidades por mes. En la

Tabla 25 comparación de tiempos en subprocesos implementando montacargas, se puede observar el tiempo recuperado en el subproceso de habilitado luego de adquirir el montacargas y también el aumento en su utilización. Asimismo, con el nuevo tiempo estándar (TE') obtenido en cada subproceso se puede calcular el tiempo requerido en cada área de trabajo para fabricar un semirremolque volquete en función a la multiplicación de los nuevos tiempos estándar y la cantidad de operarios que trabajan en cada subproceso y esto se muestra en la Tabla 26. Después en la Tabla 27 capacidad de producción mensual con montacargas implementado, se puede observar la capacidad de la planta por área de trabajo. En adición, en el ANEXO P está la comparación de tiempos antes y luego de explotar la restricción, implementar la metodología 5S y la adquisición del montacargas.

Tabla 25. Comparación de tiempos en subprocesos implementando montacargas

Subproceso	Tiempo efectivo		Tiempo real implementando propuesta N°3					
	TE (Hrs.)	TE (Min.)	TE' con 5S (Min.)	Minutos ahorrados con Propuesta n°3	TE' (Min.)	TE' (Hrs.)	Utilización (%)	Eficiencia (%)
Habilitado	4.50	270	301	9.78	292	4.86	92.57%	100%
Armado de viga	2.00	120	128	0	128	2.13	93.71%	100%
Soldado de viga	4.00	240	260	0	260	4.33	92.35%	100%
Ensamble de viga	4.00	240	259	0	259	4.31	92.78%	100%

Tabla 26. Tiempos requeridos para fabricar una unidad por área de trabajo - Teoría de restricciones

Área de trabajo	Subproceso	TE' (min)	Cantidad MO por subproceso	Tiempo total requerido (Min.)	Tiempo requerido por área' (Min.)
Habilitado	Habilitado	292	1	292	292
Fabricación de estructuras	Fabricación de caja	517	4	2068	3873
	Fabricación de compuerta	256	2	512	
	Armado de viga	128	2	256	
	Soldado de viga	260	2	520	
	Ensamble de viga	259	2	517	
Sistema de suspensión	Suspensión y ejes	196	4	785	785
Montaje	Montaje de estructura	260	4	1040	1807
	Instalación de autopartes y accesorios	192	4	766	
Sistema hidráulico	Sistema hidráulico	228	2	456	456
Montaje cobertor	Montaje de cobertor	196	2	392	392
Pintura	Pintura base caja	192	3	576	1737
	Pintura base de viga	128	3	384	
	Pintura de acabado	259	3	777	
Sistema Eléctrico	Sistema eléctrico	191	2	382	382
Pruebas de funcionamiento	Pruebas de funcionamiento	63	1	63	63

Tabla 27. Capacidad de producción mensual por áreas con montacargas implementado

Área de trabajo	CAPACIDAD EFECTIVA	CAPACIDAD REAL
-----------------	--------------------	----------------

	Tiempo requerido por área (Hrs.)	TD (Hrs.)	Capacidad de producción	Tiempo requerido por área' (Min.)	Tiempo requerido por área' (Hrs.)	Capacidad de producción	Capacidad de producción neta
Habilitado	4.5	384	85	292	4.86	78.99	78.00
Fabricación de estructuras	60.0	15360	256	3873	64.6	237.93	237.00
Sistema de suspensión	12.0	2304	192	785	13.1	176.21	176.00
Montaje	28.0	4608	164	1807	30.1	153.04	153.00
Sistema hidráulico	7.0	768	109	456	7.6	101.12	101.00
Montaje cobertor	6.0	1536	256	392	6.5	235.14	235.00
Sistema Eléctrico	6.0	768	128	382	6.4	120.70	120.00
Pintura	27.0	2880	106	1737	28.9	99.50	99.00
Pruebas de funcionamiento	1.0	384	384	63	1.1	364.21	364.00

Al finalizar la explotación de la restricción, se procede a realizar el siguiente punto que consiste en subordinar otras tareas a la restricción. En este paso es posible implementar el sistema DBR (Tambor - Amortiguador - Cuerda).

#### 4.3.3. Subordinar las otras tareas a la restricción.

Según la regla 2 (Página 9), esta afirma que la utilización de los recursos No Cuellos de Botella es determinado por la capacidad del recurso Cuello de Botella. Esto quiere decir que la utilización de los No Cuellos de Botella se dará a partir del avance o requerimiento del cuello de botella que en este caso es el subproceso de habilitado. Un mayor trabajo de los recursos No Cuellos de Botella implicaría esfuerzos y gastos innecesarios que no aportarían en nada a la meta de la Empresa. Por lo tanto, la TOC propone el uso del sistema DBR (*Drum-Buffer-Rope*). La cual se explica con mayor detalle en la página 11. El diseño de este sistema surge a partir de las reglas 1 y 6 para cumplir las reglas 2 y 4 (1.3.1. Teoría de restricciones, página 8).

Según krajewski et al. (2013), el sistema DBR está conformado por 3 elementos que son implementados en el sistema de producción con la finalidad de controlar y regular el flujo de producción. A continuación, se presentan los tres elementos del sistema DBR.

**Tambor o Drum:** representa el ritmo dictado por el recurso o subproceso limitante. Este ritmo debe ser respetado por todo el sistema de producción para evitar que el recurso limitante se sobrecargue de trabajo y evitar horas de trabajo ociosas o pérdidas en el resto de subprocesos.

El subproceso limitante de la Empresa es el subproceso de habilitado, único subproceso del Área de Habilitado, debido a que su capacidad de producción mensual explotando la restricción es de 78.99 unidades por mes mientras que el resto de áreas de trabajo tienen capacidades mayores. Para implementar adecuadamente este elemento, se debe realizar los siguientes pasos.

1. Buscar información del recurso limitante: la información que se sabe del Área de Habilitado es la siguiente.
  - La capacidad real de producción del subproceso en función de las horas disponibles de las maquinas es de 78.99 unidades mensuales.
  - En función a la Tabla 05 (Capítulo 3, Página 34), el ritmo de producción es de 2 unidades por cada 4,5 horas-maquina.
  - La orden de trabajo procede a realizarse 10 días después de haberse realizado el primer pago y registrado en la base de datos del área de producción.
  - Mientras el Área de Habilitado habilita las planchas de acero para las órdenes que procederán a fabricarse la siguiente semana. Las otras áreas de trabajo están trabajando otros pedidos pasados.
2. Coordinar ritmo de producción de la planta: el gerente de producción, los jefes de planta y el jefe de habilitado deben reunirse al inicio de cada semana para coordinar la cantidad de unidades que se producirán en función a la capacidad de producción de las máquinas, al tiempo disponible y teniendo en cuenta el stock de seguridad (*buffer*) de planchas habilitadas disponible. Adicionalmente, se recomienda que al inicio de cada semana se haga uso de las planchas habilitadas del stock de seguridad. Esto con la finalidad de evitar que las planchas de acero almacenadas se deterioren por el tiempo transcurrido.
3. Reponer amortiguador o stock de seguridad: debido a que se hace uso del stock de seguridad o el *buffer* al inicio de cada semana, se procederá a reponer las planchas de aceros del stock de seguridad. Sin embargo, si la cantidad de unidades solicitadas supera la demanda mensual; se hará uso de todas las planchas habilitadas con el fin de completar la cantidad demandada y evitar una rotura de stock.

**Cuerda o Rope:** consiste en un flujo de información del recurso, operación o subproceso limitante para informar a todo el sistema de producción acerca de la cantidad de unidades que serán procesadas por el área de habilitado. Esto se realiza con la finalidad de evitar que el subproceso limitante tenga un exceso de trabajo y también para evitar pérdidas de horas de trabajo por falta del subproducto procedente del recurso restringente. Luego de determinar el subproceso limitante que marca el ritmo de toda la planta y de implementar el primer elemento, tambor o *drum*, del sistema DBR, se procederá a informar a las otras áreas de trabajo la cantidad de unidades que se producirán cada semana y al mes. El sistema de comunicación funcionará de la siguiente manera.

1. Luego de coordinar con el gerente, los jefes de planta y el jefe de habilitado la cantidad a producir en la semana y el mes, se llamará a los jefes de cada área de trabajo primero mediante el megáfono y en caso no vengán a la oficina de producción, se les llamará a sus celulares.

2. una vez todos los jefes estén presentes en la oficina de producción, el gerente de producción les informara la cantidad de unidades que se producirán la presente semana y un aproximado de la producción mensual. La reunión debe durar un máximo de 20 minutos.
3. Al finalizar la reunión, a cada jefe de área se le entregará un documento con la cantidad a producir en la semana para que ellos coordinen y distribuyan las unidades a su personal de trabajo.
4. Finalmente, todo el personal debe saber la cantidad de unidades que se producirán cada semana y al mes.

**Amortiguador o Buffer:** Según Krajewski et al. (2013), se debe producir inventarios posteriores para ganar algo de tiempo en caso aparezca un pedido inusual o particular. Según la regla cuatro (1.3.1. Teoría de restricciones, página 9), si estamos en la situación “1” donde la demanda es menor que la capacidad de producción, debemos seguir produciendo planchas habilitadas para semirremolques volquetes para que posteriormente, en los meses en las que la planta se encuentre en la situación “2”, la demanda es mayor que la capacidad de producción de la planta, manejen un inventario “buffer” del que se pueda abastecer la línea de producción en caso exista escasez. De esta manera se maneja un inventario de emergencia o amortiguación para evitar la rotura de stock.

La Empresa es un caso particular, ya que el subproceso limitante es el habilitado, el primer subproceso, y la falta de planchas de acero habilitadas, subproducto obtenido de este subproceso, son lo que provoca la rotura de stock y consecuentemente la reducción de la capacidad de producción y el retraso en la entrega de órdenes a los clientes. Por consiguiente, se implementará un stock amortiguador o de emergencia de planchas habilitadas.

Para determinar el stock amortiguador se asumirá que la fórmula para hallarlo es similar a la fórmula del stock de seguridad y por lo tanto se hará uso de la fórmula del stock de seguridad. El stock de seguridad según Krajewski et al. (2013), se determina usando la formula y datos mostrados en la Figura 25.

$SS = z * \sqrt{\bar{P}\sigma_d^2 + \bar{D}_d^2\sigma_1^2}$	<p><math>\bar{P}</math> = plazo medio de entrega en días (sin dimensión en este caso).</p> <p><math>\sigma_d^2</math> = variación de la demanda por día.</p> <p><math>\bar{D}_d</math> = demanda media por día.</p> <p><math>\sigma_1^2</math> = variación en el plazo de entrega (en este caso sin dimensión).</p>
---	---

Figura 25. Stock de seguridad con variabilidad en los plazos de entrega  
Fuente: Krajewski (2013: Pg. 324)

Adicionalmente, el “Z” es la variable aleatoria normal estándar para el nivel de servicio deseado Alfa “ $\alpha$ ” y “SS” es el Stock de seguridad. Luego, para determinar el stock de amortiguación del sub-

producto, plancha de acero habilitada, causante de la rotura de stock en la Empresa se tiene la siguiente información.

- El factor de seguridad “Z” será de 1.65 con un nivel de seguridad del 95%, ya que la Empresa desea evitar roturas de stock. Pero que paralelamente no aumente demasiado el costo de inventario.
- La demanda media por día se determinará de la cantidad de unidades solicitadas a la Empresa en un año dividido entre 365 días.
- La variación de la demanda por día se determinará también en función de la cantidad de unidades solicitadas a la Empresa en un año.
- El plazo medio de entrega en días según el proveedor del servicio de habilitado de la Empresa, Trametal Perú S.A.C., sería de unos 7 días hábiles.
- Adicionalmente, la variación en el plazo de entrega según la empresa Trametal Perú S.A.C., sería de 2 días hábiles.

En la Tabla 28 se visualizan todos los valores deseados y el stock de seguridad que se requiere para el sub proceso de habilitado.

Tabla 28. Cálculo del stock de amortiguación

Cálculo del stock amortiguador o de seguridad (SS) - año 2015				
Demanda anual	Variación de la demanda por mes	Plazo medio de entrega en días	Variación en el plazo de entrega	Stock de seguridad - SS (unidades)
777	261	7	2	14
Demanda media por día	Variación de la demanda por día	Alfa - $\alpha$ (%)	Factor de seguridad (Z)	
3	9.00	95%	1.65	
Cálculo del stock amortiguador o de seguridad (SS) - año 2016				
Demanda anual	Variación de la demanda por mes	Plazo medio de entrega en días	Variación en el plazo de entrega	Stock de seguridad - SS (unidades)
936	39	7	2	7
Demanda media por día	Variación de la demanda por día	Alfa - $\alpha$ (%)	Factor de seguridad (Z)	
3	2.00	95%	1.65	
Cálculo del stock amortiguador o de seguridad (SS) - año 2017				
Demanda anual	Variación de la demanda por mes	Plazo medio de entrega en días	Variación en el plazo de entrega	Stock de seguridad - SS (unidades)
946	6	7	2	6
Demanda media por día	Variación de la demanda por día	Alfa - $\alpha$ (%)	Factor de seguridad (Z)	
3	1.00	95%	1.65	
<b>Promedio de stock de seguridad (SS)</b>				<b>9</b>

En función a la Tabla 28, se tiene que el stock de seguridad o amortiguador de planchas habilitadas debe ser de 9 unidades. Este stock se usará solo si existe un aumento en la cantidad de unidades solicitadas. Adicionalmente, con la finalidad de evitar que las planchas habilitadas del stock

de amortiguación se oxiden se realizará lo siguiente. Primero, se hará uso de las unidades del stock de amortiguación. Segundo, la última semana de cada mes se habilitarán las planchas de acero que corresponden al stock de seguridad. Finalmente, el jefe del área se encargará de supervisar que se reponga las planchas usadas del stock de amortiguación.

#### **4.3.4. Elevar la restricción.**

Para satisfacer la petición del gerente general y el gerente de producción de aumentar la capacidad de producción de la planta a 100 unidades mensuales, se propusieron las siguientes opciones para aumentar la capacidad del subproceso cuello de botella.

**Opción 1:** la opción 1 consiste en aprovechar al máximo las dos máquinas de habilitado con las que cuenta la Empresa. El motivo es que las maquinas no son aprovechadas al máximo y solo son utilizadas en los siguientes horarios.

- Lunes a viernes: 8:30 am a 5:30 pm.  
De lunes a viernes las maquinas se utilizan solo 8 horas diarias.
- Sábados: 8:15 am a 12:15 pm.  
Los sábados las maquinas se utilizan solo 4 horas diarias.

La opción 1 propone aumentar las horas de trabajo de las maquinas contratando personal que trabaje medio tiempo en la tarde – noche, siendo sus horarios los siguientes.

- Lunes a viernes: 6:00 pm a 10:00 pm.  
De lunes a viernes las maquinas trabajaran 4 horas diarias adicionales.
- Sábados: 1 pm a 5 pm.  
Los sábados las maquinas trabajaran 4 horas diarias adicionales.

El personal requerido serán los siguientes.

- Dos operarios por cada máquina. Un total de 4 operarios por las 2 máquinas.
- Un supervisor que se encargue de observar el trabajo realizado por los operarios para evitar que ellos cometan errores y para que los apoye en caso sea necesario. El supervisor tiene que ser un operario con experiencia en el manejo de la máquina de habilitado.
- Un conductor de montacargas que apoye al área de habilitado con el transporte de las planchas de metal del almacén a la máquina y de la maquina al almacén en ese horario.

Primeramente, solo se contratará personal para el funcionamiento de una máquina de habilitado. En otras palabras, dos operarios de máquina, el supervisor y el conductor del montacargas. El motivo de solo poner en funcionamiento una máquina, es que solo con el funcionamiento de esta máquina ya se logra superar la meta establecida por la Empresa, 100 unidades mensuales, y la demanda promedio mensual. En la Tabla 29 se puede observar el aumento de horas disponibles en el área de habilitado y en la Tabla 30 se visualiza la capacidad de producción con las horas extras trabajadas del segundo turno.

Adicionalmente, se asumió que en cada mes hay 4 semanas y 2 días laborales dando 26 días laborales, incluyendo los sábados.

Tabla 29. Disponibilidad tiempo área habilitado opción 1 – 1 máquina

Área de trabajo	TD inicial	Cantidad máquinas	Hrs. disponibles nuevo turno por mes	Tiempo disponible nuevo turno	Horas disponibles por mes
Habilitado	384	1	104	104	488
<b>Hrs. disponibles nuevo turno por mes = 4 horas/día x 22 días laborables/mes + 4 horas/sábado x 4 sábados/mes</b>					104

Tabla 30. Capacidad de producción opción 1 – 1 máquina

Área de trabajo	CAPACIDAD EFECTIVA			CAPACIDAD REAL			
	Tiempo requerido por área (Hrs.)	TD (Hrs.)	Capacidad de producción	Tiempo requerido por área' (Min.)	Tiempo requerido por área' (Hrs.)	Capacidad de producción	Capacidad de producción neta
Habilitado	4.5	488	108	292	4.9	100.39	100.00
Fabricación de estructuras	60.0	15360	256	3873	64.6	237.93	237.00
Sistema de suspensión	12.0	2304	192	785	13.1	176.21	176.00
Montaje	28.0	4608	164	1807	30.1	153.04	153.00
Sistema hidráulico	7.0	768	109	456	7.6	101.12	101.00
Montaje cobertor	6.0	1536	256	392	6.5	235.14	235.00
Sistema Eléctrico	6.0	768	128	382	6.4	120.70	120.00
Pintura	27.0	2880	106	1737	28.9	99.50	99.00
Pruebas de funcionamiento	1.0	384	384	63	1.1	364.21	364.00

En la Tabla 30 se observa que la capacidad del área de habilitado aumento a 100 unidades mensuales, superando a la demanda mensual e igualando a la meta propuesta por el gerente general y el gerente de producción. Adicionalmente, podemos apreciar la aparición de la nueva limitante, el área de pintura, que tiene una capacidad de producción de 99 unidades. Sin embargo, no existirían problemas para aumentar la capacidad de producción del área de pintura, debido a que solo sería necesario contratar otro contratista de pintura con sus trabajadores. Finalmente, en el caso que se requiriera de una mayor capacidad por un aumento de demanda, se contrataría dos operarios adicionales para el funcionamiento de la segunda máquina de habilitado. Esto aumentaría considerablemente la capacidad de producción del área de habilitado. En el ANEXO Q se observa el aumento de horas disponibles de habilitado y la nueva capacidad del área de habilitado al utilizar las dos máquinas en el segundo turno.

**Opción 2:** la segunda opción es la compra de una tercera máquina de habilitado y contratar 2 operarios para el manejo de la nueva máquina. Esta máquina tendría la misma capacidad de producción que las otras 2 máquinas. En las Tablas 31 y 32 se ven la disponibilidad de tiempo de las máquinas en el área de habilitado y la nueva capacidad del subprocesso limitante.

Tabla 31. Disponibilidad tiempo área habilitado opción 2

Área de trabajo	TD inicial	# máquinas nuevas	Hrs. disponibles nueva máquina por mes	TD nueva maquina	Horas disponibles por mes
Habilitado	384	1	192	192	576
<b>Hrs. disponibles nueva máquina por mes = 8 horas/día x 22 días laborables/mes + 4 horas/sábado x 4 sábados/mes</b>					192

Tabla 32. Capacidad de producción opción 2

Área de trabajo	CAPACIDAD EFECTIVA			CAPACIDAD REAL			
	Tiempo requerido por área (Hrs.)	TD (Hrs.)	Capacidad de producción	Tiempo requerido por área' (Min.)	Tiempo requerido por área' (Hrs.)	Capacidad de producción	Capacidad de producción neta
Habilitado	4.5	576	128	292	4.9	118.49	118.00
Fabricación de estructuras	60.0	15360	256	3873	64.6	237.93	237.00
Sistema de suspensión	12.0	2304	192	785	13.1	176.21	176.00
Montaje	28.0	4608	164	1807	30.1	153.04	153.00
Sistema hidráulico	7.0	768	109	456	7.6	101.12	101.00
Montaje cobertor	6.0	1536	256	392	6.5	235.14	235.00
Sistema Eléctrico	6.0	768	128	382	6.4	120.70	120.00
Pintura	27.0	2880	106	1737	28.9	99.50	99.00
Pruebas de funcionamiento	1.0	384	384	63	1.1	364.21	364.00

En la Tabla 32 se observa que la capacidad del área de habilitado supera excesivamente la demanda promedio y la meta establecida por la Empresa, 100 unidades por mes. Las nuevas áreas limitantes serían las áreas de pintura seguido del área de sistema hidráulico. Sin embargo, existiría horas-maquinas ociosas o perdidas, ya que las unidades solicitadas en promedio el último año, 2017, son 78.83 unidades mensuales y el área de habilitado tiene capacidad para producir 118 unidades/mes.

Finalmente, en función a las propuestas realizadas, la propuesta más rentable y recomendable sería la opción 1, ya que permite ahorrar costos y aumentar la capacidad de producción, evitando horas maquina pérdidas y excesos de stock en el almacén de planchas habilitadas. Por este motivo se seleccionaría la opción 1 como la opción más rentable para la Empresa y solo se implementaría en el caso de que la demanda incremente como lo señalaron el gerente general y el gerente de producción.

#### 4.3.5. Repetir proceso.

Finalmente, luego de implementar la mejora en la planta y eliminar el cuello de botella existente en el área de habilitado de la planta, se procede a reevaluar las capacidades de cada área de trabajo de la planta para identificar la nueva área de trabajo que limita la producción de la planta. En función a la Tabla 30 del paso anterior, se puede observar que el Área de Habilitado ya no es la principal limitante del proceso de producción. La nueva limitante sería el Área e Pintura, seguido del Área de Habilitado

y de Sistema Hidráulico. Sin embargo, la principal limitante sería la demanda de productos, ya que la demanda mensual promedio del último año fue de 78.83 unidades por mes y puede variar debido a que la Empresa trabaja con un sistema de producción PULL. Sin embargo, el gerente general comentó que ya tiene varios proyectos y futuras órdenes de trabajo programadas con organizaciones como la MINEM, Diveimport, SCHINDLER, Consorcio Rumage entre otros. Ese es el motivo por el que el gerente de producción quiere aumentar la capacidad de producción de la planta a 100 unidades como primera meta.

#### **4.3.6. Impacto de la aplicación de la teoría de restricciones e implementación del sistema DBR (Tambor - Amortiguador - Cuerda).**

Luego de aplicar la teoría de restricciones e implementar y desarrollar el sistema DBR, se podrán disminuir las causas principales del retraso en la entrega de órdenes de pedido de la siguiente manera.

- Los retrasos en las entregas de órdenes a los clientes por falta de planchas de acero para la fabricación se reducirán drásticamente, ya que se aumentará la capacidad de producción del área de habilitado, se mejorará la utilización del área de habilitado y se contará con un stock de emergencia (Amortiguador) en caso aparezcan órdenes inusualmente grandes.
- Los retrasos en las otras operaciones debido al subproceso cuello de botella se reducirían a un mínimo, debido a la mejora de la utilización en el área de habilitado, el aumento de capacidad y a la presencia del stock de emergencia (amortiguador). Además, se empleará a 2 operarios para la segunda máquina de habilitado en el segundo turno, en caso aumente drásticamente la demanda de unidades y la velocidad de toda el área de producción trabajará al ritmo del subproceso cuello de botella con la finalidad de evitar saturar este subproceso.

Y como consecuencia traerá los siguientes beneficios a la Empresa.

- ✓ Las órdenes se entregarán en la fecha establecida con el cliente.
- ✓ El cliente se fidelizará con la Empresa y brindará buenas referencias a sus proveedores, colegas o clientes acerca de la Empresa.
- ✓ Se reducirá considerablemente las garantías de reparación, ya que la fabricación de las unidades ya no sufrirá el retraso o demora por parte del área de habilitado o por falta de planchas de acero cortadas.
- ✓ El área de producción logrará cumplir su meta de producir más de 100 unidades mensuales y luego de cumplir esta meta se definirá otra meta.
- ✓ El área de producción aumentará su capacidad de producción de unidades y aumentará los ingresos de la Empresa, ya que podrá abarcar la producción de más órdenes de trabajo.

## Capítulo 5. Evaluación beneficio-costo.

La evaluación del impacto económico de las propuestas de mejora brindadas se realizará mediante el Análisis Beneficio-Costo en función a los Valores Presentes Netos (VPN's) de la inversión, los costos y beneficios obtenidos de cada propuesta de mejora en un periodo de cinco años, desde el 2018 hasta el 2022. En este estudio, la Empresa estaría dispuesta a invertir en la implementación de las mejoras solo si estas mejoras son rentables. Para ello se presenta la siguiente metodología:

1. Identificar la inversión, los costos y beneficios implicados en la implementación y desarrollo de cada propuesta de mejora.
2. Realizar el flujo de caja y determinar los Valores presentes netos de los costos y beneficios de las propuestas de mejora.
3. Calcular y analizar el ratio costo – beneficio.

Asimismo los beneficios obtenidos por cada propuesta de mejora están en función al aumento de la capacidad de producción de la planta debido a mejoras en la utilización de los subprocesos, al ahorro de horas-hombre y el ahorro de materiales. En la Tabla 33 se visualiza el precio de venta de una unidad de semirremolque volquete, el costo total de producir una unidad, el IGV (18%) y la utilidad neta por unidad. Asimismo, la tasa de cambio de Dólar a Sol según la SUNAT (2017) es de 3.249 soles/Dólar. Por lo tanto, la utilidad neta por unidad en soles es de S/.18, 164.

Tabla 33. Detalle monetario de semirremolque volquete

Descripción	Monto	
Precio de venta de unidad (USD)	USD	37,000
IGV (18%) (USD)	USD	5,644
Valor de venta (USD)	USD	31,356
Costo total de fabricar unidad (USD)	USD	25,765
Utilidad neta por unidad (USD)	USD	5,591
Utilidad neta por unidad (soles)	S/.	18,164

### 5.1. Evaluación Económica de la propuesta de mejora n°1 – metodología 5S.

**Inversión de propuesta de mejora:** para implementar la primera propuesta de mejora, metodología 5S, se debe invertir en adquirir los siguientes servicios y herramientas.

- Capacitación de equipo en metodología 5S: para que luego el equipo capacitado, conformado por cinco profesionales, implemente la metodología 5S en todas las áreas de trabajo del Área de Producción. En adición, en el periodo de la aplicación de la propuesta de mejora, cinco años, la capacitación se realizará dos veces, una en el primer año y la otra en el tercer año con el fin de mantener al equipo capacitado, en caso algunos de los profesionales pertenecientes al equipo se retiren y sean reemplazados por otros profesionales.

- Contenedores de basura: con la finalidad de mantener limpio cada área de trabajo. Cada área de trabajo contará con dos contenedores. Por un lado, un contenedor de material reciclable. Mientras, el otro contenedor será de basura y desperdicios.
- Archivadores de cuatro gavetas: donde cada jefe con su grupo de trabajo guardarán archivos como los planos de las órdenes de trabajo en proceso, los documentos de asistencia de personal, documentos de incidentes en las órdenes de trabajo y en la última gaveta se guardarán todos los planos de órdenes pasadas. Esto con la finalidad de mantener ordenado los documentos.

En la Tabla 34 inversión para implementar propuesta n°1, se detalla las herramientas y servicios que se adquirirán. Por un lado, en servicios se tiene la capacitación al equipo en metodología 5S donde se capacitará a un solo equipo, la capacitación se realizara dos veces durante todo el periodo de tiempo del proyecto, el costo unitario de adquirir este servicio y el costo total. Por otro lado, se tiene las herramientas necesarias para implementar la propuesta de mejora, la cantidad de grupos que adquirirán estas herramientas, las unidades necesarias por grupo, el costo unitario, el costo total y la inversión total.

Tabla 34. Inversión para implementar propuesta n°1

Servicios requeridos para propuesta de mejora				
Descripción	Cantidad de equipos	Capacitaciones por equipo	Costo unitario	Costo total
Capacitación de equipo profesional en metodología 5S	1	2	S/. 12,000.00	S/. 24,000.00
Materiales requeridos para propuesta de mejora				
Descripción	Cantidad de grupos	unidades por grupo	Costo unitario	Costo total
Contenedor de basura	25	2	S/. 60.00	S/. 3,000.00
Archivadores de 4 gavetas	25	1	S/. 320.00	S/. 8,000.00
			Inversión total	S/. 35,000.00

**Egresos anuales de propuesta de mejora:** para poder implementar la primera propuesta de mejora, metodología 5S, se deben realizar gastos anuales adquiriendo las siguientes herramientas.

- Herramientas de limpieza: se comprarán herramientas como escobas, recogedores y plumeros para mantener limpia las áreas de trabajo.
- Herramientas para organizar área y mesa de trabajo: se comprarán los contenedores de materiales, los formatos planificadores de acciones, los documentos de comienzo – fin y las tarjetas de colores con la finalidad de organizar los planos, materiales y herramientas usadas en cada área de trabajo.
- Servicio de supervisión de especialista en 5S: se adquirirá el servicio de un especialista en 5S para que supervise que la implementación de la metodología 5S se desarrolle adecuadamente. El especialista visitará la planta dos días al mes, a inicio de mes y en la quincena de cada mes, y realizará una supervisión de 4 horas por día.

En la Tabla 35 egresos anuales para implementar propuesta n°1, se detalla las herramientas que se comprarán, la cantidad de grupos de trabajo que hay en el Área de Producción, la cantidad, en unidades, adquirida de cada herramienta para cada grupo, el costo unitario de las herramientas, el costo total y el costo total anual. Adicionalmente, la planta de producción cuenta con veinticinco jefes de trabajo o contratistas y cada jefe tiene un grupo de trabajadores.

Tabla 35. Egresos anuales para implementar propuesta n°1

Materiales requeridos para propuesta de mejora				
Descripción	Cantidad de grupos	unidades por grupo	Costo unitario	Costo total
Escobas	25	2	S/. 12.00	S/. 600.00
Recogedores	25	2	S/. 10.00	S/. 500.00
Plumeros	25	1	S/. 10.00	S/. 250.00
Cartillas (verde, amarillo y rojo)	25	40	S/. 0.20	S/. 200.00
Formato planificador de acciones	25	100	S/. 0.20	S/. 500.00
Recipientes para materiales	25	20	S/. 8.00	S/. 4,000.00
Documentos inicio - fin	25	100	S/. 0.20	S/. 500.00
Servicios requeridos para propuesta de mejora				
Descripción	Cantidad de personal	Visitas por año	Costo unitario (Por visita)	Costo total
Supervisión especialista en 5S	1	24	S/. 600.00	S/. 14,400.00
Costo anual total				S/. 20,950.00

**Beneficios anuales de propuesta de mejora:** por otro lado, los beneficios obtenidos en la primera propuesta se basan en los siguientes dos conceptos.

- Ahorro en consumo de material: al tener todo organizado y limpio, el personal de las Áreas de Fabricación y Montaje, doce grupos de trabajo, utilizará efectivamente materiales sobrantes existentes en el almacén. Esto permitirá ahorrar costos que se estiman en S/.527 anuales. la Tabla 36 tiene la lista de materiales ahorrados al evitar la recompra de material sobrante.

Tabla 36. Ahorro en materiales al implementar propuesta n°1

Descripción	Cantidad de grupos	Unidades/ grupo	Costo unitario (Unid/Kg)	Costo total	Observaciones
Electrodo de soldadura (kg)	12	2	S/. 8.50	S/. 204	Para fabricación y montaje
Discos de desbaste (Unidad)	12	2	S/. 8.00	S/. 192	Para fabricación y montaje
Lija de metal (Unidad)	12	4	S/. 2.40	S/. 115	Para fabricación y montaje
cinta teflón de 12 metros (Unidad)	2	2	S/. 4.00	S/. 16	Para montaje
Total de material ahorrado				S/. 527	

- Aumento de la capacidad real de producción: debido a la implementación de la metodología 5S, el Área de habilitado estará más organizado y limpio recuperando tiempo de la siguiente manera: primero, se recupera tiempo al tener todos los materiales, accesorios y planos ordenados, ya que anteriormente por el desorden en la mesa de trabajo se perdía tiempo valioso en la búsqueda de estos elementos para seguir operando en la orden de trabajo. Luego, se

recupera tiempo al tener el área de trabajo limpia y organizada y los equipos de trabajo organizados, ya que anteriormente el montacargas se demoraba más en transportar los subproductos y materiales debido a la presencia de desperdicios o la presencia de algunas herramientas o equipos en el área de trabajo que obstaculizaban el camino del montacargas.

El aumento de la utilización (%) en el subproceso cuello de botella va desde un 88.43% a un 89.57% aumentando la capacidad de producción de 75.5 a 76.4 unidades por mes. Asimismo, en la Tabla 37 se visualiza los beneficios anuales obtenidos de implementar la propuesta n°1.

Tabla 37. Beneficios anuales de implementar la propuesta n°1

Concepto	Descripción	Unidades adicionales por mes	Unidades adicionales por año	Ahorro o beneficio	beneficio anual
Implementación de metodología 5S en todas las áreas de trabajo de la planta.	Aumento de utilización en subproceso cuello de botella reduce el TE' de 5.09 horas a 5.02 horas aumentando la capacidad de 75.5 a 76.4 unidades/mes.	1	12	S/. 18,164	S/. 217,973
Ahorro en consumo de material (estimado).	Áreas y mesas de trabajo organizadas y limpias. Uso eficiente de materiales sobrantes evitando gastar en nuevos materiales.	--	1	S/. 527	S/. 527
			Beneficios totales		S/. 218,500

## 5.2. Evaluación Económica de la propuesta de mejora n°2 – Gestión de la calidad total o TQM.

**Inversión de propuesta de mejora:** para implementar la segunda propuesta de mejora, Gestión de la Calidad Total, se debe invertir en adquirir las siguientes herramientas y equipos.

- Televisores LED de 55 pulgadas AOC: para informar oportunamente al personal del área de producción acerca de las modificaciones realizadas en los planos de las órdenes de trabajo.
- Laptop Lenovo IDEAPAD 320: cuenta con tarjeta gráfica AMD Radeon de 2 gigabites para grabar el video con el plano modificado de la orden de trabajo y las indicaciones acerca de la modificación en el plano.
- Racks para televisores: necesarios para colocar los televisores en los puntos estratégicos de la planta detallados en la propuesta de mejora.
- Software Action!: programa que grabará el video filmando la ventana usada, documento con plano modificado, en ese momento por el usuario.
- Rollos de cable eléctrico: necesarios para conectar los televisores LED con la laptop mediante el Splitter de una entrada y ocho salidas.

En la Tabla 38 inversión para implementar propuesta n°2, se detalla las herramientas y equipos que se comprarán, la cantidad a comprar, el costo unitario, el costo total y la inversión total.

Tabla 38. Inversión para implementar propuesta n°2

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Televisores LED AOC 55 pulgadas	5	S/. 1,800	S/. 9,000
Laptop	1	S/. 2,500	S/. 2,500
Racks para televisores LED	5	S/. 250	S/. 1,250
Software Action!	1	S/. 350	S/. 350
Rollos de cable eléctrico	8	S/. 220	S/. 1,760
		Total inversión	S/. 14,860

**Egresos anuales de propuesta de mejora:** para poder implementar adecuadamente la segunda propuesta de mejora, Gestión de la Calidad Total o TQM, existen costos anuales que se deben realizar. Estos son:

- Pizarras de corcho 90x60cm: para informar a todos los operarios de producción las órdenes de trabajo que se están realizando en ese momento.
- Splitter 1 entrada 8 salidas para televisores LED: se adquirirá este dispositivo para conectar los televisores con la laptop en el Área de Ingeniería para que el personal de esta área muestre las modificaciones en los planos al personal de producción.
- Alquiler de cancha de futbol: se alquilará una cancha de futbol una vez al mes por cuatro meses cada año para mejorar la comunicación y relación interpersonal entre todo el personal de trabajo.
- Servicio de dinámicas grupales: se realizará dos veces al año, en marzo y setiembre, se contratará el servicio de profesionales para realizar dinámicas grupales y mejorar la comunicación entre operarios, supervisores, jefes y el gerente de producción.
- Almuerzos de integración de personal: se realizará dos veces al año, en julio y diciembre,
- Mantenimiento de televisores, racks y cables: se realizará al inicio de cada trimestre con la finalidad de conservar los televisores, racks y cables en buen estado.

En la Tabla 39 egresos anuales para implementar propuesta n°2, se detalla los productos y servicios a adquirir, la cantidad que se adquirirá por año, el costo unitario, el costo total y el costo total anual.

Tabla 39. Egresos anuales para implementar propuesta n°2

Materiales requeridos para propuesta de mejora			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Pizarras de corcho 90x60cm	7	S/. 50	S/. 350
Splitter 1 entrada 8 salidas para televisores LEDS	1	S/. 200	S/. 200
Servicios requeridos para propuesta de mejora			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Alquiler cancha de fútbol	4	S/. 650	S/. 2,600
Servicio de dinámicas grupales	2	S/. 1,500	S/. 3,000
Almuerzo de integración de personal	2	S/. 1,900	S/. 3,800
Mantenimiento TV's, racks y cables	4	S/. 250	S/. 1,000
		Costo anual total	S/. 10,950

**Beneficios anuales de propuesta de mejora:** en este caso, el beneficio obtenido por la segunda propuesta de mejora hace referencia al ahorro mensual obtenido por los siguientes conceptos.

- Ahorro de piezas al evitar errores por modificación de planos: según el gerente de producción, al año hay en promedio 9 unidades defectuosas construidas por errores cometidos por la modificación de planos, lo cual trae desperdicio de material, pérdida de dinero por el desperdicio de material y más gastos debido a que se debe reemplazar los materiales perdidos por nuevos materiales que al ser parte de la estructura principal tienen un costo muy elevado. Por ejemplo, el pistón Hidráulico o las tijeras de soporte, que soportan el peso de la tolva y el peso del material cargado. En la Tabla 40 se visualiza las nueve últimas unidades defectuosas, unidades defectuosas del año 2017, y las piezas dañadas debido a la modificación a última hora de los planos. El ahorro obtenido de evitar comprar nuevo material para reemplazar los accesorios y materiales desperdiciados debido a la comunicación oportuna de la modificación de planos se estima en S/.10, 800 anuales. En la Tabla 41 se tiene la lista de piezas ahorradas al evitar los errores en los planos por modificaciones.

Tabla 40. Unidades defectuosas del año 2017

Pieza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Pistón hidráulico (Unidad)		x					x			2
Tijera de soporte (Unidad)						x				1
Pata de apoyo (Unidad)								x	x	2
Porta cono (Unidad)	x		x	x	x			x	x	6
Porta extintor (Unidad)	x		x	x	x			x	x	6

Tabla 41. Ahorro de piezas al evitar errores en planos por modificaciones

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo
Pistón hidráulico (Unidad)	2	S/. 2,000	S/. 4,000
Tijera de soporte (Unidad)	1	S/. 1,800	S/. 1,800
Pata de apoyo (Unidad)	2	S/. 2,200	S/. 4,400
Porta cono (Unidad)	6	S/. 50	S/. 300
Porta extintor (Unidad)	6	S/. 50	S/. 300
Total ahorrado			S/. 10,800

- Ahorro de horas-hombre perdidas al corregir unidades defectuosas: la fabricación de una unidad defectuosa también trae como consecuencia la pérdida de horas-hombre en el sistema productivo, debido a que el personal de trabajo debe retirar la pieza que ha sido mal colocada, pieza que se malogra al retirarla de la unidad, y debe colocar una nueva pieza en el lugar correcto según el plano modificado. La pérdida de horas-hombre por la corrección de las unidades defectuosas provoca sobrecostos, ya que el personal debe reprocesar las unidades defectuosas en las operaciones donde está el error. En la Tabla 42 se tiene el monto pagado a los grupos de trabajo de las Áreas de Montaje, donde se realizan los subprocesos de montaje e instalación de accesorios y autopartes, e Hidráulica, donde se realiza el subproceso de

instalación de sistema hidráulico, por cada unidad, la cantidad de operarios necesarios para el subproceso, la cantidad de horas necesarias para cada operario para realizar el subproceso y se determina el costo de una hora-hombre para cada subproceso. En adición, el pago a los contratistas, jefes de los grupos de trabajo, se realiza por destajo. En otras palabras, se les paga por unidad y no con un sueldo fijo. En la Tabla 43 se muestra el ahorro obtenido al evitar la pérdida de horas-hombre por reprocesar unidades defectuosas, donde se detalla el subproceso, la operación que se debe rehacer, la cantidad de horas-hombre necesarias para retirar la pieza defectuosa y rehacer la operación, las unidades defectuosas donde se debe rehacer la operación mencionada anteriormente, el costo de la hora-hombre para cada subproceso, el costo total y el ahorro total. Finalmente, la Tabla 44 muestra el beneficio anual de implementar la propuesta n°2, Gestión de la calidad total o TQM.

Tabla 42. Pagos a grupos de trabajo por unidad de semirremolque según subproceso

Subproceso	Monto pagado por unidad	Horas / operario	Operarios / subproceso	Horas / subproceso	Costo hora-hombre
Instalación de accesorios y autopartes	S/. 3,000	4	4	16	S/. 188
Montaje	S/. 4,500	4	4	16	S/. 281
Sistema Hidráulico	S/. 2,400	3.5	2	7	S/. 343

Tabla 43. Ahorro al evitar la pérdida de horas-hombre por reprocesar unidades defectuosas

Subproceso	Operación	Horas - hombre por unidad defectuosa	Unidades Defectuosas por operación	costo hora - hombre	costo total
Instalación de sistema hidráulico	Instalación de pistón	5	2	S/. 343	S/./3,429
Montaje	Instalación de tijera de soporte	6	1	S/. 281	S/./1,688
Instalación de accesorios y autopartes	Instalación de pata de apoyo	4	2	S/. 188	S/./1,500
Instalación de accesorios y autopartes	Instalación de porta cono	2	6	S/. 188	S/./2,250
Instalación de accesorios y autopartes	Instalación de porta extintor	2	6	S/. 188	S/./2,250
				Ahorro total	S/. 11,116

Tabla 44. Beneficios anuales de implementar propuesta n°2

Concepto	Descripción	Beneficio anual
Ahorro de piezas al evitar errores por modificación de planos	Se evita el gasto en materiales debido a modificaciones en planos y se evita el desperdicio de material.	S/. 10,800
Ahorro de horas hombre perdidas al corregir unidades defectuosas	En los años 2015 - 2017 hubo en promedio de nueve unidades defectuosas anuales. Se ahorra horas-hombre al evitar la extracción de la pieza defectuosa y la colocación de la nueva pieza.	S/. 11,116
Beneficios totales		S/. 21,916

### 5.3. Evaluación Económica de la propuesta de mejora N°3 – Teoría de restricciones y sistema tambor-amortiguador-cuerda.

**Inversión de propuesta de mejora:** para implementar la tercera propuesta de mejora, teoría de restricciones, se debe invertir en adquirir el siguiente equipo.

- Montacargas con capacidad de cargar tres toneladas: para que trabaje exclusivamente con el Área de Habilitado en el subproceso de habilitado mejorando la utilización del subproceso de habilitado.

En la Tabla 45 Inversión para implementar propuesta n°3, se detalla el equipo que se comprará, la cantidad a comprar, el costo unitario, el costo total y la inversión total.

Tabla 45. Inversión para implementar propuesta n°3

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Montacargas capacidad 3 Toneladas	1	S/. 71,400	S/. 71,400
		Inversión total	S/. 71,400

**Egresos anuales de propuesta de mejora:** para poder implementar adecuadamente la tercera propuesta de mejora, teoría de restricciones, se deben realizar los siguientes gastos anuales.

- Conductor de montacargas 1er turno: Se debe contratar un conductor de montacargas para trabajar con el nuevo montacargas para el Área de Habilitado y apoye a los operarios de las máquinas de habilitado transportando y acomodando las planchas de acero en la máquina.
- Servicio de habilitado de planchas (amortiguador): servicio de habilitar las planchas de acero con la finalidad de tener un stock de emergencia con la finalidad de evitar una rotura de stock cuando la demanda de unidades sea superior a la capacidad de la planta.
- Mantenimiento de montacargas: con la finalidad de evitar averías e incidentes en las horas de trabajo del Área de Habilitado.
- Mantenimiento de máquinas de habilitado: con la finalidad de evitar averías e inconvenientes cuando se realice el proceso de producción.

En la Tabla 46 egresos anuales para implementar propuesta n°3, se detallan los costos anuales realizados, la cantidad o veces que se realizará ese gasto, el costo unitario, el costo total y el costo anual total.

Tabla 46. Egresos anuales para implementar propuesta n°3

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Conductor montacargas - 1er turno	1	S/. 33,600	S/. 33,600
Mantenimiento montacargas 3 Tn	4	S/. 150	S/. 600
Mantenimiento maquinas habilitado	4	S/. 400	S/. 1,600
Lote de planchas cortadas (BUFFER)	9	S/. 1,400	S/. 12,600
		Costo anual total	S/. 48,400

**Beneficios anuales de propuesta de mejora:** al implementar la tercera propuesta de mejora, se obtiene el siguiente beneficio.

- Aumento de la capacidad real de producción debido a la mejora en la utilización de la maquina por implementación de montacargas para Área de Habilitado: la capacidad de producción de la planta aumentará debido a una mejora en la utilización (%) del subproceso restrictor, habilitado, del 89.57% al 92.57%, ya que se implementará un nuevo montacargas exclusivo para el Área de Habilitado. Implementar el montacargas mejorará la capacidad de producción del subproceso cuello de botella reduciendo el tiempo del habilitado de planchas en 9.78 minutos provocando que el tiempo estándar (TE') de habilitado de planchas de acero pase de 5.02 horas a 4.86 horas por unidad. La capacidad del subproceso de Habilitado pasaría de 76.43 a 78.99 unidades por mes aumentando en dos unidades adicionales al mes y 24 unidades por año. El beneficio anual monetario de implementar la tercera propuesta de mejora es de S/.435,945. En la Tabla 47 se muestra el beneficio obtenido de trabajar con la teoría de restricciones.

Tabla 47. Beneficios anuales de implementar la propuesta n°3

Concepto	Descripción	Unidades adicionales por mes	Unidades adicionales por año	Beneficio por unidad	Beneficio anual
Implementación de montacargas para el área de habilitado.	Aumento de la utilización (%) en subproceso cuello de botella reduce el TE' de habilitado de 5.02 a 4.86 horas por unidad. Aumentando la capacidad de producción de 76.4 a 78.9 unidades/mes.	2	24	S/.18,164	S/.435,945

#### 5.4. Análisis beneficio – costo de las propuestas de mejora.

Una vez determinados las inversiones, costos anuales y beneficios obtenidos de las tres propuestas de mejora, se procede a evaluar si estas propuestas son económicamente factibles. Para medir la viabilidad económica de las propuestas de mejora se plantea utilizar el VPN o valor presente neto debido a que es un método financiero que contempla el valor del dinero en el tiempo y el ratio beneficio-costo. Sin embargo, para utilizar el VPN es necesario conocer el COK (costo de oportunidad de capital). Ya que el alcance del presente estudio no es demostrar el método para calcularlo, se asumirá la formula usada para hallar el  $COK = R_f + (\text{Beta} * (R_m - R_f))$ . En la Tabla 48 se tiene los datos necesarios para calcular el COK. En la Tabla 49 se tiene la inversión total, los egresos anuales y los beneficios anuales por cada propuesta de mejora, el COK, el factor de descuento y el ratio beneficio-costo. En adición, a las inversiones de cada propuesta de mejora se les añadió los egresos anuales de cada propuesta correspondiente al primer año, 2018, ya que es el año en que se comenzará a implementar las propuestas de mejora y se busca que la implementación sea sólida, organizada y que sea supervisada frecuentemente para que en los siguientes años se puedan ver los resultados de implementarlas.

Tabla 48. Datos para determinar el COK

Conceptos para determinar el COK	Valor	Fuente
Tasa libre de riesgo	2.25	Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2018)
Beta de empresa	1.21	Stern of New York University (Damodaran, 2018)
Retorno de mercado	8.51	Bolsa de Valores de Lima (BVL, 2018)
COK ajustado a Perú	9.81%	

Tabla 49. Análisis beneficio-costo de las propuestas de mejora

DESCRIPCIÓN	AÑO				
	2018	2019	2020	2021	2022
<b>INVERSIÓN</b>					
Propuesta n°1: 5 S's	S/. 55,950				
Propuesta n°2: Administración de la calidad total	S/. 25,810				
Propuesta n°3: TOC	S/. 121,200				
Total inversión	S/. 202,960				
<b>EGRESOS ANUALES</b>					
Propuesta n°1: 5 S's		S/. 20,950	S/. 20,950	S/. 20,950	S/. 20,950
Propuesta n°2: Administración de la calidad total		S/. 10,950	S/. 10,950	S/. 10,950	S/. 10,950
Propuesta n°3: TOC		S/. 48,400	S/. 48,400	S/. 48,400	S/. 48,400
Total egresos		S/. 80,300	S/. 80,300	S/. 80,300	S/. 80,300
<b>BENEFICIOS ANUALES</b>					
Propuesta n°1: 5 S's		S/. 218,500	S/. 218,500	S/. 218,500	S/. 218,500
Propuesta n°2: Administración de la calidad total		S/. 21,916	S/. 21,916	S/. 21,916	S/. 21,916
Propuesta n°3: TOC		S/. 435,945	S/. 435,945	S/. 435,945	S/. 435,945
Total beneficios		S/. 676,361	S/. 676,361	S/. 676,361	S/. 676,361
Flujo de caja (S/.)	S/. -202,960	S/. 596,061	S/. 596,061	S/. 596,061	S/. 596,061
Flujo de caja acumulado (S/.)	S/. -202,960	S/. 393,101	S/. 989,162	S/. 1,585,224	S/. 2,181,285
<b>COK</b>	9.81%				
<b>Factor de descuento</b>	1	0.9107	0.8293	0.7552	0.6878
<b>VPN Costos</b>	S/. -202,960	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
<b>VPN Beneficios</b>	S/. 0	S/. 542,811	S/. 494,319	S/. 450,158	S/. 409,943
<b>VPN total</b>	S/. 1,694,271				
<b>Ratio Beneficio/Costo</b>	<b>9.348</b>				

Según los resultados obtenidos en la Tabla 49, la inversión realizada para implementar las tres propuestas de mejora se recuperaría en el segundo año de la implementación de estas. Asimismo, el ratio beneficio/costo obtenido es 9.348, siendo mayor a 1. Esto indica que la implementación de las propuestas de mejora es económicamente factible, ya que por cada sol invertido, se obtiene como beneficio 9.348 soles. Por lo tanto a la Empresa le conviene implementar las propuestas de mejora.

## Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1. Conclusiones.

- Se concluye que del uso de herramientas de diagnóstico y análisis, como el diagrama de causa-efecto y análisis de Pareto, permitieron diagnosticar el problema principal que afecta a la Empresa y sus causas principales; como el desorden y falta de limpieza en las áreas de trabajo, la utilización no óptima de las máquinas de habilitado y la falta de un stock de seguridad de planchas habilitadas que son el subproducto obtenido del subproceso cuello de botella, habilitado, de todo el sistema de producción; las cuales limitan la capacidad de producción de la Empresa a 75.46 unidades/mes con una utilización del 88.43% del subproceso de habilitado.
- De la Empresa, se puede concluir que cuenta con un control de inventarios de materia prima y accesorios no optimizado. Además, de no contar con un stock de seguridad de subproductos, planchas habilitadas, en el subproceso que marca el ritmo de producción del sistema productivo provocando como consecuencia una rotura de stock.
- Se concluye que al implementar la primera propuesta de mejora, metodología 5S, el área de producción estaría mejor organizada y limpia. Por consiguiente, se evitaría la pérdida de material o planos y se ahorraría egresos en recompra de materiales y en horas-hombre perdidas. Esto mejoraría la utilización de todas las áreas de trabajo, incluyendo el área crítica o cuello de botella, aumentando la capacidad de producción de la Empresa de 75.46 a 76.43 unidades/mes.
- La implementación satisfactoria del programa de comunicación usando la gestión de la calidad total (TQM) no solo trae beneficios al evitar la producción de unidades defectuosas, sino que también logra mejorar la comunicación y relación laboral entre los trabajadores de distintas áreas de trabajo como son las áreas de producción, ingeniería y ventas; tener un mejor control de la modificación de planos y contar con clientes satisfechos con la Empresa al establecer una fecha de entrega de pedido más realista.
- Con la implementación de las propuestas de mejora, se espera maximizar la utilización del subproceso de habilitado, cuello de botella, y minimizar la cantidad de unidades defectuosas, con la finalidad de optimizar la capacidad de producción de la Empresa pasando de 75.46 a 78.99 unidades/mes obteniendo como resultado un valor presente neto de S/. 1, 694,271 y un ratio beneficio costo mayor a 1, el valor de 9.348, lo cual indica que el proyecto es viable económicamente.
- Se concluye que si bien la Empresa tiene la posibilidad de incrementar su capacidad de producción. Existen otros factores externos que pueden afectar a la empresa metalmecánica como un cambio en la economía del país, la aparición de desastres naturales o pandemias o una disminución en la demanda de metales por parte de países como China, Japón y Estados Unidos a Perú, afectando directamente al sector minero y afectando indirectamente a la Empresa, ya que las empresas mineras son clientes habituales de la Empresa.

## 6.2. Recomendaciones.

- ✓ Para poder ejecutar adecuadamente la tercera propuesta de mejora, teoría de restricciones, se requiere que el Área de Habilitado cuente con un área organizada y limpia. Para ello, se necesita que se implemente la metodología 5S. De esta manera, al realizar las etapas de la teoría de restricciones como la explotación de la restricción, se podrá maximizar el uso de las máquinas de habilitado y del montacargas y así evitar contratiempos por la pérdida de planos y/o herramientas o por la presencia de desechos metálicos o herramientas en el área.
- ✓ Se recomienda a la Empresa realizar un plan estratégico de marketing, ya que la Empresa trabaja con un sistema de ventas PULL y la cantidad de unidades producidas por el Área de Producción depende de la cantidad de unidades vendidas por el Área de Ventas.
- ✓ Se recomienda a la Empresa realizar un programa de capacitaciones con la finalidad de crear una cultura de mejora continua en todos sus trabajadores.
- ✓ Se recomienda a la Empresa usar las herramientas de diagnóstico y análisis usados en el capítulo 3 del presente trabajo para las otras áreas de la Empresa, de tal manera que se puedan identificar los problemas y sus causas para finalmente determinar que mejoras se podrían implementar.
- ✓ La teoría de restricciones (TOC) permitió establecer que era suficiente con aplicar la etapa 3, subordinar las otras tareas a la restricción, de las cinco etapas, ya que al optimizar la capacidad de producción del subproceso de habilitado, cuello de botella del área de producción, termina igualando a la demanda promedio mensual de unidades del año 2017. Sin embargo, es necesario aclarar que si en el año 2020 hubiera un incremento en la demanda de unidades, será necesario aumentar un turno de trabajo al Área de Habilitado, ya que cuenta con el subproceso que marca el ritmo de producción de la Empresa.
- ✓ Se recomienda que los supervisores y jefes pregunten a los operarios que fabrican las unidades de las órdenes de trabajo, si existe algún recurso que cause incidentes o problemas a la hora de apuntalar, ensamblar, cortar, pintar etc.

## BIBLIOGRAFIA

- Alexander, A. (2002), *Mejora Continua y Acción Correctiva*, Prentice Hall, México D.F.
- Cerrón, J.L. (2006), *Sistema de Gestión de la Calidad Basado en Procesos*, Fondo Editorial de la CMPSA, Trujillo.
- Domínguez Machuca, J. A.; García Gonzáles, S.; Domínguez Machuca, M. A.; Ruiz Jimenez, A.; Alvarez Gil, M. J. (1995), *Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Mc Graw Hill, Madrid.
- Dorbessan, J. R. (2006), *Las 5S, herramientas de cambio*. Editorial Universitaria de la UTN, Argentina.
- El Peruano. (2018). Aporte de la minería al Producto Bruto Interno. Consulta: 11 de Febrero de 2019. Recuperado de <<https://elperuano.pe/noticia-aporte-de-mineria-al-pbi-65726.aspx>>
- Galloway, D. (1998), *Mejora continua de procesos: cómo rediseñar los procesos con diagramas de flujo y análisis de tareas*, Gestión 2000, Barcelona.
- Goldratt, E. M. y Cox, J. (2007), *La meta: un proceso de mejora continua*. Tercera edición. Granica, Buenos Aires.
- Krajewski, Lee; Ritzman, L.; Malhotra, M.; Gonzalez, M.(2013), *Administración de operaciones: proceso y cadena de suministro*. Décima edición. PEARSON, México D.F.
- Kume, H. (1992), *Herramientas Estadísticas básicas para el mejoramiento de la Calidad*. Norma S.A., Bogotá.
- Niebel, B. y Freivalds, A. (2009), *Ingeniería industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo*. Duodécima edición. McGraw-Hill Interamericana, México.
- Narasimhan, S. L., McLeavey, D. W. y Billington, P. (1996), *Planeación de la producción y control de inventarios*, Prentice-Hall Hispanoamericana, México.
- Osborn, A. F. (1953), *Applied Imagination: principles and procedures of creative thinking*. Scribner, New York.

## ANEXOS

### Anexo A: Clientes que realizaron órdenes de compra.

Tabla A1. Listado de órdenes de trabajo de clientes

LISTADO DE ORDENES DE TRABAJO - PRODUCCION PLANTA						
TIPO	No	FECHA OTP	CLIENTE	QTY	TIP PROD	DESCRIPCIÓN
<b>TOLVAS</b>						
IND	1954	15/06/15	STRACON GYM S.A.	20	TV	*VOLQUETE SEMIRROQUERO HALF ROUND DE 20 M3 , CON COMPUERTA BASCULANTE EN ACERO AR - MODELO STRACON GYM
IND	2044	27/11/15	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANUCO	2	TV	VOLQUETE SEMIRROQUERO RECTANGULAR LIVIANO DE 15 M3 , EN ACERO A-36
IND	2045	10/12/15	Johe S.A.	10	TV	*VOLQUETE SEMIRROQUERO HALF ROUND DE 20 M3 , EN ACERO AR
IND	2052	15/12/15	CONTRATISTAS GENERALES NUEVO MILENIUM SAC	1	TV	*VOLQUETE SEMIRROQUERO RECTANGULAR DE 15 M3 , EN ACERO AR
IND	2053	15/12/15	Diveimport S.A.	1	TV	*VOLQUETE MINERO RECTANGULAR DE 13.7 M3 , EN ACERO AR
IND	2054	21/12/15	CONSORCIO RUMAGE S.A.	1	TV	*VOLQUETE SEMIRROQUERO HALF ROUND DE 17 M3 , EN ACERO AR
IND	2057	23/12/15	INVERSIONES MEDINA CONSTRUCTORA Y CONSULTORA S.A.C.	1	TV	*VOLQUETE SEMIRROQUERO RECTANGULAR DE 15 M3 , EN ACERO AR
<b>SUPER ESTRUCTURA</b>						
IND	2008	30/09/15	OBRASCON HUARTE LAIN S.A.SUC.DEL PERU	3	SE	CISTERNA PARA AGUA DE REGADIO DE 5000 GLN EN ACERO A-36 CON SISTEMA HIDRAULICO
IND	2007	30/09/15	OBRASCON HUARTE LAIN S.A.SUC.DEL PERU	3	SE	CISTERNA PARA AGUA DE REGADIO DE 8000 GLN EN A-36 CON SISTEMA HIDRAULICO
IND	2015	02/10/15	COMPANIA MINERA ANTAMINA S.A	2	SE	BARANDA REBATIBLE, DESMONTABLE DE 13.0 TN EN A-36 PISO DE PLANCHA ESTRIADO
IND	2017	12/10/15	MOTORED SOCIEDAD ANONIMA - MOTORED S.A.	1	SE	CISTERNA PARA AGUA DE REGADIO DE 5000 GLN EN ACERO A-36 CON SISTEMA HIDRAULICO
IND	2021	13/10/15	SIGMA EQUIPMENT DEL PERU S.A.C.	1	SE	CISTERNA PARA AGUA DE REGADIO DE 2700 GLN EN A-36 CON MOTOBOMBA
IND	2026	26/10/15	ELECTRICAS DE MEDELLIN PERU S.A	1	SE	CISTERNA AGUA DE REGADIO DE 2200.0 UNI EN A-36 DESCARGA POSTERIOR POR GRAVEDAD
IND	2067	28/01/16	HRIMA GROUP PERU S.A.C.	1	SE	CISTERNA COMBUSTIBLE DE 4300.0 GLN EN A-36 BOTTOM LOADING - EQUIPO DE DESPACHO DUAL CON PISTOLA AUTOMATICA WIGGINS
IND	2073	08/02/16	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANUCO	1	SE	COMPACTADOR DE RESIDUOS SOLIDOS DE 15 M3 EN A-36 MODELO DELTA
<b>SEMIREMOLQUES</b>						
IND	2005	29/09/15	TECNICARGAS S.A.C.	3	SR	SEMIREMOLQUE VOLQUETE HALF ROUND DE 22 M3, EN ACERO HARDOX 450 Y DOMEX 700 DE 3 EJES CON SUSPENSION NEUMATICA Y COBERTOR APERTURA LATERAL.
IND	1996	29/09/15	TRANSPORTES IBEROAMERICANO S.R.L.	16	SR	SEMIREMOLQUE VOLQUETE HALF ROUND DE 22 M3, EN ACERO HARDOX 450 Y DOMEX 700 DE 3 EJES CON SUSPENSION
IND	2006	18/12/15	COMUNIDAD CAMPESINA UCHUCARCCO	10	SR	SEMIREMOLQUE VOLQUETE HALF ROUND DE 22 M3, EN ACERO HARDOX 450 Y DOMEX 700 DE 3 EJES CON SUSPENSION NEUMATICA CON 02 EJES RETRACTIL CON COBERTOR LATERAL
IND	2023	13/11/15	SCHINDLER S.A.C.	1	SR	SEMIREMOLQUE VOLQUETE HALF ROUND DE 22 M3, EN ACERO HARDOX 450 Y DOMEX 700 DE 3 EJES CON SUSPENSION NEUMATICA Y COBERTOR
IND	2030	24/11/15	TECNICARGAS S.A.C.	3	SR	SEMIREMOLQUE VOLQUETE HALF ROUND DE 22 M3, EN ACERO HARDOX 450 Y DOMEX 700 DE 3 EJES CON SUSPENSION NEUMATICA Y COBERTOR APERTURA LATERAL.
IND	2033	11/11/15	SERVICIOS Y TRANSPORTES GENERALES MALTA S.R.L	2	SR	SEMIREMOLQUE VOLQUETE HALF ROUND DE 22 M3, EN ACERO HARDOX 450 Y DOMEX 700 DE 3 EJES CON SUSPENSION
IND	2041	20/11/15	SERVICENTRO PASAMAYO SAC	2	SR	SEMIREMOLQUE VOLQUETE HALF ROUND DE 22 M3, EN ACERO HARDOX 450 Y DOMEX 700 DE 3 EJES CON SUSPENSION NEUMATICA Y COBERTOR APERTURA LATERAL.
IND	2055	23/12/15	GAS & ELECTRICIDAD S.A.	1	SR	SEMIREMOLQUE BOMBONA PARA CEMENTO DE 30.0 M3 EN A-36 CON 03 CONOS DE DESCARGA DE 2 EJES SEPARADOS CON SUSPENSION NEUMATICA
IND	2056	23/12/15	MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO	5	SR	SEMIREMOLQUE CAMABAJA DE 04 EJES CUELLO TIPO GANSO FIJO EN ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36
IND	2061	30/12/15	CORPORACION GEMZAR E.I.R.L.	1	SR	REMOLQUE VOLQUETE CONSTRUCTOR RECTANGULAR DE 17M3 EN HARDOX AR450 DE 3 EJES CON SUSPENSION MECANICA

Fuente: la Empresa 2016: "Listado de órdenes de trabajo"

Anexo B: Planos de fabricación de viga.

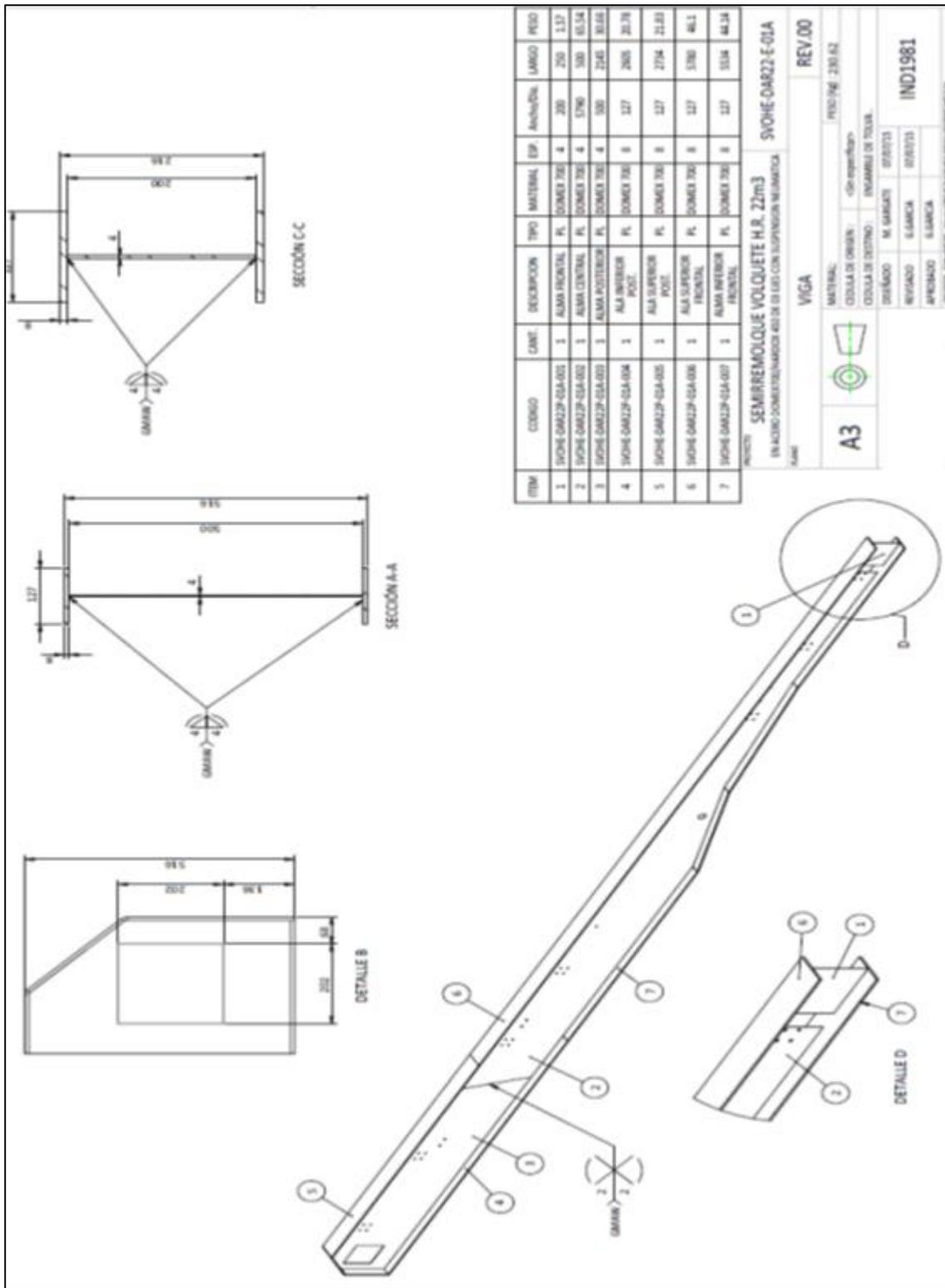


Figura B1: Plano de viga para armado y soldado  
 Fuente: la Empresa 2016: “IND-1981 Fabricación de viga”

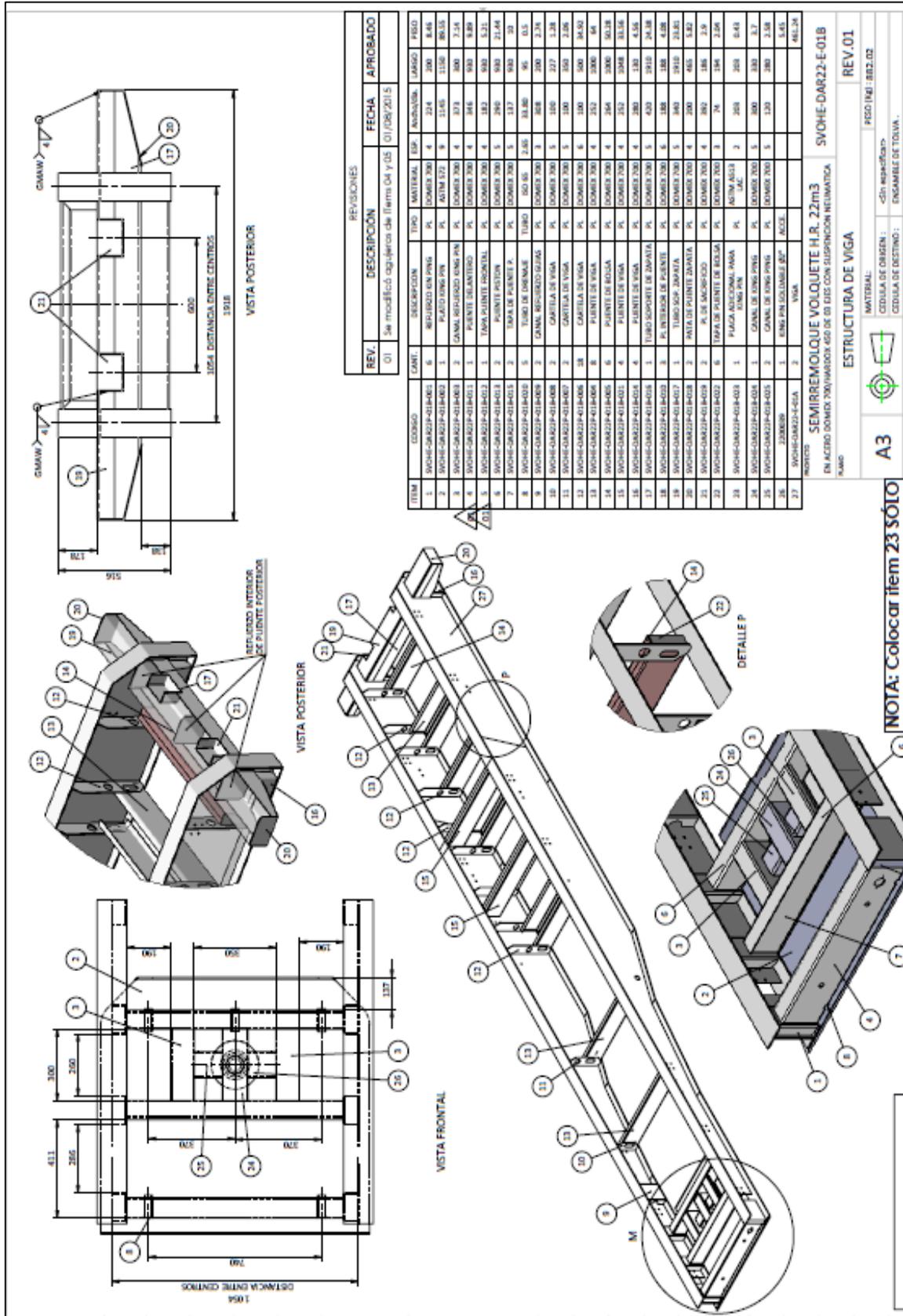


Figura B2. Plano de ensamble de viga  
 Fuente: la Empresa 2016: “IND-2005 Ensamble de viga”



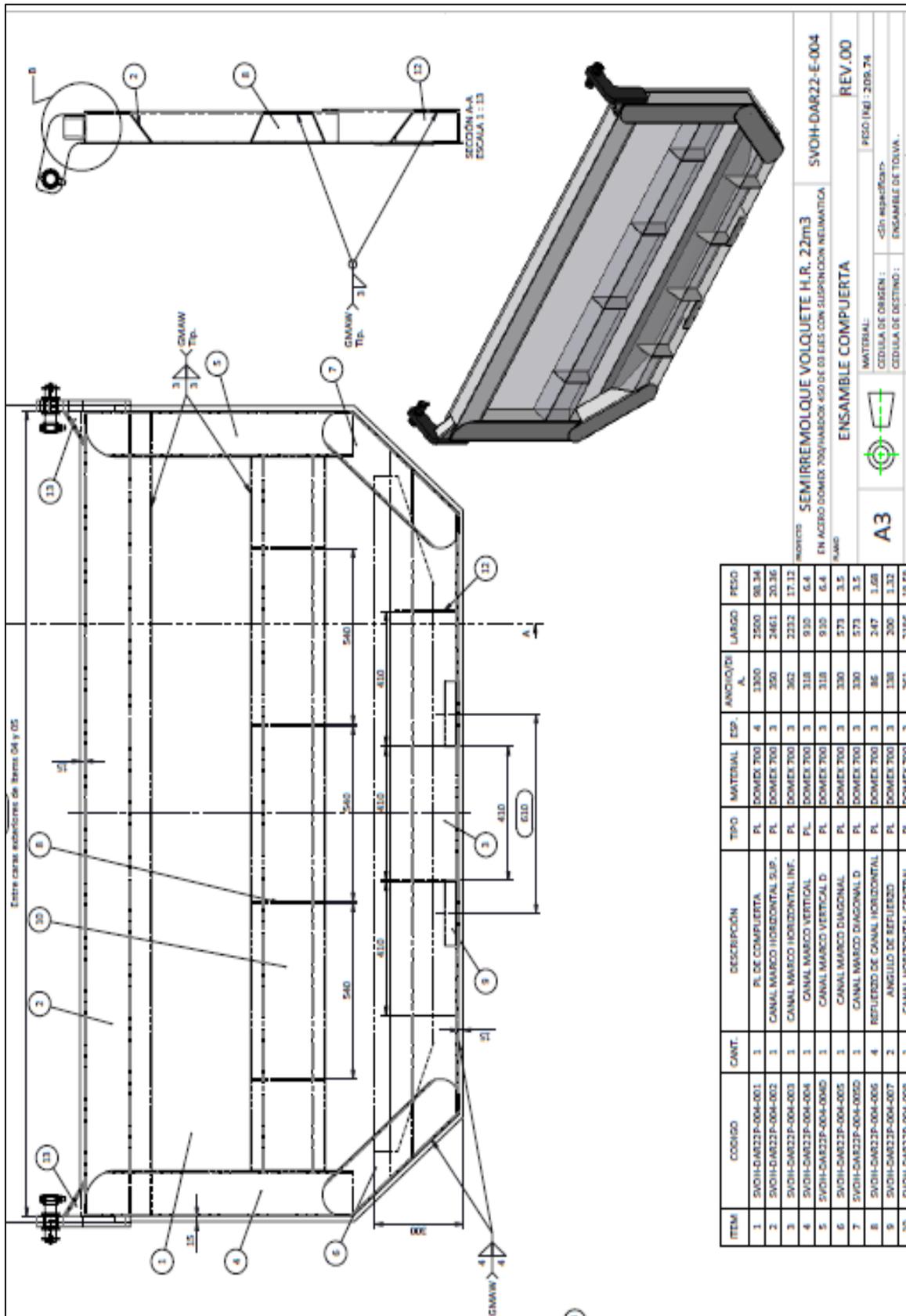


Figura C2. Plano de estructura de compuerta de tolva  
Fuente: la Empresa 2016: “IND-2005 ensamble de compuerta”

### Anexo D: Planos de tipos de suspensión.

La Empresa cuenta con dos tipos de suspensión para la fabricación de sus unidades, según la elección del cliente en su orden de pedido. Los tipos de suspensión son las siguientes.

- Suspensión neumática.

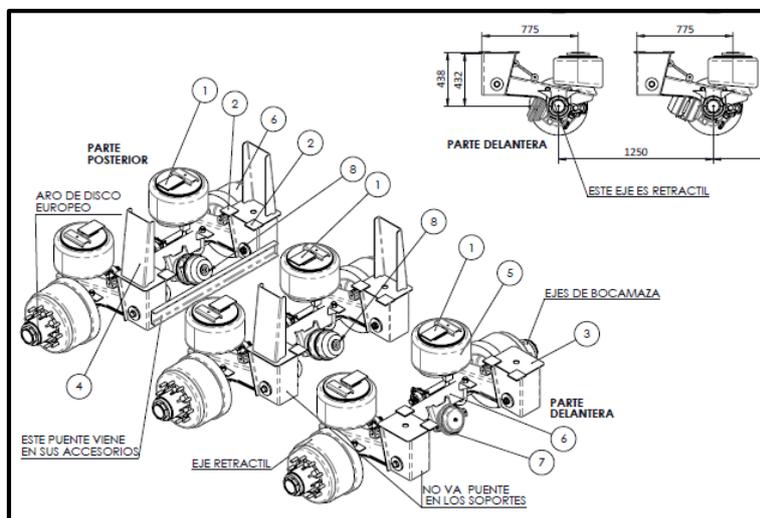


Figura D1. Sistema neumático

Fuente: la Empresa 2016: "IND-2005 Suspensión neumática"

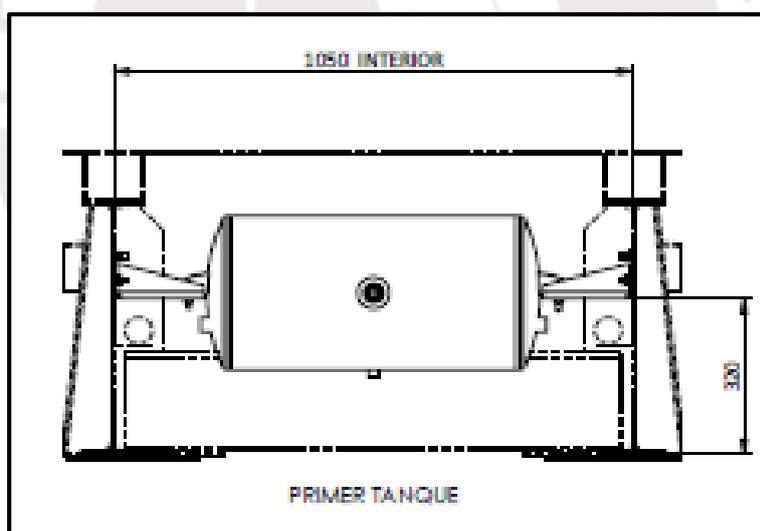


Figura D2. Tanque de aire

Fuente: la Empresa 2016: "IND-2005 Suspensión neumática"

- Suspensión mecánica.

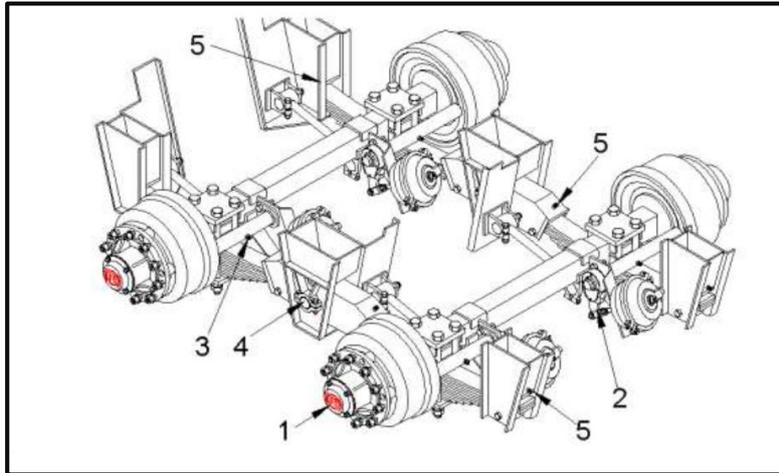


Figura D3. Suspensión mecánica

Fuente: la Empresa 2016: "IND-2001 Suspensión mecánica"

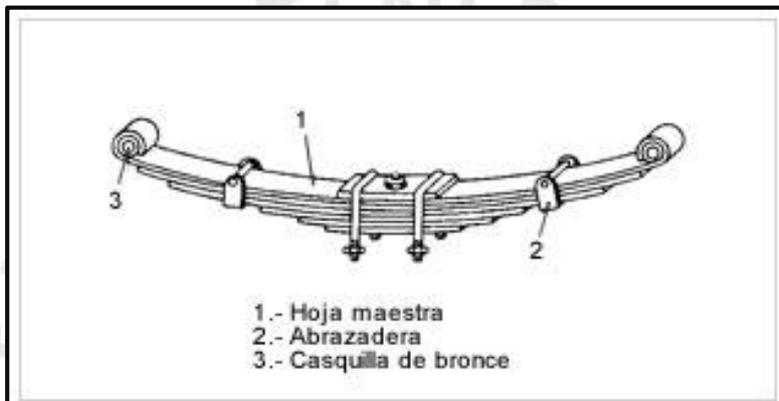


Figura D4. Muelle

Fuente: la Empresa 2016: "IND-2001 Suspensión mecánica"



Tabla E1. Actividades en DOP

<b>DOP</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
Operaciones	45
Inspecciones	4



### Anexo F: Meta, Unidades solicitadas y Unidades terminadas.

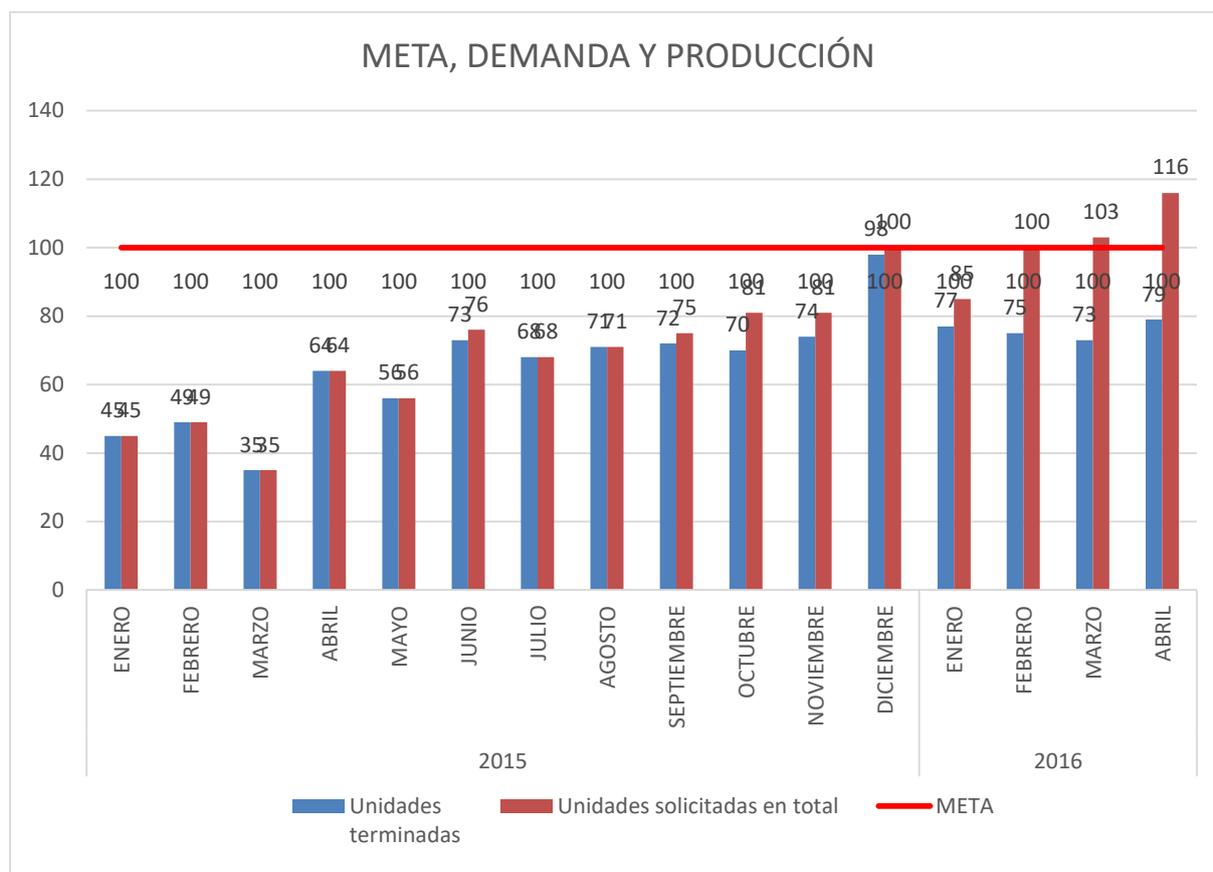


Figura F1. Meta, unidades solicitadas y terminadas periodo 2015-2016

Tabla F1. Meta, unidades solicitadas y terminadas 2015 – 2017

AÑO	2015											
MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
<b>Unidades solicitadas</b>	45	49	35	64	56	76	65	71	75	78	70	93
<b>Unidades solicitadas en total</b>	45	49	35	64	56	76	68	71	75	81	81	100
<b>Unidades terminadas</b>	45	49	35	64	56	73	68	71	72	70	74	96
<b>Unidades no terminadas</b>	0	0	0	0	0	3	0	0	3	11	7	4
AÑO	2016											
MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
<b>Unidades solicitadas</b>	83	92	78	84	75	77	69	78	71	80	74	75
<b>Unidades solicitadas en total</b>	87	98	91	95	88	86	80	83	80	84	80	79
<b>Unidades terminadas</b>	81	85	80	82	79	75	75	74	76	78	76	74
<b>Unidades no terminadas</b>	6	13	11	13	9	11	5	9	4	6	4	5
AÑO	2017											
MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
<b>Unidades solicitadas</b>	75	81	78	80	79	76	79	80	83	81	76	78
<b>Unidades solicitadas en total</b>	80	85	78	83	86	85	79	83	91	82	80	81
<b>Unidades terminadas</b>	76	85	75	76	77	85	76	75	90	78	77	78
<b>Unidades no terminadas</b>	4	0	3	7	9	0	3	8	1	4	3	3

Fuente: la Empresa 2017: "Meta y unidades planificadas"

**Anexo G: Evidencias de causas raíces.**

Figura G1. Unidad a la espera por falta de accesorios



Figura G2. Error en colocación de accesorio por modificación plano de instalación de accesorios.



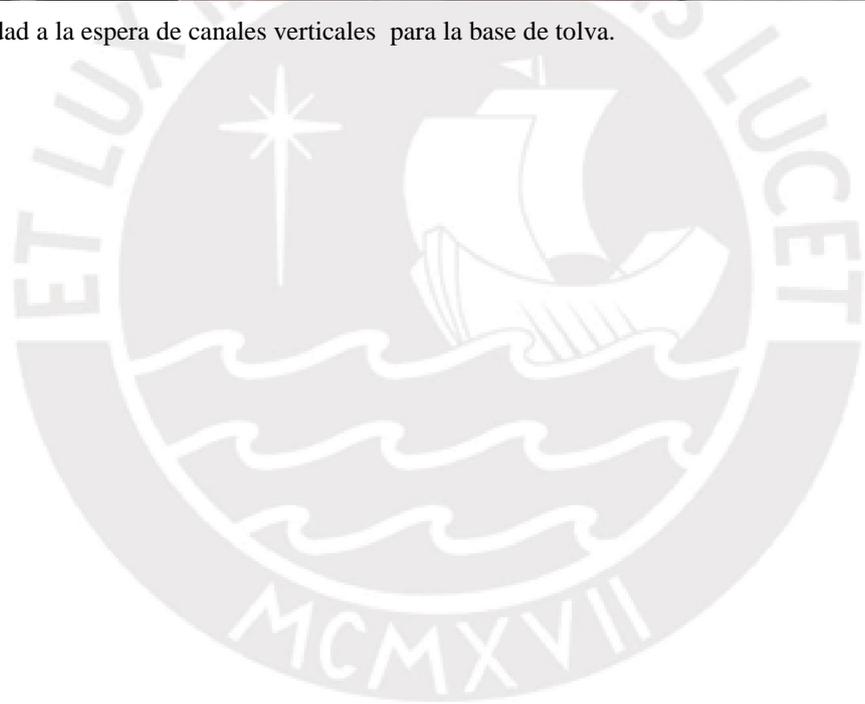
Figura G3. Áreas de trabajo desordenadas y con desperdicios.



Figura G4. Unidad en proceso detenida por falta de plancha frontal de semirremolque y demora en habilitado.



Figura G5. Unidad a la espera de canales verticales para la base de tolva.



**Anexo H: Tablas de lista de materiales y herramientas de cada área de trabajo.**

Tabla H1. Clasificación de materiales de área de Habilitado

Nº	Material o herramienta
1	Planos de habilitado de planchas.
2	Wincha.
3	Regla metálica.
4	Documentos (Asistencia, avance, etc).
5	Pie de rey.
6	Llaves Allen.
7	Llaves planas.
8	Llaves estrella.
9	Llaves combinadas.
10	Barras de acero redondas.

Tabla H2. Clasificación de materiales de área de montaje de estructura y de cobertor

Nº	Material o herramienta
1	Pernos.
2	Tuercas y arandelas.
3	Placas de amarre tolva-viga.
4	Lija de metal.
5	Trapo.
6	Disco de desbaste.
7	Llaves Allen.
8	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc).
9	Pie de rey.
10	Electrodos.
11	Planos de montaje.
12	Wincha.
13	Regla metálica.
14	Documentos (Asistencia, avance, etc).

Tabla H3. Clasificación de materiales de área de Hidráulica

Nº	Material o herramienta
1	Tanques de hidrolina.
2	Mangueras para pistón-viga.
3	Pistón.
4	Pernos.
5	Tuercas y arandelas.
6	Llaves Allen.
7	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc).
8	Pie de rey.
9	Planos de instalación hidráulica.
10	Wincha.
11	Regla metálica.
12	Documentos (Asistencia, avance, etc).

Tabla H4. Clasificación de materiales de área de suspensión

Nº	Material o herramienta
1	Pernos.
2	Tuercas y arandelas.
3	Llaves Allen.
4	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc).
5	Pie de rey.
6	Planos de instalación de suspensión.
7	Wincha.
8	Regla metálica.
9	Documentos (Asistencia, avance, etc.)
10	Camaras de aire.
11	Manitos de aire simple.
12	Válvulas reguladoras.
13	Tapón macho.
14	Manguera corrugada.
15	Cinta teflón.
16	Correa de amarre.
17	Conector rápido de codos.
18	Niple de bronce.
19	Tanques de aire.

Tabla H5. Clasificación de materiales del área de electricidad

Nº	Material o herramienta
1	Faros LED laterales, frontales y posteriores.
2	Cables eléctricos.
3	Pernos.
4	Tuercas stop y arandelas.
5	Cinta masking tape.
6	Papel kraft.
7	Planos de instalación del sistema eléctrico.
8	Documentos (Asistencia, avance, etc).
9	Canales de faros.
10	Angulos de soporte de faros.
11	Jebe pasa cables.
12	Tornillos stove bolts.

Tabla H6. Clasificación de materiales del área de pintura.

Nº	Material o herramienta
1	Rociadores de pintura
2	Pintura epoxica
3	Masilla
4	Lija
5	Trapo
6	Tiner
7	Soplador de aire comprimido
8	Motor
9	Cinta masking tape
10	Papel kraft
11	Brochas
12	Pintura de acabado
13	Planos de pintado de unidad
14	Wincha
15	Regla metálica
16	Documentos (Asistencia, avance, etc.)
17	Logotipos

**Anexo I: Tablas de clasificación de materiales y herramientas por frecuencia de uso en cada área de trabajo.**

Tabla I1. Clasificación por frecuencia de materiales de área de habilitado

Frecuencia	Nº	Material o herramienta
84	1	Planos de habilitado de planchas.
84	2	Wincha.
84	4	Documentos (Asistencia, avance, etc).
84	10	Barras de acero redondas.
45	3	Regla metálica.
28	7	Llaves planas.
17	9	Llaves combinadas
13	5	Pie de rey.
4	8	Llaves estrella.
3	6	Llaves Allen.

Tabla I2. Clasificación por frecuencia de materiales de área de montaje de estructura y cobertor

Frecuencia	Nº	Material o herramienta
89	1	Pernos
89	2	Tuercas y arandelas
89	3	Placas de amarre tolva-viga
89	8	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc.)
89	10	Electrodos
89	11	Planos de montaje
89	12	Wincha
89	14	Documentos (Asistencia, avance, etc.)
63	6	Disco de desbaste
56	9	Pie de rey
56	13	Regla metálica
18	7	Llaves Allen
11	5	Trapo
7	4	Lija de metal

Tabla I3. Clasificación por frecuencia de materiales de área de hidráulica

Frecuencia	Nº	Material o herramienta
89	1	Tanques de hidrolina
89	2	mangueras para pistón-viga
89	3	Pistón
89	4	Pernos
89	5	Tuercas y arandelas
89	7	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc.)
89	9	Planos de instalación hidráulica
89	12	Documentos (Asistencia, avance, etc.)
48	10	Wincha
42	8	Pie de rey
7	6	Llaves Allen
6	11	Regla metálica

Tabla I4. Clasificación por frecuencia de materiales de área de suspensión

Frecuencia	Nº	Material o herramienta
89	1	Pernos
89	2	Tuercas y arandelas
89	3	Llaves Allen
89	4	Llaves de herramienta (planas, estrella, combinada, etc.)
89	6	Planos de instalación de suspensión
89	9	Documentos (Asistencia, avance, etc.)
89	10	Camaras de aire
89	11	Manitos de aire simple
89	12	Válvulas reguladoras
89	13	Tapón macho
89	14	Maguera corrugada
89	15	Cinta teflón
89	16	Correa de amarre
89	17	Conector rápido de codos
89	18	Niple de bronce
89	19	Tanques de aire
60	5	Pie de rey
60	7	Wincha
5	8	Regla metálica

Tabla I5. Clasificación por frecuencia de materiales de área de electricidad

Frecuencia	N°	Material o herramienta
89	1	Faros LED laterales, frontales y posteriores
89	2	Cables eléctricos
89	3	Pernos
89	4	Tuercas stop y arandelas
89	7	Planos de instalación del sistema eléctrico
89	8	Documentos (Asistencia, avance, etc.)
89	9	Canales de faros
89	10	Angulos de soporte de faros
89	12	Tornillos stove bolts
65	11	Jebe pasa cables
36	5	Cinta masking tape
36	6	Papel kraft

Tabla I6. Clasificación por frecuencia de materiales de área de pintura

Frecuencia	N°	Material o herramienta
89	1	Rociadores de pintura
89	2	Pintura epoxica
89	3	Masilla
89	4	Lija
89	5	Trapo
89	6	Tiner
89	7	Soplador de aire comprimido
89	8	Motor
89	9	Cinta masking tape
89	10	Papel kraft
89	12	Pintura de acabado
89	13	Planos de pintado de unidad
89	16	Documentos (Asistencia, avance, etc.)
89	17	Logotipos
59	11	Brochas
32	15	Regla metálica
6	14	Wincha

**Anexo J: Figuras de materiales a usar para la organización de materiales y herramientas en las áreas de trabajo.**



Figura J1. Archivador metálico con tres gavetas  
Fuente: <https://ofituria.com/> 2016: "Archivadores metálicos"



Figura J2. Contenedor logístico  
Fuente: <https://es.made-in-china.com/> 2016: "contenedor"

**Anexo K: Plano de distribución de los contenedores por frecuencia de uso en mesa de trabajo con tres niveles.**

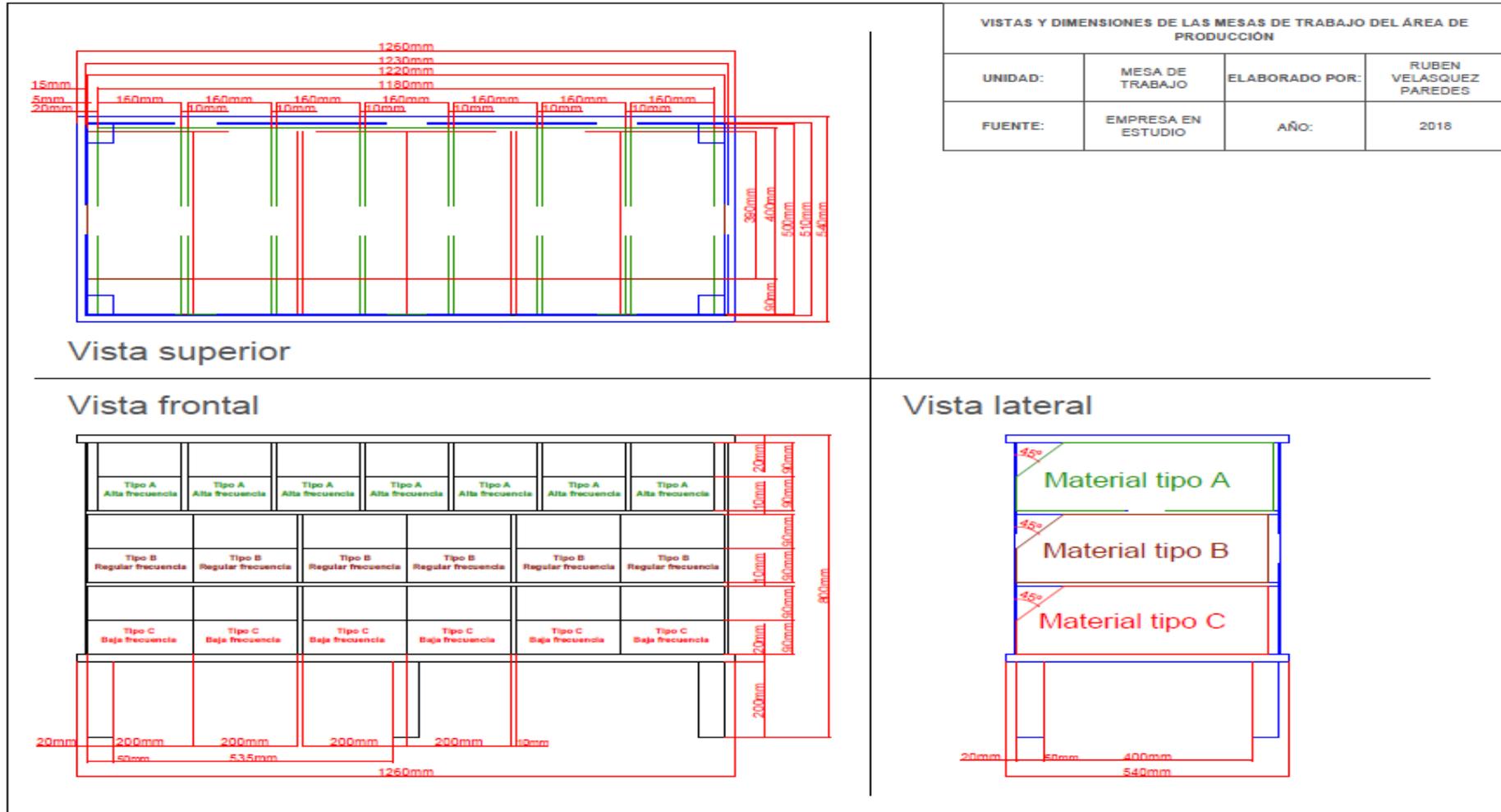


Figura K1. Plano de distribución de los contenedores por frecuencia de uso

**Anexo L: Documento de auditoria para comprobar que las 5S se desarrollen idóneamente.**

<b>LISTA DE COMPROBACIÓN DE AUDITORIA DE LAS 5S</b>	
Área de trabajo: <input style="width: 90%;" type="text"/>	Jefe de área: <input style="width: 90%;" type="text"/>
Orden de trabajo: <input style="width: 90%;" type="text"/>	Fecha: <input style="width: 90%;" type="text"/>
<b>SEIRI - CLASIFICACIÓN</b>	
¿El área del piso esta libre de elementos no deseados?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ las mesas y archivadores estan libres de articulos no deseados?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿se almacenan los articulos en función a su frecuencia de uso	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
<b>SEITON - ORDEN</b>	
¿ Todos los articulos tiene cartilla de identificación?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Se utiliza eficazmente la clasificación por colores para facilitar la identificación de articulos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Existe una apariencia general de orden?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Es facil encontrar cualquier articulo/documento sin demora?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
<b>SEISO - LIMPIEZA</b>	
¿ Se mantiene el área de trabajo a un alto nivel de limpieza?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Es evidente el uso de herramientas de limpieza adecuadas?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Se mantienen las mquinas, equipos, herramientas y muebles limpios?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Existe una apariencia general de limpieza?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
<b>SEIKETSU - ESTANDARIZACIÓN</b>	
¿ Se mantiene el orden y limpieza en el área de trabajo?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Se mantiene el orden y limpieza en los equipos, maquinas, y muebles?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Se actua generalmente sobre las ideas de mejora?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
<b>SHITSUKE - DISCIPLINA</b>	
¿ Las primeras cuatro eses se han convertido en parte del trabajo diario?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Los trabajadores muestran un interes positivo en las actividades 5S?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ Se muestran carteles y cartillas 5S y recordatorios de puntos de trabajo?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿ La gerencia brinda apoyo al prgrama 5S mediante recursos y reconocimientos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Figura L1. Lista de comprobación de auditoria de las 5S

### Anexo M: Comparación de tiempos mediante cronometría antes y después de implementar propuesta n°1 metodología 5S.

1) Cronometría antes y después de tener un área limpia con los equipos organizados en el área de trabajo.

Tabla M1. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de habilitado

sub proceso		Habilitado	Cantidad maquinas por unid.		1
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:08:42	0:08:42	1	0:05:27	0:05:27
2	0:09:24	0:09:24	2	0:05:20	0:05:20
3	0:08:47	0:08:47	3	0:05:23	0:05:23
4	0:08:54	0:08:54	4	0:04:45	0:04:45
5	0:09:12	0:09:12	5	0:05:19	0:05:19
6	0:09:21	0:09:21	6	0:05:15	0:05:15
7	0:08:49	0:08:49	7	0:04:51	0:04:51
8	0:09:23	0:09:23	8	0:05:14	0:05:14
9	0:08:58	0:08:58	9	0:05:11	0:05:11
10	0:09:29	0:09:29	10	0:05:24	0:05:24
<b>Promedio</b>		0:09:06	<b>Promedio</b>		0:05:13
			<b>Tiempo total recuperado</b>		0:03:53
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:03:53

Tabla M2. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de fabricación de caja

sub proceso		Fabricación caja	Cantidad personal por unid.		4
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:18:33	1:14:12	1	0:07:53	0:31:32
2	0:17:42	1:10:48	2	0:08:22	0:33:28
3	0:17:55	1:11:40	3	0:08:15	0:33:00
4	0:18:31	1:14:04	4	0:08:29	0:33:56
5	0:17:28	1:09:52	5	0:07:56	0:31:44
6	0:16:54	1:07:36	6	0:08:04	0:32:16
7	0:18:21	1:13:24	7	0:08:07	0:32:28
8	0:18:58	1:15:52	8	0:08:13	0:32:52
9	0:18:27	1:13:48	9	0:08:19	0:33:16
10	0:18:04	1:12:16	10	0:08:21	0:33:24
<b>Promedio</b>		1:12:21	<b>Promedio</b>		0:32:48
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:39:34
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:09:53

Tabla M3. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de fabricación de compuerta

sub proceso		Fabricación compuerta	Cantidad personal por unid.		2
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:10:51	0:21:42	1	0:03:59	0:07:58
2	0:12:25	0:24:50	2	0:03:46	0:07:32
3	0:11:37	0:23:14	3	0:03:42	0:07:24
4	0:12:54	0:25:48	4	0:03:21	0:06:42
5	0:11:44	0:23:28	5	0:03:29	0:06:58
6	0:12:23	0:24:46	6	0:03:57	0:07:54
7	0:12:49	0:25:38	7	0:04:00	0:08:00
8	0:11:26	0:22:52	8	0:03:48	0:07:36
9	0:11:37	0:23:14	9	0:04:05	0:08:10
10	0:11:19	0:22:38	10	0:03:32	0:07:04
<b>Promedio</b>		0:23:49	<b>Promedio</b>		0:07:32
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:16:17
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:08:09

Tabla M4. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de armado de viga

sub proceso		Armado de viga	Cantidad personal por unid.		2
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:11:05	0:22:10	1	0:04:15	0:08:30
2	0:11:17	0:22:34	2	0:04:48	0:09:36
3	0:11:28	0:22:56	3	0:04:26	0:08:52
4	0:11:22	0:22:44	4	0:04:59	0:09:58
5	0:13:11	0:26:22	5	0:04:20	0:08:40
6	0:11:28	0:22:56	6	0:04:51	0:09:42
7	0:11:09	0:22:18	7	0:04:27	0:08:54
8	0:11:16	0:22:32	8	0:04:53	0:09:46
9	0:14:40	0:29:20	9	0:04:29	0:08:58
10	0:11:27	0:22:54	10	0:04:46	0:09:32
<b>Promedio</b>		0:23:41	<b>Promedio</b>		0:09:15
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:14:26
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:07:13

Tabla M5. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de soldado de viga

sub proceso		Soldado de viga	Cantidad personal por unid.		2
Inicial			Área organizada y limpia		

Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:13:42	0:27:24	1	0:05:10	0:10:20
2	0:12:18	0:24:36	2	0:05:02	0:10:04
3	0:12:41	0:25:22	3	0:04:39	0:09:18
4	0:12:45	0:25:30	4	0:04:43	0:09:26
5	0:13:37	0:27:14	5	0:04:31	0:09:02
6	0:12:51	0:25:42	6	0:05:08	0:10:16
7	0:13:04	0:26:08	7	0:04:37	0:09:14
8	0:13:32	0:27:04	8	0:04:42	0:09:24
9	0:12:49	0:25:38	9	0:04:50	0:09:40
10	0:13:07	0:26:14	10	0:04:33	0:09:06
<b>Promedio</b>		0:26:05	<b>Promedio</b>		0:09:35
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:16:30
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:08:15

Tabla M6. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de ensamble de viga

sub proceso		Ensamblado de viga	Cantidad personal por unid.		2
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:13:35	0:27:10	1	0:04:57	0:09:54
2	0:13:20	0:26:40	2	0:05:18	0:10:36
3	0:12:46	0:25:32	3	0:05:22	0:10:44
4	0:13:38	0:27:16	4	0:04:42	0:09:24
5	0:13:11	0:26:22	5	0:05:06	0:10:12
6	0:13:29	0:26:58	6	0:05:12	0:10:24
7	0:12:55	0:25:50	7	0:04:49	0:09:38
8	0:13:51	0:27:42	8	0:04:50	0:09:40
9	0:13:27	0:26:54	9	0:04:58	0:09:56
10	0:13:23	0:26:46	10	0:05:11	0:10:22
<b>Promedio</b>		0:26:43	<b>Promedio</b>		0:10:05
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:16:38
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:08:19

Tabla M7. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de instalación de sistema de suspensión

sub proceso		Instalación de suspensión	Cantidad personal por unid.		4
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado

1	0:12:11	0:48:44	1	00:04:33	0:18:12
2	0:12:28	0:49:52	2	00:04:57	0:19:48
3	0:13:02	0:52:08	3	00:05:02	0:20:08
4	0:12:21	0:49:24	4	00:04:45	0:19:00
5	0:12:49	0:51:16	5	00:04:39	0:18:36
6	0:12:38	0:50:32	6	00:04:46	0:19:04
7	0:12:43	0:50:52	7	00:05:02	0:20:08
8	0:12:16	0:49:04	8	00:04:50	0:19:20
9	0:13:41	0:54:44	9	00:04:48	0:19:12
10	0:12:32	0:50:08	10	00:04:37	0:18:28
<b>Promedio</b>		0:50:40	<b>Promedio</b>		0:19:12
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:31:29
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:07:52

Tabla M8. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de montaje de estructura

sub proceso		Montaje de estructura	Cantidad personal por unid.		4
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:13:29	0:53:56	1	0:05:23	0:21:32
2	0:14:17	0:57:08	2	0:05:42	0:22:48
3	0:13:21	0:53:24	3	0:05:51	0:23:24
4	0:13:34	0:54:16	4	0:05:39	0:22:36
5	0:13:16	0:53:04	5	0:05:46	0:23:04
6	0:13:53	0:55:32	6	0:05:31	0:22:04
7	0:13:18	0:53:12	7	0:05:37	0:22:28
8	0:14:12	0:56:48	8	0:05:29	0:21:56
9	0:13:27	0:53:48	9	0:05:36	0:22:24
10	0:13:22	0:53:28	10	0:05:54	0:23:36
<b>Promedio</b>		0:54:28	<b>Promedio</b>		0:22:35
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:31:52
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:07:58

Tabla M9. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de instalación de accesorios

sub proceso		Instalación de accesorios	Cantidad personal por unid.		4
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:13:24	0:53:36	1	0:05:23	0:21:32
2	0:13:11	0:52:44	2	0:05:19	0:21:16

3	0:12:47	0:51:08	3	0:05:22	0:21:28
4	0:12:56	0:51:44	4	0:04:56	0:19:44
5	0:13:19	0:53:16	5	0:05:12	0:20:48
6	0:13:06	0:52:24	6	0:04:59	0:19:56
7	0:12:57	0:51:48	7	0:05:17	0:21:08
8	0:13:14	0:52:56	8	0:05:21	0:21:24
9	0:13:22	0:53:28	9	0:05:16	0:21:04
10	0:13:10	0:52:40	10	0:05:24	0:21:36
<b>Promedio</b>		0:52:34	<b>Promedio</b>		0:21:00
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:31:35
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:07:54

Tabla M10. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de instalación de sistema hidráulico

sub proceso		Instalación sistema Hidráulico	Cantidad personal por unid.	2	
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:10:35	0:21:10	1	0:04:27	0:08:54
2	0:10:52	0:21:44	2	0:04:16	0:08:32
3	0:11:03	0:22:06	3	0:04:23	0:08:46
4	0:10:26	0:20:52	4	0:04:31	0:09:02
5	0:10:31	0:21:02	5	0:04:53	0:09:46
6	0:10:52	0:21:44	6	0:04:19	0:08:38
7	0:10:14	0:20:28	7	0:04:32	0:09:04
8	0:10:49	0:21:38	8	0:04:55	0:09:50
9	0:10:43	0:21:26	9	0:04:24	0:08:48
10	0:10:28	0:20:56	10	0:04:21	0:08:42
<b>Promedio</b>		0:21:19	<b>Promedio</b>		0:09:00
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:12:18
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:06:09

Tabla M11. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de montaje de cobertor

sub proceso		Montaje de cobertor	Cantidad personal por unid.	2	
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:11:56	0:23:52	1	0:05:21	0:10:42

2	0:11:47	0:23:34	2	0:05:37	0:11:14
3	0:12:02	0:24:04	3	0:05:26	0:10:52
4	0:12:49	0:25:38	4	0:05:32	0:11:04
5	0:12:17	0:24:34	5	0:05:28	0:10:56
6	0:12:14	0:24:28	6	0:05:31	0:11:02
7	0:11:53	0:23:46	7	0:05:42	0:11:24
8	0:12:19	0:24:38	8	0:05:29	0:10:58
9	0:11:48	0:23:36	9	0:05:41	0:11:22
10	0:11:33	0:23:06	10	0:05:27	0:10:54
<b>Promedio</b>		0:24:08	<b>Promedio</b>		0:11:03
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:13:05
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:06:32

Tabla M12. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de aplicación de pintura base en caja

sub proceso		Aplicación base caja	Cantidad personal por unid.		3
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:09:29	0:28:27	1	0:03:47	0:11:21
2	0:09:10	0:27:30	2	0:04:04	0:12:12
3	0:09:38	0:28:54	3	0:03:44	0:11:12
4	0:09:53	0:29:39	4	0:03:51	0:11:33
5	0:09:11	0:27:33	5	0:04:16	0:12:48
6	0:09:20	0:28:00	6	0:03:29	0:10:27
7	0:09:50	0:29:30	7	0:03:40	0:11:00
8	0:09:27	0:28:21	8	0:04:15	0:12:45
9	0:09:17	0:27:51	9	0:03:38	0:10:54
10	0:09:19	0:27:57	10	0:03:41	0:11:03
<b>Promedio</b>		0:28:22	<b>Promedio</b>		0:11:32
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:16:51
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:05:37

Tabla M13. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de aplicación de pintura base en viga

sub proceso		Aplicación base viga	Cantidad personal por unid.		3
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:07:21	0:22:03	1	0:03:23	0:10:09
2	0:07:38	0:22:54	2	0:03:37	0:10:51

3	0:07:51	0:23:33	3	0:03:53	0:11:39
4	0:07:24	0:22:12	4	0:04:11	0:12:33
5	0:07:31	0:22:33	5	0:03:42	0:11:06
6	0:07:46	0:23:18	6	0:03:54	0:11:42
7	0:07:38	0:22:54	7	0:04:07	0:12:21
8	0:07:20	0:22:00	8	0:04:18	0:12:54
9	0:07:49	0:23:27	9	0:03:27	0:10:21
10	0:07:27	0:22:21	10	0:03:31	0:10:33
<b>Promedio</b>		0:22:44	<b>Promedio</b>		0:11:25
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:11:19
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:03:46

Tabla M14. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de aplicación de pintura de acabado de estructura

sub proceso		Aplicación pintura acabado	Cantidad personal por unid.	3	
Inicial			Área organizada y limpia		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:15:11	0:45:33	1	0:03:30	0:10:30
2	0:08:49	0:26:27	2	0:03:21	0:10:03
3	0:08:51	0:26:33	3	0:03:45	0:11:15
4	0:09:18	0:27:54	4	0:03:34	0:10:42
5	0:09:07	0:27:21	5	0:03:46	0:11:18
6	0:16:41	0:50:03	6	0:03:57	0:11:51
7	0:08:26	0:25:18	7	0:03:53	0:11:39
8	0:09:02	0:27:06	8	0:03:38	0:10:54
9	0:08:27	0:25:21	9	0:03:51	0:11:33
10	0:08:31	0:25:33	10	0:03:45	0:11:15
<b>Promedio</b>		0:30:43	<b>Promedio</b>		0:11:06
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:19:37
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:06:32

Tabla M15. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de instalación de sistema eléctrico

sub proceso		Instalación sistema eléctrico	Cantidad personal por unid.	2	
Inicial			Mesa organizada		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:10:48	0:21:36	1	0:04:07	0:08:14
2	0:10:51	0:21:42	2	0:03:44	0:07:28
3	0:11:06	0:22:12	3	0:04:20	0:08:40
4	0:19:28	0:38:56	4	0:03:54	0:07:48

5	0:10:36	0:21:12	5	0:04:13	0:08:26
6	0:10:55	0:21:50	6	0:04:23	0:08:46
7	0:11:04	0:22:08	7	0:03:52	0:07:44
8	0:10:26	0:20:52	8	0:04:17	0:08:34
9	0:18:39	0:37:18	9	0:04:42	0:09:24
10	0:10:15	0:20:30	10	0:04:37	0:09:14
<b>Promedio</b>		0:24:50	<b>Promedio</b>		0:08:26
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:16:24
			<b>Tiempo recuperado por subproceso</b>		0:08:12

Tabla M16. Comparación de tiempos antes y después de un área organizada – subproceso de pruebas de funcionamiento

sub proceso		Pruebas de funcionamiento		Cantidad personal por unid.		1
		Inicial		Mesa organizada		
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	
1	0:04:31	0:04:31	1	0:02:24	0:02:24	
2	0:04:00	0:04:00	2	0:02:19	0:02:19	
3	0:04:47	0:04:47	3	0:02:21	0:02:21	
4	0:04:17	0:04:17	4	0:02:22	0:02:22	
5	0:04:51	0:04:51	5	0:02:21	0:02:21	
6	0:04:24	0:04:24	6	0:02:20	0:02:20	
7	0:04:47	0:04:47	7	0:02:18	0:02:18	
8	0:04:26	0:04:26	8	0:02:23	0:02:23	
9	0:04:47	0:04:47	9	0:02:22	0:02:22	
10	0:04:29	0:04:29	10	0:02:41	0:02:41	
<b>Promedio</b>		0:04:32	<b>Promedio</b>		0:02:23	
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:02:09	

## Anexo N: Diagramas de flujo de instalación de los televisores LED para informar modificación en planos.

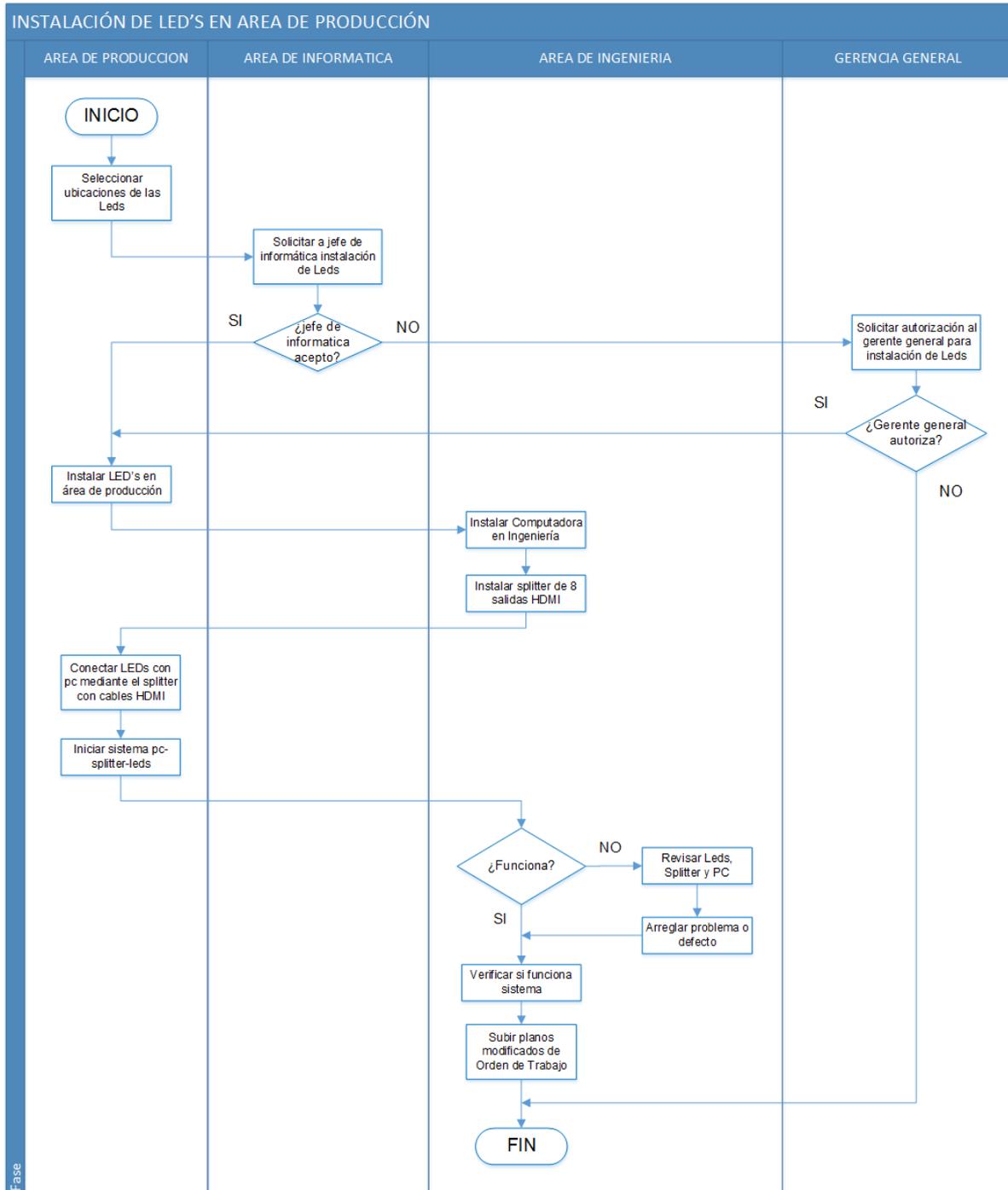


Figura N1. Diagrama de flujo de instalación de LED's en área de producción

**Anexo O: Unidad de transporte de materiales y accesorios.**



Figura O1. Transpaletas hidráulica tipo pato  
Fuente: Mercado Libre Perú 2016: “pato hidráulico”



Figura O2. Montacargas de tres toneladas  
Fuente: 3G distribuciones 2016: “montacargas 3 toneladas”

### Anexo P: Paso 3 Explotación de restricción – Comparación de tiempos mediante cronometría.

Tabla P1. Comparación de tiempos antes y después de organizar y limpiar área de trabajo – subproceso de habilitado

subproceso		Habilitado	Cantidad maquinas por unid.	1	
Inicial		Área organizada y limpia			
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:08:42	0:08:42	1	0:05:27	0:05:27
2	0:09:24	0:09:24	2	0:05:20	0:05:20
3	0:08:47	0:08:47	3	0:05:23	0:05:23
4	0:08:54	0:08:54	4	0:04:45	0:04:45
5	0:09:12	0:09:12	5	0:05:19	0:05:19
6	0:09:21	0:09:21	6	0:05:15	0:05:15
7	0:08:49	0:08:49	7	0:04:51	0:04:51
8	0:09:23	0:09:23	8	0:05:14	0:05:14
9	0:08:58	0:08:58	9	0:05:11	0:05:11
10	0:09:29	0:09:29	10	0:05:24	0:05:24
<b>Promedio</b>		0:09:06	<b>Promedio</b>		0:05:13
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:03:53

Tabla P2. Comparación de tiempos antes y después de implementar montacargas – Área Habilitado

subproceso		Habilitado	Cantidad personal por unid.	1	
Inicial		Implementación de montacargas			
Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado	Nº muestra	Tiempo	Tiempo acumulado
1	0:14:21	0:14:21	1	0:04:13	0:04:13
2	0:14:12	0:14:12	2	0:03:49	0:03:49
3	0:13:41	0:13:41	3	0:04:35	0:04:35
4	0:13:54	0:13:54	4	0:04:08	0:04:08
5	0:13:41	0:13:41	5	0:03:53	0:03:53
6	0:14:06	0:14:06	6	0:04:31	0:04:31
7	0:13:55	0:13:55	7	0:04:05	0:04:05
8	0:13:47	0:13:47	8	0:04:27	0:04:27
9	0:14:12	0:14:12	9	0:04:10	0:04:10
10	0:13:48	0:13:48	10	0:03:58	0:03:58
<b>Promedio</b>		0:13:58	<b>Promedio</b>		0:04:11
			<b>Tiempo recuperado</b>		0:09:47

**Anexo Q: Aumento de capacidad de la planta usando las dos máquinas de habilitado en el segundo turno.**

Tabla Q1. Disponibilidad tiempo área habilitado opción 1 – uso de dos máquinas

Área de trabajo	Horas Disponibles inicial	Cantidad máquinas	Horas disponibles mensuales nuevo turno	Tiempo disponible nuevo turno	Horas disponibles por mes
Habilitado	384	2	104	208	592
<b>Horas disponibles mensuales nuevo turno = 4 horas/día x 26 días laborables/mes</b>					104

Tabla Q2. Capacidad de producción por área opción 1 – uso de dos máquinas

Área de trabajo	CAPACIDAD EFECTIVA			CAPACIDAD REAL			
	Tiempo requerido por área (Hrs.)	TD (Hrs.)	Capacidad de producción	Tiempo requerido por área' (Min.)	Tiempo requerido por área' (Hrs.)	Capacidad de producción	Capacidad de producción neta
Habilitado	4.5	592	131	292	4.9	121.78	121.00
Fabricación de estructuras	60.0	15360	256	3873	64.6	237.93	238.00
Sistema de suspensión	12.0	2304	192	785	13.1	176.21	176.00
Montaje	28.0	4608	164	1807	30.1	153.04	153.00
Sistema hidráulico	7.0	768	109	456	7.6	101.12	101.00
Montaje cobertor	6.0	1536	256	392	6.5	235.14	235.00
Sistema Eléctrico	6.0	768	128	382	6.4	120.70	120.00
Pintura	27.0	2880	106	1737	28.9	99.50	99.00
Pruebas de funcionamiento	1.0	384	384	63	1.1	364.21	364.00