



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de aplicación de Herramientas Lean para mejorar la Gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.

#### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Industrial

#### AUTORES

Aranda Cortez, Luis Fernando  
ORCID: 0000-0002-0963-032X

Coronado Amaya, Jocelyn Lucia  
ORCID: 0000-0003-1846-1465

#### ASESOR

Ballero Nuñez, Gino Sammy  
ORCID: 0000-0002-7991-3747

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de los autores**

Aranda Cortez, Luis Fernando

DNI: 74986258

Coronado Amaya, Jocelyn Lucia

DNI: 71618845

### **Datos de asesor**

Ballero Nuñez, Gino Sammy

DNI: 10426485

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Oqueliz Martínez, Carlos Alberto

DNI: 08385398

ORCID: 0000-0002-5917-1467

JURADO 2

Mateo López, Hugo Julio

DNI: 07675553

ORCID: 0000-0003-4872-7471

JURADO 3

Cervera Cervera, Ever

DNI: 09542911

ORCID: 0000-0001-7192-644X

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 02.11.04

Código del Programa: 72202

## **DEDICATORIA**

Para mis padres que siempre me apoyaron y motivaron durante toda mi carrera profesional y me siguen apoyando incondicionalmente.

Aranda Cortez, Luis Fernando

Para mis padres y mi hermana que estuvieron a lo largo de este camino apoyándome de manera incondicional. Y a mi compañero de cuatro patas por su compañía en mis desvelos.

Coronado Amaya, Jocelyn

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, agradecemos a Dios, por darnos las fuerzas en los momentos difíciles y sabiduría para tomar las mejores decisiones para conseguir nuestros objetivos.

También agradecemos a nuestro asesor, el Ing. Gino Sammy Ballero Nuñez por su tolerancia, comprensión, empatía y guía a lo largo del programa.

Aranda, Luis y Coronado, Jocelyn

# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Formulación del problema .....	1
1.2 Problema General .....	7
1.3 Problemas Específicos .....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 General .....	8
1.4.2 Específicos .....	8
1.5 Delimitación de la investigación.....	8
1.5.1 Delimitación espacial:.....	8
1.5.2 Delimitación temporal:.....	8
1.6 Importancia.....	9
1.7 Justificación del estudio .....	9
1.7.1 Justificación teórica .....	9
1.7.2 Justificación práctica .....	9
1.7.3 Justificación social.....	9
1.7.4 Justificación económica.....	10
1.8 Limitaciones del estudio.....	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1 Investigaciones relacionadas con el tema .....	11
2.1.1 Antecedentes Nacionales.....	11
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	13
2.2 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	15
2.3 Definición de términos básicos.....	22
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>25</b>
3.1 Hipótesis principal .....	25
3.2 Hipótesis secundarias.....	25
3.3 Definición conceptual de variables:.....	25

<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. Tipo de investigación y método de investigación.....	28
4.2 Diseño de investigación.....	29
4.3 Población de estudio .....	30
4.4 Diseño muestral.....	31
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
4.6 Procedimiento para la recolección de datos.....	32
4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....	33
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA</b>	
<b>INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>35</b>
5.1 Procedimiento operativo .....	35
5.2 Aplicación del ciclo DMAIC .....	35
5.3. Análisis de resultados.....	101
5.4 Prueba de hipótesis .....	103
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>113</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>114</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción manufacturera por actividad, 2021 .....	4
Tabla 2: Cuadro de frecuencia del problema con muestra de 10 Órdenes de producción. .....	6
Tabla 3: Operacionalización de Variables .....	26
Tabla 4: Cuadro de Órdenes de Producción .....	30
Tabla 5: Muestra de Estudio .....	31
Tabla 6: Tipo de familia.....	47
Tabla 7: Indicadores de VSM .....	48
Tabla 8: Indicadores de Demanda .....	48
Tabla 9: Indicadores de Lead time.....	49
Tabla 10: Indicadores de Valor agregado .....	49
Tabla 11: Indicador de Takt time.....	49
Tabla 12: Takt time de los meses de mayo 2021 a abril 2022.....	50
Tabla 13: Takt Time de mayo 2021 a abril 2022.....	51
Tabla 14: Tiempo estimado la fabricación de tanque GLP - mayo 2021 .....	52
Tabla 15: Promedio del tiempo de retraso para tanques GLP .....	53
Tabla 16: Tiempo estimado la fabricación de tanque GLP - Junio 2021 .....	54
Tabla 17: Promedio del tiempo de retraso para tanques GLP .....	55
Tabla 18: Tiempo estimado la fabricación de tanque GLP - Julio 2021 .....	55
Tabla 19: Promedio del tiempo de retraso para tanques GLP .....	56
Tabla 20: Tiempo total real y estimado según los meses. ....	57
Tabla 21. Cuadro de puntajes para la inspección interna empresa metalmecánica: .....	59
Tabla 22: Indicadores por mes de % de cumplimiento de buenas prácticas.....	60
Tabla 23: Indicadores por mes de % de cumplimiento de buenas prácticas.....	60
Tabla 24. Tiempo de cada Área .....	68
Tabla 25: Indicadores de clima laboral de la empresa.....	76
Tabla 26: Cuadro de puntajes para la futura inspección interna.....	78
Tabla 27: Porcentaje de Cumplimiento de las BPM futura .....	79
Tabla 28: Plan de Mantenimiento de máquinas Mayo 21 - Oct 21 .....	81

Tabla 29: Plan de Mantenimiento de máquinas Nov 21 - Abr 22 .....	81
Tabla 30: Programa de Capacitación .....	82
Tabla 31: Indicadores de satisfacción de Demanda futura .....	86
Tabla 32: Tiempo Takt después de la mejora .....	87
Tabla 33: Tarjeta Kanban - Proceso de Cortado.....	88
Tabla 34: Tarjeta Kanban - Proceso de Habilitado.....	89
Tabla 35: Tarjeta Kanban - Proceso de Rolado .....	89
Tabla 36: Tarjeta Kanban - Proceso de Embutido.....	89
Tabla 37: Tarjeta Kanban - Proceso de Armado.....	90
Tabla 38: Tarjeta Kanban - Proceso de Soldado.....	90
Tabla 39: Proceso de Inspección Dimensional .....	91
Tabla 40: Proceso de Prueba de Plaqueo .....	91
Tabla 41. Proceso de Prueba de Tintes .....	92
Tabla 42: Tiempos estimados según características del producto .....	92
Tabla 43: Tiempos estimados y tiempos reales futuros .....	93
Tabla 44: Indicador de Tiempos .....	93
Tabla 45: Planteamiento costo/beneficio .....	94
Tabla 46: Flujo de Ingreso .....	95
Tabla 47: Costos Operativos.....	95
Tabla 48: Flujo de caja.....	96
Tabla 49: Periodo de Recuperación .....	97
Tabla 50: COK-VAN-TIR.....	97
Tabla 51: Beneficios/Costos .....	98
Tabla 52: Cuadro de comparación sin mejora vs mejorado.....	98
Tabla 53: Matriz de control .....	99
Tabla 54: Comparación de métricas para la satisfacción de la demanda y tiempo Takt para la producción de tanques GLP .....	101
Tabla 55: Comparación de % de Cumplimiento de Buenas prácticas de Manufactura para tanques GLP.....	102
Tabla 56: Comparación de Tiempos de entrega para tanques GLP.....	103
Tabla 57: Tabla de Resumen Estadístico Descriptivo 1 .....	104
Tabla 58: Pruebas de normalidad 1.....	105



Tabla 59: Pruebas para muestras relacionadas .....	106
Tabla 60: Tabla de Resumen Estadístico Descriptivo 2 .....	107
Tabla 61: Pruebas de normalidad 2.....	107
Tabla 62: Prueba de muestras emparejadas T-student para tiempo de entrega .....	108
Tabla 63: Tabla de Resumen Estadístico Descriptivo 3 .....	109
Tabla 64: Pruebas de normalidad 3.....	109
Tabla 65: Prueba de muestras emparejadas T-student para ambiente de trabajo .....	110
Tabla 66: Resumen de Resultados .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Desempeño del Sector Industrial Manufacturera - Marzo 2022 .....	3
Figura 2: Producción Industrial - 2020-2021 .....	3
Figura 3: Diagrama de Pareto .....	6
Figura 4: Diagrama de Ishikawa .....	7
Figura 5: Casa Lean .....	17
Figura 6: Esquema del Value Stream Mapping .....	19
Figura 7: Esquema del Sistema Kanban .....	20
Figura 8: Reglas en las que se basa la metodología Kanban .....	21
Figura 9: Indicadores de gestión Lean Manufacturing .....	22
Figura 10: Ciclo de mejora de procesos DMAIC .....	35
Figura 11: Mapa de Procesos de la Empresa .....	36
Figura 12: SIPOC.....	37
Figura 13: Diagrama de flujo de la Empresa .....	38
Figura 14: Pregunta A – Encuesta .....	39
Figura 15: Pregunta B - Encuesta .....	40
Figura 16: Pregunta C - Encuesta .....	40
Figura 17: Pregunta D - Encuesta .....	41
Figura 18: Pregunta E - Encuesta .....	41
Figura 19: Pregunta F - Encuesta.....	42
Figura 20: Pregunta G - Encuesta .....	42
Figura 21: Pregunta H - Encuesta .....	43
Figura 22: Pregunta I - Encuesta.....	43
Figura 23: Pregunta J - Encuesta .....	44
Figura 24: Pregunta K - Encuesta .....	44
Figura 25: Pregunta L - Encuesta Fuente: Elaboración propia.....	45
Figura 26: Pregunta M - Encuesta .....	45
Figura 27: Value Stream Mapping (VSM) proceso actual .....	50
Figura 28: Proceso productivo de la empresa de metal mecánica .....	52
Figura 29: Diagrama de dispersión de tiempos de producción e indicador - Mes de mayo 2021 .....	53
Figura 30: Diagrama de dispersión de tiempos de producción e indicador - Mes de Junio 2021 .....	54

Figura 31: Diagrama de dispersión de tiempos de producción e indicador - Mes de Julio 2021 .....	56
Figura 32: Días promedio de retraso según mes .....	56
Figura 33: Indicadores de tiempo según el mes.....	57
Figura 34: Diagrama de Pareto - Tipo de almacenamiento .....	62
Figura 35:Diagrama de Pareto - Capacidad/ Costo de mano de obra.....	63
Figura 36: Diagrama de Pareto - Tiempo de retraso.....	64
Figura 37: Diagrama de Ishikawa .....	64
Figura 38: Diagrama de Operaciones de Proceso .....	67
Figura 39: Tiempo de Ciclo .....	70
Figura 40: Porcentaje de cumplimiento según cada mes .....	71
Figura 41: Matriz FODA .....	72
Figura 42: Interfaz de usuario para el Sistema en la nube .....	73
Figura 43: Indicadores de gestión de la Empresa Metal mecánica.....	75
Figura 44: Opciones de encuesta Clima laboral .....	77
Figura 45: Interfaz de encuesta en la nube .....	77
Figura 46: Value Stream Mapping Futuro de la empresa metal mecánica.....	79
Figura 47: Simulación Promodel .....	83
Figura 48: Cuadro de indicadores de la simulación de fabricación de tanque de GLP ..	84
Figura 49: Estado de Locación de capacidad individual. ....	84
Figura 50: Histograma de la simulación .....	85
Figura 51: Tarjetas Kanban en la nube .....	88
Figura 52: Objetivo comparativo de estadísticas paramétricas y no paramétricas .....	104
Figura 53: Gráfica de Decisión de Hipótesis .....	111

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Matriz de consistencia .....	171
<b>Anexo 2:</b> Encuesta para personal operario .....	172
<b>Anexo 3:</b> Validez del instrumento a través de juicio de experto Ing Hugo Mateo .....	173
<b>Anexo 4:</b> Validez del instrumento a través de juicio de experto Ing Luis Cuadros .....	175
<b>Anexo 5:</b> Formulario de Encuesta de satisfacción. ....	177

## RESUMEN

La presente investigación tomó como objeto de estudio el desarrollo de un sistema de gestión orientado en mejorar el manejo de la producción en una empresa de metalmecánica del sector de Energía y Minas, la cual preocupada por mantenerse en el mercado y ser competitiva hace que la gestión en el área de producción sea vital para así lograr mejorar sus tiempos de entrega y ambiente de trabajo.

Considerando que la situación actual de la empresa y sus crecientes necesidades de seguir evolucionando en el sector manufacturero y desarrollarse en óptimas condiciones, planteó tener como meta cumplir con los tiempos establecidos en la entrega de pedidos, reducir costos de mano de obra y efectivamente mejorar el ambiente laboral, se propuso la aplicación de herramientas Lean en la gestión de la producción que abarque los principales motivos que pueden afectar a la empresa a largo plazo. Con la finalidad de identificar los principales factores causados por la ineficiente gestión del área productiva, se proponen alternativas de solución con un enfoque tecnológico, con la ayuda de indicadores de gestión y a través del trabajo simultáneo en la nube se establecerá información de los tiempos de entrega de pedidos y ello mejorará la planificación en cuánto a pronósticos de tiempo y su variabilidad.

Con esta aplicación de herramientas Lean en el área productiva se logró visualizar mejoras en los resultados a los valores que se manejan en la actualidad mediante la simulación (costos de mano de obra y tiempos de entrega de pedidos) también de propuestas organizadas para la mejora en la gestión de producción la cual se verá reflejada en las buenas prácticas de manufactura como progreso a un buen ambiente de trabajo. Se utilizó el VSM para mapear el flujo de valor, también el uso de tarjetas Kanban para determinar tiempos en cada estación de trabajo y para la simulación del proceso se manejó el software ProModel para reforzar el contexto mencionado y medir las mejoras a través de indicadores. Estos indicadores nos indican que la satisfacción de la demanda mejoró en 13.88%, el tiempo de entrega de pedidos mejoró en 17% y el ambiente de trabajo mejoró en 23% lo cual la empresa en cuestión mejoró un 17.96% su gestión de la producción aplicando herramientas Lean.

Palabras clave: Gestión de la Producción, tarjetas Kanban, VSM, tiempos de entrega de pedidos, ambiente de trabajo.

## **ABSTRACT**

This research took as its object of study the development of a management system aimed at improving production management in a metalworking company in the Energy and Mining sector, which is concerned about staying in the market and being competitive with them. that management in the production area is vital in order to improve delivery times and work environment.

Considering that the current situation of the company and its growing needs to continue evolving in the manufacturing sector and developing in optimal conditions, it proposes to have as a goal to comply with the times established in the delivery of orders, reduce labor costs and effectively improve the work environment, the application of Lean tools in production management that covers the main reasons that can affect the company in the long term is proposed. In order to identify the main factors caused by the inefficient management of the productive area, alternative solutions are proposed with a BI (Business Intelligence) approach, to achieve these objectives management indicators will be used for correct decision-making and through work Simultaneously in the cloud, information on order delivery times will be established and this will improve planning in terms of time forecasts and their variability.

With this application of Lean tools in the productive area, it was possible to visualize improvements in the results to the values that are currently handled through the simulation (labor costs and delivery times of orders) also of organized proposals for the improvement in production management which will be reflected in good manufacturing practices as progress to a good work environment. Using the VSM tool to visually order the flow of the value chain and map the processes, also the use of Kanban cards to determine times in each workstation and for the simulation of the process, the ProModel software was used to reinforce the mentioned context and measure improvements through indicators. These indicators indicate that demand satisfaction improved by 13.88%, order delivery time improved by 17%, and the work environment improved by 23%, which the company in question improved its production management by 17.96% by applying lean tools.

**Keywords:** Production Management, Kanban cards, VSM tool, order delivery times, work environment.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis se centra en describir la condición actual de la forma en la que se maneja y planifica el área productiva de una empresa metal mecánica ubicada en Chilca, especializada en la fabricación y reparación de cisternas móviles, tanques GLP y combustible, con el objetivo de reducir los costos y determinar tiempos; así como, mejorar el ambiente de trabajo a través de la propuesta de aplicación de herramientas Lean.

Un ambiente de trabajo óptimo es fundamental para el recurso más importante de la empresa, los operarios, porque de ellos depende la fabricación efectiva de los productos; Sin embargo, también es importante rodear al operario de una correcta planificación y organización para el uso correcto de tiempos y costos, así como la implementación de tecnología ya que a largo plazo genera beneficio y es importante para que las empresas se mantengan competitivas en el mercado. La correcta gestión de la producción es esencial ya que garantiza un ambiente controlado, operarios motivados, oportunidades de mejora y de esta manera mejorar la productividad.

Por estas razones, mediante la presente investigación se pretende mejorar la gestión de la producción, a través de la aplicación de herramientas Lean que tengan como fin reducir costos de mano de obra, determinar tiempos de entrega, así como también mejorar el ambiente laboral de los trabajadores del área de producción de tanques GLP de la empresa metal mecánica.

Es importante mencionar que la gestión de la producción es crucial para las empresas metal mecánica ya que la producción es su principal y más importante componente, por lo que es crucial que cuente con la planificación y control necesario, existen diversas tesis que aplican herramientas Lean a diversas áreas de una empresa; Sin embargo lo que diferencia a nuestra investigación es el enfoque BI y trabajo integrado por medio de un sistema en la nube para llevar a cabo esta propuesta de aplicación.

En el primer capítulo, se desarrolla el planteamiento del problema general y específicos, así como el objetivo general y específicos, también la delimitación de la investigación y por último su justificación e importancia.

En el segundo capítulo, se detallan a profundidad los antecedentes del proyecto, en los cuales se muestran tesis nacionales e internacionales, se detallan las bases teóricas

vinculados a las variables de estudio y la definición de términos básicos que proporcionará más información para la comprensión de la presente investigación.

En el tercer capítulo, se plantea la hipótesis general, hipótesis específica, definición conceptual de las variables y su operacionalización.

En el capítulo cuatro, se desarrolla la metodología de la investigación que es de tipo aplicada, nivel explicativo y de diseño experimental no comprobada con un enfoque cuantitativo, la población y la muestra están establecidas por la delimitación temporal de esta tesis, en adición a esto las técnicas e instrumentos de recolección de datos se encuentran debidamente detallados en este capítulo, así como también las técnicas de análisis y procesamiento de la información

En el capítulo cinco, se desarrolla la presentación y análisis de resultados por medio del DMAIC, así como se realiza la prueba de hipótesis por medio del software SPSS.

Por último, se explican las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó gracias a la investigación.



# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Formulación del problema

Las consecuencias de una mala gestión de la producción en las empresas pueden ser diferentes, entre las cuales principalmente se encuentra un planeamiento inadecuado que conlleva a sobre costos, variabilidad de tiempos, desorganización, exceso de trabajo imposibilidad de medir el proceso, riesgo laboral, asignación inadecuada de recursos, incumplimiento de metas y desventajas competitivas. Según Corral (1994) “El planeamiento estratégico se realiza con el fin de conocer y comprender el entorno de la organización y de esta manera contrarrestar aspectos negativos y tomar ventaja de los positivos para desarrollar estrategias en pro de la visión, misión y objetivos”

Los problemas relacionados con la ineficiente gestión de la producción también afectan a las industrias del rubro metalmeccánico (donde existe una fuerte vinculación con la industria minera, pesquera, producción, petróleo, gas y energía, además cuentan con una producción diversa desde la industria básica del metal, la fabricación de productos hasta la construcción de plantas y naves industriales) tales como costos de producción, problemas de calidad en niveles de producción, incumplimiento de plazos de entrega, falta de compromiso en colaboradores, desorden en los puestos de trabajo, riesgos ergonómicos.

Díaz (1993) plantea que la gestión de la producción se ha convertido en un arma esencial para mejorar la competitividad a la que se dedican la mayoría de las empresas. Se debe reducir los niveles de inventario, a su vez, planificar mejor y también darle una imagen de alta calidad a la empresa, son frases que se escuchan con frecuencia en las oficinas gerenciales.

Este autor muestra que la división del trabajo dentro de la empresa conduce al surgimiento de organizaciones internas o subsistemas de gestión como producción, marketing y finanzas, además de otras como la tecnología o la gestión de recursos humanos, la política salarial, formación de empleados y recursos humanos, también la normativa laboral y tecnología de la información. Además, consideró la gestión de la producción como un problema económico, tratándolo como un problema de

decisión, es decir, el proceso de definir una acción particular entre una serie de alternativas, para que los resultados esperados se maximicen o se cumplan.

Según el ministerio de la Producción, la producción manufacturera con respecto a marzo de 2021 registra un crecimiento de 4.7% con respecto a marzo del 2019 (pre-pandemia). Este resultado positivo es desarrollado por el incremento de las exportaciones industriales (+23%) y la actividad en la manufactura no primaria (+10.0%), principalmente, por las industrias de bienes intermedios (+11.9%) y de capital (+78.1%) situadas en el sector construcción y minería.

También la manufactura no primaria sigue en espacio positivo desde enero de 2021 y registra un importante aumento del (+10.0%). Este resultado se debió por el acrecentamiento de las exportaciones manufactureras (+23%) y el avance de la demanda local alrededor del 2.2%. Todos los rubros registraron alza y los que repercutieron en el resultado positivo de este subsector fueron: bienes de consumo (+5.7%), bienes intermedios (+11.9%), bienes de capital (+78.1%) y servicios industriales (+25.2%).

Dentro de los bienes intermedios se registra el incremento de la producción estructuras metálicas (+68.7%), otros productos químicos (+54.7%) y papel y cartón ondulado (+13.4%). De igual manera, se señaló un significativo resultado en la industria de pinturas y barnices (+37.0%), otros productos de metal (+37.9%) y cemento, cal y yeso (+14.2%), todos ellos favorecidos por la mayor demanda del sector construcción.

Asimismo, la producción de fabricación de motores y transformadores eléctricos creció un (+353.7%) y maquinaria para la explotación minera (+19.1%). Igualmente, se registra un incremento en los servicios de reparación de maquinaria (+14.3%) y tratamiento y revestimiento de metales (+186.0%). En la siguiente figura se mostrará a detalle la evolución de los sectores ya mencionados con anterioridad. (Ver Figura N°1)

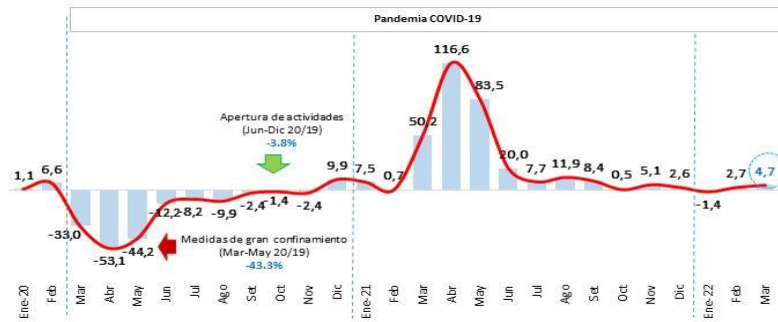


Figura 1: Desempeño del Sector Industrial Manufacturera - Marzo 2022

Fuente: Ministerio de la Producción

“La industria manufacturera registra un incremento de 6,7% en julio del 2021, en comparación al mismo mes del 2020, debido al proceso de reactivación de la economía y a la mayor demanda de bienes” informó el Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI); Sin embargo, comparando el desempeño de julio con el nivel de producción antes de la pandemia (2019), la tasa de crecimiento se revierte a un decrecimiento del -2,0%.

En la siguiente figura se mostrará la variación de la producción industrial desde el 2020 hasta el 2021 (Ver Figura N°2)



Figura 2: Producción Industrial - 2020-2021

Fuente: IEES-SNI

La manufactura registra un aporte de 3,5 puntos en el crecimiento del PBI nacional entre enero y julio del 2021. La construcción y la manufactura resaltaron entre los demás sectores, siendo los que tuvieron más aporte hacia la economía nacional.

Según subsector, en el periodo de análisis, la manufactura no primaria, la más significativa, registra un significativo crecimiento debido a la reactivación de este sector y un importante efecto estadístico, dado que las actividades no primarias fueron las principalmente afectadas durante los meses más álgidos del Estado de Emergencia.

En la siguiente figura se mostrará la producción manufacturera en el 2021 (Ver Tabla N°1)

Tabla 1: Producción manufacturera por actividad, 2021

**PRODUCCIÓN MANUFACTURERA POR ACTIVIDAD, 2021**  
(Variación porcentual)

Actividad	2021/2019		2021/2020	
	Jul	Ene – Jul	Jul	Ene – Jul
<b>Manufactura Primaria</b> (Harina de pescado, carne, azúcar, metales)	<b>- 10,9</b>	<b>3,2</b>	<b>- 17,8</b>	<b>12,1</b>
<b>Manufactura No Primaria</b> (Netamente industrial)	<b>0,8</b>	<b>3,3</b>	<b>16,7</b>	<b>38,8</b>
<b>Total Industria</b>	<b>- 2,0</b>	<b>3,3</b>	<b>6,7</b>	<b>31,0</b>

Fuente: IEES-SIN

La industria metal mecánica logró resultados positivos (15.1%) al comparar los primeros siete meses del 2021 y el mismo período del 2019 (pre pandemia) sólo por detrás de la industria farmacéutica (22%)

La empresa a investigar pertenece al rubro de metalmecánica ubicada al sur de Lima, en donde la planta de fabricación se encuentra en Chilca, cuentan con 5 locales comerciales de los cuales miden 1200 m2 cada uno. En la actualidad existen inconsistencias en el manejo adecuado de los recursos, generando sobrecostos, además de un ineficiente

planeamiento, el cual genera tiempos de entrega exactos; Por otro lado, la casi nula organización del personal, genera un entorno de trabajo rígido y poco motivador para el trabajador. Estas situaciones señalan la pobre gestión del área productiva y donde

se centra la investigación

En el Perú, según Siu (2019) indicó que mejoró la productividad implementando la gestión de la producción en una empresa de fabricación de caramelos duros. En el ámbito internacional, Lucumi (2020) indicó que aplicó una propuesta de mejora en el registro y control de los indicadores de producto no conforme de la empresa metalmecánica JHL S.A en la ciudad de Cali, Colombia. También Sesma (2019) indicó que se utilizaron las 5s y VSM para incrementar la eficiencia en una cadena de producción de galletas en una fábrica de productos alimenticios

En las empresas del rubro metal mecánica, las áreas de producción, planificación y diseño destacan la importancia de la gestión de la producción. En la empresa que investigamos, nos enfocaremos en la producción de tanques GLP, los cuales son de mayor importancia, asimismo necesita una gestión adecuada del área para abastecer las órdenes de producción y pedido. En el transcurso de los años esta inefectiva gestión ha estado repercutiendo en la producción que ha generado inconsistencias en la cadena de valor y en las entregas correctas a los clientes, generando sobrecostos y un inadecuado ambiente laboral.

Esto se debe a varios factores como, no llevar el control de la cantidad de producción, generando que haya sobre stock y retrasando la elaboración de nuevos pedidos de producción, falta de operarios capacitados para el proceso de producción ya que no hay un control de tiempos y genera demoras de fabricación, incapacitando de realizar otras funciones a los obreros más capacitados, inadecuadas condiciones operativas con la falta de uso de indicadores. por estos factores ya mencionados hace que no se atiende de manera adecuada a los pedidos y que reduzcan futuras ventas con lo se generan reclamos de los clientes afectando la rentabilidad de la empresa.

Para ello se muestra un cuadro de las causas para la siguiente problemática:

Tabla 2: Cuadro de frecuencia del problema con muestra de 10 Órdenes de producción.

Causa	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%	% acumulado
Retraso excesivo en la entrega de pedidos	10	10	21.74	21.74
Inadecuada distribución de operarios para la fabricación de tanques GLP	9	19	19.57	41.3
Desperdicio de tiempo y material	8	27	17.39	58.7
Ambiente de trabajo inadecuado	5	32	10.87	69.57
Incorrecta asignación de labores	4	36	8.7	78.26
Acumulación de pedidos	4	40	8.7	86.96
Falta de capacitación en operarios	3	43	6.52	93.48
Ausencia en el seguimiento de actividades	3	46	6.52	100
TOTAL	46			

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa metalmecánica (marzo 2022)

Identificando la problemática se podrá visualizar en el siguiente diagrama de Pareto.

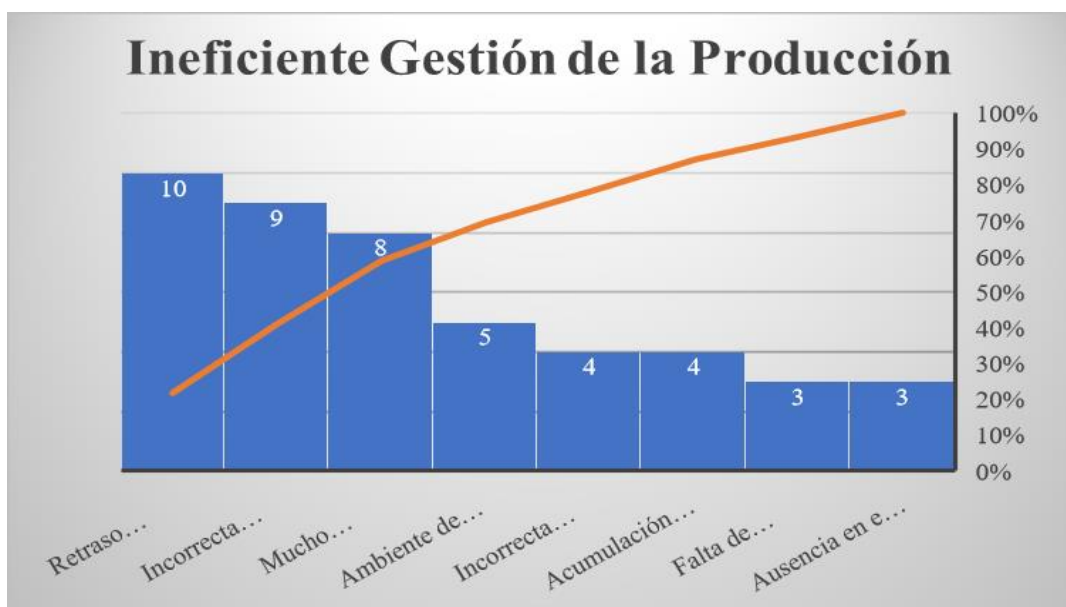


Figura 3: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones, las causas que explican una inapropiada gestión en la producción se explican en el siguiente diagrama de Ishikawa

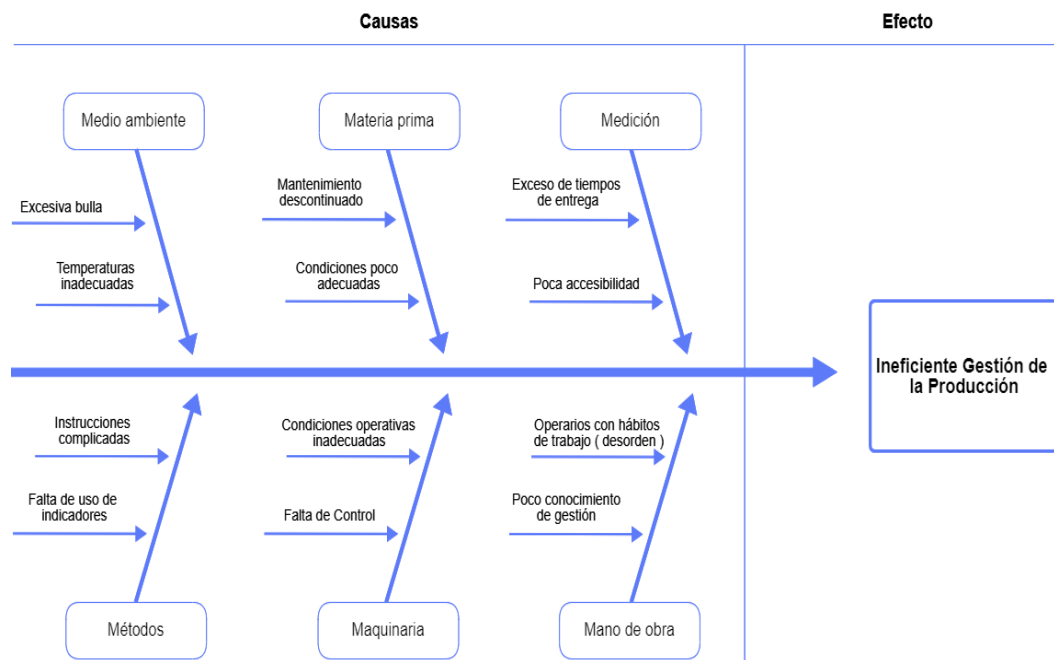


Figura 4: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de inconvenientes generan quejas constantes de los clientes ya que hay demora en la entrega de los pedidos y si lo desean entregar a tiempo lo realizan de manera incorrecta lo que ocasiona que se ingrese el producto terminado a ser reprocesado y realizando gastos innecesarios, que le dan mala apreciación e imagen a la empresa desprestigiando su operación y manejo de esta.

Con estos problemas se define lo siguiente.

## 1.2 Problema General

¿Cómo mejorar la Gestión de la Producción de tanques GLP en una empresa de Metal Mecánica?

## 1.3 Problemas Específicos

a) ¿De qué manera la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá satisfacer la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica?

b) ¿De qué manera la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá reducir los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica?

c) ¿De qué manera la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá mejorar el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Determinar si la propuesta de aplicación de herramientas Lean permite mejorar la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa de Metal Mecánica.

### **1.4.2 Específicos**

a) Determinar si la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá satisfacer la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.

b) Determinar si la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá reducir los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.

c) Determinar si la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá mejorar el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.

## **1.5 Delimitación de la investigación**

### **1.5.1 Delimitación espacial**

Esta investigación se realizará en la planta de una empresa metalmecánica en el área productiva ubicada en el distrito de Chilca en la provincia de Cañete - Perú.

### **1.5.2 Delimitación temporal**

Esta investigación comprenderá desde mayo de 2021 a abril de 2022.



## **1.6 Importancia**

La importancia de la presente investigación consiste en otorgar herramientas para la adecuada gestión productiva de la empresa con base en la metodología Lean para estandarizar tiempos, organizar, manejar adecuadamente los recursos y poder brindarle oportunidades de crecimiento y generar valor en la empresa de estudio, además de ofrecer una fuente de contenido académico que sirva de guía para futuras investigaciones sobre el sector industrial metalmecánica.

## **1.7 Justificación del estudio**

### **1.7.1 Justificación teórica**

La presente investigación aportará con información sobre el uso de las herramientas Lean como, Kanban o VSM, además del manejo de indicadores en empresas metalmecánica, y cómo aplicarlas para mejorar la gestión de la producción, cuya aplicación abarca a la mayoría de empresas y sectores industriales, todo esto con el fin de aportar investigación sobre el sector manufacturero.

### **1.7.2 Justificación práctica**

Desde lo práctico se planea gestionar la producción con las herramientas Lean para así evitar sobrecostos en la producción de tanques de GLP, también para determinar tiempos de entrega y crear una mejor percepción de los clientes; Asimismo, generar un ambiente adecuado para los trabajadores.

### **1.7.3 Justificación social**

La justificación social que plantea la presente investigación es promover un ambiente óptimo de trabajo donde el desempeño, desenvolvimiento y la productividad de los trabajadores sean medidos y recompensados de forma efectiva, aumentando el “empowerment” y el clima laboral en la empresa; Por otro lado, con la gestión correcta del área donde se desenvuelven, capacitar al trabajador a ser conscientes del impacto social que generan por sus actividades y mejorar su calidad de vida.

#### **1.7.4 Justificación económica**

La justificación económica de la presente investigación es obtener resultados significativos en los costos de producción, teniendo mapeado el flujo del proceso, reducir costos operativos y de mantenimiento por excesos en los tiempos de entrega, así como eliminar significativamente gastos innecesarios. Asimismo, al implementar el sistema en la nube, sería una investigación rentable, ya que se eliminarían gastos logísticos, de servidores físicos, etc.

#### **1.8. Limitaciones del estudio**

Para el desarrollo de la investigación se dispone de la información estadística de la empresa; Sin embargo, se presentó la dificultad de no contar con la autorización de usar la información confidencial como nombre de la empresa o datos personales de los trabajadores.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Investigaciones relacionadas con el tema**

#### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

Existen diferentes investigaciones que observan la importancia de diseñar sistemas de gestión orientados a la mejora de la producción utilizando herramientas Lean, en este caso como los tiempos de entrega, la disminución de costos y la creación de un clima laboral agradable como principal sustento, en el ámbito nacional se observaron las siguientes investigaciones:

En esta investigación de Arroyo, N. (2018), en su tesis “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica” El objetivo del trabajo de investigación fue optimizar el sistema de producción en una metalmecánica reflejada en la rentabilidad de esta, la muestra fue los procesos más críticos del área de producción. Para el análisis de los datos se usaron cuadros estadísticos, diagrama de Pareto y diagrama de bloque. Se concluyó que con la implementación de las herramientas Lean se obtuvo una reducción del 47%, 59% y 17% en los procesos, reprocesos y el lead time respectivamente en la empresa. El aporte hacia el proyecto es la aplicación de las herramientas Lean para mejorar la gestión de los procesos y reducir el lead time.

Bances, R. (2017), en su tesis “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánico Wensay Aceros S.A.” El objetivo del trabajo de investigación fue mejorar la situación actual del área de producción del taller de metalmecánica. La población elegida fueron 60 pedidos y la muestra se eligió el 100% de la población. Adicionalmente, mediante la observación en los procesos consulta de datos históricos y fichas bibliográficas, fueron las técnicas para la recolección de datos; y el instrumento de recolección de datos fue check, ficha de registro de datos, reloj y registros directos. Con esto se concluyó que utilizando las herramientas Lean Manufacturing de manera adecuada se mejoraría un 9.18% y 24%, el lead time y la productividad respectivamente. El aporte hacia el proyecto es la técnica de recolección de datos por medio de la consulta de datos históricos, observación

en los procesos y la optimización de tiempos mediante herramientas Lean Manufacturing.

Ramos, D. (2017) en la tesis “Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la Productividad en FRP Engineering S.A.C, Villa el Salvador” El objetivo general del trabajo es aumentar la productividad, utilizando la herramienta kaizen para optimizar la producción, minimizando los defectos. Se llegó a la conclusión de que, al utilizar la manufactura esbelta, la empresa se volvió más eficiente económicamente ya que ahorró valor económico en solo un mes de prueba, por lo que pudimos confirmar mejoras en el rendimiento, aumentando la eficiencia, además de cumplir con el tiempo de entrega con la misma calidad y buen servicio. La investigación nos ayuda a reducir tiempos de reproceso, optimizar tiempos de entrega y mejorar la calidad de servicio.

Asimismo, Siu, E. (2019) en la tesis “Implementación de la gestión de la producción y la mejora en la productividad de la planta de fabricación de caramelos duros” El objetivo general del trabajo es desarrollar una gestión de producción en una empresa de fabricación de caramelos duros. Se llegó a la conclusión que, al usar la implementación de un software para el planeamiento y control de la producción, se mejoró el nivel de entrega a tiempo de los productos solicitados. La investigación nos ayuda a entender la relación entre la gestión de la producción y el planeamiento de la producción y cómo generar valor mediante su implementación.

Ale M. & Juan De Dios, G. (2020), en su tesis “Propuesta de aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing para reducir los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima 2020”. El objetivo de la investigación fue reducir los tiempos muertos de las operaciones del proceso de reencauche, con ayuda de las herramientas Lean Manufacturing como SMED, Poka Yoke y 5S. La técnica de recolección de datos fue revisión de la hoja de registro de producción, observación, y toma de tiempos. Además, el instrumento de recolección de datos fue tabla AMEF, cuestionario de evaluación de orden y limpieza. Se concluyó que con la metodología Lean Manufacturing se reduciría un 45.57% y 52%, en los tiempos muertos globales y tiempos muertos por desorganización respectivamente. El aporte hacia el

proyecto es la aplicación de herramientas Lean para reducir el desperdicio en diferentes niveles.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Para los autores Guerra, J. & Orozco, G. (2017), que realizaron la tesis “Diseño de una propuesta para la reducción de los tiempos de entrega en Indumetalicas Carz empleando herramientas de Lean Manufacturing”. El objetivo principal fue realizar una propuesta de diseño para disminuir los tiempos de entrega, utilizando las herramientas Lean. La metodología fue de tipo experimental, analítica y cuantitativa. Se concluyó que al aplicar la metodología se redujo el tiempo de ciclo por unidad/producto, obteniendo un ahorro anual de 14% sobre los costos de producción. El aporte será utilizar las herramientas Lean en una empresa manufacturera, pero dándole un enfoque en la gestión de la producción.

También, Molina, W. & Mora, C. (2019) realizaron la tesis “Aplicación de herramientas Lean para la mejora del sistema de gestión operativa del centro de distribución de almacenes corona S.A.S ubicado en Cali”. El objetivo fue la reducción de costos mediante la optimización de inventarios y mejorar el sistema operativo de la gestión en Almacenes Corona S.A.S ajustando inventarios. La metodología utilizada fue cuantitativa y cualitativa. Se concluyó que con la utilización de con la herramienta Lean se obtiene un beneficio en los costos mediante la disminución de inventarios. El aporte será conocimientos acerca de la utilización de las herramientas Lean, haciendo énfasis en la gestión de los procesos para disminuir los costos.

Sesma, B. & Callejo, M. (2019), presentó la tesis “Análisis de la productividad y mejora de la eficiencia de una línea de producción de galletas aplicando la metodología Lean Manufacturing”. El objetivo fue proponer un plan de mejora basado en Lean Manufacturing, optimizando la operatividad de una cadena de producción de galletas. La metodología fue aplicada, experimental y cuantitativa. Se concluyó que con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta como Value Stream Mapping (VSM) se logró incrementar la eficiencia en la fabricación de galletas. El aporte será conocimientos de la

aplicación de la metodología principal en nuestro proyecto en las diferentes fases de una línea de producción, con los procesos que estos incluyen teniendo en foco la reducción de tiempos y mejora de indicadores.

Además, Zamora, R., & Pullutasig, M (2019) en su tesis “El Lean Service y su impacto en la mejora continua en talleres electromecánicos del cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua” mostraron el lean service y su impacto en la mejora continua en talleres electromecánicos del cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua. La propuesta resultante de la investigación se dirigió a proponer un manual lean service para mejorar la calidad de servicio en los talleres electromecánicos. Se concluyó que su propuesta servirá de guía para conocer la manera idónea para satisfacer las necesidades de los clientes, manteniendo un buen ambiente laboral, seguro y cómodo. El aporte para nuestro proyecto será la manera de alinear la gestión de la producción con las necesidades de los clientes manteniendo un ambiente laboral óptimo.

Ccatamayo, B. (2017) en su tesis “Aplicación De Filosofía Lean En La Preparación Minera, Mina El Teniente Codelco Chile”, la cual se dedica a la explotación de cobre, encontró dificultades como sobre excavación, acumulación de marina y elevada cantidad de interferencias operativas; Con la implementación de la herramienta Mapeo de Cadena de Valor, logró representar la secuencia de actividades en un mapa de flujo, el cual consta de varios pasos, el primer paso define todos los datos a recolectar, el segundo paso define el estado actual, el tercero hace un mapa del estado futuro, y finalmente se encuentra el plan y se implementa y se pone en acción, esto con el fin de identificar posibles soluciones y aplicar medidas correctivas. La tesis concluyó con el resultado del análisis del principal problema que es la sobre excavación y es por esta razón en el estado futuro propone cambiar el explosivo usado cotidianamente. Esto redujo la sobre excavación hasta 18%, generó mayor eficiencia de avance de la excavación hasta el 95% y redujo el tiempo de emisión de gases post tronadura hasta 20 min menos del promedio. El aporte de esta investigación es el uso de la herramienta VSM para lograr mejoras en los procesos y para la reducción de tiempos

## 2.2 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### Gestión de la Producción

Cuando hablamos de gestión de la producción, nos referimos al conjunto de herramientas de gestión utilizadas específicamente para maximizar los niveles de producción de una empresa específicamente para comercializar sus productos. Si bien existen muchos modelos mediante los cuales esto se puede realizar, la gestión de la producción depende de la planificación, ejecución, implementación y control de diversas tácticas para mejorar las actividades que se desarrollan en una empresa industrial. (Gestión y administración, 2017)

Objetivos de la Gestión de la producción:

“Conseguir que se entreguen los productos pedidos en las cantidades, fecha y calidad requerida y conseguir que estos productos se fabriquen dentro de los costos previstos y estos sean mínimos”. (Siu, E., 2019)

Funciones de Gestión de la producción:

Planificación: Según Siu (2019) para entregar los productos en los plazos acordados, primero hay que calcular qué recursos y qué cantidad se necesita, a continuación, hay que estimar una fecha de ejecución, todo esto se resume en un presupuesto de gasto.

Control: Según Siu (2019) para saber si estamos cumpliendo con el programa y manteniéndonos dentro de los costes, hay que supervisar el comportamiento de existencias, proveedores, mano de obra y máquinas, para lo que hay que establecer unos índices de control relevantes.

Seguimiento: Para poder efectuar el control se necesita información, una documentación efectiva y oportuna que se encuentre siempre disponible y haya sido rellenada a tiempo. (Pérez M., 2003)

### Lean Manufacturing

Lean surgió en la industria del automóvil 1950 y 1963 específicamente en Toyota. Lean Manufacturing conocida también como manufactura esbelta, limpia, reduciendo tiempos y evitando mermas con el fin de mejorar y optimizar el proceso.

Tiene dentro de ella varias herramientas que nos ayudan a implementar todos los beneficios del Lean Manufacturing.

Díaz del Castillo, F (2009), Los objetivos fundamentales del Lean Manufacturing es la adquisición de una filosofía de mejora continua que permita a las empresas reducir sus costos, optimizar procesos y eliminar los desperdicios para conseguir conservar el margen de utilidades e incrementar el nivel de satisfacción de los clientes.

Según Womack (2005) el pensamiento Lean provee una forma de hacer más con menos recursos; Menos esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo, menos espacio, más próxima de las necesidades del cliente.

Según (Socconini, 2013) el Lean Manufacturing “se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo, esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados”. Es una herramienta que permite identificar oportunidades de mejora, actividades que no agregan valor, determinar los desperdicios para eliminarlos, reducir el sobre stocks y el sobre costos, elimina la variabilidad de los procesos así mismo elimina los cuellos de botella, En otras palabras, se entiende que detrás de un proceso que tiene muchas actividades que toman tiempo realizarlos puede haber una serie de oportunidades de mejora, desperdicios que generan sobrecostos, cómo esperas o fallas en la planificación de las operaciones.

#### Principios de la filosofía Lean

- Definir el valor: “Desde la opinión del cliente, enfocado en las características de un producto específico y ofertado a un precio y plazo específico”. (Lledó, P. & Mercu, R., 2008)
- Identificar la cadena de valor: “Quitar desperdicios, hallar la forma para dar valor al cliente”. (Lledó, P. & Mercu, R., 2008)
- Crear flujo: “Asegurar que todo el proceso circule directo de un paso a otro agregando valor, desde los materiales hasta el cliente”. (Lledó, P. & Mercu, R., 2008)



- Producir el “tirón” del cliente: “Una vez definido el proceso, producir según lo que demanda realmente el cliente, en lugar de hacerlo según un pronóstico”. (Lledó, P. & Mercáu, R., 2008)
- Perseguir la perfección: “En el momento que una organización u empresa alcanza los cuatro pasos iniciales, procura optimizar constantemente”. (Lledó, P. & Mercáu, R., 2008)

Herramientas Lean:

Según Womack (2005) Las herramientas Lean son la forma práctica de aplicar la metodología Lean Manufacturing que tienen como objetivo eliminar del proceso productivo todo lo que no agrega valor al producto, proceso o servicio. Esto reduce costos, genera satisfacción del cliente y mejora la rentabilidad de la empresa, un objetivo clave de cualquier industria.



Figura 5: Casa Lean

Fuente: Lean Solutions (2006)

Las 5S:

- Clasificar - Seiri: “Se enfoca en dividir lo que se necesita de lo que no se necesita para las operaciones de producción. Se separa lo que no genera valor, mediante etiquetas de color rojo para poder identificar los elementos que no se necesitan”. (Aldavert, V. & Aldavert, L., 2016)
- Poner en orden – Seiton: “En este segundo periodo, se intenta localizar estos elementos innecesarios en el cual se puedan encontrar con facilidad y se logre que

sean guardados. Se centra en crear métodos de almacenaje que sean eficientes y eficaces para ordenar los artículos”. (Aldavert,V. & Aldavert , L., 2016)

- Limpieza – Seiso: Según Aldavert,V. & Aldavert , L. (2016), luego se elimina el desorden que obstaculiza las zonas de trabajo y se ordenan los componentes restantes, el siguiente paso es mantener pulcra la zona de trabajo, tomando en cuenta que todo el personal sea parte y tenga compromiso con el fin.
- Estandarizar – Seiketsu: Según Aldavert,V. & Aldavert , L. (2016), este pilar se utiliza para mantener los primeros 3 apoyos, colocando estereotipos en un lugar que sea visible y pueda ser sencillo de interpretar por sus lados Se utilizan mayormente los controles visuales que ayuda a interpretar el cómo se tiene que desarrollar este trabajo.
- Disciplina – Shitsuke: Según Aldavert,V. & Aldavert , L. (2016), esta base fundamental tiene la tradición de conservar adecuadamente los métodos correctos y normalmente es el pilar más complicado de implementar ya que por la misma naturaleza que se tiene como procedimiento el estudio del ser humano es común que exista resistencia al cambio.

#### Mapa del flujo de valor (VSM)

Es una técnica que ayuda a desarrollar una cadena de valor más competitiva en las empresas manufactureras. El mapeo de flujo de valor rastrea el flujo de materiales e información y lo captura utilizando herramientas gráficas estandarizadas. Esta técnica rastrea el producto desde el estado de las materias primas en stock hasta el producto terminado. Se detallan todas las tareas existentes, ya sea que agreguen valor al producto o no. Dado que se trata de un mapa detallado de todas las actividades, se pueden identificar posibilidades de mejora. Como todas las herramientas de Lean Manufacturing, el objetivo de VSM es sugerir mejoras en los procesos y eliminar lo que no agrega valor. Los procesos que generan residuos se identifican fácilmente a través del VSM. A través de un grupo de trabajo se generan ideas para mejorar el proceso. Si se producen desperdicios o cambios en el proceso, se eliminan del sistema. Según Womack (2005) para realizar una correcta utilización de la herramienta Lean se deben seguir los siguientes pasos:

- Identificar el producto

- Determinación del VSM actual
- Determinación del VSM futuro.

El Value Stream Mapping o mapa del flujo de valor también se le conoce como “un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente” (Hernández, J. & Vizán, A., 2013, p. 90). El VSM ayuda a identificar las actividades que agregan valor en todo el proceso del servicio. El mapeo del flujo de valor representa visualmente el flujo de información, materiales, y el trabajo en sistemas y áreas funcionales poniendo énfasis en la cuantificación de desperdicios, incluyendo el tiempo y la calidad (Bell, S. & Orzen, M., 2010, p. 37). Así, esta herramienta permite el análisis del estado actual y el diseño del estado futuro de la secuencia de eventos que debe atravesar el servicio desde el inicio de un proceso específico hasta la satisfacción del cliente. Esta herramienta gráfica muestra todos los pasos importantes del proceso e identifica el tiempo y el volumen dedicado a cada paso. (Ver Figura 6). Según (Hernández, J. & Vizán, A. 2013), el Value Stream Mapping: Tiene por objetivo plasmar en un papel, de una manera sencilla, todas las actividades del proceso productivo para identificar puntos críticos de la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso. El VSM facilita, de forma visual, la identificación de las actividades que no aportan valor añadido al negocio con el fin de eliminarlas para aumentar la eficiencia. Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena valor. (p.90)

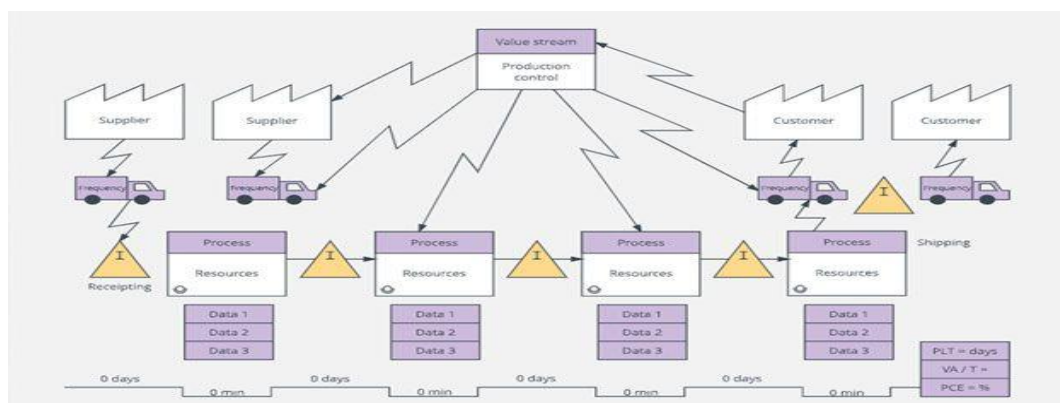


Figura 6: Esquema del Value Stream Mapping

Fuente: Geinfor

## Sistema Kanban

Hernández J. & Vizán A. (2013), denominan al Kanban como: Un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (en japonés, Kanban), aunque no exclusivamente. Utiliza una idea sencilla basada en un sistema de tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de tarjetas. Kanban se ha constituido en la principal herramienta para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado. El sistema consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondiente materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe tener el envase o contenedor. (p. 75) (Ver Figura 7)

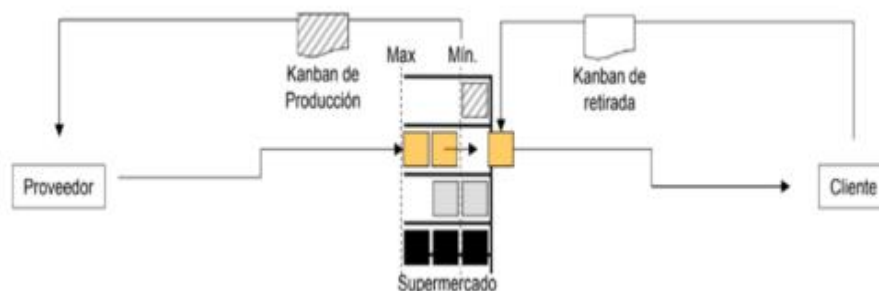


Figura 7: Esquema del Sistema Kanban

Fuente: BSH Production System

La metodología Kanban consta de seis reglas fundamentales, las cuales se muestran a continuación: (Ver Figura 8)

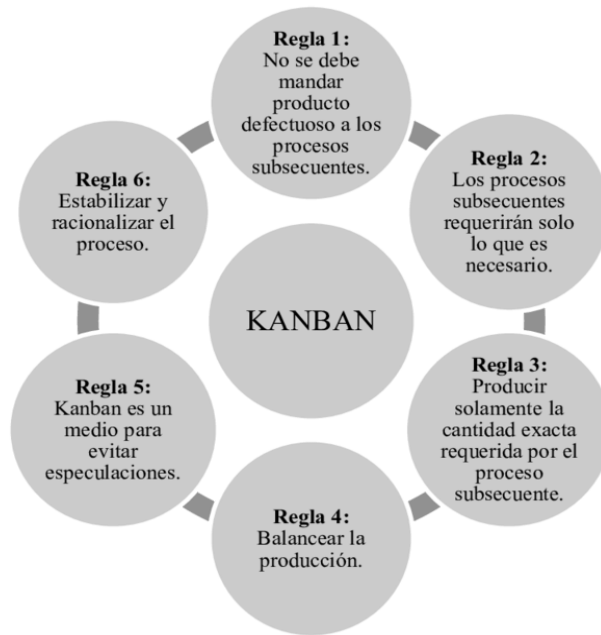


Figura 8: Reglas en las que se basa la metodología Kanban

Fuente: Arango, M. (2015)

### Indicadores de gestión

Según Cifuentes A. (2018) se define al indicador como: Una representación (cuantitativa generalmente) establecida mediante la relación entre dos o más variables, a partir de la cual se elaboran registros, operaciones y se muestra información relacionada para medir el proceso o su opuesto para lograr un objetivo específico en un período determinado. Cabe señalar que los indicadores son importantes si están relacionados con los objetivos, políticas y valores estratégicos de la organización, el propósito del indicador es facilitar la toma de decisiones en la organización con el fin de obtener una mejora continua. (p. 17-23)

### Indicadores de gestión en el contexto de Lean Manufacturing

“Uno de los principales objetivos del Lean Manufacturing radica en implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las organizaciones reducir los costos, mejorar los procesos, eliminar los desperdicios, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de rentabilidad”. (Asensi, F. 2017)

Según Asensi, F. (2017) los indicadores de Lean Manufacturing permiten cuantificar el desempeño de las operaciones ya que, en todo momento, se puede visualizar de

forma generalizada el funcionamiento de los procesos. Algunos de los indicadores más importantes son:



Figura 9: Indicadores de gestión Lean Manufacturing

Fuente: Elaboración propia, con indagación de Asensi, F. (2017)

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Ambiente de trabajo.** Según Vargas, M. (2021) El ambiente de trabajo o laboral está directamente relacionado con la percepción que tienen los trabajadores en cuanto a los factores que determinan la calidad de su experiencia en el lugar donde realizan sus funciones. Dichos factores pueden ser tangibles o intangibles. “Dentro de los tangibles podemos encontrar aumentos de salario, bonos y detalles por fechas especiales. Por otra parte, está la adaptación de las oficinas para facilitar la rutina de los colaboradores, máquinas para café, sillas ergonómicas, la creación de espacios físicos para relajarse o distraerse. Con la modalidad de teletrabajo es más difícil evidenciar estos factores, pero se pueden adaptar a las necesidades de las personas en esta nueva normalidad”. (Vargas, 2021)  
“Los factores intangibles tienen un peso significativo en la creación de un buen Ambiente Laboral, ya que en esta categoría se define cómo se da la relación de

las personas con su trabajo, la calidad de las interacciones entre los colaboradores y cómo estos se sienten con dichos vínculos”. (Vargas, 2021)

Según Vargas, M. (2021). Dentro de estos podemos encontrar factores como: la confianza, la credibilidad, la honestidad, el respeto, el reconocimiento y la participación; Asimismo, la oportunidad de tener un balance óptimo entre la vida personal y laboral, la equidad en el trato, la inclusión, el orgullo, entre otros.

- **Buenas prácticas de Manufactura.** “Las buenas prácticas de manufactura también son la base de las operaciones de la industria, pero de igual forma cualquier empresa que desee garantizar sus productos en cuanto a calidad, eficacia y aceptación también puede implementarlas, aunque realmente la parte que suple estas regulaciones federales en otros tipos de procesos son las Normas Estándar ISO”. (Flores, 2010)
- **Business Intelligence:** “Es la transformación de datos e información de una organización en conocimiento para la toma de decisiones en el negocio. Al asociar esta variable con las tecnologías de la información, se entiende como las herramientas que reúnen la información en una sola plataforma, en donde, convierten información proveniente de distintos medios en una estructura concreta de fácil análisis”. (Howson, 2009)
- **Costos de producción.** Los costos de producción son un factor importante en la competitividad de empresas y países. Cuando son específicos del sector manufacturero, estos costos sirven como indicador de la competitividad de los bienes manufacturados en el comercio mundial. Por lo tanto, los gobiernos, los interlocutores sociales, los investigadores y las organizaciones nacionales e internacionales se interesan en la información sobre costos laborales pueden compararse entre países y sectores. (International Labour Organization, 2017)
- **Gestión de la demanda.** Según (La Escuela de Tecnología y Negocios Cert Campus) Se encarga de predecir y regular los ciclos de consumo, adaptando la producción a los picos de mayor exigencia para asegurar que el servicio se sigue prestando de acuerdo a los tiempos y niveles de calidad acordados con el cliente.
- **Indicadores de gestión:** Según Cifuentes A. (2018) se define al indicador como: “Una representación (cuantitativa generalmente) establecida mediante la relación entre dos o más variables, a partir de la cual se elaboran registros, operaciones y se muestra información relacionada para medir el proceso o su opuesto para lograr

un objetivo específico en un período determinado”. (p. 17-23). Cabe señalar que los indicadores son importantes si están relacionados con los objetivos, políticas y valores estratégicos de la organización, el propósito del indicador es facilitar la toma de decisiones en la organización con el fin de obtener una mejora continua.

- **Kanban.** Según Rajadell, C & Sanchez G (2010) “es un sistema de programación y control de la producción, centrado en tarjetas. Consta que cada proceso posterior toma lo que necesita del anterior y solo procesa las partes que tomó, como resultado se genera un sistema de producción sincronizado” (p. 10).
- **Planificación y control:** Según Chapman (2006), define que el diseño en el sistema de planificación y control se ve afectado por diferentes factores, dentro de ellos el volumen y la variedad de la producción esperada que normalmente se ve presionada por la cantidad de influencia que tiene el cliente en el diseño del producto o servicio que se le entrega por los procesos de la organización.
- **Takt time.** Según Chambi (2016) Es la medida que debe producir un producto para cumplir con la demanda requerida.
- **Tanque GLP:** Es el sistema habitual de distribución de gas licuado de petróleo GLP, el cual según Dincorsa (2016) “Es la abreviación de Gas Licuado de Petróleo. Está compuesto de la mezcla de gases licuados existentes en el gas natural o disueltos en el petróleo (propano y butano). Este tipo de gas puede ser aplicado en diferentes usos, pero principalmente es utilizado como combustible para vehículos”.
- **Tiempos de entrega de pedidos:** Según Vermorel, J. (2020) El tiempo de entrega es el tiempo desde el comienzo de un proceso hasta su final. En la cadena de suministro, cada vez que se compra, produce o repara un producto, el tiempo de entrega o espera generalmente se mide en los días necesarios para completar ese proceso.



## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis principal

Si se aplican las herramientas Lean entonces se mejorará la Gestión de la producción de tanques GLP en una empresa Metal mecánica.

### 3.2 Hipótesis secundarias

- a) Si se aplican las herramientas Lean entonces se satisfará la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica
- b) Si se aplican las herramientas Lean entonces se reducirán los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.
- c) Si se aplican las herramientas Lean entonces se mejoraría el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.

### 3.3 Definición conceptual de variables:

Variable independiente:

Herramientas Lean

Variable dependiente:

Gestión de la producción

Dimensiones:

- Satisfacción de la demanda
- Tiempo de entrega de pedido
- Ambiente de trabajo

#### 3.3.1. Operacionalización de las variables

Se muestra a continuación la Matriz de Operacionalización (Ver Tabla N°3) donde se define las variables dependientes e independientes, sus dimensiones y los indicadores que hacen medibles los resultados en el desarrollo de la investigación

Tabla 3: Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores
Herramientas Lean <b>(Independiente)</b>	Es una filosofía de gestión que enfoca a la reducción de los ocho tipos de desperdicios en productos manufactureros. Mejorando la calidad, reduciendo el tiempo y costo de producción, eliminando el despilfarro	Es una variable que nos permite mejorar la gestión de la producción tales como reducir costos de mano de obra, tiempo de entrega de pedidos y ambiente de trabajo.	$\frac{\text{Gestión de la producción antes de la aplicación de herramientas Lean}}{\text{Gestión de la producción de después de la aplicación de herramientas Lean}}$
Gestión de la Producción <b>(Dependiente)</b>	Es la utilización de métodos y/o técnicas con la finalidad de convertir la materia prima en un producto terminado. Este tipo de proceso se encuentra en la cadena de acciones desde el inicio a fin del proceso para permitir una planificación ideal.	Es una variable que mide los costos de mano de obra, tiempos de entrega de pedidos y ambiente de trabajo.	$\frac{\text{Dimensiones de la gestión de la producción antes de las herramientas Lean}}{\text{Dimensiones de la gestión de la producción después de las herramientas Lean}}$

<b>Variables Específicas</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>
Satisfacción de la demanda	Planificación, acciones y control de la cantidad que se demanda, por lo general se expresa en unidades diarias.	Es una variable que mide el tiempo empleado de fabricación sobre la cantidad de demanda.	Takt time: $Takt\ Time = \frac{\text{Tiempo total de trabajo disponible por día/cambio}}{\text{Demanda total del cliente por día/cambio}}$
Tiempos de entrega de pedidos	El tiempo de entrega es el tiempo desde el comienzo de un proceso hasta su final. En la cadena de suministro, cada vez que se compra, produce o repara un producto, el tiempo de entrega o espera generalmente se mide en los días necesarios para completar ese proceso.	Es una variable que mide el tiempo de entrega real de pedidos de tanques GLP desde que se acepta el pedido hasta la entrega al cliente.	$\frac{\text{Tiempo de entrega real}}{\text{Tiempo de entrega programado}}$
Ambiente de trabajo	Es el lugar en donde los trabajadores desempeñan sus labores donde deben acudir por razón del mismo.	Es una variable que nos permite realizar un informe de Cumplimiento de buenas prácticas de manufactura	% de cumplimiento de buenas prácticas de manufactura

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Tipo de investigación y método de investigación.

La investigación será de tipo aplicada porque se busca resolver la situación caótica del área productiva, con el fin de hacer una mejora en la gestión de la producción, para ello se hará un análisis de las variables que afectan la gestión de la producción. Esto con ayuda de herramientas como DMAIC, SIPOC y matriz de control que sintetizan de manera correcta la información,

Según Baena (2017) indica que la investigación aplicada centra su atención en las posibilidades específicas de aplicar las teorías generales a la práctica y dirige sus esfuerzos hacia las soluciones de las necesidades creadas por la sociedad y los hombres.

Es relevante porque “se basan en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental, de las ciencias naturales y sociales, que hemos visto, se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida social de la comunidad regional o del país.” (Ñaupas et al., 2018, p.136)

Se usará el nivel explicativo, dado que la investigación se basa en explicar las causas de la ineficiente gestión de la producción, esto a través de datos e indicadores que describen la problemática para que luego se presente un análisis cuantitativo del impacto que tiene la propuesta sobre el problema. La variable independiente “Gestión de la producción” mejorará significativamente si se aplica correctamente la variable dependiente “Herramientas Lean”.

Para el autor Fresno (2019) las investigaciones explicativas “Son aquellos dirigidos a responder por qué se produce determinado fenómeno, cual es la causa o factor asociado a ese fenómeno. Este tipo de estudio se analizan relaciones causa-efecto” (p.87)

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo, porque se busca determinar el tiempo de entrega de los pedidos y costos de producción de una empresa metal mecánica del Perú mediante la recolección de información a través de encuestas

y de los datos disponibles dentro de la empresa y análisis gráficos para mejores estimaciones y toma de decisiones.

De acuerdo a Ñaupas (2018) manifiesta lo siguiente acerca del enfoque cuantitativo: “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva e inferencial, en tratamiento estadístico y la prueba de hipótesis; la formulación de hipótesis estadísticas, el diseño formalizado de los tipos de investigación; el muestreo, etc”. (p.140)

#### **4.2 Diseño de investigación**

La investigación es de tipo cuasi experimental, porque la selección de los tanques de GLP fue aleatoria, sino fue un grupo asignado ya que se va analizar a un número determinado de órdenes de compra. Por lo que tenemos como pretest de mayo 2021 a abril 2022 y post test propuesto en mayo 2022 a abril 2023, el periodo post test se determinará mediante la simulación.

De acuerdo a los Autores Cruz C y Olivares S (2014) definen las investigaciones cuasi experimentales:

“Manipulan deliberadamente al menos una variable independiente, solo que difieren de los experimentos en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasiexperimentales los sujetos no son asignados al azar a los grupos ni emparejados, sino que dichos grupos ya estaban formados antes del experimento; esto es, son grupos intactos.” (p.131)

Hernández Sampieri et al. (2014) menciona que en los diseños cuasiexperimentales “los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se integran es independiente o aparte del experimento)” (p.151).

### 4.3 Población de estudio

La población estudiada en la presente investigación comprende de 260 tanques de GLP de la empresa metalmecánica que corresponden a todos los demás tipos de fabricación de tanques y carrocerías, de cada una de las plantas de producción que se encuentran en Chilca, entre los meses de mayo del 2021 a abril del 2022.

Tabla 4: Cuadro de Órdenes de Producción

MES	ÓRDENES DE PRODUCCIÓN	TANQUES DE GLP
mayo 2021	20	25
junio 2021	18	20
julio 2021	20	21
agosto 2021	20	22
septiembre 2021	19	23
octubre 2021	18	26
noviembre 2021	25	30
diciembre 2021	20	21
enero 2022	16	18
febrero 2022	19	19
marzo 2022	15	15
abril 2022	18	20
	<b>TOTAL</b>	260

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa metalmecánica (marzo 2022)

Para esta investigación, según la definición previa, el muestreo no es probabilístico porque existe una lista de registros, se refiere a los registros de costos y tiempos en los tanques de GLP durante el período de estudio, y estos registros constituyen la población.

Hernández Sampieri resalta que “Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde

luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación.” (p.176)

#### 4.4 Diseño muestral

Según Hernández Sampieri et al. (2014) cuando la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador se refiere a un muestreo no probabilístico.

El tamaño muestral para fines prácticos de la presente investigación se determina de manera cuantitativa no probabilística realizando un muestreo por conveniencia con respecto al objetivo de estudio, principalmente trabajar con aquellos tanques de GLP que han presentado incidentes con los reportes brindados por la misma empresa, por lo que la selección de los tanques de GLP siendo así una muestra de un número de 15 tanques que han sido considerados bajos los siguientes criterios.

Criterios de inclusión:

1. Tomar el tiempo real de fabricación del tanque GLP.
2. Costos de tanque GLP.
3. Controlar la calidad en todos los procesos.
4. Estar vinculado directamente con la Empresa.
5. Consentimiento y aceptación voluntaria de uso del sistema de monitoreo.

Tabla 5: Muestra de Estudio

Periodo	Tanques de GLP
mayo 2021 - abril 2022	15

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la presente investigación se utilizará las siguientes técnicas de recolección de datos para ser analizados posteriormente:

- a. Encuestas: Está conformada por 14 preguntas que está relacionada a las variables sujetas a medición y además alineado a los objetivos de la investigación. Validada por un juicio de expertos.
- b. Análisis documental: El análisis documental es un instrumento mediante el cual por un proceso intelectual extraemos información, datos relevantes de documentos para desarrollarlo, dar acceso a la información original. En este caso la empresa nos otorgará los datos necesarios con los indicadores establecidos para esta investigación.

“La recopilación documental es una técnica de investigación para recoger o recopilar información, relevante, con alto grado de veracidad, de fuentes documentales con el objetivo de verificar las hipótesis de trabajo, de un protocolo de investigación.” (Ñaupas et al., 2018, p.308)

Este análisis permite aclarar la situación problemática que se presenta y facilita dar una posible solución a través de la verificación de las hipótesis planteadas. Utilizaremos también la información extraída de la base de datos ofrecida por la empresa como herramienta para el análisis correspondiente y obtener los indicadores del área.

#### **4.6 Procedimiento para la recolección de datos**

Para recolectar información actual se seguirá el siguiente procedimiento:

- a) Primero, se utilizó la encuesta de análisis subjetivas, una encuesta con 30 preguntas (el cual encontramos en el anexo) que explican cómo el trabajador se siente al momento de iniciar sus labores diarias. Para la aplicación de esta encuesta nos valimos de la herramienta de Formulario Google, esto con fines prácticos y dada la coyuntura actual que atravesamos, para esto se procedió a compartir el link con la encuesta a llenar. Previo a esto se informó con los trabajadores de campo para que entendieran el objetivo de nuestra investigación y se sintieran en la libertad de responder las preguntas con total sinceridad.



- b) Segundo, habiendo obtenido la respuesta, la información será procesada gráficamente en Microsoft Excel para establecer y realizar la construcción del ambiente laboral que existe en la empresa investigada. Dividida en usuarios que se sienten gratos con su clima laboral, a veces grato y nunca grato.
- c) Luego, se procedió a extraer los datos de la toma de tiempos en la producción de tanques de GLP de la empresa en el área productiva y se obtuvo la base de datos de los registros de toma en cada uno de los tanques donde se encuentra registrado el tiempo real de su fabricación, todo esto para poder correlacionar los resultados que nos ofrecen ambas herramientas y así obtener un diagnóstico más veraz.

#### **4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

Para el estudio de la data recolectada se utilizarán las siguientes herramientas:

Microsoft Excel: Esta herramienta se usa para procesar la información recolectada y con ayuda de los gráficos y fórmulas propias del programa se podrá tener un análisis más minucioso.

Software SPSS: Se utiliza para el análisis estadístico de los datos ya recolectados y procesados en excel, esto es necesario para la prueba de hipótesis. Además, te permite tener cálculos más exactos y manejar grandes bases de datos ahorrando así tiempo.

Software ProModel: Esta herramienta tecnológica ayudará a realizar la simulación de la propuesta de mejora planteada y el impacto que tendría si se aplicara dicha propuesta, esto a través de ciertos indicadores proporcionados por el programa.

Diagrama de Causa-Efecto: Esta herramienta nos permite hacer el análisis de la problemática en estudio, estableciendo la relación del efecto y todas las posibles causas que lo componen. Con este diagrama podemos saber más detalle de las posibles causas que originan el problema.

SIPOC: Es la representación gráfica del proceso para poder identificar los

elementos involucrados que generan la continuidad de las actividades en cada etapa (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes)

Mapa de Procesos: Es un diagrama de valor que muestra los procesos de manera interrelacionada de tal manera que se entienda el funcionamiento de toda la organización o de un área en especial.

# CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

## 5.1 Procedimiento operativo

Para el desarrollo operativo de la presente investigación se utilizó el enfoque del Ciclo DMAIC, esto con el ánimo de alcanzar la mejora de los procesos haciendo uso de herramientas estratégicas en cada etapa del ciclo (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar) para obtener un análisis bien detallado, darle una secuencia organizada a cada punto y con esto determinar los tiempos reales en producción y así estimar el periodo el cual tomaría la entrega real de pedidos con ello reducir costos de mano de obra y crear un clima organizacional adecuado.

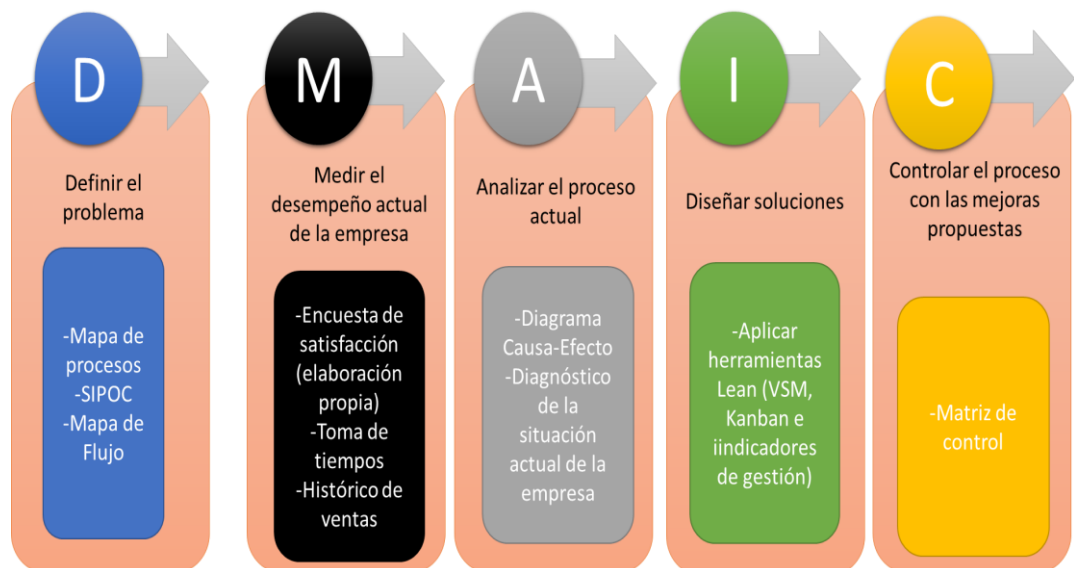


Figura 10: Ciclo de mejora de procesos DMAIC

Fuente: Elaboración Propia.

## 5.2 Aplicación del ciclo DMAIC

Para este estudio es muy importante definir bien la situación actual de la empresa estudiada, por lo que se recolecta información sobre la situación actual de la empresa y cómo trabajan los operadores del sitio en el lugar donde se obtienen los minerales.

Esta etapa constituye la recolección de información, por lo que es el objetivo

principal de aplicar diferentes tecnologías y herramientas para recolectar la máxima cantidad de información, por lo tanto, finalmente comprender la situación general del problema a analizar.

### 5.2.1 Definir

En esta etapa se realiza un diagnóstico de la situación actual de la empresa, enfocándose en el aspecto de la gestión de la producción, especialmente en factores importantes basados en el plan, como la organización y el control de los recursos disponibles para garantizar el buen funcionamiento del área de producción. Para ello se ha recopilado toda la información necesaria a través de diversas herramientas y técnicas estratégicas, todas estas para que se comprenda la problemática con más detalle.

#### Mapeo de procesos:

Un mapa de procesos es un diagrama de flujo de valor que muestra las operaciones de una organización de forma gráfica. Este gráfico resume las interrelaciones de todas las operaciones de la organización.

El siguiente mapa fue elaborado con el objetivo de identificar y entender los procesos involucrados en la empresa en estudio, los cuales se clasifican en procesos estratégicos, operativos y de apoyo. En este mapa de procesos se visualiza de mejor manera el flujo de trabajo y la interrelación entre los procesos existentes para llevar a cabo todas las operaciones en la empresa metalmecánica haciendo énfasis en las operaciones de producción.

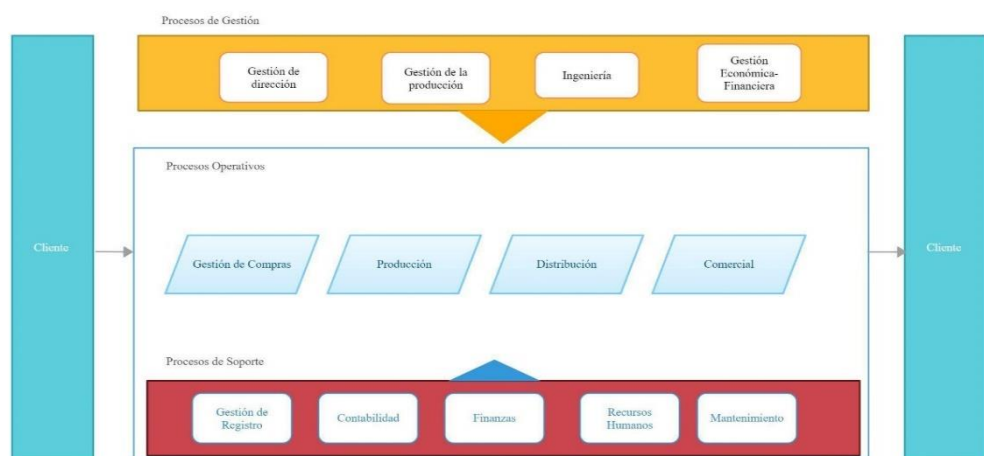


Figura 11: Mapa de Procesos de la Empresa

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 12, se identifica en los procesos estratégicos a la gestión de la dirección, gestión de la producción e ingeniería y gestión económica y financiera, en cuanto a los procesos operativos tenemos la gestión de compras, producción, distribución, el área comercial y como procesos de apoyo está la gestión de registro, contabilidad, finanzas, mantenimiento y recursos humanos.

### SIPOC

Es una representación gráfica de las actividades actuales del proceso en el que se encuentran involucrados los operadores. Comprende cinco puntos principales:

S: Supplier - identifica a los proveedores del proceso

I: Inputs - identifica los insumos que recibe de los proveedores

P: Process- identifica el proceso a evaluar y las actividades que lo componen

O: Output - identifica el producto que sale de cada actividad

C: Client- identifica el cliente

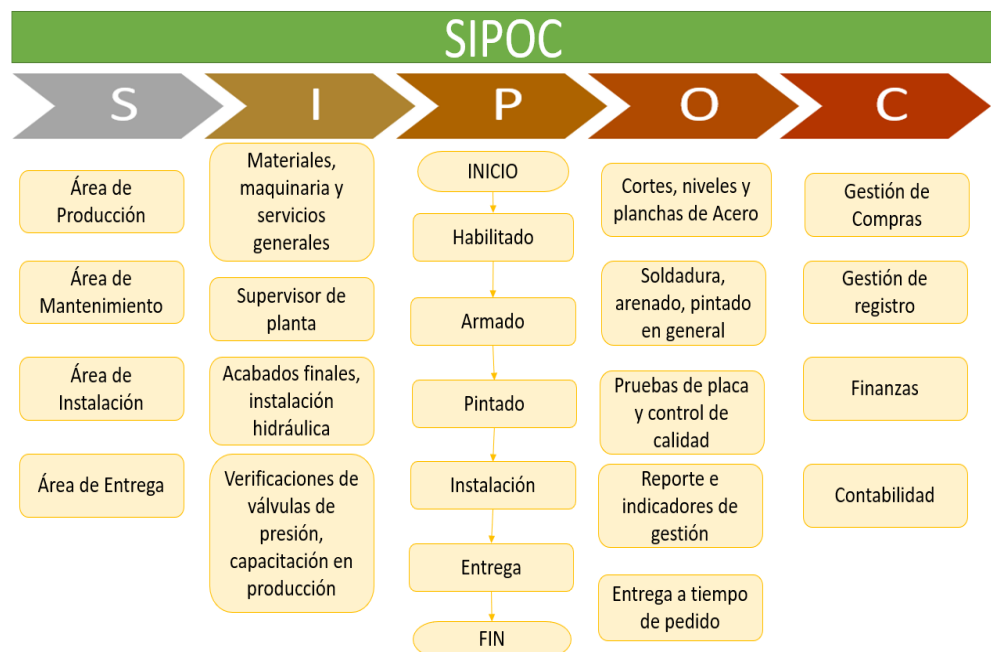


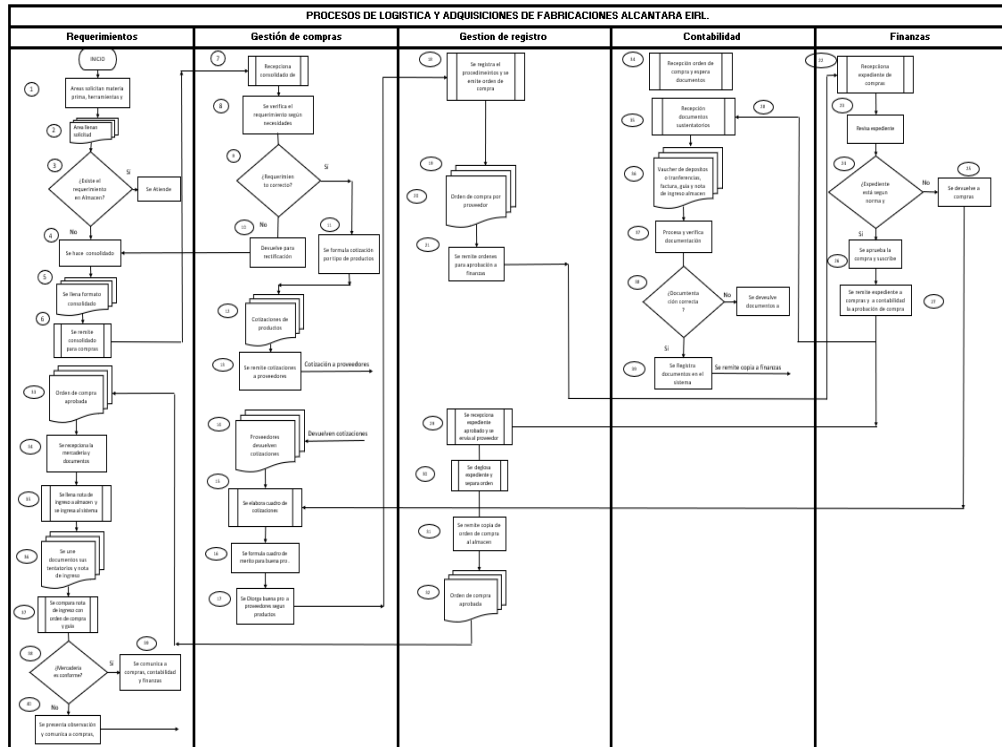
Figura 12: SIPOC

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo:

Es de vital importancia la identificación de procesos a estudiar por área y supervisor de área, ya que de esta manera se puede identificar qué tipo de flujo es el que está llevando actualmente la empresa.

Se muestra en la figura X el flujograma del proceso de transporte, especificando todas las operaciones realizadas en esta parte del proceso que involucra a todas las áreas necesarias para que el material esté listo en producción y de suma importancia para poder establecer las mejoras en la



gestión de la producción. Los procesos son los siguientes: Requerimiento, gestión de compras, gestión de registro, contabilidad

Figura 13: Diagrama de flujo de la Empresa

Fuente: Elaboración Propia

Encuestas:

Para esta Con el propósito de recopilar una mayor cantidad de información de la empresa extractiva, se utiliza esta herramienta compuesta de 12 preguntas que permiten tener un mayor entendimiento del grado de conocimiento de los trabajadores acerca del funcionamiento de la empresa, sus normas de seguridad y si poseen conocimientos del área ambiental. El formato de esta encuesta se encuentra en el anexo. Se desarrolló esta herramienta con la ayuda de Formulario Google, evaluando de esta manera a

los encuestados por medio del link de la encuesta a completar.

Donde cada respuesta representa un puntaje; “Totalmente de acuerdo” representa 5 puntos; “De acuerdo”, 4 puntos; “Indeciso” 3 puntos; “En desacuerdo”, 2 puntos y “Totalmente desacuerdo”, 1 punto. El formato de esta encuesta se encuentra en el ANEXO 03.

#### Análisis de Resultados de la Encuesta:

Para esta etapa del análisis se reciben los resultados de las encuestas de los X operarios y se obtiene un resultado final. Donde de acuerdo al puntaje, número de preguntas de acuerdo a sus puntajes unitarios, podremos definir cuántos operarios perciben la gestión de la producción y su nivel de satisfacción en el área de producción (ambiente de trabajo) según lo definido por la encuesta. Establecer en porcentajes del 100% de los operarios y realizar un gráfico circular con su interpretación respectiva.

Se presentan las preguntas:

Pregunta A: ¿Cuenta con los planos adecuados para la fabricación del tanque de GLP?

A. Cuenta con los planos adecuados para la fabricación del tanque de GLP.

20 respuestas

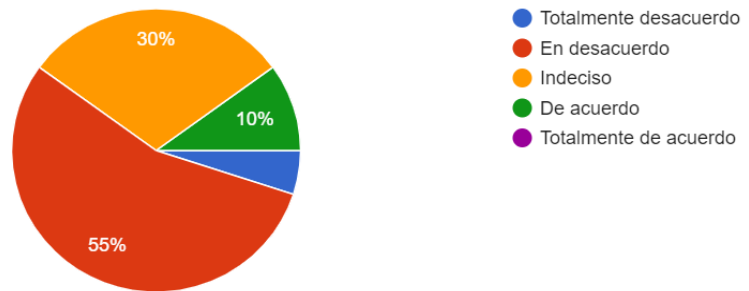


Figura 14: Pregunta A – Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Se presenta que existen 11 de 20 operarios que están en desacuerdo con que los planos son adecuados para la fabricación del tanque GLP, 6 operarios se encuentran indecisos, el 5% de los entrevistados se encuentra totalmente en desacuerdo con la pregunta; Por el contrario, solo 2 personas opinan que están de acuerdo.

Pregunta B: ¿Existen demoras en el proceso productivo por falla o inconsistencias en el tanque GLP?

B. ¿Existen demoras en el proceso productivas por falla o inconsistencias en el tanque GLP?

20 respuestas

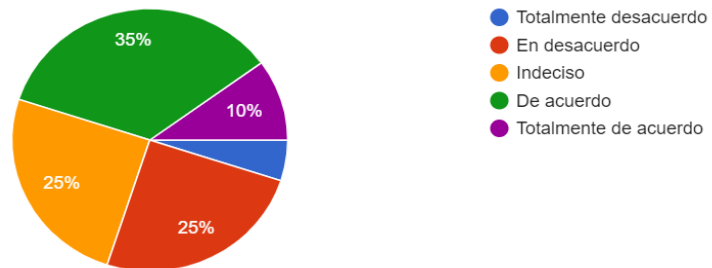


Figura 15: Pregunta B - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Se puede notar que la mayoría de encuestados, siendo el 35% se encuentran de acuerdo ante la pregunta, denotando que existen demoras por fallas o inconsistencias, siguiendo esta línea, 2 de 20 operarios están totalmente de acuerdo y consideran que hay demoras por fallas o inconsistencias en el proceso productivo de tanques GLP, un 25% está indeciso, mientras que 5 de 20 operarios están en desacuerdo ante la pregunta y tan solo 1 persona se encuentra totalmente en desacuerdo frente a la pregunta.

Pregunta: C: ¿Existen demoras en el proceso de producción por falta de personal debidamente capacitado?

C. ¿Existe demoras en el proceso de producción por falta de personal debidamente capacitado?

20 respuestas

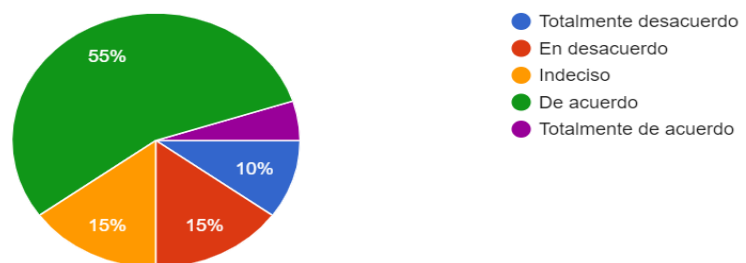


Figura 16: Pregunta C - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza que la mayoría de operarios encuestados se encuentra de acuerdo



en que existen demoras en el proceso de producción por falta de personal debidamente capacitado, siendo estos el 55%, 1 de 20 operarios siguen está línea y opinan que están totalmente de acuerdo, además el 15% de encuestados se perciben como indecisos ante la pregunta; Por otro lado, un 15% se encuentra en desacuerdo y 2 personas, en total desacuerdo.

Pregunta D: Se respetan los tiempos establecidos para las actividades planificadas.

D. Se respetan los tiempos establecidos para las actividades planificadas.

20 respuestas

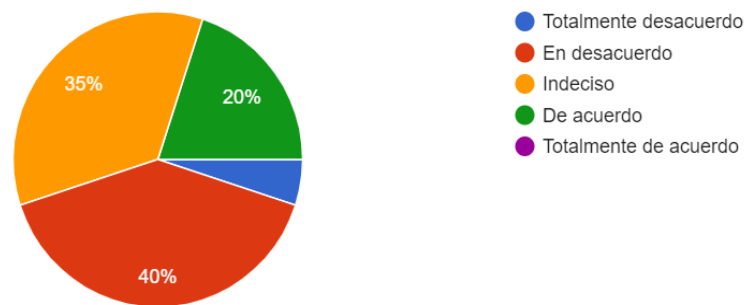


Figura 17: Pregunta D - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Existe un 40% de encuestados que opina que no se respetan los tiempos establecidos para las actividades planificadas, un 20% que cree que si se respetan los tiempos planificados, mientras que 7 de 20 operarios no sabe si sí o no.

Pregunta E: ¿Considera que la planificación de la producción es adecuada?

E. Considera que la planificación de la producción es adecuada.

20 respuestas

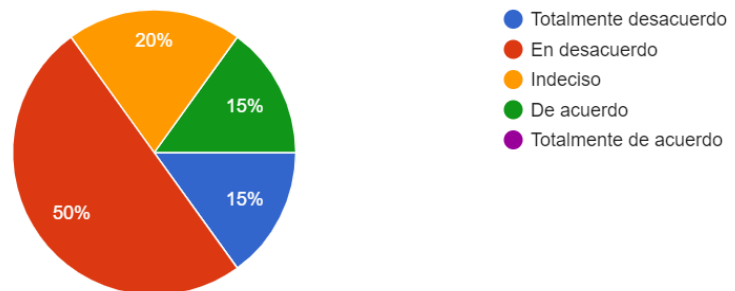


Figura 18: Pregunta E - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

El 65% de los encuestados cree que la planificación es inadecuada, mientras que solo 3 de 20 operarios considera que la planificación es adecuada, y un 20% se mantiene indeciso.

Pregunta F: ¿Se tiene un registro detallado de las horas de trabajo de los operarios para la fabricación de un tanque de GLP?

F. ¿Se tiene un registro detallado de las horas de trabajo de los operarios para la fabricación de un tanque de GLP?

20 respuestas

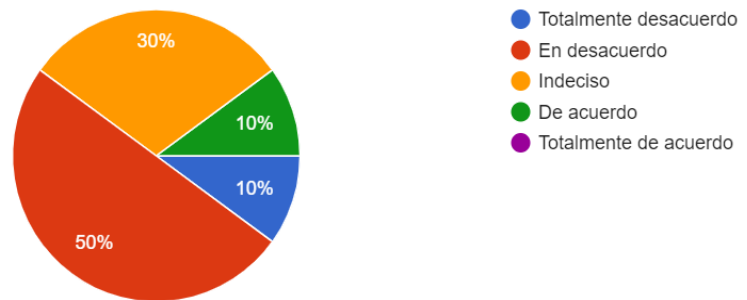


Figura 19: Pregunta F - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

10 de 20 operarios cree que no se tiene un registro de horas de trabajo para la fabricación de un tanque GLP, el 10% de los operarios se mantiene de acuerdo en que se cuenta con un registro detallado de las horas, y 2 encuestados se encuentran totalmente en desacuerdo, mientras que el 30% está indeciso

Pregunta G: ¿Considera que su jefe directo realiza una buena distribución de operarios para la fabricación de cada tanque de GLP?

G. ¿Considera que su jefe directo realiza una buena distribución de operarios para la fabricación de cada tanque de GLP?

20 respuestas

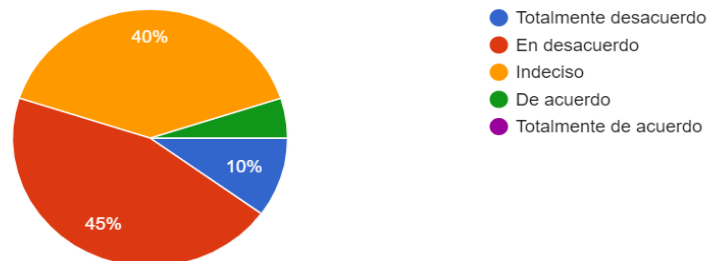


Figura 20: Pregunta G - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Frente a la pregunta anterior, el 45% de los encuestados respondieron que se

encuentran en desacuerdo y que no se realiza una correcta distribución de operarios para la fabricación de tanques GLP, un 5% de los operarios están totalmente de acuerdo y considera que sí se realiza una buena distribución, y 2 de 20 operarios se encuentran de acuerdo, mientras que un 40% prefiere mantenerse indeciso.

Pregunta H: ¿Considera usted que su remuneración justifica su trabajo?

H. ¿Considera usted que su remuneración justifica su trabajo?

20 respuestas

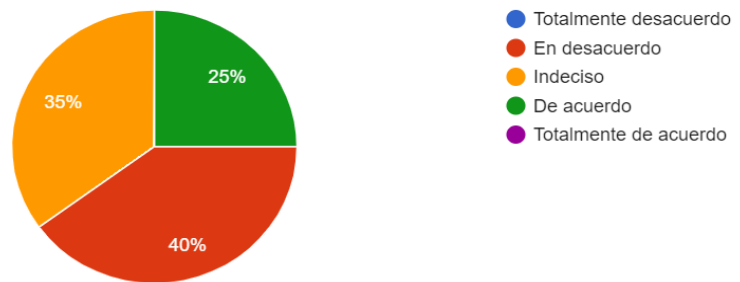


Figura 21: Pregunta H - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Según la gráfica, los encuestados en su mayoría no se sienten satisfechos con la remuneración por su trabajo, el 35% prefiere no especificar si está de acuerdo o no, solo un 25% que representan 5 operarios se sienten a gusto con su salario por lo que sus respuestas fueron positivas.

Pregunta I: En más de una ocasión, ¿se han requerido más operarios de los inicialmente establecidos?

I. En más de una ocasión, ¿se han requerido más operarios de los inicialmente establecidos?

20 respuestas

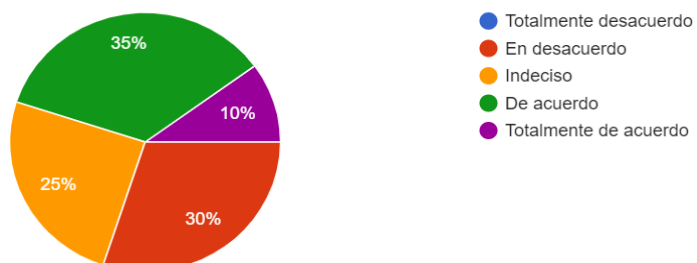


Figura 22: Pregunta I - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Los encuestados al responder esta pregunta mostraron su incomodidad ya que el 45% coincide en que si requieren de más personal para poder culminar con las labores ya establecidas. Sin embargo, 6 operarios respondieron que están en desacuerdo a la pregunta ya que se cumple con los cronogramas.

Pregunta J: ¿Tiene conocimiento del reglamento interno de la empresa?

J. ¿Tiene conocimiento del reglamento interno de empresa?

20 respuestas

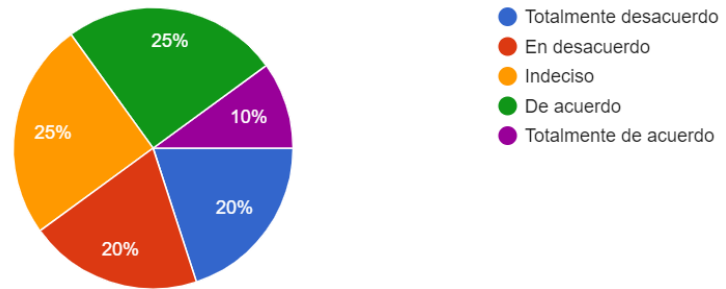


Figura 23: Pregunta J - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Un total de 8 operarios que representa el 40% no tiene conocimiento del reglamento interno de la empresa, pero hay un 35% que sí conocen sus reglas y pueden regir las normas.

Pregunta K: ¿Se siente representado por la empresa?

K. ¿Se siente representado por la empresa?

20 respuestas

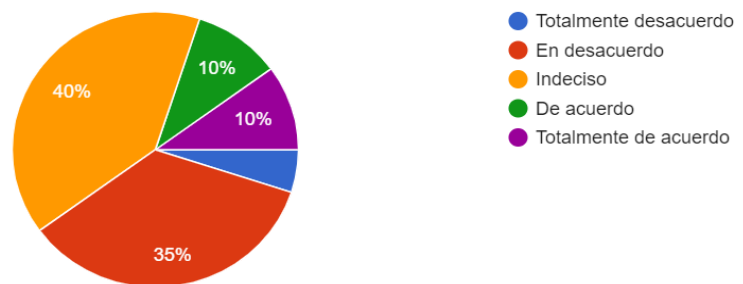


Figura 24: Pregunta K - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Para los encuestados esta pregunta en su mayoría fue dudosa ya que ni se sienten representados ni se identifican con la empresa, solo el 20% se siente orgulloso de representar a la empresa y 8 operarios si definitivamente no se

identifican con ella.

Pregunta L: Considera que la empresa le permite desarrollarse y crecer profesionalmente.

L. Considera que la empresa le permite desarrollarse y crecer profesionalmente.

20 respuestas

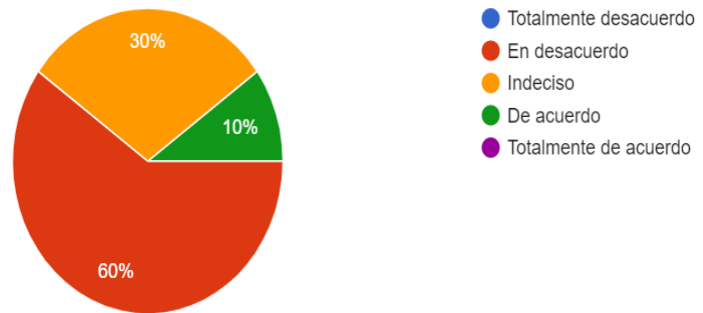


Figura 25: Pregunta L - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Según la gráfica más del 50 % siente que no se le permite desarrollarse ni crecer de manera profesional, sólo una minoría que son 2 operarios que se les otorgó la oportunidad de trascender en la empresa, en cuanto al resto de los encuestados prefieren no brindar una respuesta acertada a la pregunta.

Pregunta M: ¿Tiene conocimiento de las buenas prácticas de manufactura

M. ¿Tiene conocimiento de las buenas prácticas de manufactura

20 respuestas

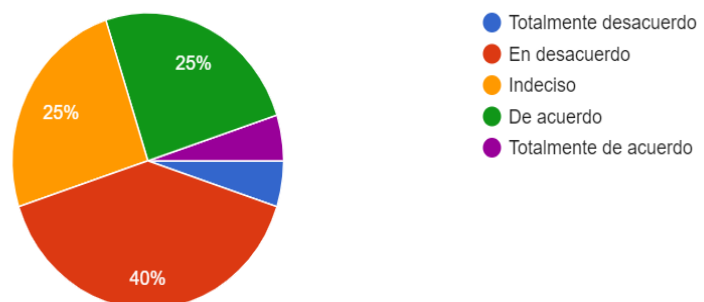


Figura 26: Pregunta M - Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en en la gráfica, 8 operarios no tienen conocimiento de las buenas prácticas de manufactura siendo un 40% del total, además se

encuentran indecisos el 25% ya que no saben ni opinan con respecto a la pregunta y solo 5 operarios si cuentan con el conocimiento acerca del uso de las buenas prácticas de manufactura.

En resumen, con el análisis de la encuesta se puede notar la ineficiente gestión en el área productiva, afectando tiempos, costos y clima laboral, lo cual repercute negativamente para los intereses de la empresa.

### 5.2.2 Medir

En la primera sección del DMAIC, definir, se encontró uno de los principales problemas en la empresa estudiada: Demoras en la entrega de pedido, costos extras en la producción por parte de los operarios e identificamos desbalances en las actitudes de los trabajadores haciendo que el uso de los instrumentos y realizando de tanques no sea la más adecuada por ello hemos realizado lo siguiente.

#### Satisfacción de la Demanda

Para iniciar primero usaremos la herramienta Lean, Value Stream Mapping (VSM) la cual muestra de forma visual el procedimiento en cuanto a los tiempos a detalle desde el ingreso de la solicitud del pedido, con la orden de esta y finalmente a la orden de producción la cual nos lleva a la producción del tanque de GLP visualizando algunos inconvenientes la cual se pueden mejorar y así evitar gastos innecesarios para conocimiento de la investigación la empresa metal mecánica no cuenta con un área de planeamiento por ello se presentan esas dificultades.

- Definir la familia de productos

Para identificar el global de familias dentro de la fabricación de nuestro tema de estudio se analizó el criterio “tipo de productos”. En esta investigación se trabajó con una familia en particular los tanques de GLP de 17,000 gls. Por lo tanto, se tomó como referencia el estudio de ese tipo de almacenamiento.

Tabla 6: Tipo de familia

	<b>FAMILIA DE TANQUES DE GLP</b>
<b>MUESTRA</b>	15
<b>ÓRDENES DE PRODUCCIÓN</b>	10
<b>CANTIDAD (GLS)</b>	17,000

Fuente: Elaboración propia

- Métricas del VSM

Dentro del VSM se han desarrollado y tenido en cuenta los siguientes indicadores:

1. Tiempo de Ciclo (T/C), tiempo que tarda una unidad o parte en salir de un proceso u operación. En esta etapa se midió por área teniendo en cuenta cada uno de sus procesos (Ver Tabla N°07), según su unidad de medida y se plasmó en el VSM.
2. Tiempo disponible (TD), tiempo disponible por turno en ese procedimiento se realizó en minutos. Este tiempo es el tiempo total menos descansos, tiempos de reunión, tiempos de limpieza.
  - La jornada laboral consta de 8 hrs diarias de lunes a sábado.
  - El tiempo de refrigerio de 1 hora por turno de lunes a sábado.
3. Tiempo de Funcionamiento (TF), es el porcentaje del tiempo en que la máquina está ocupada en demanda.
4. Tiempo de valor añadido (TVA), es la cantidad de tiempo que agrega valor al producto. En el presente estudio se tuvo que el lead time es de 1440 mins.
5. Tiempo no valor añadido (TNVA), es el tiempo de retraso no ejecutable. En el presente estudio se tiene que el tiempo sin valor agregado es de 2934 minutos mucho mayor al tiempo de valor añadido.
6. Takt time (TKT), es el ritmo al que la planta debe trabajar (personas, máquinas, flujo, etc.).

Tabla 7: Indicadores de VSM

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	UMD	HABILITADO	ARMADO	PINTADO	INSTALACIÓN
Número de turnos	NT	und	1	1	1	1
Jornada laboral	JL	hrs/turno	8	8	8	8
Tiempo inefectivo	TI	hrs/turno	1.5	1.5	1.5	1.5
<b>Tiempo disponible</b>	<b>TD</b>	<b>min/día</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>390</b>
Producción bruta	PB	und/turno	0.15	0.18	0.5	0.6
Nº máquinas	NM	und	4	2	2	4
funcionamiento	TF	%	75	78	80	85
<b>Producción real</b>	<b>PR</b>	<b>und/turno</b>	<b>0.45</b>	<b>2.808</b>	<b>0.8</b>	<b>2.04</b>
<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>TC</b>	<b>min/und</b>	<b>866.67</b>	<b>1388.89</b>	<b>487.5</b>	<b>191.18</b>
% defectos	PNC	%	6	5	2	1
Tiempo de cambio de producto	TCP	min	60	30	25	55
Nº operarios	NO	und	6	6	4	4

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra su cálculo:

- Tiempo disponible:  $8 \text{ hrs/turno} \times 1 \text{ und} \times 1.5 \text{ hrs/turno} = 390 \text{ min/día}$
- Tiempo inefectivo: 1,5 hrs/turno
- Producción real:  $0.15 \text{ und/turno} \times 4 \text{ und} \times 75\% \text{ de funcionamiento} = 0.45 \text{ und/turno}$
- Tiempo de ciclo:  $390 \text{ min/día} / 0.45 \text{ und/turno} = 866.67 \text{ min/und}$

Entonces el tiempo de producción disponible es de 390 min por día.

Tabla 8: Indicadores de Demanda

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	VALOR	UMD
Demanda mensual	DM	15	und
días hábiles x mes	DH	24	hrs/turno
Demanda diaria	DD	0.625	hrs/turno

Fuente: Elaboración propia

- Demanda promedio diario (Capacidad):  $15 \text{ und} / 24 \text{ hrs/turno} = 0.625 \text{ hrs/turno}$



Tabla 9: Indicadores de Lead time

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	UMD	HABILITADO	ARMADO	PINTADO	INSTALACIÓN
Inventario (und)	INV	und	5	4	4	2
Lead time (días)	LTI	días	8	6.4	6.4	3.2

Fuente: Elaboración propia

- Lead time: 5 und/ 0.625 hrs/turno = 8 días

Tabla 10: Indicadores de Valor agregado

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	VALOR
TVA(Tiempo de valor añadido)	min	2934.23
TNVA(Tiempo no valor añadido)	min	1440
Tiempo total (TT)	min	4374.23
Touch time (TOU)	%	67.08

Fuente: Elaboración propia

- Tiempo de valor añadido (TVA):  $\Sigma TC = 2934.23$  min
- Tiempo no valor añadido (TNVA):  $\Sigma LT = 1440$  min
- Tiempo total (TT):  $2934.23$  min +  $1440$  min =  $4374.23$  min
- Touch time (TOU):  $2934.23$  min/  $4374.23$  min =  $67.08\%$

Tabla 11: Indicador de Takt time

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	UMD	VALOR
Takt time	TKT	min/und	624

Fuente: Elaboración propia

Takt time: 624 min

En este indicador no se considera disponibilidad de la máquina ni % de desperdicio, por lo que sería un takt time base.

En la figura N° 27 se realizó un VSM con la situación actual de la empresa para así después compararla y evaluando las posibles soluciones en cuánto a rendimientos y costos de este

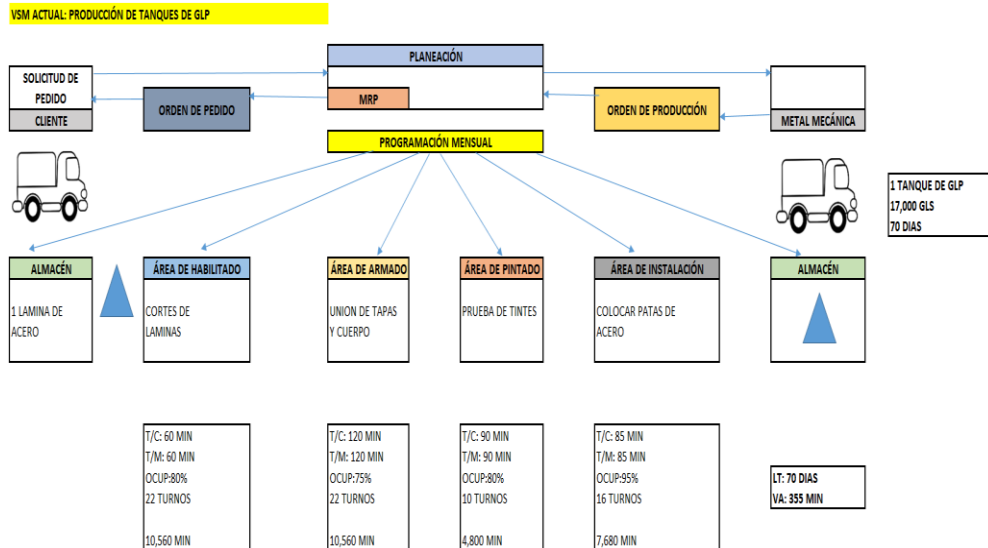


Figura 27: Value Stream Mapping (VSM) proceso actual

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura, el cliente solicita el tanque de GLP según sus respectivas especificaciones la cual pasa por el proceso de habilitado, armado, pintado e instalación

Para identificar y realizar la comparación con el nuevo VSM se realiza el cálculo del Takt time que es el tiempo del turno de trabajo con los requerimientos del cliente.

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible en un turno}}{\text{Requerimientos del cliente en turno}}$$

Se tomó el Takt time de los meses de mayo 2021 a abril 2022.

Tabla 12: Takt time de los meses de mayo 2021 a abril 2022.

	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22
Demanda del cliente(und)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Dias laborados	24	23	22	23	24	22	23	22	24	23	24	22
Dia de trabajo	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
tiempo no productivo (min)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Disponibilidad de la máquina (%)	90	88	88	88	87	87	87	87	86	85	85	85
Scap (%)	4.7	3.6	4.7	2.4	5.6	3.2	4.5	6.7	3.7	4.3	4.2	3.7
Demanda total del cliente mensual	15.701	15.54	15.698	15.36	15.84	15.48	15.675	16.005	15.555	15.645	15.63	15.555
Demanda del cliente diaria (und/dia)	0.654	0.676	0.714	0.668	0.660	0.704	0.682	0.728	0.648	0.680	0.651	0.707
Tiempo neto disponible (min)	351.00	343.20	343.20	343.20	339.30	339.30	339.30	335.40	335.40	331.50	331.50	331.50

Fuente: Elaboración propia

Según los datos mensuales de la demanda del cliente, días laborados, día de trabajo, tiempo no productivo, disponibilidad de la máquina y Scap, se calcula la demanda total del cliente mensual, así como la demanda diaria y el tiempo neto disponible. Con estos datos, se puede calcular el takt time mensual.

Tabla 13: Takt Time de mayo 2021 a abril 2022

	Takt Time (min/und)
May-21	536.54
Jun-21	507.95
Jul-21	480.99
Ago-21	513.91
Set-21	514.09
Oct-21	482.21
Nov-21	497.86
Dic-21	461.03
Ene-22	517.49
Feb-22	487.34
Mar-22	509.02
Abr-22	468.85

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, la decisión de agrupar procesos o centros de trabajo para formar una celda con flujo continuo dependerá de un criterio razonable, pudiendo ser el mismo la similitud entre los tiempos de ciclo.

#### Tiempos de Fabricación

Actualmente la empresa, tiene un ritmo de trabajo muy constante pero empírica al momento de realizar sus actividades por lo que los tiempos que tienen al realizar sus labores son inexactos de igual manera sus trabajadores cumplen con sus funciones y sus labores.

A continuación, se visualiza el proceso productivo de la empresa metalmecánica donde se desglosa en cada uno de sus áreas y procesos dentro de su fabricación.

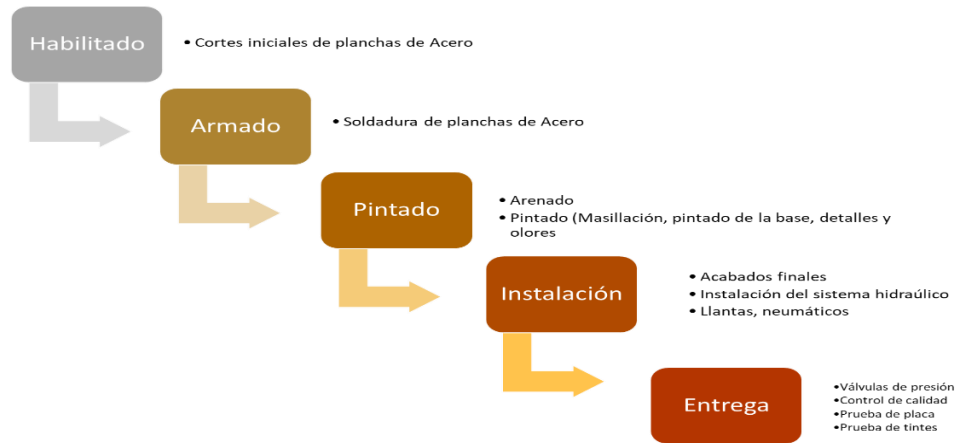


Figura 28: Proceso productivo de la empresa de metal mecánica

Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa se mide las actividades realizadas, se observa el total de tiempos estimados y reales y estimados que dio la empresa al inicio de cada mes. Se tomará en cuenta los meses de mayo del año pasado hasta abril del presente año, teniendo así doce meses de análisis y medición para el proceso productivo. Cabe mencionar que los datos son registrados de las labores por 8 horas de trabajo diario de lunes a sábado. Los tiempos de los pedidos a medir se consideran como proyectos, por lo tanto, no se puede medir como producción en línea, para esta toma de tiempos, se realizaron medidas generales, conversaciones con el ingeniero a cargo, operarios, también se consideraron demoras, reprocesos, etc

Tabla 14: Tiempo estimado la fabricación de tanque GLP - mayo 2021

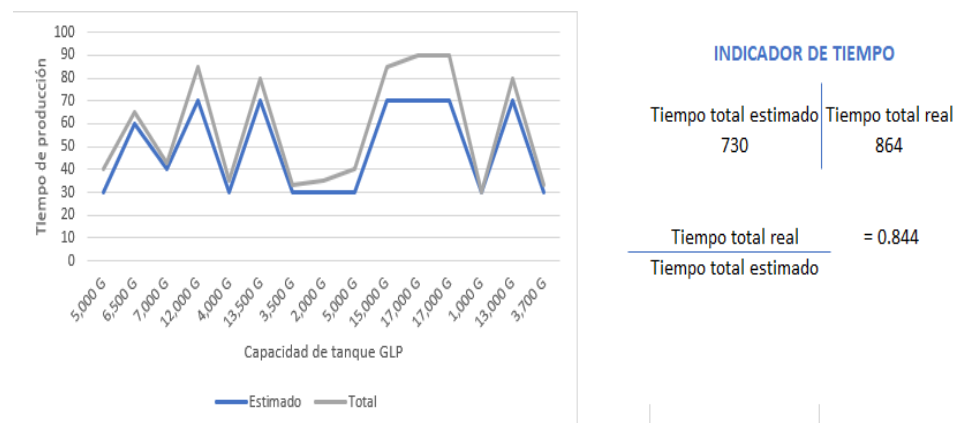
Características						Tiempo(días)		
CANT.	Producto	Capacidad	Almacenamiento	Orientación	Tipo de Unidad	Estimado	Retraso	Total
01	Tanque	5,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	30	10	40
01	Tanque	6,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	60	5	65
01	Tanque	7,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	40	3	43
01	Tanque	12,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	70	15	85
01	Tanque	4,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	30	5	35
01	Tanque	13,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	70	10	80
01	Tanque	3,500 G	GLP	Horizontal	Soterrado	30	3	33
02	Tanque	2,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	30	5	35
02	Tanque	5,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	30	10	40
01	Tanque	15,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	70	15	85
01	Tanque	17,000 G	GLP	Horizontal	Movil Primario	70	20	90
01	Tanque	17,000 G	GLP	Horizontal	Movil Primario	70	20	90
01	Tanque	1,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	30	0	30

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos estimados se manejan según criterio del ingeniero al inicio de cada mes y en base a antiguos pedidos, se puede observar que existen diferentes clases de tanques GLP y se manejan diferentes tiempos según tipo de unidad, orientación y capacidad.

Existe un promedio de 8.93 días de retraso en el mes de mayo 2021.

Figura 29: Diagrama de dispersión de tiempos de producción e indicador -



Mes de mayo 2021

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Promedio del tiempo de retraso para tanques GLP

Promedio del tiempo de retraso:	8.93 = 9 días
---------------------------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

Existe un tiempo de retraso de 9 días para cada tanque GLP en el mes de mayo 2021 de una muestra de 20 tanques GLP, solo el tanque de 1000 galones se pudo acabar en el tiempo establecido, denotando que existe un problema para establecer el tiempo real.

Tabla 16: Tiempo estimado la fabricación de tanque GLP - junio 2021

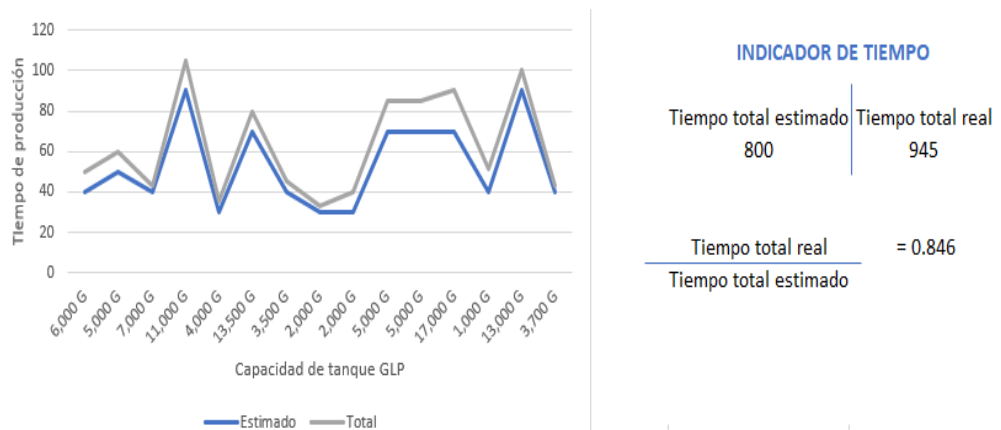
Características						Tiempo(días)		
CANT.	Producto	Capacidad	Almacenamiento	Orientación	Tipo de Unidad	Estimado	Retraso	Total
01	Tanque	6,000 G	GLP	Vertical	Movil granelero	40	10	50
01	Tanque	5,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	50	10	60
01	Tanque	7,000 G	GLP	Vertical	Movil granelero	40	3	43
01	Tanque	11,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	90	15	105
01	Tanque	4,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	30	5	35
01	Tanque	13,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	70	10	80
02	Tanque	3,500 G	GLP	Horizontal	Movil granelero	40	5	45
01	Tanque	2,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	30	3	33
01	Tanque	2,000 G	GLP	Horizontal	Movil granelero	30	10	40
01	Tanque	5,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	70	15	85
01	Tanque	5,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	70	15	85
02	Tanque	17,000 G	GLP	Horizontal	Movil Primario	70	20	90
01	Tanque	1,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	40	11	51
02	Tanque	13,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	90	10	100
01	Tanque	3,700 G	GLP	Vertical	Soterrado	40	3	43

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 16 podemos observar los datos recopilados del mes de junio, existiendo claramente retrasos en la producción según la cantidad, tipo de unidad y orientación del tanque GLP.

Existiendo un tiempo de demora promedio de 9.66 días

Figura 30: Diagrama de dispersión de tiempos de producción e indicador - Mes de Junio 2021



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Promedio del tiempo de retraso para tanques GLP

Promedio del tiempo de retraso:	9.66 = 10 días
---------------------------------	----------------

Fuente: Elaboración propia

Existe un tiempo de retraso promedio de 10 días en el mes de junio 2021, ningún tanque GLP fue producido en su tiempo establecido y los menores tiempos fueron para el tanque 2000 galones horizontal de tipo aéreo y también de 3 días para el tanque 7000 galones vertical tipo móvil granelero.

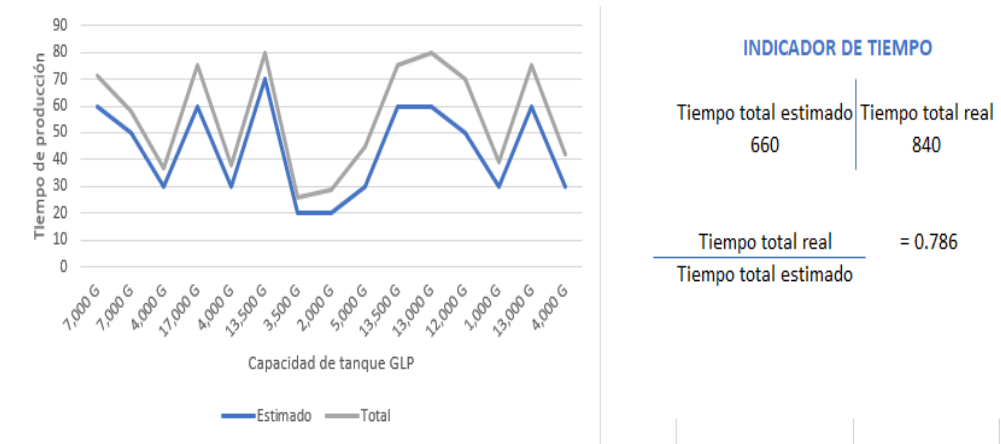
Tabla 18: Tiempo estimado la fabricación de tanque GLP - Julio 2021

Características						Tiempo(días)		
CANT.	Producto	Capacidad	Almacenamiento	Orientación	Tipo de Unidad	Estimado	Retraso	Total
02	Tanque	7,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	60	11	71
01	Tanque	7,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	50	8	58
01	Tanque	4,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	30	7	37
01	Tanque	17,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	60	15	75
01	Tanque	4,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	30	8	38
01	Tanque	13,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	70	10	80
01	Tanque	3,500 G	GLP	Horizontal	Aereo	20	6	26
02	Tanque	2,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	20	9	29
01	Tanque	5,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	30	15	45
01	Tanque	13,500 G	GLP	Horizontal	Aereo	60	15	75
01	Tanque	13,000 G	GLP	Horizontal	Movil Primario	60	20	80
01	Tanque	12,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	50	20	70
01	Tanque	1,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	30	9	39
01	Tanque	13,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granelero	60	15	75
01	Tanque	4,000 G	GLP	Vertical	Movil Granelero	30	12	42

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°18 se presentan los retrasos como en los meses anteriores, teniendo un promedio de tiempo de días de retraso de 12

Figura 31: Diagrama de dispersión de tiempos de producción e indicador - Mes de Julio 2021



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Promedio del tiempo de retraso para tanques GLP

Promedio del tiempo de retraso:	12 días
---------------------------------	---------

Fuente: Elaboración propia

Existe un tiempo promedio de 12 días de retraso para los 15 tanques GLP que medimos por mes, el retraso en la entrega de los pedidos es un patrón para cada mes como se observa en la figura N° 31

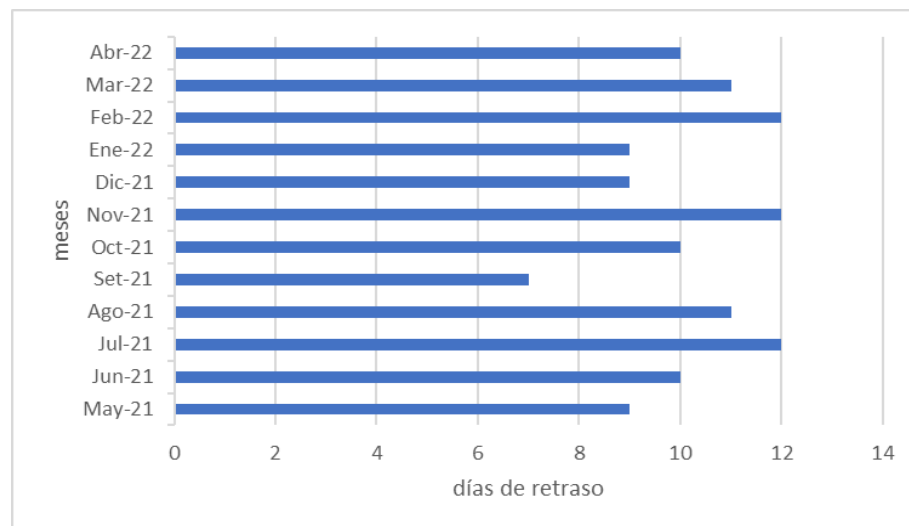


Figura 32: Días promedio de retraso según mes

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura, durante el periodo de medición siempre hubo



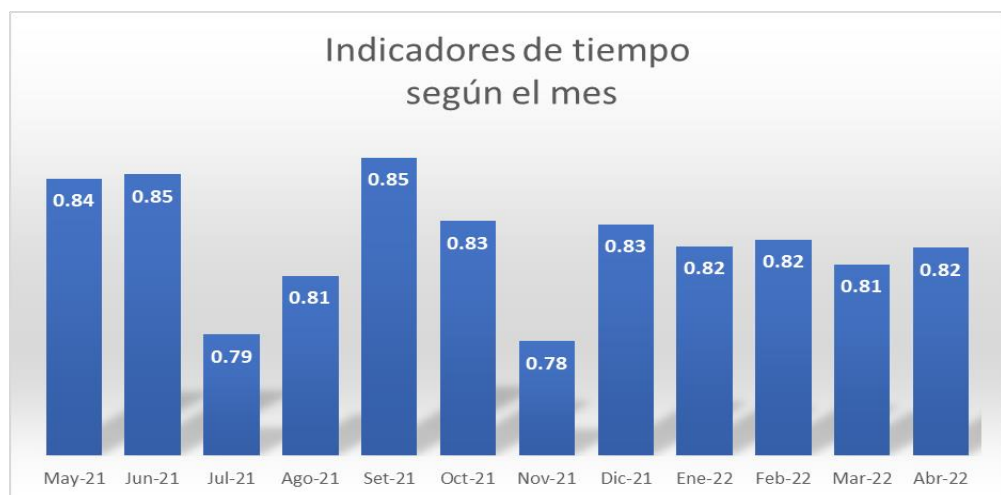
retrasos en la producción, siendo septiembre del 2021 el mes con menor retraso y los meses de junio 2021, noviembre 2021 y febrero 2022 los meses con mayor promedio de días de retraso

Tabla 20: Tiempo total real y estimado según los meses.

Mes	Producto	tiempo total estimado	tiempo total real
May-21	Tanque GLP	730	864
Jun-21	Tanque GLP	800	945
Jul-21	Tanque GLP	660	840
Ago-21	Tanque GLP	698	864
Set-21	Tanque GLP	608	713
Oct-21	Tanque GLP	702	847
Nov-21	Tanque GLP	643	821
Dic-21	Tanque GLP	720	870
Ene-22	Tanque GLP	657	802
Feb-22	Tanque GLP	830	1010
Mar-22	Tanque GLP	714	879
Abr-22	Tanque GLP	650	794

Fuente: Elaboración propia

Se observan los tiempos y cómo varían durante los meses de medición, lo que nos permite realizar los indicadores utilizando los tiempos estimados y



reales.

Figura 33: Indicadores de tiempo según el mes

Fuente: Elaboración propia

Se observa que en el mes de mayo 2021, tenemos un indicador de 0.84, en el mes de junio, se observa un indicador de 0.85, mientras que en julio se puede ver que es 0.79, en agosto de 0.81, en setiembre del mismo año se ve que el indicador sube a 0.85, para volver a bajar en octubre con 0.83 y bajar aún más en noviembre con 0.78, luego en diciembre se mantiene en 0.83, en enero del 2022 baja una centésima a 0.82, en febrero se mantiene en 0.82, en marzo es de 0.81 y cierra el periodo de medición en abril 2022 con 0.82.

### Ambiente de trabajo

Para medir el ambiente laboral, tenemos como indicador el porcentaje cumplimiento de buenas prácticas de manufactura (BPM) donde la empresa considera seis aspectos. que son mandatorios en nuestro país para el cumplimiento de la Norma de las Buenas Prácticas de Manufactura:

- Personal
- Producción
- Equipos
- Documentación
- Control de Calidad
- Instalaciones y edificaciones

Se realizaron auditorías internas para poder medir el % de cumplimiento de las BPM, donde se coordinó con los responsables de la empresa y considerando los seis aspectos en mención, se llegó una fórmula y se obtuvo el indicador mensual de cumplimiento de buenas prácticas de manufactura.

Tabla 21. Cuadro de puntajes para la inspección interna empresa metalmecánica:

ITEM	PUNTAJE MÁXIMO PESO (%)
Personal	13
Producción	23
Equipos	12
Documentación	10
Control de calidad	30
Instalaciones	12

Fuente: Inspección interna en la empresa metal mecánica

Con este cuadro de peso de puntajes se realizó la inspección interna durante el periodo estudiado, la fórmula para hallar el indicador por mes un promedio ponderado fue logrando obtener los siguientes resultados. Para poder medir el porcentaje de cumplimiento de los aspectos que considera la

medición de las BPM, se utilizó la fórmula:  $\frac{\text{Puntaje obtenido}}{\text{Puntaje máximo}}$  para luego hacer un promedio ponderado según el peso de cada ítem, según se muestra a continuación:

$$\frac{\%Personal + \%Producción + \%Equipos + \%Documentación + \%Control de Calidad + \%Instalaciones}{100}$$

100

Tabla 22: Indicadores por mes de % de cumplimiento de buenas prácticas

	May-21	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	
<b>May-21</b>	Personal	13	8	61.54	<b>0.69</b>
	Producción	23	15	65.22	
	Equipos	12	9	75.00	
	Documentación	10	6	60.00	
	Control de calidad	30	23	76.67	
	instalaciones	12	8	66.67	
	Jun-21	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	
<b>Jun-21</b>	Personal	13	9	69.23	<b>0.68</b>
	Producción	23	14	60.87	
	Equipos	12	10	83.33	
	Documentación	10	5	50.00	
	Control de calidad	30	20	66.67	
	instalaciones	12	10	83.33	
	Jul-21	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	
<b>Jul-21</b>	Personal	13	9	69.23	<b>0.65</b>
	Producción	23	12	52.17	
	Equipos	12	7	58.33	
	Documentación	10	8	80.00	
	Control de calidad	30	21	70.00	
	instalaciones	12	8	66.67	
	Ago-21	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	
<b>Ago-21</b>	Personal	13	10	76.92	<b>0.63</b>
	Producción	23	8	34.78	
	Equipos	12	7	58.33	
	Documentación	10	5	50.00	
	Control de calidad	30	24	80.00	
	instalaciones	12	9	75.00	
	Set-21	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	
<b>Set-21</b>	Personal	13	9	69.23	<b>0.74</b>
	Producción	23	16	69.57	
	Equipos	12	10	83.33	
	Documentación	10	7	70.00	
	Control de calidad	30	23	76.67	
	instalaciones	12	9	75.00	
	Oct-21	PUNTAJE MAXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	
<b>Oct-21</b>	Personal	13	9	69.23	<b>0.63</b>
	Producción	23	10	43.48	
	Equipos	12	8	66.67	
	Documentación	10	7	70.00	
	Control de calidad	30	22	73.33	
	instalaciones	12	7	58.33	

Fuente: Inspección interna en la empresa metal mecánica

En la tabla se puede observar que los indicadores de mayo 2021 a octubre 2021 fluctúan entre 0.63 a 0.74. Estos indicadores son resultado de un promedio ponderado de los puntajes y sus porcentajes teniendo en cuenta los ítems a medir, estos indicadores vendrían siendo el porcentaje de cumplimiento de BPM mes a mes.

Tabla 23: Indicadores por mes de % de cumplimiento de buenas prácticas

	ITEM	PUNTAJE MÁXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	
<b>Nov-21</b>	Personal	13	10	76.92	<b>0.71</b>
	Producción	23	16	69.57	
	Equipos	12	10	83.33	
	Documentación	10	8	80.00	
	Control de calidad	30	21	70.00	
	instalaciones	12	6	50.00	
<b>Dic-21</b>	ITEM	PUNTAJE MÁXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	<b>0.68</b>
	Personal	13	9	69.23	
	Producción	23	15	65.22	
	Equipos	12	8	66.67	
	Documentación	10	7	70.00	
	Control de calidad	30	21	70.00	
<b>Ene-22</b>	ITEM	PUNTAJE MÁXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	<b>0.69</b>
	Personal	13	8	61.54	
	Producción	23	15	65.22	
	Equipos	12	9	75.00	
	Documentación	10	6	60.00	
	Control de calidad	30	23	76.67	
<b>Feb-22</b>	ITEM	PUNTAJE MÁXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	<b>0.63</b>
	Personal	13	9	69.23	
	Producción	23	10	43.48	
	Equipos	12	8	66.67	
	Documentación	10	7	70.00	
	Control de calidad	30	22	73.33	
<b>Mar-22</b>	ITEM	PUNTAJE MÁXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	<b>0.65</b>
	Personal	13	9	69.23	
	Producción	23	12	52.17	
	Equipos	12	7	58.33	
	Documentación	10	8	80.00	
	Control de calidad	30	21	70.00	
<b>Abr-22</b>	ITEM	PUNTAJE MÁXIMO	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)	<b>0.68</b>
	Personal	13	9	69.23	
	Producción	23	14	60.87	
	Equipos	12	8	66.67	
	Documentación	10	6	60.00	
	Control de calidad	30	22	73.33	
	instalaciones	12	9	75.00	

Fuente: Inspección interna en la empresa metal mecánica

En los meses de noviembre 2021 a abril 2022 se observa que los indicadores varían entre 0.63 a 0.71.

### 5.2.3 Analizar

En esta fase del DMAIC se analiza la situación actual de la empresa metalmeccánica, con la información recopilada anteriormente se busca profundizar la problemática, la cual se usarán las herramientas de metodología Lean como soporte.

#### Diagrama de Pareto

Cómo se explicó en el capítulo 1, el área de Producción de la empresa de metalmeccánica fabrica diferentes tipos de almacenamiento, nos enfocaremos en los tanques de GLP porque es lo que produce más la empresa y en el Pareto se visualiza esa información:

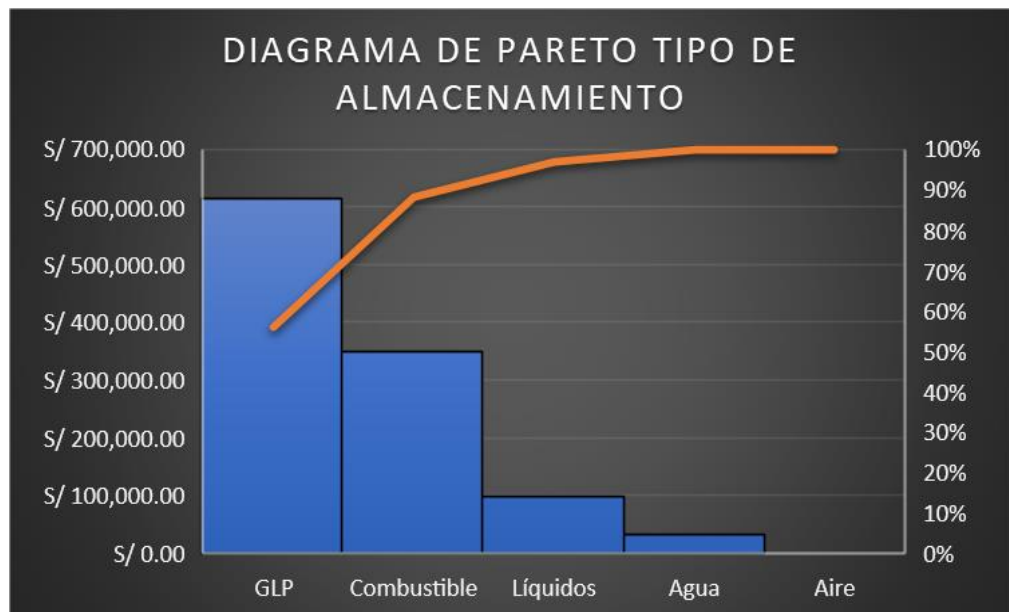


Figura 34: Diagrama de Pareto - Tipo de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 34, se muestra el gráfico de Pareto de los tipos de almacenamiento de la empresa metalmecánica en estudio, los tipos de almacenamiento como los tanques de GLP y combustible conforman más del 80% fabricados en el trimestre de febrero a abril del 2022.

Como producto más fabricado están los tanques de GLP, en donde se encuentra la mayor cantidad de ingresos total de la empresa de metalmecánica siendo un 51,3%, y es el producto con más relevancia para la empresa. En este punto está involucrado tanto la gestión como planeamiento, no obstante, la última mencionada cuenta con deficiencia y se trabajará con ello. En segundo, se encuentran los tanques de combustible conformando un 35,9%, luego siguen los que completarán y complementarán la parte del 12% del Pareto siendo ellos el ingreso menor del total de recursos.

Mediante este diagrama de Pareto se pudo identificar que el mayor porcentaje está en los tanques de GLP que tienen un mayor ingreso de recursos a la empresa.

Dentro de la empresa se encuentran los diferentes tipos de capacidades de los tanques de GLP dando a conocer que los de 17,000 G son los que más

se fabrican teniendo más costos de producción y los cuales se tienen que evaluar más a detalle.

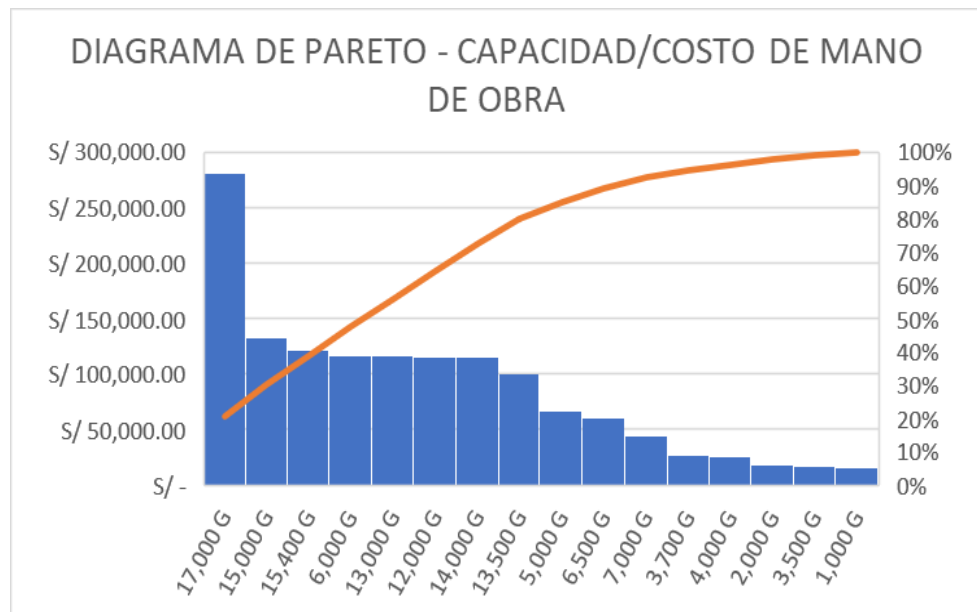


Figura 35: Diagrama de Pareto - Capacidad/ Costo de mano de obra

Fuente: Elaboración propia

En la figura 35, se muestra el Pareto las capacidades de galones de los tanques de GLP la cual se aprecia que un 80% de los tanques de GLP con mayor capacidad son los que requieren de mayor preocupación por lo que son los ingresos más elevados para la empresa metalmecánica.

Luego, en menor cantidad se encuentran los demás tanques de GLP de cantidades menores a 10,000 galones las cuales representan el porcentaje restante de todos los que se fabrican.

Para finalizar, realizaremos este Diagrama de Pareto con la toma de tiempos de retraso que existen actualmente en la empresa de igual manera el 80% en el tanque de GLP de 17,000 gls.

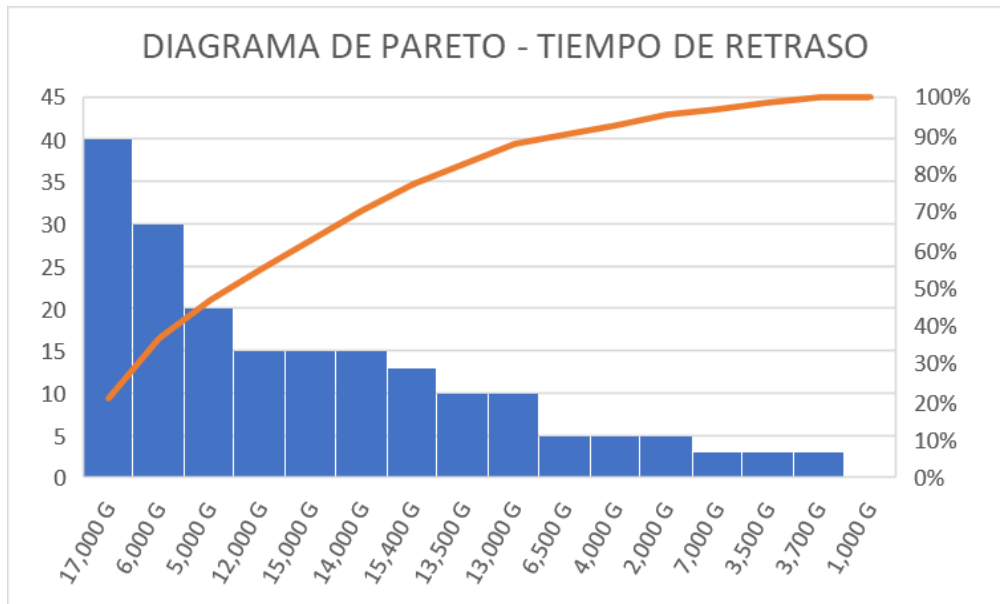


Figura 36: Diagrama de Pareto - Tiempo de retraso

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama de Ishikawa

En el primer capítulo se realizó un diagrama de Ishikawa, en el cual se mencionó las posibles causas que generarían una ineficiente gestión de la producción en una empresa de metal mecánica. En la figura N°37 se explica de manera más específica las causas.

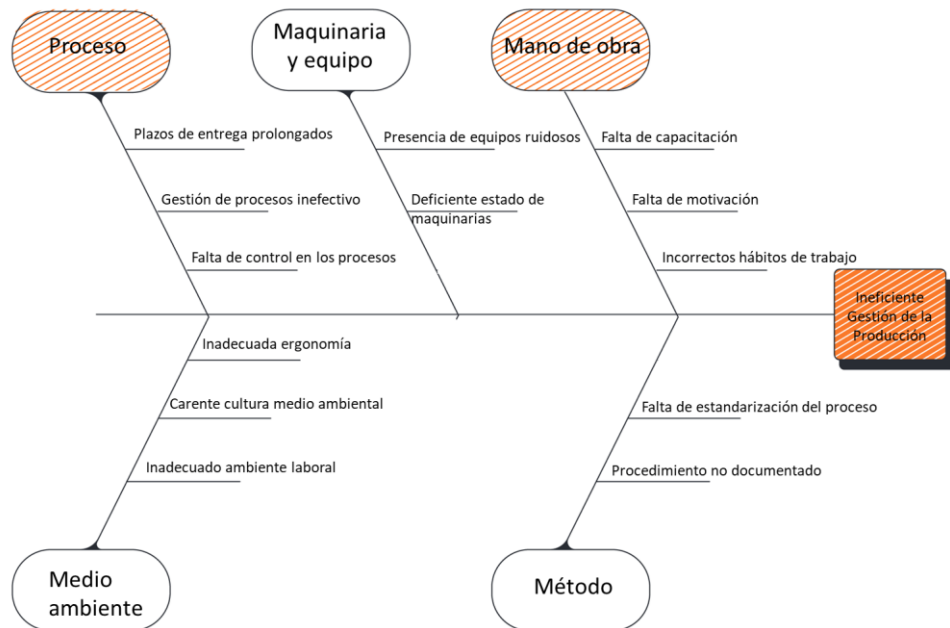


Figura 37: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia.



El diagrama está compuesto por las siguientes categorías:

- Procesos: Está compuesto por 3 causas.

Plazo de entregas prolongados: En esta primera causa al no contar con una documentación correcta o tiempos estandarizados los plazos de entrega tienden a variar según la orden de producción, lo que genera una gestión en el área productiva poco competitiva.

Gestión de procesos inefectivo: Como siguiente causa, existe poco interés de la gerencia en orientar su gestión a los procesos, por lo tanto, el personal de dirección del área productiva no mantiene procesos de calidad lo que genera inconvenientes en el manejo del área productiva.

Falta de control en los procesos: Siguiendo la línea de la causa anterior, en la empresa existe mayor preocupación por área de ventas y marketing que por el área de producción y no hay personal correctamente capacitado ni herramientas para realizar los controles respectivos en los procesos.

- Maquinaria y equipo: Consta de 2 causas.

Presencia de equipos ruidosos: No existe cultura de prevención, por lo tanto, a la maquinaria no se le realiza el correcto mantenimiento, sino se le espera hasta que estén totalmente dañadas lo que ocasiona que muchas de ellas generan contaminación sonora a los operarios.

Deficiente estado de maquinarias: Como ya se mencionó muchas máquinas trabajan al límite de su funcionamiento lo cual en muchas ocasiones retrasa la producción y genera mayor tiempo de entrega.

- Mano de obra: Tiene 3 causas existentes.

Falta de capacitación: En la empresa, se prefiere que el operario aprenda de manera empírica por enseñanzas de sus compañeros y no se hace énfasis en brindar capacitación profesional, lo cual genera que no exista estandarización para las labores diarias.

Falta de motivación: El trabajador puede llegar a sentirse poco motivado por tareas rutinarias o monótonas o por no tener un salario emocional que sume a una remuneración competitiva. Otro factor es que en muchos casos el operario se queda más tiempo de la jornada laboral y no es compensado por sus labores ocasionando así una baja productiva que se ve reflejada en pérdidas económicas y de tiempo que al final son perjudiciales para la

misma empresa.

Incorrectos hábitos de trabajo: Los operarios en el transcurso de su jornada laboral van creando que su ambiente de trabajo se desorganice porque carecen de una correcta supervisión y no tienen conocimiento del reglamento interno de trabajo.

- Medio Ambiente: Se visualizan 3 causas.

Inadecuada ergonomía: El operario al no tener claro los procesos, adopta una postura que considera adecuada en ese momento y no existe un área especializada para que brinde el asesoramiento correcto como lo mismo sucede para sus respectivos puestos de trabajo generando dolores, fatiga por la falta de cultura ergonómica.

Carente cultura medio ambiental: La empresa al no contar con un área en específico para visualizar el tema de la cultura medio ambiental ocasiona que carezca de brigadas para concientizar sobre el reciclaje, no haya excesos de residuos y se reduzca la contaminación en todas sus formas. Por lo tanto, el área de producción genera demasiadas mermas y contaminación.

Inadecuado ambiente laboral: Al no contar con ambientes debidamente organizados, los operarios realizan labores de forma incorrecta por lo que su motivación es baja y al existir desorden, provocan desbalance en los procesos generando caos en este.

- Métodos: Existen 2 causas principales.

Falta de estandarización en los procesos: La empresa carece de herramientas para realizar una adecuada gestión por ello en sus procesos cada uno de ellos los operarios manejan una forma con la cual fueron desempeñando a través de los años y sin la supervisión debida impulsa al desorden.

Procedimientos no documentados: Alineándose a la causa anterior, la falta de estandarización fomenta la carencia de lineamientos en los procesos y es por ello que sin documentos que ayuden a respaldar esos procedimientos se estanque en laborar de manera empírica. Por lo tanto, el área de producción genera desfases en sus procesos.

Con el diagrama de Ishikawa se llega a la conclusión de que existen

numerosas causas que generan una ineficiente gestión de la producción, sin embargo, el proceso donde participan los operarios y los métodos ya que estos factores que generan retrasos y mayores costos, como se vio en el diagrama de Pareto explicado con anterioridad.

### Diagrama de Operaciones de Proceso

En el presente diagrama de operaciones de procesos se puede visualizar como es el funcionamiento y ejecución del área productiva, la cual describe como es el procedimiento que sigue para fabricar como producto final un tanque de GLP

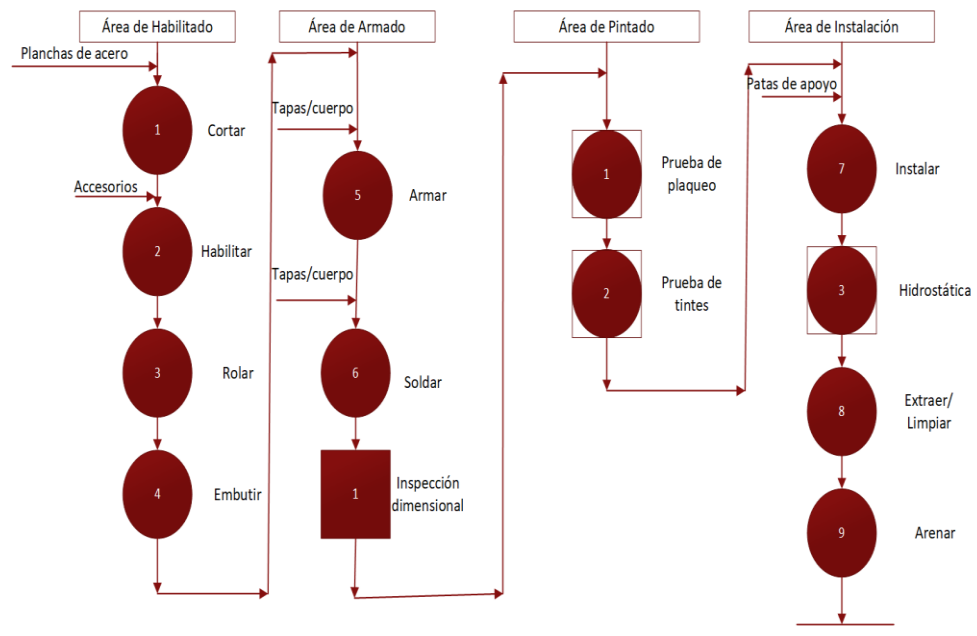


Figura 38: Diagrama de Operaciones de Proceso

Fuente: Elaboración propia

El diagrama está conformado por las siguientes áreas:

- **Área de Habilitado:** Actualmente, el área de habilitado cuenta con los siguientes procesos que son el corte de las planchas de acero inoxidable, también se ingresan lo que son accesorios para recién habilitar lo que son los componentes extras que se necesitan para su fabricación la cual después ingresan a la roladora para finalmente embutir la plancha.
- **Área de Armado:** En esta área ingresan las planchas de acero que fueron transformadas en el cuerpo y tapas del tanque de GLP, las cuales se

arman y se sueldan para que al finalizar el inspector las revise y se dé su aprobación del proceso recién realizado.

- Área de Pintado: En dicha área realizan los ajustes casi finales como son la prueba de placas y el testeado de tintes.
- Área de Instalación: Para finalizar en esa área ingresa las patas de apoyo que sostienen al tanque de GLP para luego pasar por la prueba de hidrostática y el supervisor dar su visto bueno ante el proceso recién efectuado, para después pasar a la extracción y limpieza y finalmente arenar el tanque con su verificación previa que demostrará que el tanque está en correctas condiciones para su funcionamiento.

A continuación, en la figura N°37 se visualizará el tiempo que requiere cada área al momento de fabricar un tanque de GLP.

Tabla 24. Tiempo de cada Área

Áreas	Tiempo (min)
Habilitado	10,560
Armado	10,560
Pintado	4,800
Instalación	7,680

Fuente: Elaboración propia

Se muestra cómo cada área tiene sus tiempos específicos y en qué área es donde necesita de más atención y existan posibles cuellos de botella.

Debido a un análisis en el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), se pudo determinar que existen procesos de los cuales comparten características y se pueden unificar para así optimizar los tiempos y reducir los retrasos que existen por el tiempo excesivo de fabricación.

#### Flujo de la Cadena de Valor

- Área de Almacén: Es el lugar donde se retirarán las láminas de acero

inoxidable para después ingresar a la siguiente área.

- Área de Habilitado: En esta área se cortan las planchas de acero inoxidable la cual llevan su tiempo de corte e instalaciones de accesorios para luego pasar por el proceso de darle forma curva por la rolar para finalmente embutir la pieza.

Según el gráfico del VSM actual, se visualiza el tiempo global de cada proceso dando el valor agregado al producto terminado que es de 60 mins y la media de tiempo es igual a 60 mins, teniendo una ocupación de máquinas de un 80% la cual debemos reformarlo para así lograr el 100%, se realiza todo en 12 turnos con un acumulado de 6,000 mins de forma general.

- Área de Armado: Aquí ingresan las láminas de acero que ya fueron cortadas y transformadas en tapas y el cuerpo del tanque de GLP las cuales se arman y se sueldan para que el ingeniero supervisor de su aprobación.

En este cuadro como el anterior se visualiza el task time la cual muestra los tiempos como de 120 mins en tiempo de valor agregado y media, con un rendimiento de trabajo de 90% en sus 12 turnos de trabajo haciendo un acumulado de tiempo de 5,760 mins.

- Área de Pintado: Esta área es la que menos tiempo lleva de elaboración ya que se basa en probar los tintes de para cumplir con las especificaciones del cliente y realizar una prueba de placas correspondiente y cumplir con sus controles respectivos de calidad.

Siguiendo con lo evaluado se requiere de mayor atención en los 90 minutos del tiempo con valor agregado y la media cuando la máquina tiene un rendimiento como el área anterior de un 90% en promedio con 6 turnos de hora de trabajo las cuales son de 8 hrs, con un conteo de 2,880 mins en promedio del total de fabricación

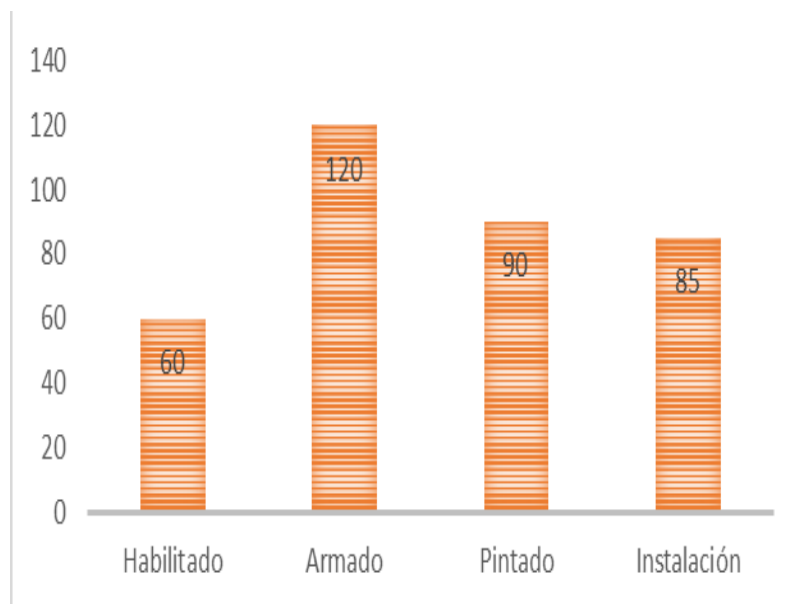
- Área de Instalación: Cómo área final se encarga de dirigirse a la sección de hidrostática, arenar y colocar los acabados respectivos y así entregarlo en óptimas condiciones al cliente.

Para culminar, en el tiempo de valor agregado es menor a comparación del tiempo del área de Pintado, el % del rendimiento de las máquinas es de 90% en promedio y llega a cumplirse con lo que solicita para realizar con éxito la producción de tanque de GLP en los últimos 10 turnos con un tiempo de 4,560 mins empleados.

Donde el turno que explica la figura del VSM actual es el de turnos que constan de 8 horas y eso equivale a 480 mins y a ese tiempo le restamos los tiempos muertos que en análisis fue de 90 mins dependiendo a la capacidad del tanque solicita sus requerimientos.

A continuación, se muestra en la figura N°42 el caso del Armado donde a comparación de task time y el tiempo de ciclo se visualiza que necesita de mayor tiempo para su elaboración, y se consideraría como un “cuello de botella” en donde se enfocará y se realizarán los cambios respectivos para reducir ese tiempo de ciclo.

Figura 39: Tiempo de Ciclo



Fuente: Elaboración propia

Se observa que el área de Armado es el cuello de botella del flujo de procesos, por otro lado, se llegó a la conclusión de que las máquinas están en mal estado y el personal no conoce el procedimiento para sacarle el máximo valor a su funcionamiento.

### Ambiente de trabajo - BPM

En el Perú es obligatorio el cumplimiento de la Norma de las Buenas Prácticas de Manufactura, para lo cual las autoridades de salud inspeccionan y de acuerdo a los resultados obtenidos, otorgan los permisos de funcionamiento y/o de autorización de registro sanitario de los productos a fabricar.

Según el estudio que se realizó en la planta donde arrojaron los siguientes datos (Ver Figura N° 41)

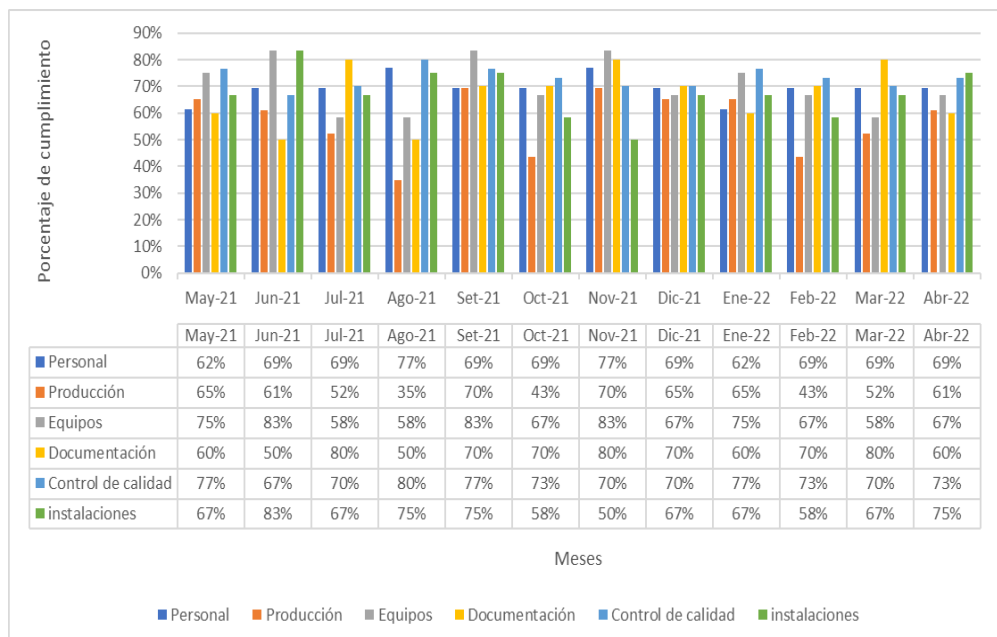


Figura 40: Porcentaje de cumplimiento según cada mes

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos, para poder evaluar el grado de cumplimiento de la norma aplicamos indicadores de gestión, que nos permite abarcar todos los procesos de la planta, medirlos, identificar oportunidades de mejora e implementarlas.

### Matriz interno y externo de la empresa – FODA

Para analizar más extensamente la empresa y consolidar la información de los puntos pasados se realiza la Matriz FODA, ello permite identificar aspectos internos y externos los cuales están representados en debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

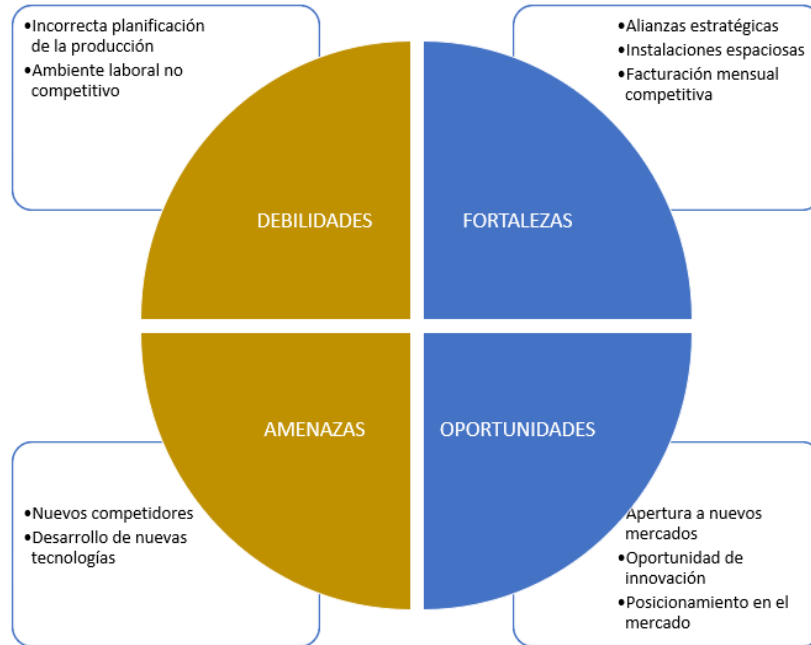


Figura 41: Matriz FODA

Fuente: Elaboración propia

- En primera instancia, en Debilidades, como se pudo observar con la medición de los tiempos de producción, el tanque GLP no llega a tiempo al área de control calidad a tiempo, con esto se llegó a la conclusión que el tiempo estimado no era el adecuado para las órdenes de producción y que se generaban costos innecesarios para la mano de obra. Otra debilidad que se encontró fue que el ambiente laboral no era competitivo y no promovía la productividad de los operarios.
- En segundo lugar, en Amenazas, El mundo de las industrias metalmecánicas está creciendo cada vez más rápido y no solo por Empresas existentes, ya que aparecen nuevos competidores con las mismas oportunidades de desarrollo y posicionamiento en el mercado. Asimismo,
- La creciente presencia de nuevos competidores y nuevas tecnologías en desarrollo aumentan la posibilidad de que los clientes o prospectos de clientes opten por preferir a la competencia
- En tercer lugar, en Fortalezas, la empresa metalmecánica de estudio cuenta con clientes importantes a nivel corporativo, así como alianzas estratégicas y con una facturación mensual competitiva, por otro lado, cuenta con una planta espaciosa y con potencial para crecer.



- Por último, en Oportunidades de la compañía, está presente la oportunidad de entrar a competir a mercados internacionales, a nivel Sudamérica; A esto se le añade que la industria metalmecánica está en constante crecimiento y es ideal para innovar, realizar automatizaciones e introducir la transformación digital, así como implementar la inteligencia del negocio para detectar y solucionar problemas de forma ágil.

#### 5.2.4 Mejorar

##### Mejorar la gestión de los procesos de producción

Se propone hacer énfasis en la gestión de los procesos del área para que el negocio sea más productivo y se genere mayor valor para el cliente, para ello aplicaremos las herramientas Lean Manufacturing, con un enfoque BI utilizando un sistema integrado en la nube donde se podrá planificar y gestionar actividades, tareas, reuniones, etc. referentes a los procesos productivos.

##### Sistema en la Nube

Según “Analizar” se pudo ver que, como amenazas y debilidades, la empresa carece del uso de softwares o sistemas que gestionen al área productiva en temas de planificación o personal. Por lo tanto, se utilizará un sistema en la nube con el fin de que el personal de dirección, supervisores y encargados del personal, pueda tomar decisiones de mejor manera, manejar tiempos y tareas y sobre todo mapear el rendimiento y mejorar el ambiente laboral con ayuda de la tecnología.

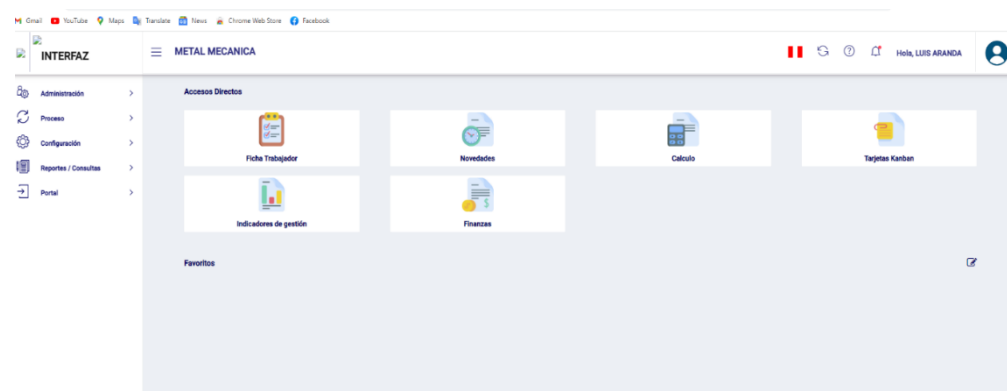


Figura 42: Interfaz de usuario para el Sistema en la nube

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura N° 42, se tiene como accesos directos:

- Ficha de trabajador: Donde se podrá administrar los datos, jefe de proyecto, horarios, turnos de los operarios, permisos, etc.
- Novedades: En este apartado se subirán los sucesos importantes de cada jornada como: accidentes, contratiempos, o información de cualquier tipo que pueda ser relevante.
- Cálculo: Donde se podrán efectuar cálculos con respecto a los operarios como el cálculo de sus planillas
- Tarjetas Kanban: Este ítem permitirá abrir una pizarra electrónica dónde los encargados, personal de dirección o de confianza, podrá gestionar el requerimiento, distribución y tiempo de las órdenes de producción
- Indicadores de gestión: Este apartado permitirá generar encuestas para auditorías internas referente a las BPM, así como reportes para poder medir el cumplimiento de estas.
- Finanzas: Aquí se podrá manejar las finanzas de la compañía.

Estas funciones del sistema en la nube proporcionarán valor a las tareas o gestiones en el área de producción, así como automatización de ciertos procesos internos para el personal o la planificación.

#### Mejorar el ambiente de trabajo

Se mejoraría el lugar donde los trabajadores diariamente realizan sus funciones, a través de indicadores de gestión y encuestas mensuales.

#### Indicadores de gestión-Buenas prácticas de Manufactura

Se implementarán indicadores de gestión para poder revertir el bajo porcentaje de cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) que se encontró según el “Medir” y “Analizar” ya que contempla fundamentos esenciales y de vital importancia para tener procesos de calidad como son:

- Garantía de la calidad,
- Control de Calidad,
- Validaciones,

- Quejas,
- Retiro del Producto,
- Producción y análisis por contrato,
- Autoinspecciones y Auditorías de Calidad,
- Personal, Instalaciones, Equipos,
- Materiales y documentación.

Se implementarán indicadores de gestión que contengan estos fundamentos y ayuden a la empresa a optimizar sus procesos, como son:

Figura 43: Indicadores de gestión de la Empresa Metal mecánica

Objetivo estratégico	Indicador	Medida
Disminuir los reprocesos	Nivel de proceso	$\frac{\text{Lotes reprocesados}}{\text{Total de lotes fabricados}}$
Cumplir con los requisitos establecidos	Nivel de cumplimiento	$\frac{\text{Requisitos cumplidos}}{\text{Total de requisitos aplicables}}$
Cumplir con los tiempos establecidos	Nivel de efectividad	$\frac{\text{Tiempo gastado por operacion}}{\text{Total del tiempo planificado}}$
Quejas y reclamos	Nivel de satisfacción	$\frac{\text{Quejas respondidas}}{\text{Total de quejas}}$

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puedes ver los indicadores propuestos para la mejora, estos indicadores cooperan en el desarrollo de la gestión organizacional y la capacidad de lograr el propósito de la compañía.

Cada indicador tendría una meta con una frecuencia mensual para la medición de los resultados.

Disminuir los procesos tendría como meta la tendencia a 0; Cumplir con los requisitos establecidos tiene como meta el 95% de cumplimiento; Cumplir con los tiempos establecidos tiene como meta la tendencia a disminuir; Quejas y reclamos tendría como meta el 95% de cumplimiento mínimo.

## Clima organizacional

Con respecto al personal, que se vio con un bajo porcentaje de cumplimiento según “Analizar” es importante tocar el tema del clima laboral ya que se busca cumplir con la mejora del ambiente laboral. Para esto tocaremos indicadores referentes a encuestas

Tabla 25: Indicadores de clima laboral de la empresa

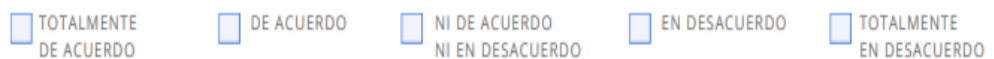
Nombre	¿Para qué sirve?
Sentido de pertenencia	Establece el compromiso de los trabajadores con la compañía
Liderazgo	Conocer el impacto del liderazgo en la plantilla ayuda a mejorar el clima laboral, reduce el malestar y las ausencias, entre otros beneficios
Relaciones entre compañeros	Indica el estado de las relaciones interpersonales de la plantilla, las cuales tendrán un fuerte impacto en la productividad
Condiciones físicas del trabajo	Arroja luz sobre la influencia de los factores ambientales sobre los trabajadores
Compensación y reconocimiento	Contribuye a conocer si los empleados están contentos con el sistema de compensación y reconocimiento de su labor
Oportunidades de desarrollo personal	Es importante saber si los miembros de la plantilla piensan que pueden progresar en la empresa. Un dato negativo puede ayudar a prevenir que el talento se vaya
Igualdad de oportunidades	Incide sobre la creación de oportunidades de desarrollo en la compañía para todos sus trabajadores
Porcentaje de empleados formados en la cultura de la empresa	Evalúa el conocimiento de la misión, la visión y los valores de la organización por parte de la plantilla y su aceptación

Porcentaje de días de vacaciones utilizados	Ayuda a determinar si la empresa apuesta por el equilibrio entre días de vacaciones y trabajo
---	---

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a cada indicador de clima laboral se harán preguntas dónde se podrá responder y medir el nivel de satisfacción del operario (Ver Figura N°44)

Figura 44: Opciones de encuesta Clima laboral



Fuente: Elaboración propia

Esta tabla permite entender que con estos indicadores se conoce cómo se encuentra la plantilla a nivel anímico, emocional o moral. Cada uno de ellos arroja luz sobre aspectos importantes como el peso del liderazgo de la organización, el estado de las relaciones entre compañeros o la igualdad de oportunidades. Es recomendable revisarlos de forma trimestral o semestral para ver la evolución del clima con precisión. Al ser indicadores de clima laboral, se responderían a manera de encuesta, siendo soportada por el sistema en la nube.

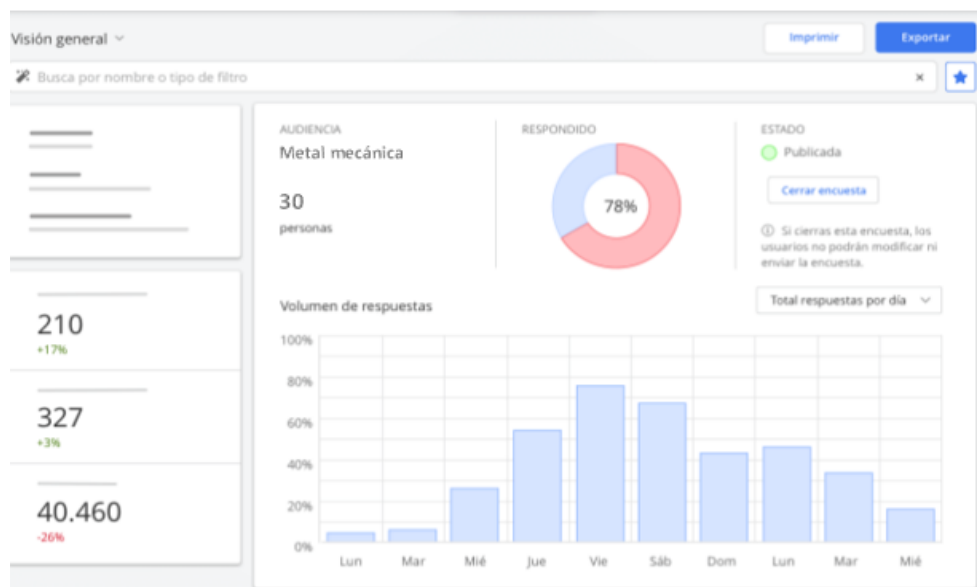


Figura 45: Interfaz de encuesta en la nube

Fuente: Elaboración propia.

En la interfaz se podrá ver los resultados de la encuesta de clima laboral para poder ser observada y servir de ayuda para la toma de decisiones con respecto a la gestión del personal.

Se aumentaría la valoración de los ítems de Personal en 7 puntos respecto a la valoración actual, también se aumentaría en 3 puntos la valoración del ítem de equipos y se disminuiría la valoración del ítem de control de calidad. (Ver Tabla N° 26)

Tabla 26: Cuadro de puntajes para la futura inspección interna

ITEM	PUNTAJE MÁXIMO	PESO (%)
Personal	20	20
Producción	23	23
Equipos	15	15
Documentación	10	10
Control de calidad	20	20
Instalaciones	12	12
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

Con las encuestas de clima organizacional, se incrementaría el puntaje del ítem de personal ya que los operarios se sentirían más cómodos y motivados; Asimismo, con los indicadores propuestos, de nivel de proceso, se reducirían los reprocesos, y se incrementaría el puntaje de Producción y Documentación, también con el indicador de nivel de cumplimiento, se incrementaría el puntaje de Control de Calidad; El indicador de Nivel de efectividad, se cumplirían con los tiempos establecidos, mejorando así el puntaje de Producción, y con nivel de satisfacción, se tratarían y conocerían las quejas y reclamos, promoviendo mejora continua y mejorando el puntaje de todos los ítems.

Tabla 27: Porcentaje de Cumplimiento de las BPM futura

	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23
Personal	17	20	20	18	18	17	20	17	18	19	19	19
Producción	23	21	20	21	22	20	20	23	20	22	20	22
Equipos	13	14	13	12	15	12	15	14	12	14	12	14
Documentación	9	9	9	10	8	10	10	7	8	10	10	8
Control de calidad	19	17	18	19	18	20	19	17	19	19	19	17
instalaciones	9	10	9	11	11	11	9	10	12	12	11	11
% del Personal	85.00	100.00	100.00	90.00	90.00	85.00	100.00	85.00	90.00	95.00	95.00	95.00
% del Producción	100.00	91.30	86.96	91.30	95.65	86.96	86.96	100.00	86.96	95.65	86.96	95.65
% del Equipos	86.67	93.33	86.67	80.00	100.00	80.00	100.00	93.33	80.00	93.33	80.00	93.33
% del Documentación	90.00	90.00	90.00	100.00	80.00	100.00	100.00	70.00	80.00	100.00	100.00	80.00
% del Control de calidad	95.00	85.00	90.00	95.00	90.00	100.00	95.00	85.00	95.00	95.00	95.00	85.00
% del instalaciones	75.00	83.33	75.00	91.67	91.67	91.67	75.00	83.33	100.00	100.00	91.67	91.67
% de Cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura	90.00	91.00	89.00	91.00	92.00	90.00	93.00	88.00	89.00	96.00	91.00	91.00

Fuente: Elaboración propia

### 3. Satisfacer la demanda de tanques GLP

Se integrará el área de Habilitado con el área de armado lo que generaría una reducción importante en costos productivos, de almacenamiento y mantenimiento.

#### VSM futuro

Rediseñando el nuevo y mejorado VSM para lograr que en el área de Armado se reduzcan los tiempos realizaremos el siguiente esquema

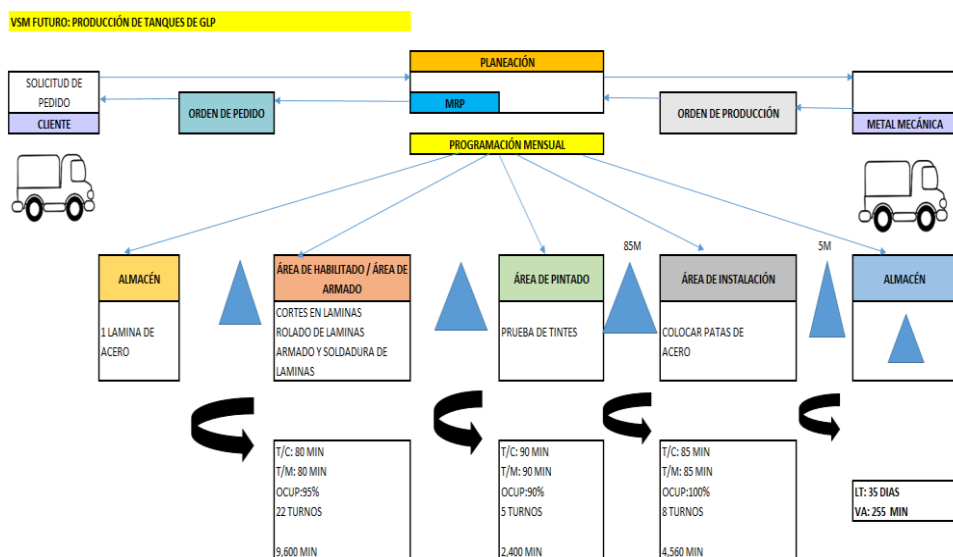


Figura 46: Value Stream Mapping Futuro de la empresa metal mecánica

Fuente: Elaboración propia

Como se mostró anteriormente en la segunda etapa del DMAIC, los tiempos que toma cada una de las áreas y se identificó que existen área que comparten actividades muy similares por lo tanto se toma la decisión de unificarlo, esto se llevará a cabo con ayuda de las tarjetas Kanban que identificará los tiempos que tiene cada proceso y cumplirlos en el tiempo límite.

Para ello también se observó que los trabajadores no cuentan con el conocimiento necesario del uso correcto de las máquinas ya que ocurrían inconvenientes y no logran resolverlo de forma inmediata por la falta de capacitación de estas por ello se propuso la implementación de un programa de capacitación la cual se pondrá en conocimiento sobre el cuidado de la maquinaria.

También se observó la escasez de mantenimiento como por ejemplo, revisar las máquinas de iniciar las labores y al finalizar el día, son actividades que podrían realizarlo cotidianamente o semanal por eso se realizó este plan de acción para que puedan continuar y hacer las actividades y llevar un mejor manejo del área productiva.

### Plan de Mantenimiento de las máquinas

Gracias al nuevo plan de Mantenimiento se visualizaron nuevos resultados, con ello se mejoró el rendimiento de las máquinas porque según la tercera etapa de

ACTIVIDAD / SEMANA	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21
Limpieza interna						
Limpieza externa						
Realizar el cambio de aceite						
Lubricación de los ejes de sujeción						
Lubricación de los rieles						
Chequear la condición en el refrigerante						
Chequear la condición de los engrajes						
Chequear condición del motor						
Chequear condición de los cojinetes						



DMAIC se identificó que las máquinas no rendían a su 100% de capacidad y eso es por el continuo uso y la falta de mantenimiento preventivo en ellos. Por eso, como propuesta de mejora se realizó el siguiente cuadro:  
 Tabla 28: Plan de Mantenimiento de máquinas Mayo 21 - Oct 21

Fuente: Elaboración propia

Se tomaron en cuenta las siguientes actividades a realizar por los operarios que serán capacitados previamente para que puedan cumplir con las tareas dadas y brindadas para que así se logre el objetivo de aumentar la productividad y rendimiento de las máquinas y no existan fallas futuras y posibles paras. De la misma manera, se muestra en el último semestre (Ver Tabla N°29)

Tabla 29: Plan de Mantenimiento de máquinas Nov 21 - Abr 22

ACTIVIDAD / SEMANA	Nov-21	Dic-21	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22
Limpieza interna						
Limpieza externa						
Realizar el cambio de aceite						
Lubricación de los ejes de sujeción						
Lubricación de los rieles						
Chequear la condición en el refrigerante						
Chequear la condición de los engrajes						
Chequear condición del motor						
Chequear condición de los cojinetes						

Fuente: Elaboración propia

Luego de la propuesta del Plan de Mantenimiento se realizará el programa de capacitación para sus operarios. Donde se mostrará a detalle el cronograma de actividades correspondientes y las áreas que participarán en ella.

Tabla 30: Programa de Capacitación

		PROGRAMA DE CAPACITACIÓN											
		Codigo: PROG-CS-001		Version: 00									
Código	TEMA	OBJETIVO	TIPO	FECHA	Horas Disponibles					% AVANCE	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	
						MAY	JUN	JUL	AGO				
1	EVALUACION TECNICA INDUSTRIAL	Brindar conocimiento de las obligaciones técnicas del uso correctos de máquinas	INTERNO	12/09/2022	2	X				100%	ÁREA LEGAL	Horas cumplidas	
			INTERNO	26/09/2022	1.5	X				150%		Se realizaron 2 horas	
2	TIPOS DE MANTENIMIENTO	Dar a conocer los diferentes tipos y sus soluciones	INTERNO	10/10/2022	2		X			100%	ÁREA DE MEDIO AMBIENTE	Horas cumplidas	
			INTERNO	24/10/2022	2		X			100%		Horas cumplidas	
3	INSTRUMENTACIÓN Y MANIPULACIÓN DE MÁQUINAS	Brindar conocimiento de los instrumentos y riesgos y los mantenimientos que sean respectivos en cada uno	INTERNO	14/11/2022	1.5			X		150%	ÁREA DE MEDIO AMBIENTE	Se realizó 2 horas	
			INTERNO	28/11/2022	2			X		100%		Horas cumplidas	
6	PLAN DE CONTINGENCIA	Dar a conocer el plan de contingencia en función al área de mantenimiento	INTERNO	12/12/2022	2				X	100%	ÁREA DEMANTENIMIENTO	Se realizaron 2 horas	
			INTERNO	26/12/2022	3				X	95%		Se realizaron 2.5 horas	

Fuente: Elaboración propia

Con este programa de capacitación, los operarios serán capacitados de manera adecuada para el correcto uso de la maquinaria y la materia prima requerida para cada proceso, así como para el cuidado y conservación de las máquinas.

Por lo tanto, estas acciones generarían una reducción del porcentaje de merma de restar el peso inicial de la materia prima con el peso final del producto, así como obtener una disponibilidad mayor de la máquina, obteniendo el 95% de su capacidad.

### Simulación de la Mejora

Mediante el programa de simulación Promodel, se simulará el área productiva de la fabricación de tanques de GLP y nos brindará un mejor panorama de la optimización del proceso que puede obtener al proponer la mejora en conjunto con la Metodología Lean descrita con anterioridad.

En primer lugar, se definieron las locaciones como son las 3 áreas, de las cuales 2 fueron unificadas como son el área de Habilitado y Armado. Como segundo paso, el ambiente de operación son los locales donde se realizan los procesos productivos desde la recepción de la orden de pedido hasta la entrega del tanque de GLP al cliente. En tercer lugar, la entidad principal es el tanque de GLP. Y, por último, la información de los tiempos del recorrido y espera de cada área del proceso, eso brindará el resultado del nuevo tiempo con las mejoras.

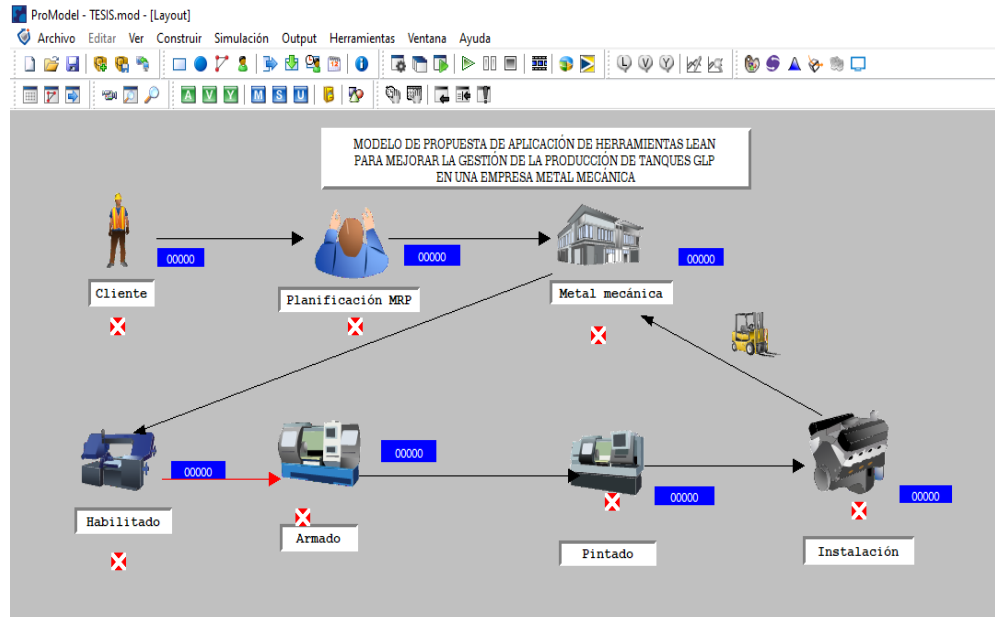


Figura 47: Simulación Promodel

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°46, se observan las locaciones, las entidades, las rutas que son recorridas en cada área que es procesada el tanque de GLP. Al igual que el Value Stream Mapping (VSM), se plasmó en el Promodel las distintas áreas en las que el tanque de GLP, con un tiempo diferente en cada área como se comentó en la parte superior con el área que fue unificada para así optimizar los tiempos. A parte de ello se muestra lo que es un contador donde calcula los tiempos de cada operación de movimiento.

También se considera que la locación de Habilitado a la locación Armado el tiempo de espera es cero debido a la mejora propuesta por la unificación de ambas áreas y eso demuestra la reducción de tiempos que se verán a

Cuadro de indicadores				
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Costo Promedio
Tanque GLP	1.00	9,600.00	9,600.00	0.00
Tanque GLP 2	1.00	15,600.00	15,600.00	0.00
Tanque GLP 3	1.00	10,800.00	10,800.00	0.00
Tanque GLP 4	1.00	18,000.00	18,000.00	0.00
Tanque GLP 5	1.00	9,600.00	9,600.00	0.00
Tanque GLP 6	1.00	18,000.00	18,000.00	0.00
Tanque GLP 7	1.00	8,400.00	8,400.00	0.00
Tanque GLP 8	1.00	7,200.00	7,200.00	0.00
Tanque GLP 9	1.00	8,400.00	8,400.00	0.00
Tanque GLP 10	1.00	18,000.00	18,000.00	0.00
Tanque GLP 11	1.00	16,800.00	16,800.00	0.00
Tanque GLP 12	1.00	7,200.00	7,200.00	0.00
Tanque GLP 13	1.00	15,600.00	15,600.00	0.00
Tanque GLP 14	1.00	10,800.00	10,800.00	0.00
Tanque GLP 15	1.00	10,800.00	10,800.00	0.00

continuación con el cuadro de indicadores.

Figura 48: Cuadro de indicadores de la simulación de fabricación de tanque de GLP

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la Figura N°49, tenemos dos entidades una es tanque de GLP y otro la orden de Producción que muestra un tiempo nulo porque la investigación se basa en la parte productiva. Al realizar la unión de las áreas y mostrando las posibles propuestas aplicativas se obtuvo de resultado el tiempo de la figura.

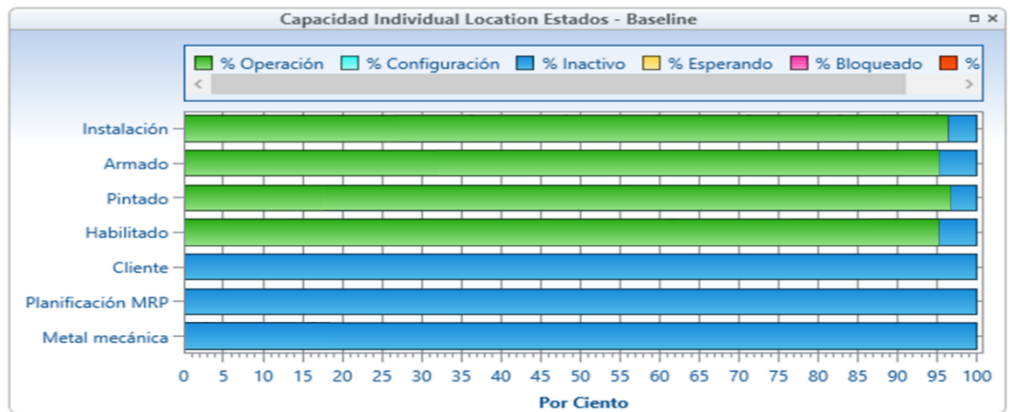


Figura 49: Estado de Locación de capacidad individual.

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro, se aprecia la capacidad que tiene cada locación:

- El área de Instalación tiene la capacidad de operación al más del 96% con una inactividad del restante eso quiere decir que hay menos tiempo muertos que los que existían con anterioridad.
- El área de Armado se aprecia que casi logra un 98% de operacionalidad y el resto son los tiempos que demoran de pasar de un proceso a otro, teniendo en cuenta que es un tanque de GLP, conforme van pasando los procesos ingresan nuevos pedidos y órdenes de producción.
- El área de Pintado al estar ahora hecho una sola área unificada con el área de Armado igual sus funciones se cumplen por separado están cerca del mayor tiempo ocupados al más del 96% de operacionalidad y los restantes en descanso.
- El área de Habilitado es el área que se encuentra al 98% de actividad, no para al ser el primer proceso y el cual recibe las órdenes de producción está en constante movimiento y flujo.
- El Cliente solo ingresa su pedido y se dirige al área de planificación MRP la cual ordena a la empresa metal mecánica especificaciones para que le fabriquen el tanque de GLP solicitado e iniciar con el proceso de fabricación.

Por último, se muestra el siguiente histograma con los siguientes resultados:

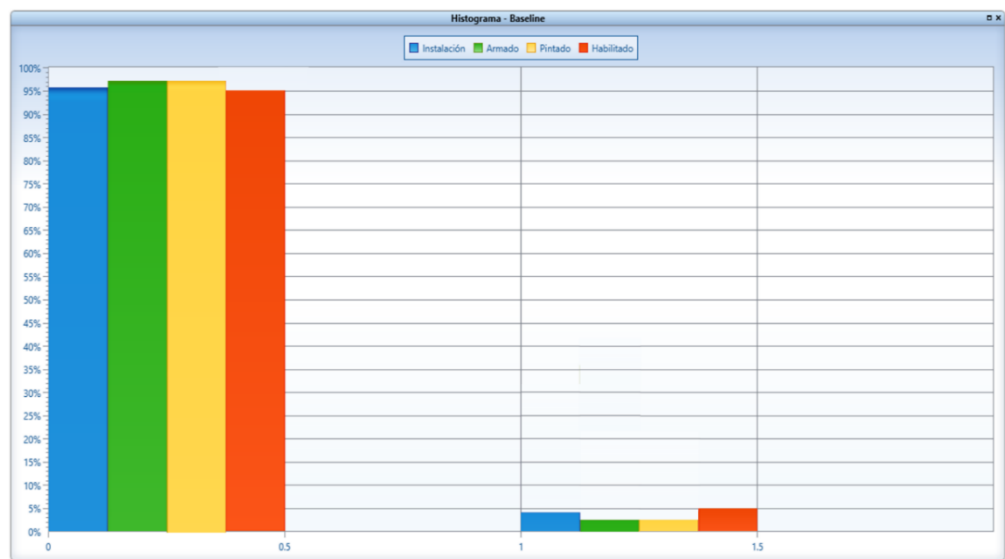


Figura 50: Histograma de la simulación

Fuente: Elaboración propia

En la figura se aprecia los rendimientos ya explicados anteriormente pero acá de forma gráfica el rendimiento de operación con las áreas de Habilitado, Armado, pintado e instalación. En el lado derecho no se muestra el área de Habilitado ya que este está a su máxima capacidad posible y requiere de más atención para así obtener los resultados de tiempos deseados.

Es importante señalar, que estos tiempos resultantes van alineados a la propuesta de mejora basado en la metodología Lean que relata esta investigación.

Tabla 31: Indicadores de satisfacción de Demanda futura

	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23
Demanda del cliente(und)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Dias laborados	24	23	22	23	24	22	23	22	24	23	24	22
Dia de trabajo	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
tiempo no productivo (min)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Disponibilidad de la máquina	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Scap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Demanda total del cliente mensual	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075	15.075
Demanda del cliente diaria (und/dia)	0.628	0.655	0.685	0.655	0.628	0.685	0.655	0.685	0.628	0.655	0.628	0.685
Tiempo neto disponible (min)	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50	370.50

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°27 luego de la mejora el desperdicio o Scap se redujo a 0.5% todos los meses, así como el rendimiento de las máquinas aumentó a 95% en promedio mensual.

Tabla 32: Tiempo Takt después de la mejora

	Takt Time (min/und)
May-22	589.85
Jun-22	565.27
Jul-22	540.70
Ago-22	565.27
Set-22	589.85
Oct-22	540.70
Nov-22	565.27
Dic-22	540.70
Ene-23	589.85
Feb-23	565.27
Mar-23	589.85
Abr-23	540.70

Fuente: Elaboración propia

#### Reducir tiempos de entrega

Con la ayuda del sistema en la nube, se mejoraría la planificación y, por ende, los tiempos de entrega se reducirían, a través el sistema Kanban y con la aplicación de la herramienta “Tarjetas Kanban” se gestionarían los tiempos, demanda, encargado, fechas, producto, etc.

#### Uso de Tarjetas Kanban en la Nube

Se usarán las tarjetas Kanban la cual podrá ayudarnos a identificar el tiempo que tienen como límite para poder pasar de un área a otra de esa manera se podrá mantener un orden y lograr entregar los pedidos en el tiempo estipulado, en la figura N° 45 se muestran las tarjetas pertenecientes al área de Habilidadado.

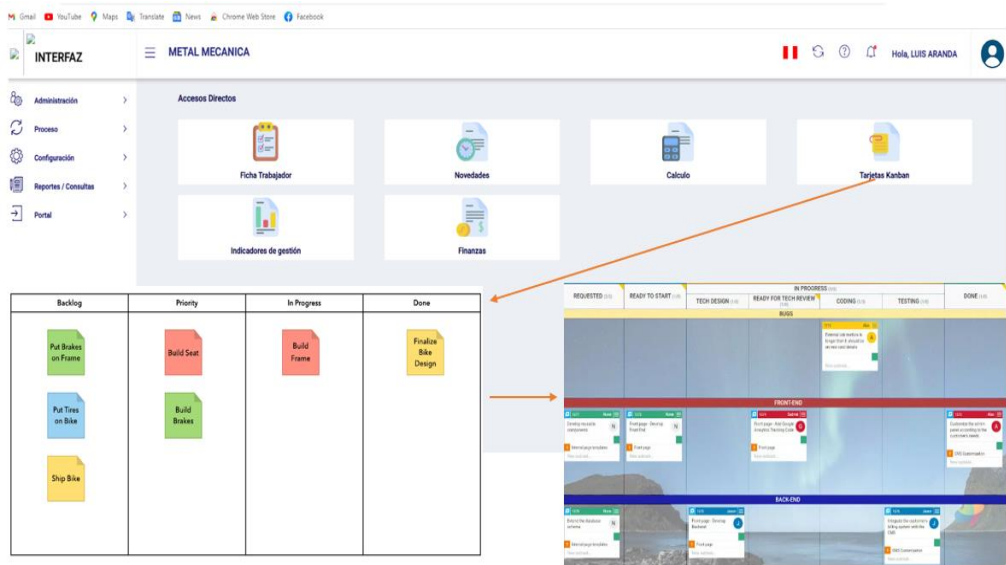


Figura 51: Tarjetas Kanban en la nube

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de Cortar: En esta tarjeta Kanban especifica el tiempo que deberá tener el cortador de planchas de acero para continuar con su siguiente proceso el lead time es de 3 días equivalentes a 3 turnos y el tiempo de espera representado en minutos.

Tabla 33: Tarjeta Kanban - Proceso de Cortado

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
CORTADOR DE PLANCHAS DE ACERO				10	
CANTIDAD	1	TIEMPO DE ESPERA	1,440	FECHA DE ORDEN	4-Abr
PROVEEDOR	FABRICADO POR LA MISMA EMPRESA			FECHA DE VENCIMIENTO	6-Abr
ENCARGADO	ING. RICARDO	TARJETA 1 DE 4			
		LOCALIZACIÓN	LOCAL N°1		

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de Habilitado: Con esta tarjeta Kanban se especifica quienes son los encargados de colocar los accesorios en el proceso de instalar los accesorios respectivos acá de igual manera su lead time es de 3 turnos y el tiempo de espera representado en minutos.



Tabla 34: Tarjeta Kanban - Proceso de Habilitado

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
<i>HABILITAR LOS ACCESORIOS</i>				10	
<b>CANTIDAD</b>	1	<b>TIEMPO DE ESPERA</b>	1,440	<b>FECHA DE ORDEN</b>	7-Abr
<b>PROVEEDOR</b>	<i>LOS TRABAJADORES</i>			<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	9-Abr
<b>ENCARGADO</b>	SUPERVISOR DE PLANTA	<b>TARJETA 1 DE 4</b>			
		<b>LOCALIZACIÓN</b>	LOCAL N°1		

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de Rolado: Esta es la penúltima etapa ayudará a darle forma las planchas de acero, aquí el tiempo es de 2 turnos equivalentes a 960 mins.

Tabla 35: Tarjeta Kanban - Proceso de Rolado

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
<i>ROLADO DE PLANCHAS DE ACERO</i>				10	
<b>CANTIDAD</b>	1	<b>TIEMPO DE ESPERA</b>	960 MIN	<b>FECHA DE ORDEN</b>	10-Abr
<b>PROVEEDOR</b>	<i>FABRICADO POR LA MISMA EMPRESA</i>			<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	11-Abr
<b>ENCARGADO</b>	SUPERVISOR DE PLANTA	<b>TARJETA 1 DE 4</b>			
		<b>LOCALIZACIÓN</b>	LOCAL N°1		

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de Embutido: Como última etapa del proceso que está dentro del área de Habilitado está el proceso de embutido que de igual manera se espera que se obtenga en un lead time de 2 días como se muestra en la figura.

Tabla 36: Tarjeta Kanban - Proceso de Embutido

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
<i>EMBUTIDOR DE PLANCHAS DE ACERO</i>				10	
<b>CANTIDAD</b>	1	<b>TIEMPO DE ESPERA</b>	960 MIN	<b>FECHA DE ORDEN</b>	12-Abr
<b>PROVEEDOR</b>	<i>FABRICADO POR LA MISMA EMPRESA</i>			<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	13-Abr
<b>ENCARGADO</b>	SUPERVISOR DE PLANTA	<b>TARJETA 1 DE 4</b>			
		<b>LOCALIZACIÓN</b>	LOCAL N°1		

Fuente: Elaboración propia

Estas tarjetas serán usadas en cada área para controlar los tiempos que tuvieran de excesos y planificar las órdenes de trabajo, continuando se mostrará el área de Armado al estar unificado con el área de Habilitado.

- Proceso de Armado: Se visualiza el tiempo que consiste actualmente que son de 1,920 minutos con su respectivo encargado.

Tabla 37: Tarjeta Kanban - Proceso de Armado

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
<i>ARMADO DE LAS PLANCHAS DE ACERO</i>				10	
<b>CANTIDAD</b>	1	<b>TIEMPO DE ESPERA</b>	1,920	<b>FECHA DE ORDEN</b>	14-Abr
<b>PROVEEDOR</b>	<i>LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA</i>			<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	19-Abr
<b>ENCARGADO</b>	SUPERVISOR DE PLANTA	<b>TARJETA 2 DE 3</b>			
		<b>LOCALIZACIÓN</b>	LOCAL N°2		

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de Soldar: En este proceso se unirán las piezas tanto de cuerpo del tanque como lo complementario que son las tapas teniendo en cuenta el tiempo estimado en la unión de ellos que es de 1,920 mins contando con los tiempos muertos y demás.

Tabla 38: Tarjeta Kanban - Proceso de Soldado

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
<i>SOLDAR Y UNIR DE LAS PLANCHAS DE ACERO</i>				10	
<b>CANTIDAD</b>	1	<b>TIEMPO DE ESPERA</b>	1,920	<b>FECHA DE ORDEN</b>	20-Abr
<b>PROVEEDOR</b>	<i>LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA</i>			<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	23-Abr
<b>ENCARGADO</b>	SUPERVISOR DE PLANTA	<b>TARJETA 2 DE 3</b>			
		<b>LOCALIZACIÓN</b>	LOCAL N°2		

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de Inspección Dimensional: En esta última tarjeta Kanban se tendrá en cuenta al supervisor de planta que dará el visto bueno para que puedan corregir si existe algún inconveniente con algún proceso en específico.

Tabla 39: Proceso de Inspección Dimensional

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
<i>INSPECCIÓN DIMENSIONAL</i>				10	
<b>CANTIDAD</b>	1	<b>TIEMPO DE ESPERA</b>	480	<b>FECHA DE ORDEN</b>	25-Abr
<b>PROVEEDOR</b>	<i>LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA</i>			<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	25-Abr
<b>ENCARGADO</b>	SUPERVISOR DE PLANTA	<b>TARJETA 3 DE 3</b>			
		<b>LOCALIZACIÓN</b>	LOCAL N°2		

Fuente: Elaboración propia

En la etapa de Pintado esta tarjeta tiene su labor de etiquetarlos con los tiempos debido al tenerlos en otro local el uso de la nube facilitará el proceso de identificación de los mismos y estos están explicados a continuación.

- Proceso de Prueba de Plaqueo: En esta prueba el encargado es el supervisor de planta por el cual solo en un día debe quedar listo para que así pase la aprobación a la siguiente etapa. Donde busca

Tabla 40: Proceso de Prueba de Plaqueo

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
<i>PRUEBA DE PLAQUEO</i>				10	
<b>CANTIDAD</b>	1	<b>TIEMPO DE ESPERA</b>	1,440	<b>FECHA DE ORDEN</b>	25-Abr
<b>PROVEEDOR</b>	<i>LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA</i>			<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	25-Abr
<b>ENCARGADO</b>	SUPERVISOR DE PLANTA	<b>TARJETA 1 DE 2</b>			
		<b>LOCALIZACIÓN</b>	LOCAL N°3		

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de Prueba de Tintes: Esta denominación la tiene para colocarle los colores que el cliente lo requiera va a depender de cómo es trabajado y elaborado por los cambios que puedan existir en el camino. Y el tiempo que requiere es de 960 mins para que quede listo y con ello los trabajadores lo realicen en el tiempo estimado.

Tabla 41. Proceso de Prueba de Tintes

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO				N° DE ORDEN	
PRUEBA DE TINTES				10	
CANTIDAD	1	TIEMPO DE ESPERA	960	FECHA DE ORDEN	29-Abr
PROVEEDOR	LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA			FECHA DE VENCIMIENTO	30-Abr
ENCARGADO	SUPERVISOR DE PLANTA	TARJETA 2 DE 2			
		LOCALIZACIÓN	LOCAL N°3		

Fuente: Elaboración propia

Luego, se plantean las siguientes estimaciones para los tiempos de entrega de los tanques GLP teniendo en cuenta los tiempos de cada proceso, demoras, controles, traslados, etc. Además, brindándole tiempo suficiente al operario en la producción, así como tomando en cuenta las mejoras en el flujo del proceso (Ver Tabla N° 42)

Tabla 42: Tiempos estimados según características del producto

Características						Tiempo estimado
CANT.	Producto	Capacidad	Almac enamiento	Orientación	Tipo de Unidad	
01	Tanque	5,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	20
01	Tanque	6,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	32.5
01	Tanque	7,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	22.5
01	Tanque	12,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	37.5
01	Tanque	4,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	20
01	Tanque	13,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	37.5
01	Tanque	3,500 G	GLP	Horizontal	Soterrado	17.5
01	Tanque	2,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	15
01	Tanque	5,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	17.5
01	Tanque	15,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	37.5
01	Tanque	17,000 G	GLP	Horizontal	Movil Primari	35
01	Tanque	1,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	15
01	Tanque	13,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	32.5
01	Tanque	3,700 G	GLP	Vertical	Soterrado	22.5
01	Tanque	4000 G	GLP	Vertical	Soterrado	22.5

Fuente: Elaboración propia

Estos tiempos estimados están sujetos a variaciones según el mes y teniendo un margen de error de +-3 días, lo cual generaría los tiempos reales (Ver Tabla N°43)

Tabla 43: Tiempos estimados y tiempos reales futuros

Características						Tiempo estimado	Tiempos reales											
CANT.	Producto	Capacidad	Almac enamiento	Orientación	Tipo de Unidad		May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23
01	Tanque	5,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	20	20	20.5	21	20.5	19.5	19.5	20.5	21	19	20	20.5	20.5
01	Tanque	6,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	32.5	31	32	33	32	31	32	31	32.5	31.5	32.5	31.5	32
01	Tanque	7,000 G	GLP	Vertical	Soterrado	22.5	22.5	21	22.5	22.5	21	21	21.5	23.5	23	23.5	23	22.5
01	Tanque	12,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	37.5	37.5	36.5	37	38	37	38.5	38.5	36	38.5	37	37.5	36
01	Tanque	4,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	20	18.5	21	19	19.5	20	18.5	21	19	21	19	20.5	19
01	Tanque	13,500 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	37.5	36	36.5	36	37.5	37	38	37.5	38	38.5	37.5	36.5	37
01	Tanque	3,500 G	GLP	Horizontal	Soterrado	17.5	16.5	18.5	18.5	17	18	16.5	17	18	17.5	18	17	16.5
01	Tanque	2,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	15	16	13.5	15.5	13.5	15.5	15	14.5	14	15	15.5	14	15.5
01	Tanque	5,000 G	GLP	Horizontal	Soterrado	17.5	17	18	16	18.5	17	16.5	17.5	18.5	16	18.5	17.5	18.5
01	Tanque	15,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	37.5	36.5	36	37.5	38.5	36	37	36	36	38	36.5	38.5	36
01	Tanque	17,000 G	GLP	Horizontal	Movil Primari	35	35	33.5	36	35.5	35.5	34	36	34	35	33.5	35	33.5
01	Tanque	1,000 G	GLP	Horizontal	Aereo	15	15.5	14	15.5	15.5	14.5	16	16	15.5	15	16	16	13.5
01	Tanque	13,000 G	GLP	Horizontal	Movil Granele	32.5	32.5	33	31.5	33.5	33	33.5	32.5	31	32	32.5	32	32.5
01	Tanque	3,700 G	GLP	Vertical	Soterrado	22.5	23.5	23	22	22	23.5	21.5	22	23	23.5	22	23	22
01	Tanque	4000 G	GLP	Vertical	Soterrado	22.5	21	22.5	22	21.5	23.5	21	23	21.5	22	23	21.5	23
					total	385	379	379.5	383	385.5	382	378.5	384.5	381.5	385.5	385	384	378

Fuente: Elaboración propia

Con los tiempos reales mejorados y considerando el tiempo estimado mejorado, se obtendría el siguiente indicador de Tiempo (Ver Tabla N° 44)

Tabla 44: Indicador de Tiempos

	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23
Tiempo Real/ Tiempo estimado	0.9844	1.001	1.009	1.0065	0.991	0.991	1.0159	0.992	1.01	0.999	0.9974	0.984

Fuente: Elaboración propia

### Planteamiento Costo/Beneficio

Para saber si la implementación del sistema en la nube es rentable, primero se tiene que saber que la relación entre costo y beneficio sea mayor a 1, bajo esta premisa se realizó el siguiente análisis con un flujo de caja de la siguiente manera.

Primero se detalla la inversión inicial que debe asumir la empresa para la aplicación del sistema en la nube y se realizará un estado de flujo económico para calcular la rentabilidad con los indicadores económicos detallados posteriormente

La inversión para implementar el sistema en la nube se detalla en la siguiente

tabla y considera los ítems a utilizar para la implementación, la instalación del sistema, el servicio de consultoría, el servicio para capacitar al personal sobre la nueva tecnología y su forma de aplicación y la infraestructura necesaria junto con los servidores para su puesta en operación. También se considera una reserva del 11.27%, de la inversión para prevalecer los riesgos y mitigar hechos fortuitos o imprevistos.

Tabla 45: Planteamiento costo/beneficio

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>	<b>%</b>
Consultoría	1		33,878	<b>30.22</b>
Instalación Software (Nube)	1	16,000	16,000	<b>14.27</b>
Licencias	1	1,756	1,756	<b>1.57</b>
Materiales			25,00	<b>22.30</b>
Servidores	1	7,080.70	7,080.70	<b>6.32</b>
Reserva	1	12,637	12,637	<b>11.27</b>
Capacitación			15,749	<b>14.05</b>
		<b>TOTAL</b>	112,101	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### Flujo de ingreso por reducción metalmecánica

El ahorro que genera la implementación del sistema se plantea con una reducción proyectada del 2% de los gastos generados en el área productiva a través de una estimación por la simulación de la instalación de esta tecnología representado un beneficio de S/. 31,730.40 también existe un ahorro en el Stock con una reducción del 1.60% obteniendo un beneficio de S/. 13,535.58.

Tabla 46: Flujo de Ingreso

Concepto	% a reducir	Costo Metal mecánica (S/.)	Ahorro anual (S/.)
	2	3,170,122.5	63,402.45

Concepto	% a reducir	Costo Metal mecánica (S/.)	Ahorro anual (S/.)
Reducción de Stock	1.6	31,730.40	13,535.58
		<b>TOTAL</b>	76,938.03

Fuente: Elaboración propia

#### Costos Operativos

En los costos operativos se consideran al personal necesario para soportar la infraestructura y las aplicaciones del proyecto, así como los reemplazos de esta implementación. La suma de ambos conceptos suma S/. 16,087.00 por cada año analizado se evaluará con una inversión hasta el cuarto año.

Tabla 47: Costos Operativos

Inversión de egresos	AÑO 1 (S/.)	AÑO 2 (S/.)	AÑO 3 (S/.)	AÑO 4 (S/.)	AÑO 5 (S/.)
	15,500.00	15,500.00	15,500.00	15,500.00	15,500.00
	587.00	587.00	587.00	587.00	587.00
<b>TOTAL</b>	<b>16,087.00</b>	<b>16,087.00</b>	<b>16,087.00</b>	<b>16,087.00</b>	<b>16,087.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### Flujo de caja

Para realizar un análisis económico se desarrolló un flujo de caja de los siguiente 5 años de operación la cual se detalla en la siguiente tabla que se expresa en soles.

Tabla 48: Flujo de caja

<b>FLUJO DE CAJA</b>						
Inversiones (año)	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (S/.)	- 112,101					
Ahorro (S/.)		76,938.03	79,246.17	81,623.56	84,072.26	86,594.43
Costos						
Costo operativo (S/.)		16,087.00	16,087.01	16,087.02	16,087.03	16,087.04
Flujo operativo (S/.)						
Ingresos / Ahorro (S/.)		76,938.03	79,246.17	81,623.56	84,072.26	86,594.43
Costos (S/.)		16,087.00	16,087.00	16,087.00	16,087.00	16,087.00
Utilidad operativa antes de impuesto (S/.)		60,851.03	63,159.17	65,536.56	67,985.26	70,507.43
<b>Flujo Económico (S/.)</b>		<b>60,851.03</b>	<b>63,159.17</b>	<b>65,536.56</b>	<b>67,985.26</b>	<b>70,507.43</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se pudo analizar la inversión, los costos de operación y el cálculo de los beneficios se obtuvo con el ahorro según el impacto de reducción detallado en la tabla 27. La implementación del modelo tecnológico reduce los costos de labor. Para el análisis de los 5 años de implementación de este modelo se estima un incremento de ahorro del 3% con respecto al primer año y un recupero de lo invertido a partir del segundo año.



Tabla 49: Periodo de Recuperación

<b>PERIODO DE RECUPERACIÓN</b>		
<b>AÑO</b>	<b>FLUJO (S/.)</b>	<b>ACUMULADO (S/.)</b>
<b>0</b>	<b>- 112,101.00</b>	
<b>1</b>	<b>60,851.03</b>	<b>60,851.04</b>
<b>2</b>	<b>63,159.17</b>	<b>124,010.21</b>
<b>3</b>	<b>65,536.56</b>	<b>189,546.77</b>
<b>4</b>	<b>67,985.26</b>	<b>257,532.03</b>
<b>5</b>	<b>70,507.43</b>	<b>328,039.46</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 49 se muestra el cálculo del periodo de recuperación de lo invertido, con el acumulado de los beneficios por año se puede ver que en año 2 con S/. 124,010.20 superó el importe de la inversión

Con el flujo de caja económico se puede calcular el índice de rentabilidad, en primer lugar, el costo de oportunidad para emplearlo se obtuvo una tasa de descuento de 10.89% (0.1089), dato que se toma de un documento de estimación por Osinergmin 2022. (El costo promedio ponderado del Capital WACC). Con esta tasa se calcularon los indicadores financieros (VAN y TIR). Donde el TIR es mayor al COK y el VAN es mayor al monto invertido, quiere decir que es un proyecto rentable.

Tabla 50: COK-VAN-TIR

<b>COK (%)</b>	<b>10,89</b>
<b>VAN (S/.)</b>	<b>129,194.57</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>49</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en la tabla, se obtiene un resultado de Beneficio/Costo

mayor a la unidad, por lo que el uso del sistema en la nube sería rentable si se aplica en el proceso de transporte. En conclusión, la relación Beneficio/Costo da como resultado que por cada sol invertido en el sistema en la nube se recuperará 1.15 soles, con lo que se afirma que es un proyecto con una relación positiva de Beneficios sobre Costos.

Tabla 51: Beneficios/Costos

<b>B/C (S./)</b>	<b>1.15</b>
------------------	-------------

Fuente: Elaboración propia

### Resumen

Tabla 52: Cuadro de comparación sin mejora vs mejorado

	SIN MEJORA	MEJORADO	Variación (%)
<b>tiempo de entrega de tanque GLP</b>			
Tiempo real promedio de entrega para todos los pedidos(días)	854.08	382.17	↓ 55.00
Tiempo real promedio de entrega por pedido(días)	61.69	25.48	↓ 59.00
<b>Ambiente de trabajo - Buenas Prácticas de Manufactura</b>			
% de Valoración del Personal	69.23	92.5	↑ 23.00
% de Valoración de la Producción	56.88	92	↑ 35.00
% de Valoración de los equipos	70.14	88.9	↑ 19.00
% de Valoración de la documentación	66.67	90	↑ 23.00
% de Valoración del Control de calidad	73.06	92.1	↑ 19.00
% de Valoración de las instalaciones	67.36	87.5	↑ 20.00
% de Cumplimiento de las BPM	67	90.92	↑ 24.00
<b>Satisfacción de la demanda - tiempo takt</b>			
Disponibilidad de la máquina (%)	85	95	↑ 10.00
Residuos-Scap(%)	3.7	0.5	↓ 3.20
Tiempo neto disponible diario(min)	351	370.5	↑ 5.00
Tiempo takt promedio (min/und)	513.02	535.27	↑ 9.00

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.5 Controlar

En la etapa final del DMAIC, el objetivo es controlar y supervisar el desarrollo de las herramientas Lean aplicadas y asegurar su cumplimiento, para esto será

Objetivo			Control	
Título	Plan de acción	Responsables	Medida	Frecuencia
<b>Mejorar la gestión de la producción</b>	Ficha de trabajador	Ingeniero de producción/Administrador	Uso de las herramientas Lean soportadas por el sistema en la nube	Mensual
	Novedades	Ingeniero de producción/Administrador	Uso de las herramientas Lean soportadas por el sistema en la nube	Mensual
	Cálculo	Ingeniero de producción/Administrador	Uso de las herramientas Lean soportadas por el sistema en la nube	Mensual
	Tarjetas Kanban	Ingeniero de producción/Administrador	Uso de las herramientas Lean soportadas por el sistema en la nube	Mensual
	Indicadores de gestión	Ingeniero de producción/Administrador	Uso de las herramientas Lean soportadas por el sistema en la nube	Mensual
	Finanzas	Ingeniero de producción/Administrador	Uso de las herramientas Lean soportadas por el sistema en la nube	Mensual
<b>Mejorar el ambiente de trabajo</b>	Indicadores de gestión (Buenas Prácticas de Manufactura)	Supervisor / Auditor	Checklist: Ayudará de forma adecuada y sistemática al cumplimiento de los requisitos establecidos por la lista	Mensual
	Clima organizacional	Recursos Humanos	Encuestas	Bimestral
<b>Gestión de la demanda</b>	VSM futuro	Ingeniero de producción	Indicadores de tiempo de ciclo y takt time	Mensual
<b>Reducir tiempos de entrega</b>	Tarjetas Kanban	Ingeniero de producción	Indicador de tiempo entrega real sobre estimado	Mensual

muy útil establecer medidas de control que proporcionen las pautas de cumplimiento de intervalos de revisión. Además, para darle una base a la aplicación de las herramientas Lean, se estableció un propósito y alcance, para asegurar que la información, responsabilidades, comunicación, procedimientos y registros sean efectivos y se implementen correctamente.

Se utilizó herramientas estadísticas como: histogramas y un gráfico de control, que ayudará a que el proceso se mantenga en control.

Tabla 53: Matriz de control

Fuente: Elaboración propia

Establecidas las medidas principales para el control del cumplimiento de la mejora, se le brindó un propósito y alcance que sirva como base a las medidas expuestas y generen un instructivo organizado.

### 1. Propósito

El objetivo de la propuesta es controlar el proceso y determinar los factores que generan la ineficiente gestión de la producción de tanques GLP de una empresa

metal mecánica, para poder mejorar la gestión de esta.

## 2. Alcance

La presente propuesta de aplicación de herramientas Lean está orientada a toda el área de producción, operarios, ingenieros y procesos que forman parte de la empresa metalmecánica.

## 3. Responsabilidades

Para este punto, se tendrá claro los roles de cada encargado, para hacer cumplir los objetivos y el plan de acción de la propuesta de mejora, además de ser apoyados por todos los involucrados en el área de producción, lo cual ayudará al control de las medidas ya establecidas

### Gerente

- Proporcionar los recursos necesarios para el cumplimiento de las medidas establecidas.
- Hacer cumplir el presente instructivo.
- Auditar el cumplimiento de la monitorización adecuada
- Mantener la confidencialidad de los datos obtenidos de los operadores que están siendo monitoreados.
- Asegurar los recursos para la sostenibilidad del proyecto

### Recursos Humanos

- Gestionar y llevar a cabo las encuestas
- Planes de acción para mejorar el clima organizacional
- Mantener la confidencialidad de los datos obtenidos de trabajadores

### Ingeniero de producción / Administrador

- Administración del sistema y gestión de la información en la nube
- Supervisar el correcto funcionamiento del sistema
- Gestionar los requerimientos y mejoras del sistema con el área de responsable.
- Mantener la confidencialidad de los datos obtenidos por los operarios.

### Supervisor / Auditor

- Supervisar la implementación de indicadores
- Evaluar según los parámetros establecidos el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura
- Gestionar las medidas correctivas y comunicar oportunidades de mejora
- Mantener la confidencialidad de los datos obtenidos de los operarios de producción.

### Trabajadores

- Cumplir el estándar de la propuesta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing, en equipos, procesos y materiales.
- Participar activamente en las capacitaciones y mediciones.
- Reportar cada evento o inconveniente con el jefe directo o supervisor.

## 5.3. Análisis de resultados

En esta sección se muestra una comparación de los datos actuales medidos con los datos mejorados para tener una mejor visualización de los mismos.

Tabla 54: Comparación de métricas para la satisfacción de la demanda y tiempo Takt para la producción de tanques GLP

	<b>Actual</b>	<b>Mejorado</b>	<b>Variación(%)</b>
<b>Disponibilidad de la máquina(%)</b>	85.00	95.00	+10
<b>Scap(%)</b>	3.70	0.50	-3.2
<b>Tiempo neto disponible diario(min)</b>	351.00	370.50	+5
<b>Tiempo takt promedio(min/und)</b>	513.02	565.27	+9

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla N° 40 la disponibilidad de la máquina incrementó en un 10% de 85% a 95%, esto debido al plan de mantenimiento de máquinas y al plan de capacitación para el correcto uso de las máquinas, así como su cuidado, generando así una mejora. Además, el scap o merma disminuyó en un 3.20% de 3.70% a 0.50%. Por otro lado, el tiempo neto disponible por día, aumentó en un 5%, esto debido al incremento en el rendimiento de las máquinas y mejora del flujo de producción. El tiempo takt

incrementó en un 9% en promedio, debido a la reducción del porcentaje de merma y reajuste del proceso, debido a esto, aumentó el tiempo en 52.25 minutos para la fabricación de cada unidad, generando una mejora en la satisfacción de la demanda.

Tabla 55: Comparación de % de Cumplimiento de Buenas prácticas de Manufactura para tanques GLP

	<b>Actual</b>	<b>Mejorado</b>	<b>Variación(%)</b>
<b>% del Personal</b>	69.23	92.50	+23
<b>% del Producción</b>	56.88	92.03	+35
<b>% del Equipos</b>	70.14	88.89	+19
<b>% del Documentación</b>	66.67	90.00	+23
<b>% del Control de calidad</b>	73.06	92.08	+19
<b>% del instalaciones</b>	67.36	87.50	+20
<b>% de Cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura</b>	67.17	90.92	+24

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla N°41 se observa que en el aspecto del personal, se mejoró en un 23%, esto debido a que con las encuestas de Clima Organizacional los operarios se sentirían más valorados y escuchados, siendo así más eficientes y productivos, generando una mejora, también se ve que en el porcentaje de producción se incrementó en 35, esto debido a las mejoras y a la implementación de indicadores de gestión para medir y controlar la producción; Por otro lado, los equipos también aumentaron en la valoración, de un 70.14% a 88.9% esto debido a las mejoras y plan de capacitación de los operarios con las máquinas y el plan de mantenimiento de estas. Con respecto a la documentación, se ve un incremento de 19%, ya que, con la implementación de los indicadores, el mapeo de la cadena de valor, la toma de tiempos, Paretos, Kanban, DOP, y entre otras herramientas utilizadas, se generó documentación importante para la empresa. El porcentaje de Control de calidad aumentaría de 73.06% a 92.1%, incrementándose así en un 19%. Con respecto a las instalaciones, incrementó su valoración en un 20 % según el cuadro, y el porcentaje de % de Buenas Prácticas de Manufactura, aumentaría en un 24%.

Tabla 56: Comparación de Tiempos de entrega para tanques GLP

	Actual	Mejorado	Variación(%)
<b>Tiempo de entrega total real promedio (días)</b>	854.08	382.17	-55
<b>Tiempo de entrega real por pedido promedio (días)</b>	61.69	25.48	-59

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla N° 41, se observa que el tiempo de entrega real en días, se redujo en un 55 % de 855 días a 383 días en promedio, esto se debe a las mejoras propuestas en planificación con el sistema Kanban y uso de la nube para la gestión de tiempos, tareas y actividades. Asimismo, el tiempo de entrega real por pedido, dependiendo del tipo de unidad, capacidad, orientación, etc. disminuyó en un 59% de 62 días a 26 días en promedio.

#### 5.4 Prueba de hipótesis

En esta etapa de la investigación se tiene como objetivo contrastar mediante tablas que hagan referencia a cada variable que ha sido con las hipótesis planteadas.

Como primer paso, se establece el nivel de significancia ( $\alpha$ ), el cual es el error que se muestra al momento de procesar la prueba, es por ello que se decidió usar un nivel de confianza del 95%, por lo que conlleva un nivel de significancia  $\alpha = 5\% = 0.05$

Se realiza la prueba de normalidad donde se plantea una hipótesis nula y alternativa para cada prueba, siguiendo una distribución normal con análisis paramétrico.

Luego se realiza la elección del tipo de prueba, para lo cual se procedió a analizar mediante un cuadro comparativo entre la variable fija, el cual se aplica un resultado antes y después siendo así, un estudio longitudinal de dos medidas y para la variable aleatoria corresponde a un porcentaje de tipo numérica; de esta manera cruzando los dos datos se determina que la prueba para este caso específico es la T-student con muestra relacionadas. Como se detalla en la siguiente tabla.

Figura 52: Objetivo comparativo de estadísticas paramétricas y no paramétricas

	EXISTE NORMALIDAD	NO EXISTE NORMALIDAD
DESCRIPCION	PARAMETRICAS	NO PARAMETRICAS
2 MEDIAS INDEPENDIENTES (NUMERICA VS CATEGORICA)	T DE STUDENT P/MUESTRAS INDEPENDIENTES	U MANN WHITNEY
2 MEDIAS RELACIONADAS (ANTES - DESPUES)	T DE STUDENT P/MUESTRAS PAREADAS	T DE WILCOXON
NUMERICA VS NUMERICA	PEARSON	SPEARMAN
> 2 MEDIAS (NUMERICA VS CATEGORICA)	ANOVA	KRUSKALL WALLIS
2 VARIABLES (CATEGORICA VS CATEGORICA)	NO EXISTE	CHI CUADRADO
2 PROPORCIONES	NO EXISTE	Mc NEMAR

Fuente: Líbano, Ubilllos y Puente (2019)

### Hipótesis Específica 1

“Si se aplican las herramientas Lean entonces se satisfará la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.”

Ho: No hay diferencia significativa en la satisfacción de la demanda entre el antes y el después de la propuesta de mejora ( $\text{sig} > \alpha$ )

H1: Si hay diferencia significativa en la satisfacción de la demanda entre el antes y después de la propuesta de mejora ( $\text{sig} < \alpha$ )

Se ingresa el indicador para la satisfacción de la demanda Takt Time = (T. disponible) / Demanda del cliente, Se compara los datos presentados en la etapa del “MEDIR” y se compara con el indicador de la propuesta de mejora

Tabla 57: Tabla de Resumen Estadístico Descriptivo 1



### Descriptivos

		Estadístico	Error estándar	
Pre-Test	Media	498.1067	6.43519	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	483.9429	
		Límite superior	512.2704	
	Media recortada al 5%	498.0313		
	Mediana	502.9050		
	Varianza	496.940		
	Desv. estándar	22.29215		
	Mínimo	461.03		
	Máximo	536.54		
	Rango	75.51		
	Rango intercuartil	32.75		
	Asimetría	-.118	.637	
	Curtosis	-.677	1.232	
Post-Test	Media	565.2733	6.04995	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	551.9575	
		Límite superior	578.5892	
	Media recortada al 5%	565.2731		
	Mediana	565.2700		
	Varianza	439.222		
	Desv. estándar	20.95763		
	Mínimo	540.70		
	Máximo	589.85		
	Rango	49.15		
	Rango intercuartil	49.15		
	Asimetría	.000	.637	
	Curtosis	-1.650	1.232	

Fuente: Elaboración propia

El software SPSS arrojó el estadístico descriptivo donde se observa la media, los límites inferior y superior, mediana, varianza, desviación estándar, mínimo, máximo, rango, rango intercuartil, asimetría, curtosis del trabajo actual comparado con el mejorado, luego se procede con la prueba de normalidad

Tabla 58: Pruebas de normalidad 1

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRABAJO SIN MEJORA	.171	12	.200*	.965	12	.850
TRABAJO MEJORADO	.213	12	.139	.811	12	.012

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de normalidad escogeremos el tipo de prueba en función a la cantidad de muestra, en este caso la de Shapiro-Wilk. de acuerdo a la Tabla N° 45 se tiene

como resultado una significancia bilateral (p) menor al valor de alfa (0.05).

P-significancia  $\geq \alpha$  acepta  $H_0$  = Los datos provienen de una distribución normal.

P-significancia  $< \alpha$  acepta  $H_1$  = Los datos no provienen de una distribución normal.

Podemos concluir que los datos no siguen una distribución normal y se recomienda una prueba no paramétrica.

Tabla 59: Pruebas para muestras relacionadas

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>	
TRABAJO MEJORADO - TRABAJO SIN MEJORA	
Z	-3.059 <sup>b</sup>
Sig. asin. (bilateral)	.002

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

Como  $p=0,002$ , entonces  $p < 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_1$ , Si hay diferencia significativa en la satisfacción de la demanda entre el antes y después de la propuesta de la propuesta de mejora. Podemos concluir que la propuesta de aplicación de herramientas Lean mejoró significativamente la satisfacción de la demanda de tanques GLP en una empresa metal mecánica.

### Hipótesis Específica 2

“Si se aplican las herramientas Lean entonces se reducirán los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.”

$H_0$ : No hay diferencia significativa en la reducción de tiempos de entrega entre el antes y el después de la propuesta de mejora ( $\text{sig} > \alpha$ )

$H_1$ : Si hay diferencia significativa en la reducción de tiempos de entrega entre el antes y después de la propuesta de mejora ( $\text{sig} < \alpha$ )

Se ingresa el indicador para la reducción de tiempos de entrega = Tiempo real/Tiempo estimado, Se compara los datos presentados en la etapa del “MEDIR” y se compara con el indicador de la propuesta de mejora

Tabla 60: Tabla de Resumen Estadístico Descriptivo 2

			Descriptivos	
			Estadístico	Error estándar
Trab sin mejora	Media		.8208	.00621
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.8072	
		Límite superior	.8345	
	Media recortada al 5%		.8215	
	Mediana		.8200	
	Varianza		.000	
	Desv. estándar		.02151	
	Mínimo		.78	
	Máximo		.85	
	Rango		.07	
	Rango intercuartil		.03	
	Asimetría		-.457	.637
	Curtosis		-.130	1.232
	Trab mejorado	Media		.9985
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	.9919	
		Límite superior	1.0051	
Media recortada al 5%			.9983	
Mediana			.9981	
Varianza			.000	
Desv. estándar			.01039	
Mínimo			.98	
Máximo			1.02	
Rango			.03	
Rango intercuartil			.02	
Asimetría			.184	.637
Curtosis			-1.110	1.232

Fuente: Elaboración propia

El software SPSS arrojó el estadístico descriptivo donde se observa la media, los límites inferior y superior, mediana, varianza, desviación estándar, mínimo, máximo, rango, rango intercuartil, asimetría, curtosis del trabajo actual comparado con el mejorado, luego se procede con la prueba de normalidad

Tabla 61: Pruebas de normalidad 2

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Trab sin mejora	.151	12	.200 <sup>a</sup>	.946	12	.583
Trab mejorado	.145	12	.200 <sup>a</sup>	.950	12	.632

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de normalidad escogeremos el tipo de prueba en función a la cantidad

de muestra, en este caso la de Shapiro-Wilk. de acuerdo a la Tabla N° 48 se tiene como resultado una significancia bilateral (p) menor al valor de alfa (0.05).

P-significancia  $\geq \alpha$  acepta H0 = Los datos provienen de una distribución normal.

P-significancia  $< \alpha$  acepta H1 = Los datos no provienen de una distribución normal.

Podemos concluir que los datos siguen una distribución normal y se recomienda una prueba de muestras emparejadas T-student

Tabla 62: Prueba de muestras emparejadas T-student para tiempo de entrega

		Prueba de muestras emparejadas						Significación		
		Diferencias emparejadas				t	gl	P de un factor	P de dos factores	
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	Trab mejorado - Trab sin mejora	.17769	.02951	.00852	.15894	.19644	20.860	11	<.001	<.001

Fuente: Elaboración propia

Como  $p < 0,001$ , entonces  $p < 0.05$ , rechazamos la H0 y aceptamos la H1, Si hay diferencia significativa en la reducción de tiempos de entrega entre el antes y después de la propuesta de la propuesta de mejora. Podemos concluir que la propuesta de aplicación de herramientas Lean mejoró significativamente la reducción de tiempos de entrega de tanques GLP en una empresa metal mecánica.

### Hipótesis Específica 3

“Si se aplican las herramientas Lean entonces se mejoraría el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.”

H0: No hay diferencia significativa en la mejora del ambiente de trabajo entre el antes y el después de la propuesta de mejora ( $\text{sig} > \alpha$ )

H1: Si hay diferencia significativa en la mejora del ambiente de trabajo entre el antes y después de la propuesta de mejora ( $\text{sig} < \alpha$ )

Se ingresa el indicador para la mejora del ambiente de trabajo Porcentaje de cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura, Se compara los datos presentados en la etapa del “MEDIR” y se compara con el indicador de la propuesta

de mejora.

Tabla 63: Tabla de Resumen Estadístico Descriptivo 3

			Descriptivos	
			Estadístico	Error estándar
Trabajo sin mejora	Media		.6717	.00999
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.6497	
		Límite superior	.6936	
	Media recortada al 5%		.6702	
	Mediana		.6800	
	Varianza		.001	
	Desv. estándar		.03460	
	Mínimo		.63	
	Máximo		.74	
	Rango		.11	
	Rango intercuartil		.05	
	Asimetría		.401	.637
	Curtosis		-.328	1.232
	Trabajo mejorado	Media		.9092
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	.8958	
		Límite superior	.9226	
Media recortada al 5%			.9080	
Mediana			.9100	
Varianza			.000	
Desv. estándar			.02109	
Mínimo			.88	
Máximo			.96	
Rango			.08	
Rango intercuartil			.02	
Asimetría			1.178	.637
Curtosis			2.251	1.232

Fuente: Elaboración propia

El software SPSS arrojó el estadístico descriptivo donde se observa la media, los límites inferior y superior, mediana, varianza, desviación estándar, mínimo, máximo, rango, rango Inter cuartil, asimetría, curtosis del trabajo actual comparado con el mejorado, luego se procede con la prueba de normalidad.

Tabla 64: Pruebas de normalidad 3

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Trabajo sin mejora	.179	12	.200*	.919	12	.281
Trabajo mejorado	.234	12	.068	.908	12	.201

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de normalidad escogeremos el tipo de prueba en función a la cantidad de muestra, en este caso la de Shapiro-Wilk. de acuerdo a la Tabla N° 51 se tiene como resultado una significancia bilateral (p) menor al valor de alfa (0.05).

P-significancia  $\geq \alpha$  acepta  $H_0$  = Los datos provienen de una distribución normal.

P-significancia  $< \alpha$  acepta  $H_1$  = Los datos no provienen de una distribución normal.

Podemos concluir que los datos siguen una distribución normal y se recomienda una prueba de muestras emparejadas T-student

Tabla 65: Prueba de muestras emparejadas T-student para ambiente de trabajo

		Prueba de muestras emparejadas					Significación			
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	P de un factor	P de dos factores
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior				
Par 1	Trabajo mejorado - Trabajo sin mejora	.23750	.04181	.01207	.21094	.26406	19.680	11	<.001	<.001

Fuente: Elaboración propia

Como  $p < 0,001$ , entonces  $p < 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_1$ , Si hay diferencia significativa en la mejora del ambiente de trabajo entre el antes y después de la propuesta de la propuesta de mejora. Podemos concluir que la propuesta de aplicación de herramientas Lean mejoró significativamente el ambiente de trabajo en una empresa metalmecánica que produce tanques GLP.

### Hipótesis General

La hipótesis general planteada es un enunciado proposicional integral cuya finalidad se resuelve al responder las interrogantes planteadas, en la operacionalización de variables se definió como dimensiones específicas de una dimensión general. por lo cual, se ha desglosado de las hipótesis específicas para un mejor estudio, estas hipótesis tratan de concretizar a la hipótesis general y hace explícitas las orientaciones concebidas para resolver la presente investigación. Partiendo de estas premisas se entiende que la hipótesis general engloba las hipótesis específicas por lo tanto el resultado (se rechaza o se acepta) de estas serán las mismas para la hipótesis general.

Considerando que en este estudio definimos la gestión de la producción a la que está dirigida la investigación como la generada por la insatisfacción de la demanda, los tiempos de entrega de pedido no competitivos y un ambiente laboral ineficiente, así que con la mejora de estos factores mejoramos la gestión de la producción. Cabe mencionar que la investigación actual no cubre la gestión de la producción en todas sus dimensiones, ya que hay aspectos que contemplan campos de investigación muy amplios. En la Figura N° 52 se aprecia de manera gráfica la estructura de todo el procedimiento de validación de las hipótesis específicas planteadas dando como resultado la aceptación de estas por lo que la hipótesis general también es aceptada ya que engloba a las 3 hipótesis planteadas

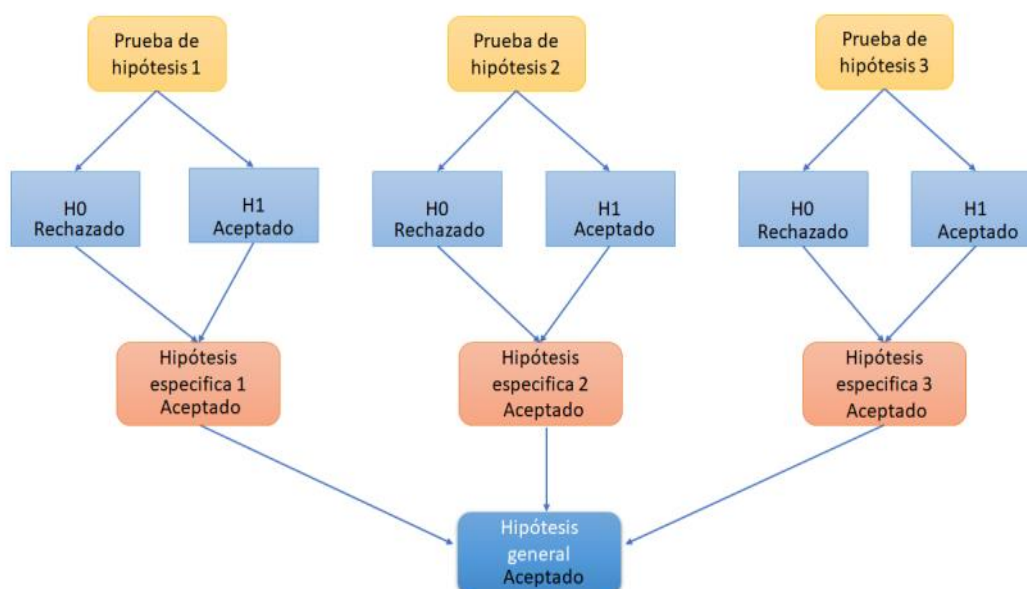


Figura 53: Gráfica de Decisión de Hipótesis

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra un resumen con los estados de las pruebas de hipótesis que se realizaron para validar nuestras hipótesis, se detalla también las hipótesis nulas (H0) y alternativa (H1) necesarias para evaluar si nos encontrábamos bajo una distribución normal. Esto con el fin de decidir si se acepta o rechaza nuestras hipótesis planteadas basándonos en una prueba estadística determinada.

Tabla 66: Resumen de Resultados

Hipótesis Específicas	Variables Independientes	Variables Dependientes	Indicador	Pre-mejora	Post-mejora	Diferencia
Si se aplican las herramientas Lean entonces se satisfará la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica	Gestión de la Producción	Satisfacción de la demanda	<p>Takt time:</p> $Takt\ Time = \frac{\text{Tiempo total de trabajo disponible por día/cambio}}{\text{Demanda total del cliente por día/cambio}}$	<b>498.11</b>	<b>565.27</b>	Mejoró en 13.88%
Si se aplican las herramientas Lean entonces se reducirán los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica	Gestión de la Producción	Tiempos de entrega de pedidos	$\frac{\text{Tiempo de entrega real}}{\text{Tiempo de entrega programado}}$	<b>0.82</b>	<b>0.99</b>	Mejoró en 17%
Si se aplican las herramientas Lean entonces se mejoraría el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica.	Gestión de la Producción	Ambiente de trabajo	% de cumplimiento de buenas prácticas de manufactura	<b>0.67</b>	<b>0.90</b>	Mejoró en 23%

Fuente: Elaboración propia



## CONCLUSIONES

1. Se concluye que, con la propuesta de aplicación de herramientas de Lean, se mejora en un 17.96% la gestión de la producción de tanques GLP de una empresa metal mecánica.
2. Se concluye que con la aplicación de herramientas Lean, la propuesta de mejora de un sistema en la nube, mediante la herramienta Value Stream Mapping aumentó el takt time con un promedio de 498.11 min/und a 565.27 min/und, obteniendo una mejora significativa del 13.88%, mejorando la satisfacción de la demanda.
3. De la investigación se llegó a la conclusión que con la aplicación de herramientas Lean, la propuesta de mejora de un sistema en la nube, mediante la metodología Kanban, se reducen los tiempos promedio de entrega de pedido de 61.69 días a 25.48 días, y el tiempo de entrega real comparado al tiempo de entrega estimado obtiene una mejora significativa del 17%, reduciendo el tiempo de entrega de tanques GLP.
4. Mediante la aplicación de herramientas Lean, la propuesta de mejora de un sistema en la nube y la implementación de indicadores de gestión se concluye que se mejora el ambiente de trabajo de 67% en promedio de cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura a 90% en promedio de cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura, obteniendo una mejora significativa del 23%.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la empresa utilice las diferentes herramientas Lean que fueron propuestas y se encuentren alineados a los cambios tecnológicos que se dan día a día para así mantenerse en el mercado y ser competitivos con sus semejantes.
2. Se recomienda que la empresa haga énfasis en el mapeo del flujo de procesos, para poder detectar inconsistencias y hacer mejoras continuamente, para seguir mejorando la satisfacción de la demanda y del cliente.
3. La empresa debe comprometerse a seguir apostando por las herramientas Lean, alineadas a las nuevas tecnologías ya que se comprobó que con el sistema en la nube se genera una mejor planificación de tiempos de entrega de pedido, y esto también se puede adecuar a más áreas de la compañía.
4. Según lo presentado, es importante que la empresa metal mecánica pueda mantener un seguimiento y control constante; por lo expuesto, se requiere que los trabajadores estén más comprometidos con la empresa y puedan cumplir con sus indicadores de gestión y con ello se logren los nuevos objetivos propuestos. Eso se logrará con las capacitaciones constantes al personal y teniendo en conocimiento las buenas prácticas de manufactura.

## REFERENCIAS

- Ale M. & Juan de Dios, G. (2020). *Propuesta de aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing para reducir los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima 2020*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Arroyo, N. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Asensi, F. (2017). *Lean Manufacturing: Indicadores clave de desempeño para gestionar de manera eficiente la mejora continua*. Valencia, España: The Saint Bookstore.
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Cd. de México, México: Grupo Editorial Patria. Obtenido de [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)
- Bances, R. (2017). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánico Wensay Aceros S.A.* (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo. Lima, Perú.
- Bell, S. & Orzen, M. (2010). *Lean it: Enabling and sustaining your lean transformation*. New York: Productivity Press.
- Ccatamayo, B. (2017). *Aplicación de filosofía Lean en la preparación minera, mina El teniente Codelco Chile* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Cifuentes, A., Fonseca, A., Caballero, D., & Gonzalez, M. (2018). *Guía para la construcción y análisis de indicadores de gestión*. Bogotá, Colombia: Función Pública .
- Díaz, A. (1993). *Producción: Gestión y Control*. Barcelona, España: Ariel, Economía SA. *Gestión y administración*. (2017). Obtenido de <https://www.gestionyadministracion.com/empresas/>

- Guerra, J. & Orozco, G. (2017). *Diseño de una propuesta para la reducción de los tiempos de entrega en Indumetalicas Carz empleando herramientas de Lean Manufacturing*. (Tesis de pregrado). Colombia: Universidad de La Salle. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_industrial/29](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/29)
- Hernández, J. & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Fundación Escuela de organización industrial (EOI).
- International Labour Organization*. (2017). Obtenido de <https://ilostat.ilo.org/es/topics/labour-costs/#:~:text=El%20costo%20de%20la%20mano%20de%20obra%20es%20el%20costo,un%20periodo%20de%20referencia%20especificado>.
- Lucumi, J. (2020). *Propuesta de mejora en el registro y control de los indicadores de producto no conforme de la empresa metalmecánica JHL S.A bajo el enfoque de lean manufacturing* (Tesis de pregrado) Cali: Universidad Antonio Nariño
- Molina, W. & Mora, C. (2019). *Aplicación de herramientas Lean para la mejora del sistema de gestión operativa del centro de distribución de almacenes Corona S.A.S ubicado en Cali*. (Tesis de pregrado). Colombia: Universidad Libre.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios J., & Romero H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* (Quinta ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
- Pérez, M. (septiembre de 2003). *gestiopolis.com*. Recuperado el 2018, de El sistema de control de gestión. Conceptos básicos para su diseño: [www.gestiopolis.com/sistema-control-gestion-conceptos-basicos-diseno](http://www.gestiopolis.com/sistema-control-gestion-conceptos-basicos-diseno)
- Rajadell, M., Sanchez, J. (2010). *Lean Manufacturing "La evidencia de una necesidad"*. Madrid - España: Díaz de Santos.

- Ramos, D. (2017). *Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en FRP Engineering S.A.C., Villa El Salvador*. (Tesis de pregrado) Lima: Universidad César Vallejo.
- Sesma, B. & Callejo, M. (2019). *Análisis de la productividad y mejora de la eficiencia de una línea de producción de galletas aplicando la metodología Lean Manufacturing*. (Tesis de Maestría). España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Siu, E. (2019). *Implementación de la gestión de la producción y la mejora en la productividad de la planta de fabricación de caramelos duros*. (Tesis de maestría) Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Socconini, L. (2013). *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. Barcelona, España: Marge Books.
- Vargas, M. (2021). *Great Place to Work*. Obtenido de <https://www.greatplacetowork.com.co/es/recursos/blog/que-es-ambiente-laboral#:~:text=%C2%BFA%20qu%C3%A9%20nos%20referimos%20con,pueden%20ser%20tangibles%20o%20intangibles>
- Zamora, R., & Pullutasig, M. (2019). *El Lean Service y su impacto en la mejora continua en talleres electromecánicos del cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua*. (Tesis de pregrado) México: Universidad Técnica de Ambato.
- Womack, J & Jones, D. (2005). *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Barcelona, España: Ediciones Gestión 2005

## ANEXOS

**Anexo 1:** Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
General	General	General		
¿Cómo mejorar la Gestión de la Producción de tanques GLP en una empresa de Metal Mecánica?	Determinar la propuesta de aplicación de las herramientas Lean para mejorar la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa de Metal Mecánica.	Si se aplican las herramientas Lean entonces se mejorará la Gestión de la producción de tanques GLP en una empresa Metal mecánica.	<b>Variable independiente X:</b> <b>Herramientas Lean</b> <b>Variable dependiente Y:</b> <b>Gestión de la Producción</b>	$\frac{\text{Gestión de la producción antes de la aplicación de herramientas Lean}}{\text{Gestión de la producción de después de la aplicación de herramientas Lean}}$ $\frac{\text{Dimensiones de la gestión de la producción antes de las herramientas Lean}}{\text{Dimensiones de la gestión de la producción después de las herramientas Lean}}$
Específicos	Específicos	Específicas	Dimensiones	
¿De qué manera la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá satisfacer la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica?	Determinar si la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá satisfacer la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica	Si se aplican las herramientas Lean entonces se satisfará la demanda en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica	Satisfacción de la demanda	$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo total de trabajo disponible por día/cambio}}{\text{Demanda total del cliente por día/cambio}}$

<p>¿De qué manera la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá reducir los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica?</p>	<p>Determinar si la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá reducir los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica</p>	<p>Si se aplican las herramientas Lean entonces se reducirán los tiempos de entrega de pedido en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica</p>	<p>Tiempo de entrega de pedidos</p>	$\frac{\text{Tiempo de entrega real}}{\text{Tiempo de entrega programado}}$
<p>¿De qué manera la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá mejorar el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica?</p>	<p>Determinar si la propuesta de aplicación de herramientas Lean permitirá mejorar el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica</p>	<p>Si se aplican las herramientas Lean entonces se mejorará el ambiente de trabajo en la gestión de la producción de tanques GLP en una empresa metal mecánica</p>	<p>Ambiente de trabajo</p>	<p>% Cumplimiento de las buenas prácticas de la manufactura</p>

*Fuente: Elaboración propia.*

## Anexo 2: Encuesta para personal operario

### Validez de Instrumento de Investigación Juicio de Expertos

#### TESIS: PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TANQUES GLP EN UNA EMPRESA METAL MECÁNICA

FECHA	
TRABAJADOR	
CORREO	

Estimados trabajadores, se les pide cordialmente que dedique unos minutos de su tiempo a completar la siguiente encuesta.

Su respuesta será confidencial y serpa utilizada únicamente con fines informativos, y conocer el proceso del área de producción.

Marca con un aspa "X" la respuesta que crea conveniente:

#### **Sección 1:**

Instrucciones: Para cada pregunta se colocará un agrado de apreciación del 1 al 5 donde:		
1. Totalmente desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indeciso
4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo	

Sección	Pregunta	1	2	3	4	5
Demora en la entrega de pedido	1. Cuenta con los planos adecuados para la fabricación del tanque de GLP.					
	2. ¿Existen demoras en el proceso productivas por falla o inconsistencias en el tanque GLP?					
	3. ¿Existe demoras en el proceso de producción por falta de personal debidamente capacitado?					
	4. Se respetan los tiempos establecidos para las actividades planificadas.					
	5. Considera que la planificación de la producción es adecuada.					



**Sección 2:**

<b>Sección</b>	<b>Pregunta</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Seguimiento de los operarios en el área productiva	1. ¿Se tiene un registro detallado de las horas de trabajo de los operarios para la fabricación de un tanque de GLP?					
	2. ¿Considera que su jefe directo realiza una buena distribución de operarios para la fabricación de cada tanque de GLP?					
	3. ¿Considera usted que su remuneración justifica su trabajo?					
	4. En más de una ocasión, ¿se han requerido operarios de los inicialmente establecidos?					

**Sección 3:**

<b>Sección</b>	<b>Pregunta</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Cultura organizacional	1. ¿Tiene conocimiento del reglamento interno de empresa?					
	2. ¿Se siente representado por la empresa?					
	3. Considera que la empresa le permite desarrollarse y crecer profesionalmente.					
	4. ¿Tiene conocimiento de las buenas prácticas de manufactura?					

### Anexo 3: Validez del instrumento a través de juicio de experto Ing Hugo Mateo

#### CARTA DE PRESENTACIÓN

**Sr. Ing. Hugo Julio Mateo López**

**Presente**

**Asunto: Validación de instrumento a través de juicio de experto**

No es grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y, asimismo, hacer de su conocimiento que, conocedores de su trayectoria académica y profesional, molestamos su atención al elegir como JUEZ EXPERTO para revisar el instrumento de medición que pretendemos utilizar en la investigación: **PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TANQUES GLP EN UNA EMPRESA METAL MECÁNICA.**

**El instrumento de medición a validar es:**

- Modelo de encuesta

Expresándole nuestros más sinceros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Bach.Ing. Aranda Cortez, Luis Fernando / Bach.Ing. Coronado Amaya, Jocelyn Lucía

#### **Validez de instrumento de investigación Juicio de Expertos**

**TESIS: PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TANQUES GLP EN UNA EMPRESA METAL MECÁNICA.**

**Indicaciones:**

Estimado Juez, una vez analizados los ítems pertinentes a la encuesta del grado de conocimiento del trabajador, por favor califique con una escala de 1 al 5 señalando con una "X" la alternativa que usted considere correcta.

**Criterios de valoración:**

1=Deficiente, 2=Baja, 3=Regular, 4=Aceptable, 5=Muy aceptable

Criterios	Descripción	Puntuación				
		1	2	3	4	5
Claridad	El cuestionario se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas					X
Consistencia	El cuestionario posee una estructura con las variables.				X	
Coherencia	El cuestionario tiene relación lógica con las variables de estudio.				X	
Suficiencia	Las preguntas desarrolladas bastan para obtener información requerida					X
Objetividad	El cuestionario esta expresado a través de información neutral e imparcial					X
<b>Subtotal</b>					8	15
<b>Total</b>						23

Puntajes a validar

De 5 a 10 Formato inválido, replantar.

De 11 a 15 Formato inválido, cambiar.

De 16 a 20 Formato válido, mejorar.

De 20 a 25 Formato válido.

Opinión final:

FORMATO VALIDADO.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Mg. Ing. Hugo Julio Mateo López

## Anexo 4: Validez del instrumento a través de juicio de experto Ing Luis Cuadros

### CARTA DE PRESENTACIÓN

**Sr. Ing. Luis Ernesto Cuadros Negri**

**Presente**

**Asunto: Validación de instrumento a través de juicio de experto**

No es grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y, asimismo, hacer de su conocimiento que, conocedores de su trayectoria académica y profesional, molestamos su atención al elegir como JUEZ EXPERTO para revisar el instrumento de medición que pretendemos utilizar en la investigación: **PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TANQUES GLP EN UNA EMPRESA METAL MECÁNICA.**

**El instrumento de medición a validar es:**

- Modelo de encuesta

Expresándole nuestros más sinceros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Bach.Ing. Aranda Cortez, Luis Fernando / Bach.Ing. Coronado Amaya, Jocelyn Lucía

### Validez de instrumento de investigación Juicio de Expertos

**TESIS: PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TANQUES GLP EN UNA EMPRESA METAL MECÁNICA.**

**Indicaciones:**

Estimado Juez, una vez analizados los ítems pertinentes a la encuesta del grado de conocimiento del trabajador, por favor califique con una escala de 1 al 5 señalando con una "X" la alternativa que usted considere correcta.

**Criterios de valoración:**

1=Deficiente, 2=Baja, 3=Regular, 4=Aceptable, 5=Muy aceptable

Criterios	Descripción	Puntuación				
		1	2	3	4	5
Claridad	El cuestionario se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas				X	
Consistencia	El cuestionario posee una estructura con las variables.				X	
Coherencia	El cuestionario tiene relación lógica con las variables de estudio.				X	
Suficiencia	Las preguntas desarrolladas bastan para obtener información requerida				X	
Objetividad	El cuestionario esta expresado a través de información neutral e imparcial					X
<b>Subtotal</b>					16	5
<b>Total</b>						21

Puntajes a validar

De 5 a 10 Formato inválido, replantar.

De 11 a 15 Formato inválido, cambiar.

De 16 a 20 Formato válido, mejorar.

De 20 a 25 Formato válido.

Opinión final:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





Ing. Luis Ernesto Cuadros Negri

**Anexo 5:** Formulario de Encuesta de satisfacción.

## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Estimados trabajadores, se les pide cordialmente que dedique unos minutos de su tiempo a completar la siguiente encuesta. Su respuesta será confidencial y serpa utilizada únicamente con fines informativos, y conocer el proceso del área de producción. Marca con un aspa "X" la respuesta que crea conveniente:

 [jocelyn.coronado@urp.edu.pe](mailto:jocelyn.coronado@urp.edu.pe) (no compartidos)   
[Cambiar de cuenta](#)

**\*Obligatorio**

A. Cuenta con los planos adecuados para la fabricación del tanque de GLP. \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

B. ¿Existen demoras en el proceso productivas por falla o inconsistencias en el tanque GLP? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

C. ¿Existe demoras en el proceso de producción por falta de personal debidamente capacitado? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

D. Se respetan los tiempos establecidos para las actividades planificadas. \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

E. Considera que la planificación de la producción es adecuada. \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

F. ¿Se tiene un registro detallado de las horas de trabajo de los operarios para la fabricación de un tanque de GLP? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

G. ¿Considera que su jefe directo realiza una buena distribución de operarios para la fabricación de cada tanque de GLP? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

H. ¿Considera usted que su remuneración justifica su trabajo? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo



I. En más de una ocasión, ¿se han requerido más operarios de los inicialmente establecidos? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

J. ¿Tiene conocimiento del reglamento interno de empresa? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

K. ¿Se siente representado por la empresa? \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

L. Considera que la empresa le permite desarrollarse y crecer profesionalmente. \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

M. ¿Tiene conocimiento de las buenas prácticas de manufactura \*

- Totalmente desacuerdo
- En desacuerdo
- Indeciso
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Enviar

Borrar formulario

Este formulario se creó en Universidad Ricardo Palma. [Notificar uso inadecuado](#)

Google Formularios