PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Escuela de Posgrado

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIO PARA LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA PLANTA ENVASADORA DE GLP MEDIANTE LA METODOLOGÍA LEAN SUPPLY CHAIN

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería y Gestión de Cadenas de Suministro que presenta:

Rodrigo Isacc Quiñones Álvarez

Tesis para obtener el grado académico de Maestra en Ingeniería y Gestión de Cadenas de Suministro que presenta:

Elena Pilar Cuevas Blanco

Asesor:

Ing. Jonatan Edward Rojas Polo

Lima, 2024

Informe de Similitud

Yo, Jonatan Edward Rojas Polo, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada(o) PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIO PARA LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA PLANTA ENVASADORA DE GLP MEDIANTE LA METODOLOGÍA LEAN SUPPLY CHAIN, de los autores Rodrigo Quiñones Álvarez y Elena Pilar Cuevas Blanco, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 11%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 16/10/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 24 de Octubre de 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Rojas Polo, Jonatan Edward	
DNI: 42529429	Firma
ORCID: 0000-0001-5498-4090	

DEDICATORIA

A nuestros seres queridos, quienes han sido nuestra mayor fuente de inspiración y apoyo durante este arduo camino.

Para mis padres:

A mis padres, quienes con su amor incondicional y su apoyo inquebrantable me han brindado la fuerza necesaria para alcanzar este logro. Gracias por creer en mí, por enseñarme la importancia del esfuerzo y la perseverancia, y por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida. Esta tesis es un testimonio de su sacrificio y dedicación. Con cariño y gratitud,

Quiñones Álvarez Rodrigo

Para mi abuelo:

A ti, abuelo, que ya no estás físicamente con nosotros, pero tu ingenio, resiliencia y persistencia siguen iluminando mi camino. Este logro es también tuyo, porque en cada paso he llevado tus enseñanzas y tu ejemplo. Te admiro profundamente y siempre te llevaré en mi corazón.

Para mi mamá:

Gracias, mamá, por enseñarme que la verdadera grandeza se encuentra en la búsqueda del bienestar común y en la vocación de servicio. Tu amor y dedicación me han guiado en cada momento, y esta tesis es un reflejo de los valores que me inculcaste. Te debo todo lo que soy. Con cariño y gratitud,

Cuevas Blanco Elena

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por darnos la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar este proyecto. A nuestras familias, por su amor, apoyo incondicional y por ser siempre nuestra fuente de motivación.

A la Pontificia Universidad Católica del Perú, por brindarnos la formación integral y las herramientas necesarias para desarrollarnos como profesionales.

Y a nuestro asesor, el profesor Jonathan Rojas, por su guía, paciencia y valiosos consejos a lo largo de este proceso.

Gracias a todos los que hicieron posible este logro.

RESUMEN

Toda cadena de suministro busca ser más eficiente en sus procesos mediante la optimización de los mismos. De ahí nuestra investigación bajo el título de "Propuesta de un Sistema de Gestión de Inventario para la Cadena de Suministro en una Planta Envasadora y Distribuidora de GLP mediante Lean Supply Chain" donde se pone en práctica dicha metodología a fin de disminuir las pérdidas de inventario en el proceso y controlar eficientemente el proceso productivo y de despachos.

El propósito del estudio es demostrar que el uso de este método aumentará la eficiencia de las operaciones logísticas, mejorará la competitividad, el control y la gestión de inventarios relacionados con los procesos operativos desde la adquisición hasta la distribución, ayudando en última instancia a ahorrar costos, aumentar la eficiencia empresarial y el nivel de servicio prestado.

Para lograr este objetivo, se recopilaron las primeras investigaciones para demostrar la reducción de residuos y el aumento de la eficiencia de la cadena utilizando Lean Supply Chain. Asimismo, admiten la evaluación y desarrollo de un nuevo sistema que integra la ejecución de los pilares de Lean Manufacturing con los procesos de toda la cadena.

Posteriormente, se resumen los efectos cualitativos y cuantitativos y se valora la efectividad del sistema en términos de mejora continua y control de procesos, frecuencia de eventos encontrados por la cadena, productividad y rentabilidad. El presente estudio podría ser útil y aplicable al sector de distribución y venta de hidrocarburos en Perú o instalaciones relacionadas.

Palabras clave

Cadena de suministro, Gestión de Inventarios, Lean Supply Chain, Envasadora de GLP.

ABSTRACT

Every supply chain seeks to enhance its processes through optimization. Our research, titled "Proposal for an Inventory Management System for the Supply Chain in a GLP Bottling and Distribution Plant through Lean Supply Chain" implements this methodology to reduce inventory losses and efficiently manage the production and dispatch processes.

The study aims to demonstrate that utilizing this method will increase logistical operations efficiency, improve competitiveness, and enhance inventory control and management related to operational processes from acquisition to distribution. Ultimately, this approach helps save costs, boost business efficiency, and improve the level of service provided.

To achieve this goal, initial research was gathered to demonstrate the reduction of waste and increased efficiency in the supply chain using Lean Supply Chain principles. This research supports the evaluation and development of a new system that integrates the execution of Lean Manufacturing pillars with the processes across the entire supply chain.

Subsequently, the qualitative and quantitative effects are summarized, and the effectiveness of the system is assessed in terms of continuous improvement and process control, frequency of events encountered by the chain, productivity, and profitability. The present study could be useful and applicable to the distribution and sale of hydrocarbons sector in Peru or related facilities.

Keywords:

Supply Chain, Inventory Management, Lean Supply Chain, GLP Bottling.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN I
ABSTRACT II
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO 3
1. Cadena de Suministro 3
1.1. Descripción y objetivos de una cadena de suministro 4
1.2. Gestión de la cadena de suministro 5
2. Lean 8
2.1. Descripción de la metodología Lean 9
2.2. Principales pilares de la metodología 15
2.3. Alcances y aplicaciones 20
3. Lean Supply Chain 23
4. Diseño Lean Supply 27
4.1. Kaizen 28
4.2. Lean Automation 30
4.3. Poka-Yoke 32
4.4. Andon 33
4.5. Lay-Out 34
4.6. Gemba 35
4.7. Trabajo Estandarizado 36
4.8. Hoshin Kanri 38
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO 40
1. Propuesta de implementación: 40
2. Lugar de implementación: 40
3. Modelo DMAIC Lean para la identificación y reducción de mudas: 41
CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL ACTUAL 43
1. Antecedentes de la empresa: 43
2. Descripción de la cadena: 43
3. Delimitación del estudio 46
4. Antecedentes del caso de Estudio 47
5. Descripción de la problemática 52
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE MEJORA 60
1. Lean Automation: 60
1.1. Identificación de áreas de desperdicio: 60
2. Poka Yoke 64
3. Andon 66

4. Lay-Out 69
5. Hoshin Kanri 73
6. Gemba 73
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS 76
1. Validación de la propuesta: 76
2. Evaluación del impacto económico: 78
3. Análisis de impactos no financieros: 79
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 80
1. Conclusiones: 80
2. Recomendaciones: 81
Bibliografía 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estructura general de una cadena de suministro 8
Figura 2 – Lean 9
Figura 3- Los 5 pilares de Lean 18
Figura 4 - Ejemplos de desperdicios en una planta envasadora de GLP. 25
Figura 5 - Diseño Lean 28
Figura 6 - Lean Automation 31
Figura 7 - Sistema Andon 34
Figura 8 - Tipos de Lay-Out 35
Figura 9 - Instrucción de operación (Trabajo Estándar) 37
Figura 10 - Despliegue de Hoshin Kanri 38
Figura 11 - Principales riesgos asociados al control de inventarios 41
Figura 12 - Descripción de la cadena 44
Figura 13 - Descripción de la cadena 45
Figura 14 - Proceso de carga de unidades que reparten GLP a granel 45
Figura 15 - Volumen de Diferencias en Planta Centro 53
Figura 16 - Ratio de Diferencias en Planta Centro 55
Figura 17 - Árbol de problemas 58
Figura 18 - Detector de gas ATEX 61
Figura 19 - Cabezal de llenado 62
Figura 20 - Manguera para GLP 62
Figura 21 - Equipo detector de remanentes 62
Figura 22 - Flujo de actividades en la etapa de tara 63
Figura 23 - Detector de fugas 64
Figura 24 - Diagrama de flujo del proceso de envasado de 10Kg con la implementación de Poka Yoke 66
Figura 25 - Parámetro Variación de la masa en los cilindros de 10 Kg 67
Figura 26 - Operación de ANDON en el envasado automático de balones de 10Kg. 68
Figura 27 - Diagrama de flujo del ANDON en el proceso de inyectado de GLP (balones de 10 Kg) 68
Figura 28 - Plano de la plataforma 72
Figura 29 - Gantt del proyecto 75

ÍNDICE TABLA

Tabla 1 - Modelo DMAIC 42
Tabla 2 - Diferencias en Kg 53
Tabla 3 - Ventas en Kg 54
Tabla 4 - Ratio Mensual 2021 54
Tabla 5 - Ratio objetivo 56
Tabla 6 - Tabla de causas y propuestas de mejora a implementar 59
Tabla 7 - Presupuesto Inicial de la Implementación 74
Tabla 8 - Muestreo de balones producidos 76
Tabla 9 - Pérdida por balón 77
Tabla 10 - Resultados extrapolados.....77
Tabla 11 - Pérdida Total en Kg 77
Tabla 12 - Reducción de pérdida 77
Tabla 13 - Volumen de mejora 77
Tabla 14 - Implementación de proyecto.....78
Tabla 15 - Evaluación del proyecto.....78

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, para ser precisos en el 2020, afrontamos cambios en todos los aspectos de nuestras vidas. Así también las compañías alrededor del mundo, prueba de ello es el sector de hidrocarburos. Este sector afrontó disminución de la demanda, caída de precios, restricciones en el tránsito lo que complicó las actividades logísticas, interrupciones en diversos eslabones de la cadena de suministro, dolo, entre otros eventos.

Esto ha resaltado la relevancia de la gestión de inventarios para evitar desperdicios y aumentar las ganancias. Esta investigación se centra en la implementación de la metodología Lean Supply Chain para favorecer la gestión de inventarios, especialmente relevante en el contexto actual donde la demanda y la capacidad productiva han aumentado, pero la eficacia de la cadena de suministro ha disminuido.

La metodología Lean, originada en Japón por Toyota, busca eliminar procesos que no añaden valor, mejorando productividad y competitividad. Sin embargo, en Perú, su implementación es limitada debido a la informalidad y la falta de políticas de innovación. Este proyecto busca demostrar que es posible hacer más ágiles y eficientes los procesos de la cadena de suministro en una empresa envasadora de GLP, ahorrando costos y mejorando el nivel de servicio.

El propósito de este trabajo es demostrar que el proceso interno de gestión de la cadena de suministro de una compañía puede ser más flexible y eficaz a la vez, mediante la metodología Lean Supply Chain, eliminando procesos que no añadan valor al producto final, ahorrando costos para la compañía e incrementando el nivel de servicio.

La propuesta de mejora presenta un enfoque Lean debido a que esta metodología principalmente ofrece un cambio de filosofía y pragmatismo que requiere de una auténtica

aceptación en todos los niveles de la empresa, desde los operadores hasta los directores, requiriendo un compromiso por parte de todos los involucrados, es lo que hace a este enfoque único y lo posiciona por encima de las demás metodologías que inicialmente se plantearon para llevar a cabo en el proyecto.

En ese marco, la hipótesis que se plantea es que el control de Inventarios bajo la metodología Lean Supply Chain permiten incrementar la productividad sin dejar de darle agilidad a los procesos internos en la cadena de suministro de una planta envasadora de GLP. Lo que nos impulsa a realizar este proyecto es incrementar la eficacia en los procesos de la compañía lo que representa un potencial ahorro en costos y un mejor nivel de servicio. Esto se llevará a cabo con el despliegue de un plan piloto en una planta, que luego será replicado y estandarizado en las demás plantas de la organización a nivel nacional, eliminando los despilfarros más importantes de la operación.

Este proyecto ofrecerá un enfoque novedoso en el diseño de procesos, con etapas para alcanzar objetivos de eficiencia y productividad aplicables a cualquier empresa. Comenzará con una búsqueda bibliográfica para identificar el estado del arte, seguido por el análisis de casos de éxito para diseñar un sistema basado en esas fuentes. Luego, se diseñará, implementará y evaluará la propuesta, con una etapa final de aseguramiento para supervisar los nuevos protocolos.

Se espera validar la hipótesis con métricas cuantitativas y cualitativas, aumentando la eficiencia y eficacia de los procesos internos en la cadena de suministro. Posteriormente, se estandarizarán y estabilizarán estos procesos utilizando la metodología Lean.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan definiciones teóricas acerca de cadena de suministro, Lean Supply Chain y la gestión de inventarios en la cadena de suministro que servirán como base para la investigación. Estas definiciones abarcan publicaciones de diversos autores especializados en la materia.

1. Cadena de Suministro

Según (Slone, Dittman, & Mentzer, 2012), la cadena de suministro es más que solo en camiones, palés y almacenes. Más bien, se refiere a la práctica de gestionar el flujo de información, dinero y materiales a través de una compañía ampliada, a partir de los proveedores hasta los clientes, a través de funciones corporativas.

Se puede decir que es una subred dentro de la red organizada de la compañía. Esto incluye el planeamiento de todas las operaciones relacionadas con el abastecimiento y el procesamiento del producto. Asimismo, abarca las operaciones de suministradores, intermediarios, directivos y clientes. La cadena de suministro coordina la oferta y la demanda tanto en el seno de la organización como fuera de ella. (Moreno Valbuena, 2012).

Una cadena de suministro consiste en un entramado de organizaciones interrelacionadas y dependientes entre sí que colaboran para controlar, gestionar y mejorar los flujos. Estos flujos pueden ser de documentos o información, desde el proveedor hasta el usuario final (Santander Mercado, y otros, 2014).

Uno de los aspectos clave de una cadena de suministro es que respalda y norma las actividades de las unidades de una compañía, como transformación, reparto, mercadotecnia, ventas, diseño de productos, finanzas y tecnología. Las actividades

primordiales de compra en la cadena de suministro a menudo implican el procesamiento de recursos naturales (Martínez-Jurado & Moyano Fuentes, 2014). Ya sea que la cadena de suministro se conciba como un proceso, subsistema o una red cabe resaltar los flujos (bienes o materiales, información y financieros) que intervienen en cada una de las actividades que se realizan de un extremo a otro.

1.1. Descripción y objetivos de una cadena de suministro

Según (Carreño Solís, 2017) Una cadena de suministro es una red de organizaciones que se alinean y trabajan juntas para explotar las oportunidades del mercado proporcionando productos tangibles o intangibles que cumplan con las exigencias de los consumidores.

De la misma manera, en el año 2013, los miembros ejecutivos del centro de investigación Lambert and Copper, actualizaron la definición de cadena de suministro entorno a los procesos multifuncionales presenten, con lo que se definió como: "La gestión de la cadena de suministro consiste en administrar las relaciones dentro de la red de organizaciones, abarcando desde los proveedores hasta los clientes finales. Se utilizan procesos clave de empresas de múltiples funciones para generar valor tanto para los consumidores como para otros grupos de interés" (Lambert & Matías G. Enzb, 2017).

(Song Song, Zacharia, & smith, 2019) explicaron que, con el paso del tiempo, la cadena de suministro conserva un carácter estratégico que se mantiene hasta la actualidad, en donde se considera una importante fuente de ventaja competitiva para cualquier empresa. Asimismo, menciona que esta ventaja competitiva nace a partir de la creación de valor al cliente, esta debe ser anticipada, reconocida y atendida de manera rápida y eficiente, por lo que

considera que el acercamiento al cliente y el uso de tecnologías permitirán a las cadenas comprender mejor las necesidades del mercado.

Para el sector hidrocarburos, la importancia de la estructura y el planeamiento de las cadenas de suministros tiene una implicación dramática en los costes y el impacto ambiental de la operación, tal y como lo sostiene (Cafaro & Grossmann, 2014), esto principalmente por la determinación del dimensionamiento óptimo de la cadena y toda la infraestructura requerida (tanques, compresoras, redes de distribución, plantas procesadoras, entre otros). Es importante mencionar que este trabajo buscará la optimización de la cadena de suministro con un diseño de mejora metodológica.

Una cadena de suministro debe mantener un balance entre eficiencia y nivel de servicio ofrecido, los cuales se miden mediante indicadores de desempeño que estén orientados a los propósitos estratégicos de la compañía, es decir, minimización de desperdicios y atención oportuna en medida y alineados a las plan comercial y financiero de la empresa. Algunos de estos indicadores son: costo total de la cadena de suministro, tiempo medio de atención, tasa de cumplimiento de pedidos, entre otros.

1.2. Gestión de la cadena de suministro

La gestión de la cadena de suministro, incluye la participación de diversos actores a lo largo de la red, que son: Proveedores, Industria, Clientes finales y Empresas de transporte, en donde se presentan materiales, información y efectivo fluyendo en ambas direcciones.

Asimismo, según (De la Arada, 2019), la gestión de la cadena de

suministro incluye los siguientes procesos: Gestión de aprovisionamiento, Procesos de transformación, Calidad del producto, Administración de la demanda y Desarrollo de producto.

(Silva Rodríguez, 2017), concluyó que, luego de realizar una recopilación de artículos relacionados a SCM, existen 2 modelos en la gestión de cadenas de suministro: Modelo Cualitativo y Modelo Cuantitativo.

El modelo cualitativo se resume en:

- Búsqueda de oportunidades de eficiencia y conocimiento.
- Asociaciones estratégicas con eslabones de la cadena.
- Importancia de una división encargada del análisis de la cadena de suministro.
- El caudal de información afecta al rendimiento.

A su vez, el modelo cuantitativo incluye:

- Herramientas matemáticas para el cumplimiento de objetivos.
- Modelo de relación Cliente-Proveedor.
- Modelos de programación de optimización.
- Pronósticos de demanda.
- Modelos de optimización de inventarios.
- Enfoque de pensamiento sistémico y teoría de restricciones.
- Sistemas de producción e inventario, planificación y flexibilidad.

Según (Cannella, Ciancimino, Framinan, & Disney, 2010), entre los principales enfoques sobre la gestión de las cadenas de suministro tenemos: el

enfoque tradicional y el enfoque sincronizado:

- Tradicional: Los miembros de la cadena toman decisiones independientes en base a sus niveles de inventario y sus objetivos locales. En este enfoque no hay una visibilidad de la demanda del mercado y tampoco coordinación entre las partes, lo que conlleva a eventuales retrasos en la atención de pedidos o un sobrecosto por mantenimiento de altos niveles de inventario. Asimismo, incrementa el riesgo de la presencia del efecto látigo en la cadena.

- Sincronizado: Este enfoque ofrece un esquema logístico centralizado en donde todos los miembros de la cadena generan sus requerimientos de manera sincronizada y coordinada. El manejo de la información es en tiempo real lo que permite tener una visibilidad de los niveles de inventario de los otros miembros, maximizando una disminución de los costes operativos y ofreciendo un óptimo nivel de atención. Asimismo, se reduce el riesgo de obsolescencia, se elimina el efecto látigo, incrementa la rotación del capital inmovilizado, todo esto sin afectar el servicio al consumidor.

Según el (Council of Supply Chain Management Professionals, 2016), la gestión de la cadena de suministro comprende la programación y administración de todas las operaciones relacionadas con el suministro y las adquisiciones, la fabricación y todas las operaciones vinculadas con la administración logística. Esto abarca asimismo la coordinación y colaboración con socios distribuidores, como proveedores, intermediarios, terceros proveedores de servicios y consumidores. En resumen, la gestión de la cadena

de suministro incorpora la oferta y la demanda tanto al interior de la organización como entre distintas organizaciones.

La gestión de la cadena de suministro es una función participativa cuyo objetivo primordial es unificar las funciones y procedimientos de negocio clave tanto al interior de la empresa como entre diferentes empresas en un modelo único y eficiente. Abarca todas las operaciones de gestión logística mencionadas previamente, así como las actividades de manufactura, y asegura la coordinación de procesos y actividades en áreas como mercadotecnia, ventas, diseño de productos, financiación e informática.

Para definir la gestión de la cadena de suministro comenzamos con la revisión de las partes implicadas en la red, los procesos, los enfoques, funciones y responsabilidades. Es necesario definir los objetivos de la cadena de suministro para diseñar el tipo de cadena que se desea gestionar. En la figura 1 se detallan los eslabones de la estructura una cadena de suministro.

Figura 1 - Estructura general de una cadena de suministro

Elaboración propia.

2. Lean

Lean es una filosofía de gestión centrada en eliminar el desperdicio y mejorar continuamente los procesos para maximizar el valor para el cliente utilizando la menor cantidad de recursos posible. (Womack & Jones, 2003)

Lean se basa en la creación de valor para el cliente, minimizando los recursos que no contribuyen directamente al resultado final. El objetivo es que cada proceso añada valor y elimine todo tipo de residuos. (Liker, 2004)

Lean se considera una estrategia que impulsa la mejora continua al reducir las ineficiencias, centrarse en el valor desde la perspectiva del cliente y capacitar a los empleados para resolver problemas operativos. (Bhamu & Singh Sangwan, 2014)

Como se puede observar en las definiciones presentadas líneas arriba Lean va más allá de ser una simple filosofía enfocada en eliminar desperdicios, sino que va más allá y se integra desde la gestión y la creación de valor hasta plantearse como estrategia corporativa.

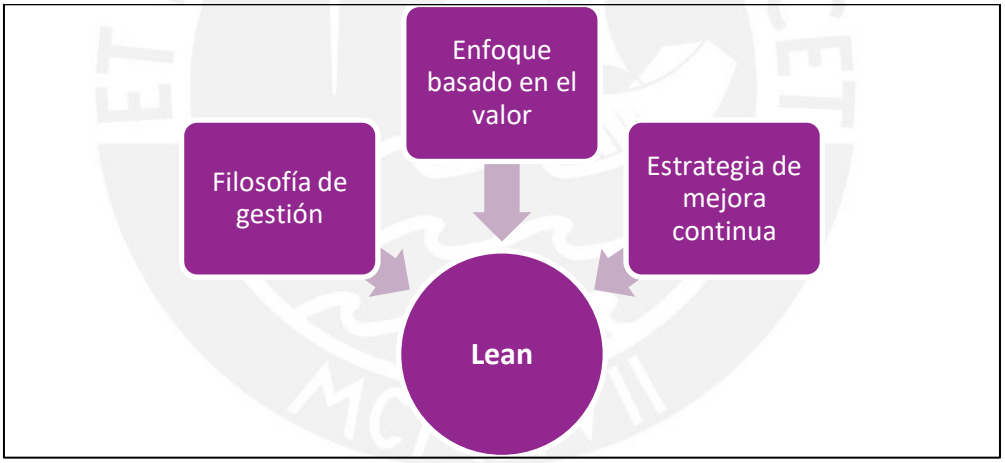


Figura 2 – Lean

Elaboración propia.

2.1. Descripción de la metodología Lean

Existen varias prácticas lean que benefician a la cadena de suministro. Algunos de ellos son: orientación al cliente, optimización de procesos, impulso de campañas de eliminación de residuos y sincronización de actividades con otros actores de la cadena.

- Concentrarse en los clientes. No es necesario tomar un enfoque lean para centrarse en el consumidor. Sin embargo, sin un enfoque en el consumidor no habrá un enfoque Lean. El enfoque Lean se basa en la exigencia del consumidor, lo que a su vez desencadena la necesidad de reponer el inventario, haciendo realidad el suministro ideal.

- Simplifique el proceso. Los procesos incluyen actividades vinculadas de manera específica para producir bienes y servicios que benefician a los consumidores. Sin embargo, no todos aportan beneficios a los clientes, algunos sólo aumentan los costes. De estos, algunos son importantes (por ejemplo, la obligación tributaria), pero otros pueden eliminarse o redefinirse fácilmente sin cambiar la función o el motivo del proceso. Para lograr procesos fáciles y económicos se recomienda:

  1. Piense en el proceso desde el punto de vista del consumidor. ¿Cómo simplificar el proceso para los clientes? ¿Cómo podemos hacerles saber a los clientes que es fácil trabajar con nosotros?

  2. Mapear el proceso identificando los pasos o actividades desde el lado del cliente, de principio a fin (de extremo a extremo).

  3. Clasifique estas actividades según dos criterios: (a) que agregan valor a los clientes - no agrega valor a los clientes y (b) no sustituibles - no pueden ser reemplazadas.

  4. Eliminar actividades que no beneficien a los clientes y sean innecesarias.

5. Verificar que el proceso simplificado mantenga su funcionalidad y razón de existencia. De lo contrario, regrese, ya que es posible que eliminemos algo que deba conservarse.

Fácil, sin esfuerzo y económico El proceso es sencillo pero efectivo. Por su sencillez, se realiza de forma rápida, sin tareas ni trámites innecesarios. De esto se trata el proceso lean.

- Impulsar una campaña de eliminación de desperdicios: una vez que se optimizan los procesos, debe involucrar a todos en la mejora continua, no agregando tareas o mejorando las operaciones del día a día, sino eliminando los desperdicios a su alcance. Las pérdidas se producen en forma de discrepancias en el inventario, daños al producto por mal almacenamiento, pérdidas, tiempos de inactividad, largas distancias, etc. Algunas técnicas útiles para eliminar el desperdicio en la cadena de suministro.

- Permite a los gerentes y operadores mantener el orden en sus almacenes y mantener los lugares de trabajo limpios y ordenados. El inventario inconsistente es un desperdicio.

- Coordinar con las empresas navieras para evitar largos tiempos de espera en la carga y descarga de mercancías. Esperar es una pérdida de tiempo.

- Aprovechar los estándares internos. Hay personas en la organización que lo hacen bien y otras que lo hacen mal, pero muchas veces no se siguen las mejores prácticas. El conocimiento no utilizado es una pérdida de tiempo.

- Sincronizar transacciones con otros miembros de la cadena. Las mayores oportunidades de mejora surgen de las interacciones con otros procesos y, en

particular, con otras organizaciones dentro de la cadena de suministro. Entre todas las posibles interacciones, las labores diarias proporcionan el mejor contexto para la sincronización de actividades sin afectar la estrategia empresarial ni asuntos estratégicos o sensibles. Términos como pedidos, palés, embalajes, camiones, conocimientos de embarque, puertos y aduanas tienen significados claros y sin ambigüedades. Para sincronizar estas actividades se recomienda:

- Organización visitas recíprocas a ubicaciones, por ejemplo, centros de distribución.
- Crear mecanismos de trabajo en situaciones normales y un canal de comunicación operativo en situaciones de emergencia.
- La organización comparte archivos de datos específicos, como inventario por línea y artículo. Contrate a expertos en sistemas de información para definir formatos de archivos, velocidades de transferencia y seguridad.
- Acordar lo que se debe hacer al introducir nuevos productos o promociones, reconociendo que la falta de coordinación conducirá a retrasos, papeleo innecesario, improvisación y emergencias: costos evitables.
- Llevar a cabo al menos un proyecto piloto de mejora con suministradores. Así, aprenderás a colaborar, ganarás confianza y obtendrás beneficios en varios indicadores (Torres-Rabello & Chávez, 2011).

La metodología Lean tiene sus inicios en el siglo XIX por parte de Sakichi Toyoda, fundador del Grupo Toyota, al principio se dedicó a la producción de telas. El Sr. Toyoda implementó varias herramientas del enfoque en la automatización de la detección de defectos y el incremento de la

productividad en el uso de maquinaria, entre ellas Jidoka, Just in Time, SMED, entre otros.

A pesar que la efectividad de la metodología estaba evidenciada y establecida en el Toyota Production System (TPS), no fue hasta finales del siglo XX que el gobierno japonés fomenta la expansión del Modelo Toyota en todo el país a fin de superar una fuerte crisis económica que atravesaba la economía nipona. Luego de su éxito en esta etapa y demostrada su versatilidad en la adaptación en diferentes sectores, no sólo en el productivo, es que se crean variantes de la metodología con criterios específicos sobre el rubro dedicado.

Según (Socconini, 2019) la metodología se puede definir como un sistema o proceso continuo en donde se identifica y elimina cualquier desperdicio o exceso que esté disminuyendo la eficiencia del proceso, es decir, no agrega valor al proceso, pero sí encarece e incrementa el trabajo. Menciona, que no sólo es una forma aislada de trabajo y anticipada de reconocer estos desperdicios sino lo llama más como un "estilo de vida" que debe asumir la organización en estar en una permanente búsqueda del mejoramiento continuo.

Para poder alcanzar un nivel de clase mundial bajo la competitividad actual, (Socconini, 2019) menciona que la empresa debe ser capaz de implementar estas nuevas herramientas de mejora, prevención y en muchos casos de cambio cultural que conlleven a la empresa a un autocrecimiento sostenido en el tiempo.

Dentro la metodología se plantean tipos de desperdicios dentro de los procesos, también conocidos como “mudas”, sobre los cuales se deben establecer acciones de mejora de acuerdo al enfoque Lean, estas se listan a continuación:

- Sobreproducción: Exceder la demanda solicitada, generando exceso de inventario.
- Inventario: Existencias sin rotación, capital inmovilizado.
- Transporte: Cualquier traslado no agrega valor al producto.
- Espera: Retrasos en el flujo productivo.
- Sobre proceso: Duplicar actividades o actividades innecesarias.
- Movimiento: Desplazamientos innecesarios de personal o equipos.
- Calidad: Piezas defectuosas.

Específicamente sobre la metodología Lean enfocada a la cadena de suministro, la implementación debe abarcar todos los eslabones de la misma, siendo: Compras, Fabricación, Inventario, Transporte y Clientes. Es importante tener en cuenta que cada parte de la cadena se conecta en un flujo de materiales, información y dinero que debe ser extensamente analizado, en orden de encontrar oportunidades de mejora que agilicen el recorrido, reduzcan costos e incrementen la calidad del servicio ofrecido.

(Bednár & Vidová, 2012) Lean está directamente relacionado con SCM, que se denomina Lean Logistics. Por tanto, Lean Logistics es una filosofía de mejoramiento de los procesos de producción y servicios basada en la eliminación de residuos y operaciones que no añaden valor al producto o

servicio adquirido por los clientes, eliminando ineficiencias de SCM.

El nivel de productividad de la cadena está directamente relacionado con la sincronización que se logre con todos los actores involucrados en las operaciones. Por otro lado, la adaptabilidad a la transformación y a las implementaciones de mejoramiento continuo es una característica fundamental en el posicionamiento de las compañías.

2.2. Principales pilares de la metodología

(Reyes, 2018) ***detalla en su artículo los cinco pilares de Lean:***

1. Producir según "Pull" (demanda) del cliente: En lugar de una producción continua durante largos períodos de tiempo, la producción se ajusta en función de las órdenes de los clientes. De esta manera se puede evitar redundancias y por tanto evitar desperdicios innecesarios.
2. Crear Flujo: Debe ser completamente fluido e incluyendo solo los pasos que son importantes para la producción. También se debería considerar permitir solo un proceso a la vez en cada espacio de trabajo, lo que reducirá los tiempos de espera entre pasos y los errores y al mismo tiempo mejorará la calidad de cada paso.
3. Optimizar "Takt": Hace referencia a la rapidez con la que se deben entregar resultados para cumplir con la demanda del cliente; esto puede lograrse mejorando el reparto de las tareas entre las personas (Mura), impidiendo la sobrecarga (Muri) y/o la inmovilidad. Al optimizarlo, mejoras el proceso y ganas flexibilidad en caso de cambios.
4. No esconder problemas: Esto no significa que no habrá problemas, pero en la fabricación ajustada es necesario informarlos rápidamente para que

puedan solucionarse antes de seguir adelante. Además, identificar estos errores permite la mejora continua del proceso, que es lo más importante para el proceso.

5. Eliminar actividades sin valor ("Muda"): En el ámbito de derroches, existen 7 principales los cuales se deben evitar en el pensamiento Lean porque no agregan valor al producto a los ojos del consumidor. Son los siguientes:
    - Transporte: Cualquier traslado no necesario de personas o artículos entre procesos.
    - Inventario: La sobreproducción que conduce al almacenamiento, el trabajo estancado en el proceso o las materias primas no utilizadas degradan el trabajo porque se debe dedicar atención y dinero valiosos a organizar la función y el mantenimiento sin afectar el producto final.
    - Movimiento: Cualquier movimiento no necesario de personas, artículos o maquinaria entre procesos. Esto puede ocurrir por espacios entre puestos de trabajo entre estadios o por movimiento excesivo de maquinaria de un punto de partida a otro. Esto provoca pérdida de tiempo y dinero, estrés en el personal y desgaste del equipo.
    - Espera: Personas o productos que tiene que esperar a que se complete un flujo de trabajo o una reacción de otra dependencia o entidad. Esta espera interrumpe el proceso de transformación que es la base de la manufactura esbelta, convirtiéndola en uno de los mayores desperdicios.

- Sobreproducción: Mantener demasiado inventario o producir más rápido de lo que requiere la demanda. El exceso de producción es uno de los enemigos más importantes del pensamiento lean porque conduce a los seis tipos de desperdicio e impide la mejora continua. Esto también crea un desperdicio adicional en el cronograma, desperdiciando el potencial de los colaboradores.
- Sobre procesamiento: Agregar en el producto más de lo que el consumidor aprecia, tolerancias muy estrictas, exceso de pulido requerido o uso de procesos que el consumidor no requería, etc. El objetivo es garantizar que el nivel de procesamiento requerido, útil y necesario se alcance a través de especificaciones claras y la identificación de las mejores prácticas aplicables al diseño industrial.
- Repasar. Evitar problemas que puedan hacer que el proceso se repita o repare. Al detectar errores tan pronto como ocurren y solucionarlos, evitará costos innecesarios y pérdidas de tiempo rehaciendo procesos, así como la pérdida de consumidores por no entregar el valor esperado. Por esta razón, siempre debes buscar evitar errores y desarrollar un plan de acción inmediato si es que ocurren con el objetivo de evitar pérdidas mayores.

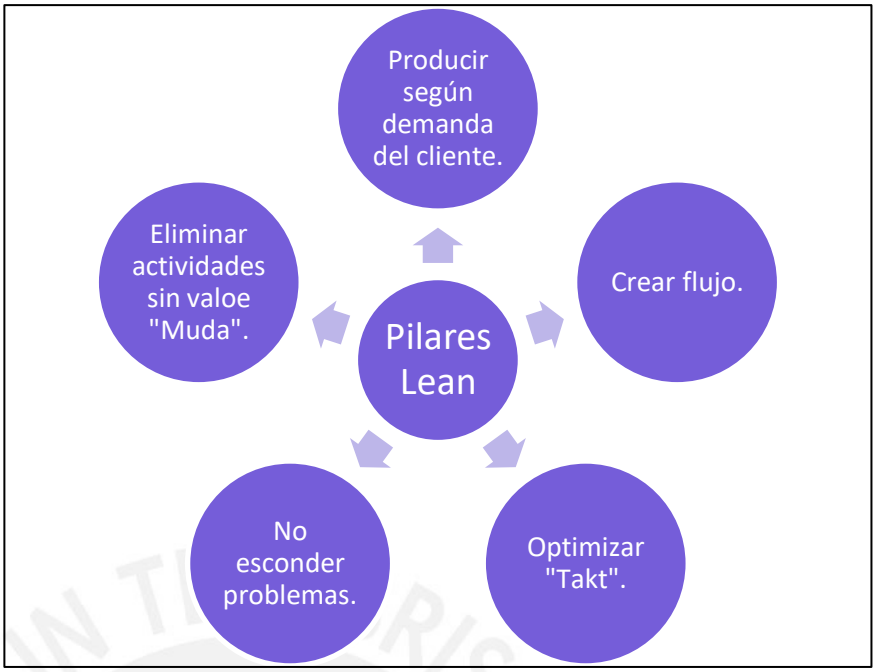


Figura 3- Los 5 pilares de Lean

Elaboración propia.

Según (Elmoselhy, 2013) el principal objetivo de la metodología Lean es maximizar el valor entregado al cliente y minimizar las pérdidas, desde un punto de vista de eficiencia, crear más valor utilizando menos recursos y desde un punto de vista económico incrementar ingresos y reducir costos. Para lograrlo el enfoque Lean nos ofrece 5 pilares para una correcta implementación:

- Especificación del Valor: Se debe tomar en vista a la perspectiva del cliente, el comprador sólo requiere una solución y en esta etapa se busca identificar todos.
- Identificación del Flujo del Valor: Considerado como el mapeo de las actividades, procesos, funciones o personas involucradas en la entrega final del producto al consumidor, en donde se puede identificar la cadena de valor y eliminar lo que no agregue valor.

- Creación de un Flujo Continuo: Una vez eliminados los desperdicios y definidos los procesos Lean, se debe alcanzar un nivel de sincronicidad entre los mismos, de tal manera que no se vea interrumpido el flujo y se eviten los cuellos de botella.
- Implementación de Sistema Pull: El sistema Pull debe ser implementado en la medida de lo que el esquema de negocio lo permita, de tal manera que se genere un entorno de trabajo más estable con una demanda definida, y que esta demanda sea atendida con el esfuerzo necesario requerido. El meta es el aprovechamiento óptimo de los recursos, minimización de costos operativos y creación de valor eficiente.
- Mejora continua: Añadir eficiencia a un proceso siempre es factible y bajo la perspectiva de la mejora continua se puede retroalimentar y buscar nuevamente oportunidades de mejora. Asimismo, este pilar es uno de los más importantes porque sentará las bases para un cambio pragmático y cultural requerido para la implementación de la metodología sobre todos los niveles de la organización.

A lo largo de cada etapa del proceso de implementación de la metodología, se desplegarán diferentes herramientas disponibles, acompañada con una inversión tecnológica que permita un mejor flujo de materiales, información y automatización de la cadena en general.

(Dulcé, 2020) señala que se trata de una iniciativa de innovación destinada a maximizar el valor para el cliente a la vez que se minimizan los residuos en los procesos de la cadena de valor. Lean significa generar más valor para los consumidores con menos recursos.

Desde el punto de vista del Cliente

- Especificar el valor: El valor es definido por el cliente en función de productos y servicios concretos.

Mediante Mapas de Flujo de Valor (VSM)

- Identificar el flujo de valor: Mapear todas las actividades, procesos y funciones enlazadas de punto a punto que sean relevantes y necesarias para convertir insumos en productos para determinar y eliminar desperdicios.
- Garantizar un flujo continuo de valor: Después de eliminar el desperdicio, continuar con los demás pasos para crear un "flujo de valor".
- Permitir que los clientes se beneficien: La adquisición de clientes se limita al proveedor final, lo que permite la producción en el momento justo.
- Luchar por la excelencia: Comprometerse con un proceso de mejora continua hacia la excelencia.

Además de estos pilares básicos, la filosofía Lean también incluye principios éticos específicos, como el respeto a los colaboradores, que no permite despedir a los colaboradores como una simple solución a los problemas de distribución y el interés por la satisfacer al consumidor, evitando el deterioro de la calidad del servicio.

La internalización de los pilares de la metodología significa que la organización es consciente de los beneficios de seguir la filosofía y practicarla en el día a día, buscando la mejora continua de forma constante.

2.3. Alcances y aplicaciones

El alcance de la metodología Lean Supply Chain debe estar delimitada

sobre todos los procesos relacionados a la cadena de suministro, desde el abastecimiento o compra hasta la venta al cliente final, se debe esquematizar todo el proceso y definir los participantes y el alcance en general.

A fin de establecer el alcance del proyecto, (Ávila-Gutiérrez & Córdoba-Roldán, 2012) mencionan que se debe definir el tipo de mejora que se realizará sobre la empresa. Los tipos de mejora considerados en un Proyecto Lean son: Proyecto Tradicional de Mejora y el Proyecto con enfoque en la Mejora Continua. Para ambos tipos se considera una conformación de un equipo encargado del seguimiento del proyecto y se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Conformación de un equipo multidisciplinario con el cliente.
- Diseño de un plan de comunicación y capacitación.
- Análisis de información inicial y conformación de indicadores.
- Establecer etapas del proyecto.

El proyecto tradicional ofrece una secuencia de actividades que parte desde el diagnóstico, análisis, implementación y recopilación de datos. Por otro lado, el proyecto con enfoque en la Mejora Continua tiene una mayor flexibilidad, es más dinámico y participativo, su principal objetivo no es alcanzar mejoras sustanciales sino pequeños avances que permitan alcanzar objetivos estratégicos a largo plazo.

Si se opta por una Mejora Continua, se debe implementar la metodología de manera transversal en todos los niveles de la empresa, debe ofrecer un cambio cultural mediante una serie de capacitaciones y charlas que sensibilicen a todos los involucrados dentro del proceso sobre el aprovechamiento de los

recursos, sin afectar el valor entregado al cliente. Una parte importante y poco atendida.

Luego de implementado el esquema de mejora en base a la estrategia Lean establecida, los resultados esperados de la implementación pueden ser los siguientes:

- Mayor visibilidad de la cadena de suministro.
- Mejoramiento de la satisfacción del cliente e incremento del nivel de servicio.
- Medición y control de indicadores de resultados.
- Incremento de rotación de inventario y reducción de costos de mantenimiento.
- Decremento de obsolescencia.
- Cargas consolidadas y niveles óptimos de pedido.
- Control de existencias más preciso.
- Mejoramiento del rendimiento del proveedor (plazos de entrega, costos, especialización, etc).
- Reducción del costo total de la cadena.

Muchos de los instrumentos del pensamiento Lean están creadas para su uso en procesos de fabricación, por lo que no siempre son adaptables a otras unidades de la compañía. Sin embargo, existen ciertas prácticas y herramientas del pensamiento lean que, si se adaptan, pueden resultar útiles en cualquier implementación Lean. (Segarra Brufau, 2017)

(ISOTools Exellence, 2016) El origen de este método es su aplicación en industrias orientadas a procesos como la fabricación o la cadena de suministro,

pero ahora el método Lean se puede aplicar a la consultoría, la atención al cliente y más. Básicamente, en cualquier clase de proyecto incluyendo procesos, recursos humanos y materiales está listo para ser optimizado y aplicado este método. Para que la filosofía de utilizar el método Lean alcance el éxito previsto, debe internalizarse en todas las instancias de la organización, comenzando por la dirección. Lean busca hacer que las organizaciones operen globalmente, fomentando la autonomía, pero potenciando las aportaciones de cada elemento.

La filosofía Lean cubre de forma integral los procesos relacionados mediante la conformación de equipos multidisciplinarios, implementación de planes y/o programas que permitan mejorar la comunicación entre los actores involucrados, así como la capacitación constante, establecer indicadores y la determinación de etapas en los proyectos de mejora.

3. Lean Supply Chain

Según (Torres-Rabello & Chávez, 2011),sostienen que se define como una cadena de suministro es ágil y rentable si opera a un costo mínimo. Este tipo de circuito ayuda a eliminar residuos. Como muestra la rica literatura sobre manufactura esbelta, el desperdicio se presenta de muchas formas. Por ejemplo, en el sistema de producción de Toyota, el desperdicio es el exceso de producción, el inventario, transportación, reubicación, el retrabajo, el tiempo muerto y las actividades innecesarias que no añaden valor a los clientes ni a la empresa.

Lean no se trata sólo de eliminar desechos, sino también de optimizar procesos y centrarse en el consumidor. Un instrumento que se utiliza con frecuencia es un mapa

de flujo de valor, que se centra en detectar los procesos que agregan o no valor a la cadena.

La filosofía Lean Supply se enfoca en la eliminación de los desperdicios del proceso, tal como lo describe (Myerson, 2012) en su libro. De los ocho residuos existentes, tales como tiempo de esperas desperdiciados, sobreproducción, eliminación excesiva de residuos, desperdicio por defectos, desperdicio de comportamiento (talento), sobre inventario, transporte y movimientos innecesarios. Hemos identificado cinco residuos en el proceso de adquisición que debemos intentar de eliminar:

- Tiempo de espera desperdiciado: El tiempo de inactividad en espera de ofertas de los tres proveedores puede durar en promedio de uno a siete días calendario.

- Desperdicio por sobreproducción: se refiere a compras o procesamientos que no son absolutamente necesarios. Muchas veces, los usuarios envían pedidos incorrectos con cantidades incorrectas o materiales innecesarios.

- Eliminación excesiva de residuos: Hemos descubierto que, en algunos casos, dedicar mucho esfuerzo y tiempo a las órdenes no tiene una repercusión significativa en los presupuestos de aprovisionamiento.

- Desperdicio por defectos o errores: La creación de órdenes de devolución conlleva retrabajos y coordinaciones que no son beneficiosos para el proceso. Estos ocurren debido a errores en el pedido o solicitud de pedido.

- Desperdicio de comportamiento: Para implementar la filosofía Lean, las personas son un factor considerable. El grupo de trabajo debería poder detectar los desechos, estar dispuesto a transformar procesos y asumir riesgos para mejorar continuamente el área. Sin un cambio en las actitudes de la gente, ninguna mejora será efectiva. En la figura 4 detallamos algunos ejemplos de desperdicios que se generan en una planta envasadora de GLP.

Tiempo de espera desperdiciado	•Generación y aprobación de códigos para la compra de GLP desde la fuente. •Generación de códigos y aprobación de códigos para la venta de GLP.
Desperdicio por sobreproducción	•Envasado de cilindros sin contar con pedidos confirmados. •Reproceso de cilindros no vendidos.
Eliminación excesiva de residuos	•Implementación de controles innecesarios.
Desperdicio por defectos o errores	•Cambio de cilindros por un mal control de fugas. •Cambio por mala presentación (logo mal pintado o sellado incorrecto)
Desperdicio de comportamiento	•Talento desperdiciado por no contar con un plan de crecimiento por puestos o falta de seguimiento al desempeño.

Figura 4 - Ejemplos de desperdicios en una planta envasadora de GLP.

Elaboración propia.

(Pérez Solé, 2013) Para que una cadena de suministro sea verdaderamente resiliente, debe tener algunas características verdaderamente sobresalientes:

En primer lugar, las cadenas de suministro ágiles son altamente sensibles al mercado. La sensibilidad del mercado significa que la cadena de suministro puede descifrar, determinar y dar respuesta a la demanda actual. Muchas compañías dependen de previsiones sobre la demanda y no de datos reales. En otras palabras, debido a la escasa retroalimentación e influencia directa en el mercado mediante datos sobre la demanda real de los consumidores, se sienten obligadas a elaborar previsiones basadas en las ventas o entregas futuras y traducir esas previsiones en volúmenes de producción y stock.

Los avances en el último decenio en la utilización de la tecnología de la información para la obtención de datos directamente del punto de venta o del punto de utilización están revolucionando la posibilidad de una compañía de escuchar y atender a las exigencias de sus consumidores en tiempo real. Utilizar la tecnología informática para intercambiar datos entre compradores y proveedores crea una cadena de suministro virtual que, a menudo, puede operar en tiempo real.

Las cadenas de suministro virtuales se fundamentan en la "información" en lugar de en el inventario. Los esquemas logísticos tradicionales dependen de modelos para determinar las cantidades y ubicaciones óptimas del inventario. Es posible crear fórmulas y algoritmos complejos para soportar este modelo empresarial centrado en el inventario.

Irónicamente, estamos descubriendo que, una vez que identificamos una necesidad a través de información general, las premisas en las que se basaban esas fórmulas dejan de ser válidas. El intercambio electrónico de datos (EDI) y, más recientemente, Internet han hecho posible que los asociados de la cadena de suministro actúen sobre la misma información, como la demanda real, en vez de

confiar en una imagen distorsionada y confusa a medida que las órdenes avanzan de una etapa a la siguiente en la cadena.

Los miembros de la cadena de suministro solo pueden aprovechar al máximo la información compartida mediante la alineación de procesos, lo que implica una asociación entre compradores y suministradores, la elaboración conjunta de productos, y el uso de sistemas de información comunes y compartidos. Esta forma de cooperación en la cadena de suministro se está volviendo cada vez más común, de modo que las organizaciones se concentran cada vez más en gestionar sus competencias clave y subcontratar las demás actividades.

El enfoque de Lean Supply tiene como punto de partida minimizar los desperdicios que se ocurren durante las actividades al interior de la cadena de suministro, para continuar con la optimización de flujos y el enfoque en el cliente. Asimismo, se hace énfasis en el impacto del trabajo en equipo y de la información compartida.

Para conseguir estos beneficios, las organizaciones deben adoptar la idea de Lean Supply Chain y estar dispuestas a compartir riesgos y recompensas con sus proveedores. También necesitan construir la infraestructura subyacente para aplicar las herramientas y técnicas de Lean Supply Chain de manera efectiva. Mediante la aplicación de una revisión sistematizada de la literatura, las organizaciones pueden determinar los principales dominios de problemas y técnicas para implementar Lean Supply Chain (Khorasani, Cross, & Maghazei, 2020).

4. Diseño Lean Supply

En esta etapa revisamos los conceptos de las siguientes herramientas: Kaizen,

Lean Automation, Poka-Yoke, Andon, Lay-Out, Gemba, Trabajo Estandarizado y Hoshin Kanri. Estas herramientas forman parte del sistema de gestión de inventarios que se implementó.

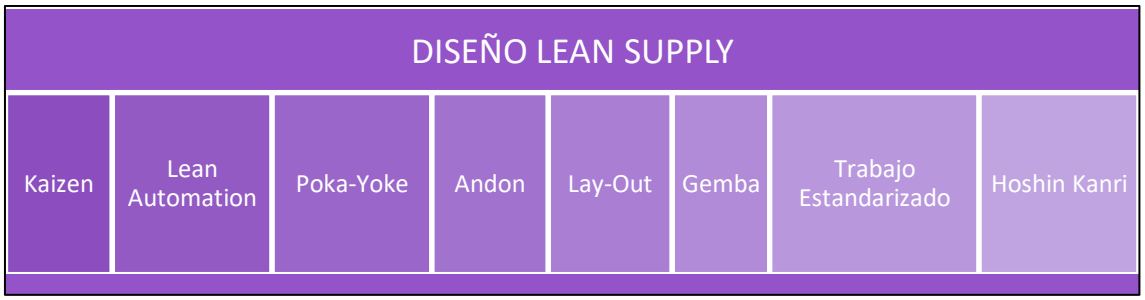


Figura 5 - Diseño Lean

Elaboración propia.

4.1. Kaizen

La mejora continua está basada en la lucha constante contra el despilfarro. El pilar básico para ganar esta batalla es la colaboración con el espíritu Kaizen, verdadero motor del éxito del sistema Lean en Japón.

Kaizen significa "cambio para mejorar"; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. Kaizen trata de cambiar las actitudes de las personas. Centrarse en la innovación y aprovechar las capacidades de todos los colaboradores impulsará el sistema hacia el éxito. Lógicamente, este espíritu significa una forma de gestionar un negocio que implica una cultura de cambio continuo orientada al desarrollo de mejores prácticas, que es lo que significa el término "mejora continua".

La mejora continua y el espíritu Kaizen son conceptos maduros, aunque todavía no se aplican ampliamente en la práctica. Su significado parece muy sencillo, principalmente lógico y de sentido común, pero la realidad demuestra que en el entorno empresarial su implementación es muy difícil sin que se

mantengan en el tiempo cambios fundamentales de pensamiento y organización. Los beneficios de utilizarlo son claros si se tiene en cuenta que las investigaciones muestran que las empresas que se esfuerzan continuamente por implementar proyectos de mejora continua logran un crecimiento sostenible de más del 10% cada año.

El espíritu de mejora continua se expresa en el dicho "siempre hay una mejor manera" e incluye progresos paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras hechas por todos los colaboradores, incluidos los gerentes, acumulan y entregan resultados que aseguran la calidad, reducen costos. y son oportunos. Entregar la cantidad correcta a los clientes. El proceso de mejora continua consiste en detener el proceso de producción cuando ocurren problemas para analizar la causa y tomar acciones correctivas, mejorando así la eficiencia del sistema.

Llegará un punto en el que los beneficios de implementar mejoras dejarán de ser significativos. En ese momento, será necesario invertir en nuevas tecnologías o cambiar las actuales. Cuando los cambios son drásticos y se efectúan mediante técnicas de reestructuración o grandes mejoras en el diseño de productos, suelen requerir grandes inversiones y, a menudo, la modernización de equipamientos y automatismos. (Hernández Matías & Vizan, 2013)

Mientras que (Godínez González & Hernández Moreno, 2018) afirman que el Kaizen supone un cambio para mejor y permite a los colaboradores aplicar diferentes filosofías de trabajo para mejorar la calidad de los productos o servicios proporcionados por la empresa. Es comprensible que por ser una

filosofía solo aplique a empresas manufactureras; pero hoy esta filosofía se aplica incluso en el trabajo diario y se aplica de forma mucho más racional en el departamento administrativo de la empresa, ya que ayuda a establecer el control sobre los procesos internos y traerá beneficios a la empresa con excelentes resultados.

Kaizen es un método utilizado cada día para mejorar continuamente las estructuras personales, sociales y empresariales. Kaizen ("cambio para mejor" o "mejora") abarca el concepto de un enfoque de gestión de la calidad bien conocido en el mundo industrial.

Es un proceso de mejora continua, basado en actividades específicas, sencillas y económicas, en el que participan todos los miembros de la compañía, desde los directores hasta los colaboradores comunes. Dado que ambas definiciones implican un cambio de actitud tanto del empleado como de la organización, ambos conceptos apuntan a partes diferentes, pero en ninguno de los casos se pierde la conexión, que no puede existir si no hay otra, es como la filosofía taoísta estableciendo el yin y el yang. (Agilescrum, 2022)

Los beneficios del método Kaizen a nivel organizacional influyen en los valores de la empresa, minimiza el trabajo innecesario hasta el punto en el que se ve necesario realizar reingeniería, además de fomentar nuevos hábitos que mejoren el trabajo en equipo.

4.2. Lean Automation

Lean Automation es la adopción de conceptos de automatización inteligentes en evolución en el mundo. Los conceptos/tecnologías lean ayudan

a los fabricantes a mejorar su calidad, productividad y mantenimiento. La automatización Lean aplica conceptos lean en situaciones donde los procesos manuales son mejores, y para equilibrarlos con la aplicación de la tecnología cuando el uso de la tecnología tiene sentido (Karaulova, Andronnikov, Mahmood, & Shevtshenko, 2019).

Para (Dulchinos & Massaro, 2005) Lean Automation es una técnica que aplica la cantidad correcta de automatización a una tarea determinada. Hace hincapié en componentes robustos y fiables y minimiza soluciones demasiado complicadas. La combinación de estas dos técnicas asegura un rendimiento muy alto y la fiabilidad de un proceso dado.

Hoy en día, hay nuevas áreas de aplicación para Lean Automation debido al potencial de las tecnologías de la industria 4.0. Por ejemplo, mediante la implementación de sistemas ciber físicos (CPS) flexibles, potentes y asequibles. Las nuevas áreas de aplicación incluyen mejorar las soluciones de producción Lean existentes (Kolberg & Zühlke, 2015).

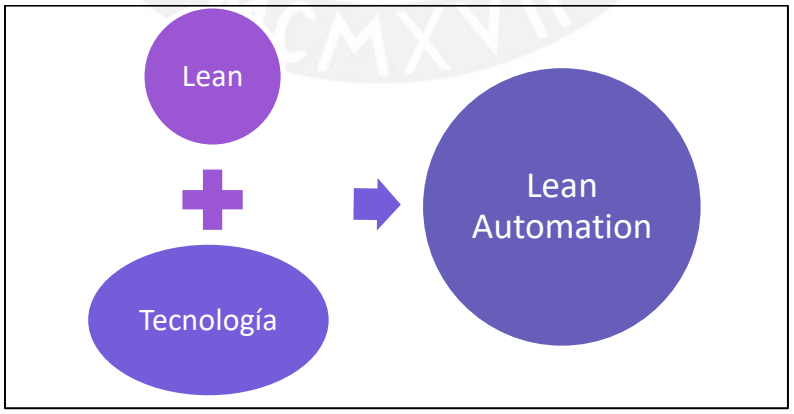


Figura 6 - Lean Automation

Elaboración propia.

Lean Automation es una excelente herramienta si se desea implementar proyectos de alto impacto y contribuye a mejorar la eficiencia operativa.

4.3. Poka-Yoke

Para (Socconini, 2019) las herramientas Poka Yoke pueden tener una función de preventiva o de advertencia:

- Poka Yoke de advertencia: Alerta al personal cuando ocurre un error. Sin embargo, el hecho de que el mecanismo advierta no significa necesariamente que se puedan evitar errores.

- Poka Yoke de prevención: El objetivo es prevenir errores mediante el uso de mecanismos que impidan que ocurran.

También conocido como método a prueba de errores se implementa durante el proceso para evitar los errores asociados a las actividades implicadas. Por tanto, se puede aplicar en áreas de transformación y de servicios.

No es posible eliminar todos los errores que comete la gente. Las personas no están a prueba de errores por su naturaleza. Pero la organización puede evitar que estos errores lleguen al cliente, lo que en este caso se conoce como defecto. Los errores se pueden detener tan pronto como ocurran al menos. Poka Yoke es un concepto muy simple en la naturaleza. El concepto básico de esto es evitar los problemas corrigiendo el proceso. Poka-yoke es un método de control de calidad creado por el ingeniero industrial japonés Shigeo Shingo. Su propósito es eliminar los defectos en los productos al prevenir o corregir errores de manera rápida y eficaz (Ghadge & Mone, 2011).

Poka-Yoke es una técnica de manufactura esbelta que ayuda a prevenir que surjan errores y defectos en primer lugar. Se puede aplicar a cualquier entorno de fabricación y produce mejoras significativas en la eficiencia del sistema. Reconoce que en cualquier proceso de producción es natural que las personas cometan errores y las posibilidades de que las máquinas se desvíen del estándar. Funciona según el principio de que el error o error no debe surgir en el sistema o debe hacerse evidente inmediatamente cuando ocurre de manera que se puedan tomar las medidas necesarias a tiempo para salvaguardar la eficiencia del sistema (Ghatorha, 2020)

4.4. Andon

Es una técnica de visibilidad que los japoneses utilizan durante la producción. La visibilidad es un aspecto importante del modo japonés de control de calidad. También llamado luces de emergencia. Durante la producción, cuando se enfrenta un problema en una estación de trabajo, la luz de advertencia de esa estación de trabajo se enciende y la línea se detiene. Esta parada detiene todo el proceso productivo. Todos los trabajadores calificados intervienen en la estación afectada (Arshad, 2023).

Se relaciona al control visual, esta expresión japonesa significa “lámpara”. Andon utiliza elementos visuales y sonoros identifican situaciones normales y anormales en cualquier proceso y proporcionan orientación sobre cómo resolverlas (Socconini, 2019).

(Arshad, 2023) lo define como una luz que esta encima de una estación de trabajo que indica su estado, ya sea funcionando, esperando trabajo, averiada, etc.; Se pueden usar luces andon para detener toda la línea cuando se detiene

una estación. En Lean Manufacturing, el sistema Andon puede salvar a la empresa de importantes y costosos problemas en el futuro.

Figura 7 - Sistema Andon

Tomado de (Prodasis, 2024)

4.5. Lay-Out

En ingeniería de fabricación, el diseño de procesos es un diseño del plano de la planta que busca mejorar la eficiencia mediante la organización de los equipos de acuerdo con su función. Un diseño funcional es una herramienta empleada para organizar el proceso de producción que implica agrupar recursos o procesos similares (Arshad, 2023).

(Jones & Robinson, 2012) sostienen que determinar el layout más apropiado para un proceso en particular es una decisión clave para un gerente de operaciones. Esto influirá en el rendimiento de los clientes o materiales y, en última instancia, en el coste del proceso. Hay cuatro tipos de layout básicos y cada uno está asociado con uno o más tipos de proceso:

- Layout de posición fija
- Layout de proceso
- Layout de producto
- Layout de celda

En la presente investigación utilizamos el Layout de posición fija.

Diseñar un layout consiste en ubicar de manera óptima las instalaciones de fabricación para reducir los recursos de manipulación y movimiento necesarios. Evidentemente, esto conduce a una reducción de costes (Dolgui & Proth, 2010).

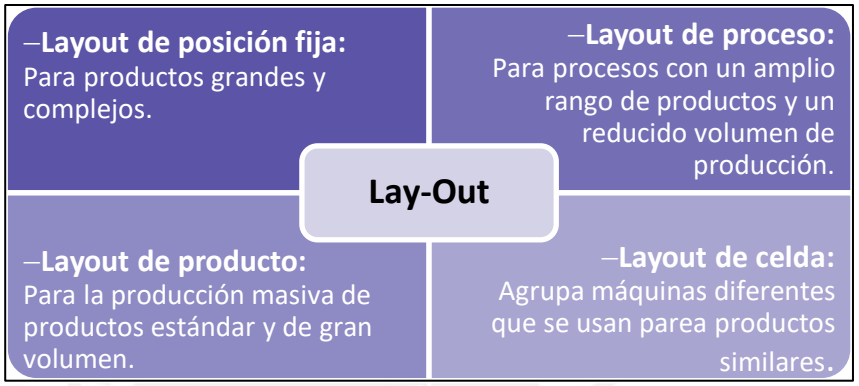


Figura 8 - Tipos de Lay-Out

Elaboración propia.

4.6. Gemba

Gemba es una palabra japonesa que significa el lugar real donde se realiza el trabajo que crea valor. Muchos líderes usan gemba sólo para resolver problemas y visitan sólo cuando hay un problema. Otros practican caminatas gemba a diario para seguir y monitorear la situación. Sin embargo, Toyota cree que los líderes realmente se desarrollan a través de las experiencias diarias en el Gemba. Es un principio para gestionar, desarrollar y mejorar personas y procesos. Es una herramienta valiosa que ayuda a los profesionales Lean a conocer los hechos reales para que puedan basar las decisiones de gestión en la situación real (Ahmed Soliman, 2020).

(Imai, 1997) afirma que todas las empresas llevan a cabo tres tareas primordiales vinculadas con la generación de beneficios: desarrollo, producción y ventas. Sin estas tareas, la organización no podría existir. En un

sentido amplio, "gemba" se refiere a la ubicación de estas tres actividades principales. Sin embargo, en un contexto más específico, "gemba" significa el lugar donde se produce un producto o se brinda un servicio. Al enfocar la atención de la dirección en el gemba o en los lugares de trabajo, se pueden descubrir oportunidades para hacer que la empresa sea mucho más exitosa y rentable.

4.7. Trabajo Estandarizado

Es un sistema documentado en el que los trabajadores de producción crean y ejecutan una secuencia repetible de tareas dentro de una orden de trabajo. Las secuencias de trabajo estandarizadas representan las mejores prácticas que los operadores deben seguir al llevar a cabo sus tareas. El documento de instrucciones de proceso para el trabajo estándar debe tener una descripción clara y detallada de cada actividad de trabajo, con instrucciones visuales escritas desde la perspectiva del operador que detallan la secuencia, los métodos y las herramientas requeridas y que son críticas para las características de calidad de una operación (Patel, 2016).

(Gisi, 2018) menciona que una vez implementado, se debe mantener el trabajo estándar. Una forma de respaldar el despliegue continuo y adecuado del trabajo estándar es mediante auditorías periódicas. La organización debe establecer un cronograma de auditoría con una responsabilidad clara para realizar evaluaciones periódicas como una forma de reforzar la importancia de realizar el trabajo según estándares documentados. Todos los miembros del equipo que realizan trabajo estándar deben ser parte de una revisión. Una hoja de auditoría de trabajo estándar o una "lista de verificación" puede resultar útil

para realizar evaluaciones estructuradas. Si se observan desviaciones de los estándares, tome medidas inmediatas.

El trabajo estándar es la secuencia en la que los operadores deben realizar el trabajo. Los puntos clave se pueden agregar a la hoja de trabajo estándar o además de ella. Las hojas de puntos clave enumeran en detalle los detalles del paso, incluidos los puntos de calidad y seguridad. Seguir esto exactamente cada vez asegurará que los nuevos procesos se mantengan y ayudará a los operadores a formar hábitos de trabajo correctos que disminuirán el tiempo de su ciclo a medida que encuentren su ritmo con el contenido del trabajo a partir de la repetibilidad (Townsend, 2017).

Figura 9 - Instrucción de operación (Trabajo Estándar)

Tomado de (Socconini Pérez Gómez, 2020)

4.8. Hoshin Kanri

Hoshin Kanri puede tener múltiples significados para una empresa. Se puede utilizar como un método de planificación estratégica y como una herramienta para la gestión de proyectos complejos, como un sistema operativo de alta calidad para asegurar que la compañía refleje con precisión las necesidades del consumidor en nuevos productos, o como un sistema operativo empresarial para asegurar una rentabilidad consistente. También es un enfoque eficiente para la gestión multifuncional e incorporación de la cadena de suministro. Pero, por encima de todo, es un enfoque de aprendizaje organizacional y un sistema para el desarrollo de recursos competitivos (Jackson, 2019).

Figura 10 - Despliegue de Hoshin Kanri

Elaboración propia.

La metodología Hoshin Kanri ofrece un medio para enfocar una organización en lo que es crítico para su futuro y desplegar esos objetivos de tal manera que la organización esté alineada tanto vertical como horizontalmente en su esfuerzo por lograr el éxito. Además, el sistema Hoshin Kanri proporciona visibilidad para monitorear el progreso de las estrategias y proyectos del plan estratégico para que el liderazgo de la

organización pueda responder a desafíos y obstáculos inesperados a medida que surjan. Hoshin Kanri es la clave para impulsar iniciativas Lean y Six Sigma en toda la organización (Colletti, 2013).

(Hutchins, 2016) afirma que las organizaciones que han aplicado Hoshin Kanri en algunos casos han pasado de ser también líderes en su campo a convertirse en batidoras de récords de desempeño en tan solo 3 o 4 años. Hoshin Kanri no es una definición complicada de comprender ni de aplicar. La mayor parte de las organizaciones tendrán algunos de sus elementos implementados y en algunos casos un gran porcentaje. Sin embargo, Hoshin Kanri requiere una planificación meticulosa, evaluaciones comparativas específicas y el uso eficaz y sistemático de herramientas para la mejora continua de manera vertical en toda la empresa. En definitiva, es un medio de gestión de un negocio. Hoshin Kanri es un término de gestión japonés que no tiene una traducción directa al inglés. El término abarca de manera integral los cuatro elementos fundamentales de la gestión empresarial: visión, desarrollo de políticas, implementación de políticas y control de políticas.

1. Las Metas, fines y alcance futuro de la organización provienes de la visión.
2. Requiere el desarrollo de estrategia, política, evaluación comparativa y objetivos.
3. El despliegue de las Metas debe ser a todos los niveles a través de un proceso en cascada y la creación de políticas en cada nivel de gestión.
4. Tiene que haber un ciclo de retroalimentación de resultados para completar el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA), que es el Ciclo Shewhart (al que algunos ahora se refieren como la Rueda de Deming).

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

En el presente apartado, se detalla la propuesta de implementación, el lugar de implementación y el mecanismo de control de existencias de la cadena de suministros de la planta envasadora de GLP. Asimismo, se explica el paso a paso y los procedimientos de la propuesta.

1. Propuesta de implementación:

El sistema planteado para la propuesta de implementación estará basado en la aplicación de herramientas de Lean Supply Chain bajo un modelo DMAIC de tal forma de identificar las principales mudas en los eslabones dentro de la cadena de suministro para mitigarlos y controlarlos. Esta propuesta está enfocada en una estructura de identificación y reducción de mudas, delimitado para el control de las pérdidas de inventario que involucren todos los mecanismos de abastecimiento, envasado, venta y distribución de GLP, dando principal enfoque al proceso productivo.

Debido a la complejidad para el cálculo de la valorización del stock de GLP en tanques, se utilizarán una serie de normas métricas internacionales estandarizadas para todas las empresas del rubro, asimismo, estos cálculos nos permitirán cuantificar en términos monetarios el ahorro generado a la empresa luego de la ejecución de la propuesta.

2. Lugar de implementación:

Para la propuesta de mejora, se ha identificado como zona de estudio a la principal planta envasadora y de distribución de GLP de la empresa de hidrocarburos, tomando como sede principal la planta Centro.

Con el fin de poder identificar los riesgos relacionados al control de inventarios dentro de la cadena de suministro se deberán tener mapeados todos los procesos o eslabones, siendo los siguientes:

- Diferencias en el proceso de aprovisionamiento de GLP.
- Diferencias en el envasado del producto.
- Diferencias en el proceso de distribución de GLP granel.

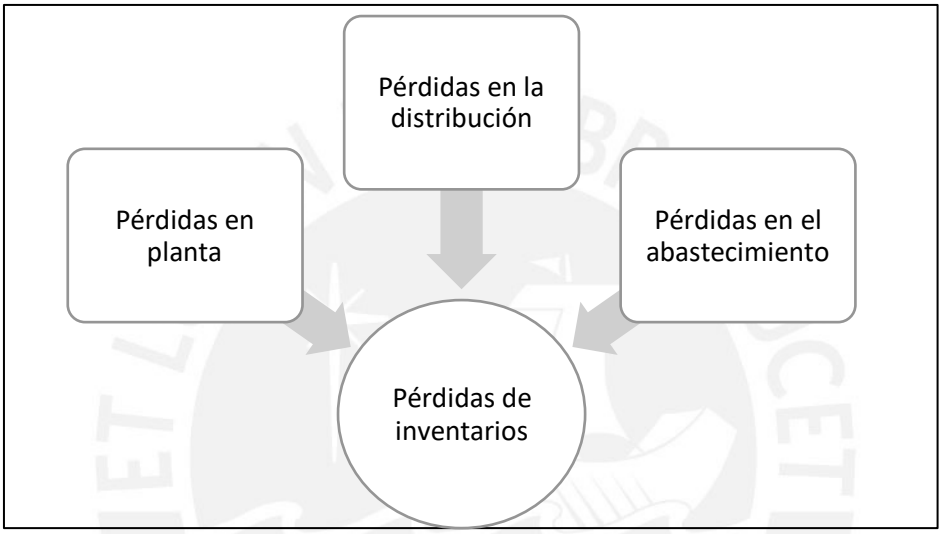


Figura 11 - Principales riesgos asociados al control de inventarios

Elaboración propia.

3. Modelo DMAIC Lean para la identificación y reducción de mudas:

El modelo propuesto se diseñará en base a DMAIC, tal como se detalla en la tabla 1, en el cual se establecerán una serie de pasos para poder identificar, reducir y controlar los desperdicios dentro de los procesos de la cadena de suministro de la planta envasadora de GLP:

Tabla 1 - Modelo DMAIC

DMAIC	Causas	Herramienta
Delimitar	Sistema de producción envasado en plataforma	KPI Monitoring
Mensurar	Estudios pesos netos exactos	Muestreo estadístico
Analizar	Diagrama de causa - efecto	Diagrama de problemas
Mejorar	Ineficiente ajuste de pesos en envasado de cilindros en rueda SIRAGA	Herramienta Andon
	Calibración incorrecta del inyector en balanzas para el llenado de cilindros de distintas capacidades	Poka Yoke
	Desorganización en la disposición de la plataforma (Cilindros por cambio, defectuosos, sin válvulas u obsoletos sin área designada según su estado)	Layout de planta
	Balones envasados con defectos de calidad (válvulas rotas, balones picados, etc.)	Lean Automation
Controlar	Capacitaciones periódicas	Hoshin Kanri
	Auditorías periódicas	Gemba Walk

Elaboración propia.

CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL ACTUAL

En este capítulo se precisan los antecedentes de la empresa, la descripción de la cadena, la delimitación de la investigación, antecedentes del caso de estudio y se describe la problemática. A partir del diagnóstico situacional, se inició la ejecución de la propuesta.

1. Antecedentes de la empresa:

La empresa es una destacada marca en la producción, distribución y venta de GLP tanto envasado como a granel a nivel Sudamérica. Su posición en el mercado requiere una cadena de suministro ágil y eficiente para competir en las condiciones comerciales actuales, al mismo tiempo que mantiene el control sobre sus recursos y procesos. Sus productos principales incluyen:

- GLP en cilindros envasado: Comercialización y reparto de GLP en balones de 5 kg, 10 kg, 15 kg (tanto de hierro como de aluminio) y 45 kg, con diversas opciones de válvulas (Rosca, Normal o Premium).
- GLP vendido a Granel: Provisión y reparto de GLP en modalidad de atención en planta o itinerancia a granel para industrias, mediante el transporte en tanques.
- GLP vendido según Medidores: Venta de gas basada en las lecturas de consumo en apartamentos o locales comerciales, donde los edificios están equipados con ductos de gas y contenedores de almacenamiento propios de la empresa.

2. Descripción de la cadena:

La empresa está operando en la actualidad con una cadena de suministro que está sincronizada. Los pedidos se manejan de manera coordinada, y todos los involucrados reciben información y colaboran en la toma de decisiones para asegurar el cumplimiento del servicio.

Por consiguiente, es esencial planificar la producción para cada producto, contar con pronósticos exactos de la demanda, asegurar una alta fiabilidad en los tiempos de respuesta de los proveedores, formar alianzas estratégicas con operadores logísticos, y mantener tanto la calidad del producto como la eficiencia en el uso de los recursos.

Para delimitar el análisis, tomaremos en cuenta la venta y distribución de GLP, La cadena se divide en 4 principales eslabones, tal como se muestra en la figura 12:

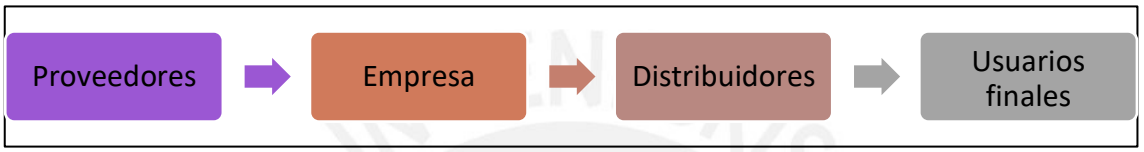


Figura 12 - Descripción de la cadena

Elaboración propia.

Proveedores:

El abastecimiento de GLP se realiza mediante 4 fuentes primarias de aprovisionamiento ubicados en el norte, centro y sur del país. La empresa realiza órdenes de compra por lotes de 500 a 600 TON y va utilizándolas según la demanda, para ello, la empresa cuenta con varios operadores logísticos que, mediante unidades cisternas primarias, transportan el GLP de la fuente a los tanques estacionarios de planta.

El proceso de control de peso de carga y descarga se realiza mediante balanzas camioneras, tanto en fuente como en planta. Mediante las cuales se controla que el GLP entregado en fuente no presente variaciones respecto al GLP descargado en planta.

$$Diferencia\ en\ aprovisionamiento = Cantidad\ descargada\ en\ planta - Cantidad\ cargada\ en\ fuente$$

La estrategia de abastecimiento del GLP es en base a nivel objetivo porcentual en

los tanques de almacenamiento, es decir, los niveles en tanques deben estar por lo menos en 65% al cierre diario, la estrategia está enfocada en la reducción de costos, focalizada en el maximizar el ahorro y aumentar la eficiencia en todo el proceso.

Empresa:

La empresa cuenta con plantas de comercialización y reparto de GLP envasado y granel a nivel nacional, en estas se almacena el GLP en tanques estacionarios, se realizan procesos productivos de envasado y venta de GLP a granel mediante la descarga en unidades cisterna.

El proceso de envasado se lleva a cabo mediante un conjunto de procesos productivos detallados en la figura 13:

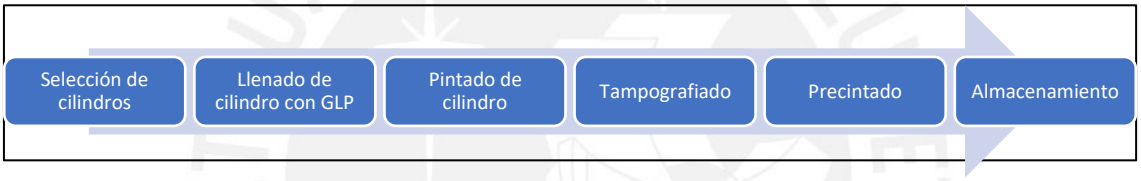


Figura 13 - Descripción de la cadena

Elaboración propia.

El proceso de granel se realiza mediante la carga y estimación del peso de la unidad, se detalla en la figura 14:

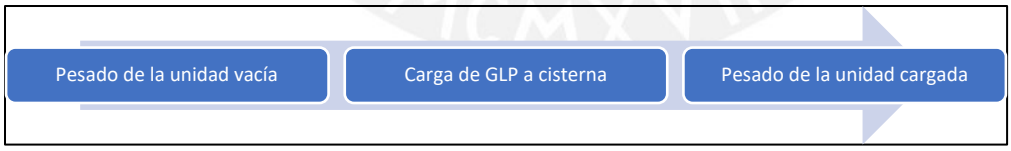


Figura 14 - Proceso de carga de unidades que reparten GLP a granel

Elaboración propia.

Distribuidores:

Para la distribución del GLP, se realiza principalmente bajo las siguientes modalidades:

- Reparto itinerante de envasado: Un operador logístico realiza la carga de

cilindros en planta, distribuye y factura según hoja de ruta a los clientes designados.

- Reparto itinerante de granel: Un operador logístico realiza la carga de GLP a granel en planta, distribuye y factura según hoja de ruta a los clientes designados.
- Reparto a locales de venta directa: Un operador logístico realiza la carga de cilindros en planta y los traslada a los locales de venta directa, en donde se vende y factura a consumidores finales.

Usuarios Finales:

La venta de autoabastecimiento en planta se realiza mediante la carga por parte del cliente, tanto en envasado como en granel, para la posterior facturación de la cantidad cargada. Cabe señalar que en esta modalidad el cliente ingresa a la con los envases que serán inyectados con GLP, a diferencia de las otras modalidades en las que se realiza el intercambio de envases.

La venta de itinerancia se realiza en las unidades de envasado o granel a clientes Distribuidores de GLP o Empresas que empleen el GLP en sus procesos.

Asimismo, para personas naturales, los clientes pueden obtener el producto envasado comprándolo directamente de planta o en los locales de venta directa.

3. Delimitación del estudio

El enfoque de la investigación se dirigió a examinar la situación actual de los procesos operativos de la cadena de suministro y en desarrollar propuestas de mejora con el objetivo de reducir las pérdidas de inventario que pueda enfrentar la empresa. La investigación se desarrolló sobre la Planta Centro, ubicada en la capital de Perú. El espacio temporal se da en el periodo en que se desarrolla la presente investigación. Como objeto de estudio, se definirán como parte del estudio de los procesos

productivos dentro de la cadena, la gestión y control de los inventarios. Dentro de la temática se desarrollarán temas referentes a la metodología Lean Supply Chain y sus herramientas.

4. Antecedentes del caso de Estudio

La empresa posee con un mecanismo de control de existencias por medio de SAP en donde se registran todos los movimientos de los materiales y se culmina con el registro de un documento de cuadre de inventario al finalizar el cierre productivo diario. Es decir, los supervisores de planta hacen un conteo físico de las existencias y registran en SAP los totales y en base a ellos se determina la diferencia de inventario, cabe mencionar que es el mismo jefe de planta y su equipo los que se encargan de realizar los movimientos de entradas y salidas en el sistema, y también de realizar el conteo de existencias y control de inventario. En caso se presente alguna pérdida se reportará inmediatamente a su jefatura para determinar las acciones correctivas del caso.

Dentro del control de existencias se tienen 4 principales tipos de diferencia de inventario que se gestionan:

- Diferencia en planta
- Diferencia en reparto granel
- Diferencia en aprovisionamiento
- Diferencia en Subzonales

4.1. Diferencia en planta:

Los inventarios diarios realizados por las plantas se enfocan únicamente en los siguientes materiales:

- GLP: Cargas en cilindros de diferentes presentaciones (5 Kg, 10 Kg, 15 Kg,

45 Kg) y GLP en granel almacenado en los tanques estacionarios.

- Cilindros: Cilindros en distintas presentaciones (5 Kg, 10 Kg, 15 Kg, 45 Kg).

Debido a la naturaleza del gas y la mecánica de la distribución de las cargas, siempre se espera un remanente en los cilindros vacíos devueltos por los clientes, es decir, por cada cilindro despachado se espera un retorno de entre 0.5 a 1% del GLP entregado inicialmente en la carga.

Por ejemplo, en un cilindro de 10 Kg, al realizar el intercambio en la venta con el cliente de 1 cilindro vacío por un cilindro lleno, se espera tener un remanente en el cilindro vacío de 0.05 Kg.

Es por ello, que uno de los indicadores que se tiene como parte del modelo de negocio es el de ganancia de planta.

- Documento de inventario para cilindros:

  Para el control de existencias de cilindros, se realiza un conteo de las existencias físicas y se registra en SAP, a fin de comparar contra las cantidades teóricas que arroja el sistema luego de haber realizado todos los movimientos de venta y distribución del día. En este tipo de inventarios no deberían existir pérdidas, sino se considera como robo y las áreas encargadas tendrán que dar el descargo correspondiente.

- Documento de inventario para cargas:

  De la misma manera que el control de cilindros, se realiza un conteo de las existencias físicas en cargas de GLP de las diferentes presentaciones y no debe generar diferencias negativas para la empresa.

- Documento de inventario para GLP en tanques:

Para el control del GLP en los tanques, dentro de los tanques existen 2 materiales que son GLP granel y GLP envasado. El primero está destinado únicamente a la comercialización y reparto de GLP a tanques y el segundo para el envasado, comercialización y reparto de cilindros de GLP.

La contabilización de inventarios se asigna a cada material y, de acuerdo al recuento físico que se haya realizado en el día, se distribuye en proporción al stock teórico, el total de stock físico del recuento. Como se comentó anteriormente, se espera una ganancia al cierre de inventario.

4.2. Diferencia en reparto granel:

Una de las modalidades de venta es la distribución de GLP a clientes industriales, residenciales, comerciales, entre otros, mediante la entrega de GLP en granel, descargado desde cisternas hacia tanques instalados en dichos clientes, con lo cual se genera una factura de la venta en Galones despachados.

Los movimientos de despacho y facturación de GLP se realizan mediante una hoja de ruta determinada para cada cisterna, en donde el encargado de la unidad reparte, factura y realiza la cobranza de acuerdo a los lineamientos que la empresa le indique. Una vez realizada la distribución, el operador debe retornar a la planta en la que cargó el GLP y realizar la liquidación tanto del GLP que distribuyó como el GLP de saldo que le queda en la cisterna.

Está presenta también en esta modalidad el control de existencias del GLP en base a las ventas y saldo que retorna de la unidad. Dada a la naturaleza del GLP, la incertidumbre de los instrumentos de medición, el efecto del retorno de vapor, variaciones en los factores de conversión, cromatografía del GLP y al efecto de diferencia de presiones en el trasiego a los tanques de clientes, siempre se espera una diferencia a favor de 2% a 3% del total vendido. Por ejemplo, una unidad

despacha 3,000 kg se espera que la ganancia en GLP de dicha unidad sea entre 60 a 90 Kg.

- Fórmula de cálculo de ganancias en reparto granel:

$$Diferencia = Venta\ a\ clientes - (Despacho\ inicial\ de\ GLP - Saldo\ final)$$

Ejemplo:

$$Despacho\ inicial = 5{,}000Kg$$

$$Saldo\ inicial = 1{,}000Kg$$

$$Venta\ a\ clientes = 4{,}100Kg$$

$$Diferencia = 4{,}100 - (5{,}000 - 1{,}000)$$

$$Diferencia = +100Kg \equiv \frac{100}{4{,}100} = 2.5\%\ de\ la\ venta$$

De la misma manera como los inventarios de planta, se espera una ganancia por concepto de reparto granel para la empresa, es por ello que cualquier unidad que liquide una ganancia menor a la esperada pasará por una auditoría para determinar si se trata de una falla en el despacho o instrumento de medición o un robo por parte de los operadores logísticos, siendo un hecho frecuente en este tipo de despachos.

Los supervisores de planta son los encargados de calcular, registrar en el SAP, hacer el análisis y reportar desviaciones en ganancias por este concepto por cada reparto que liquiden. El área de transportes brinda soporte para identificar anomalías en la ruta y proceso de despacho.

4.3. Diferencias en aprovisionamiento:

Para la compra de GLP se abastecen las plantas mediante la carga en cisternas primarias desde las principales fuentes de GLP a nivel nacional, empresas tales como Pluspetrol, PetroPerú o Zeta Gas.

La carga de GLP requiere de un control para que la cantidad de GLP que se está comprando sea la misma cantidad que se descargue en planta. Para ello, las fuentes abastecedoras cuentan con balanzas camioneras que permiten determinar el peso cargado de GLP. Asimismo, la empresa cuenta con balanzas en sus plantas que permiten validar el peso de la compra luego de ser descargado el GLP en la planta. La diferencia de ambas da como resultado una diferencia ya sea a favor o en contra que permite dar trazabilidad a las unidades y determinar si alguna presenta desviaciones.

A diferencia de los indicadores de diferencias en planta y diferencias de reparto granel, este concepto no representa una diferencia a favor esperada para la empresa, el resultado de la diferencia debe ser nulo o un positivo cercano al cero. En caso se presente una diferencia negativa, puede estar tratándose de un robo, diferencia por calibraciones de balanza o pérdida en el proceso de descarga.

Fórmula de cálculo de diferencias de aprovisionamiento:

$$Diferencia = GLP\ descargado\ en\ planta - GLP\ comprado\ en\ fuente$$

4.4. Diferencias en Subzonales:

En la empresa se conoce como Subzonales a centros comerciales o conjuntos residenciales en donde la empresa tiene instalado una red de GLP, con uno o varios tanques conectados a los consumidores finales (restaurantes o departamentos), y mediante la lectura de los medidores individuales en cada cliente final, se realiza una facturación mensual del GLP consumido, similar a la facturación de empresas relacionadas al servicio eléctrico.

Debido a que la facturación se da al final del mes, el stock consignado previamente aún es parte de los activos de la empresa, por ello se realiza un control

mensual de las existencias por cada centro comercial o conjunto habitacional.

El inventario se realiza al final del mes, realizada toda la facturación de medidores, este inventario consiste en valorizar el stock en KG presente en los tanques de la Subzonal y compararlo con el stock teórico registrado en SAP. Dada la naturaleza de esta modalidad de entrega de GLP, se espera una ganancia aproximada del 1%, que también se registra en el sistema y es observada en caso se generen pérdidas.

Fórmula de diferencia en Subzonales:

Diferencia = Stock físico identificado en tanques – Stock teórico en SAP.

5. Descripción de la problemática

En la gestión de control de existencias, se establecen 3 indicadores por cada tipo de diferencia, para el control de las ganancias esperadas y la minimización de las pérdidas:

- Volumen de ganancia en KG.
- Importe valorizado de ganancias en moneda local.
- Ratio de diferencias respecto a las ventas en %.

Mediante estas ratios es que se lleva a cabo un análisis mensual del desempeño en cada una de las plantas. Para el caso de investigación se tomaron los efectos de la planta Centro.

Resultados de diferencias en el 2021:

Como parte del estudio, se toma una muestra de los resultados de todos los cierres

mensuales del año 2021. En la tabla 2 y en la figura 15, se presentan los resultados en KG de las diferencias registradas en el año 2021:

Tabla 2 - Diferencias en Kg

Diferencias en KG	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Total
Planta	2,642	4,279	3,934	-3,900	12,719	-286,480	1,127	-99,834	11,867	12,454	15,881	20,129	-305,182
Reparto	27,429	25,900	35,338	25,569	19,795	12,316	16,827	17,875	16,604	14,308	25,010	32,994	269,965
Aprovisionamiento	-2,450	-1,810	-3,610	-4,510	-4,370	-2,130	410	-1,940	910	-1,020	-1,570	1,160	-20,930
Subzonales	8,581	9,993	1,326	1,099	2,953	-12,440	-12,720	-22,430	2,748	-9,836	-14,930	4,106	-41,550
Total	36,202	38,362	36,988	18,258	31,097	-288,734	5,644	-106,329	32,129	15,906	24,391	58,389	-97,697

Elaboración propia.

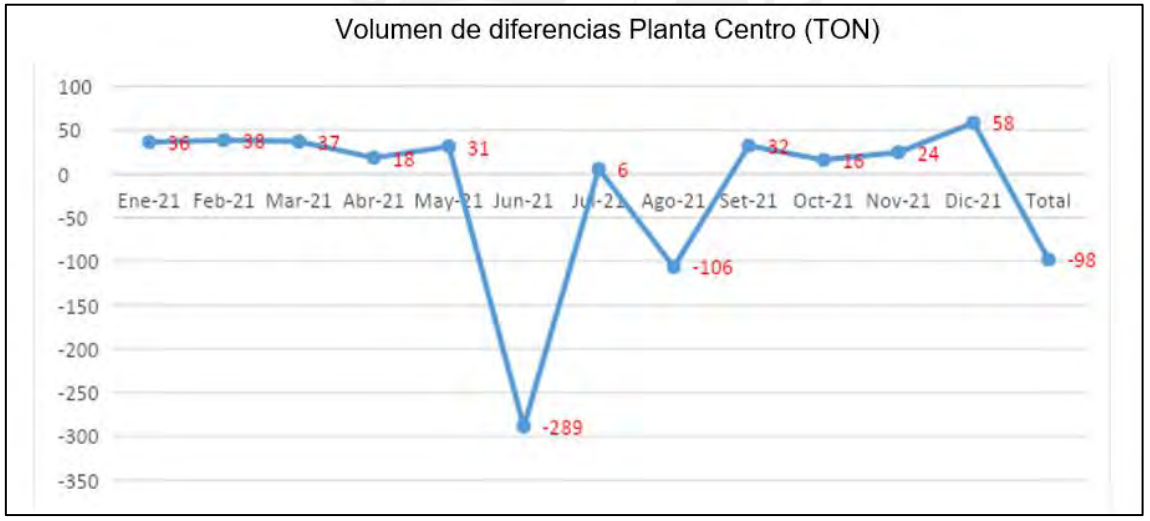


Figura 15 - Volumen de Diferencias en Planta Centro

Elaboración propia.

Tabla 3 - Ventas en Kg

Ventas en KG	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Total
Venta Envasado	1,588,425	1,542,240	1,876,505	1,934,705	2,051,700	1,923,860	2,022,280	1,986,940	1,839,605	1,874,580	1,732,455	1,687,370	22,060,665
Venta Granel	2,119,233	1,687,809	1,660,878	1,959,765	2,270,673	2,252,752	2,801,443	2,443,449	2,246,709	1,697,913	1,458,795	1,312,688	23,912,107
Aprovisionamiento	3,995,220	3,297,610	3,676,180	4,229,500	4,681,450	4,013,780	5,456,310	4,847,320	4,432,840	3,781,670	3,659,460	3,069,660	49,141,000
Subzonales	269,019	214,189	210,260	215,598	204,006	165,302	180,337	222,382	223,115	208,819	211,915	223,136	2,548,078
Total	**7,971,897**	**6,741,848**	**7,423,823**	**8,339,568**	**9,207,829**	**8,355,694**	**10,460,370**	**9,500,091**	**8,742,269**	**7,562,982**	**7,062,625**	**6,292,854**	**97,661,850**

Elaboración propia.

Tabla 4 - Ratio Mensual 2021

Ratio	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Total
Venta Envasado	0.17%	0.28%	0.21%	-0.20%	0.62%	-14.89%	0.06%	-5.02%	0.65%	0.66%	0.92%	1.19%	-1.28%
Venta Granel	1.29%	1.53%	2.13%	1.30%	0.87%	0.55%	0.60%	0.73%	0.74%	0.84%	1.71%	2.51%	1.23%
Aprovisionamiento	-0.06%	-0.05%	-0.10%	-0.11%	-0.09%	-0.05%	0.01%	-0.04%	0.02%	-0.03%	-0.04%	0.04%	-0.04%
Subzonales	3.19%	4.67%	0.63%	0.51%	1.45%	-7.53%	-7.05%	-10.09%	1.23%	-4.71%	-7.05%	1.84%	-1.91%
Total	**1.15%**	**1.61%**	**0.72%**	**0.38%**	**0.71%**	**-5.48%**	**-1.60%**	**-3.61%**	**0.66%**	**-0.81%**	**-1.12%**	**1.40%**	**-0.50%**

Elaboración propia.

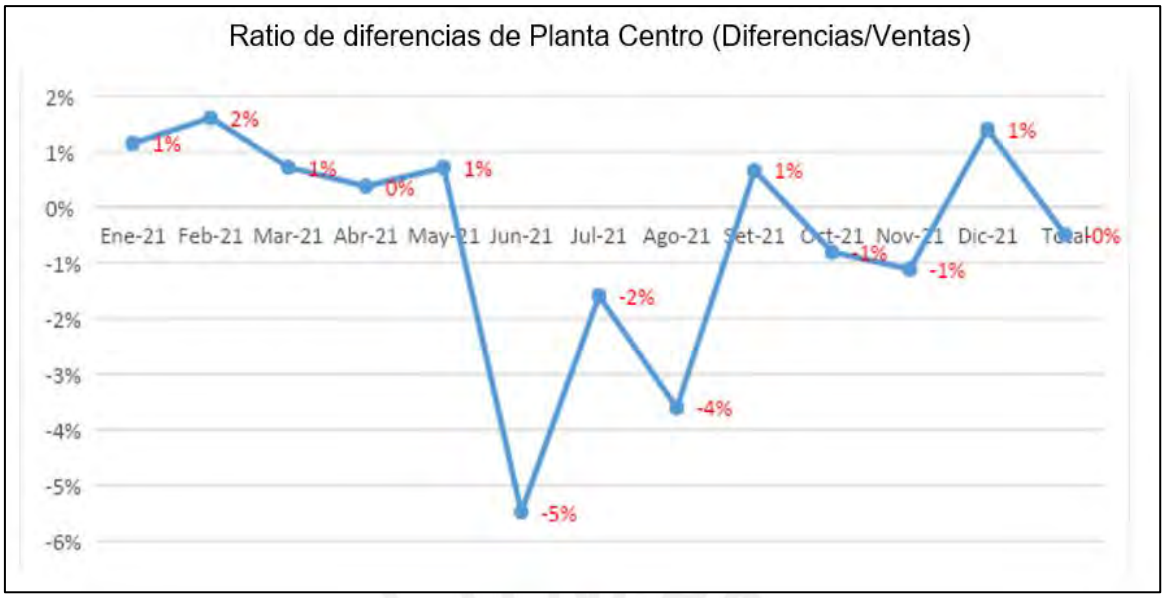


Figura 16 - Ratio de Diferencias en Planta Centro

Elaboración propia.

Como indicador global al cierre del año 2021 (en la tabla 3), la Planta Centro reportó una pérdida de -97 TON de GLP. Esta pérdida no es habitual en ninguna planta de la empresa a nivel nacional.

Para poner un ejemplo, en el año 2020 se registró una ganancia de 500 TON a nivel nacional. Esta caída importante en el 2021 se debe a una serie de acontecimientos en la empresa que se irán explicando a lo largo de la investigación.

Además, en cuanto a las ventas, como se indica en la tabla 3, estas muestran una ratio menor en comparación con el promedio de años anteriores, y los detalles se encuentran en la tabla 4 y en la figura 16.

En promedio una ratio de -0.50% a diferencia del año anterior en donde se registró una ratio de +1.03%.

Para estimar las pérdidas presentadas en el año 2021 o la oportunidad que la empresa pudo alcanzar si es que se hubiera llevado un correcto control en los inventarios, se realizó un estudio de remanentes con una empresa externa según las ganancias y pérdidas, determinándose ratios esperados que se exponen en la tabla 5:

Tabla 5 - Ratio objetivo

Ratio objetivo	Esperado
Venta Envasado	2.00%
Venta Granel	3.00%
Aprovisionamiento	0.00%
Subzonales	1.00%
Total	**1.50%**

Elaboración propia.

En base a lo anterior mencionado, si se calcula las ganancias estimadas en base a las ratios esperado, en el año 2021 la empresa hubiera registrado:

- Diferencia real: -S/ 207,595 (Pérdida registrada en libros contables).
- Diferencia esperada: S/ 2,516,024 (Ganancia estimada en base a ratios esperados/objetivos)
- Pérdida aproximada: -S/ 2,723,619
- Venta 2021: -S/ 251,533,813
- Pérdida respecto a la venta: -1.08%

En conclusión, del estudio del servicio externo, se determinó que poco más del 1% de la venta se perdió debido al deficiente control de los inventarios.

5.1. Gestión de indicadores de la investigación:

Para la presente investigación se establecen una serie de indicadores que permitirán medir y determinar el cumplimiento de los objetivos establecidos luego de ejecutar la solución a implementar.

Para ello se agrupan en 3 segmentos:

- Eficiencia de GLP en el proceso automatizado de envasado de Cilindros de 10 KG.

- Eficiencia de GLP en el proceso manual de envasado de Cilindros de otras

presentaciones.

- Pérdidas asociadas en el recambio de balones por defectos de calidad.

En los siguientes acápites se brindará mayor detalle acerca de cada uno de los puntos y los parámetros que permitirán determinar el éxito de la implementación.

5.2. Identificación de causas de la pérdida en inventario del 2021:

Con el objetivo de poder identificar las pérdidas de inventarios dentro de la cadena de suministro, se estableció un árbol de problemas. En la figura 14 se identifica que el proceso que mayores pérdidas de inventario presentaba era el proceso de envasado de cilindros en planta. Las causas directas (CD) que se identificaron son:

- CD1: Ineficiente ajuste de pesos en envasado de cilindros en rueda SIRAGA.
- CD2: Desorganización en la distribución de planta.
- CD3: Cilindros envasados con errores de calidad.

Con respecto a los efectos (E) tenemos los siguientes:

- E1: Mermas relacionadas al proceso de envasado automático de cilindros de 10 kg.
- E2: Desaprovechamiento de remanentes de GLP.
- E3: Mermas vinculadas al proceso de cambio de cilindros para todas las presentaciones.

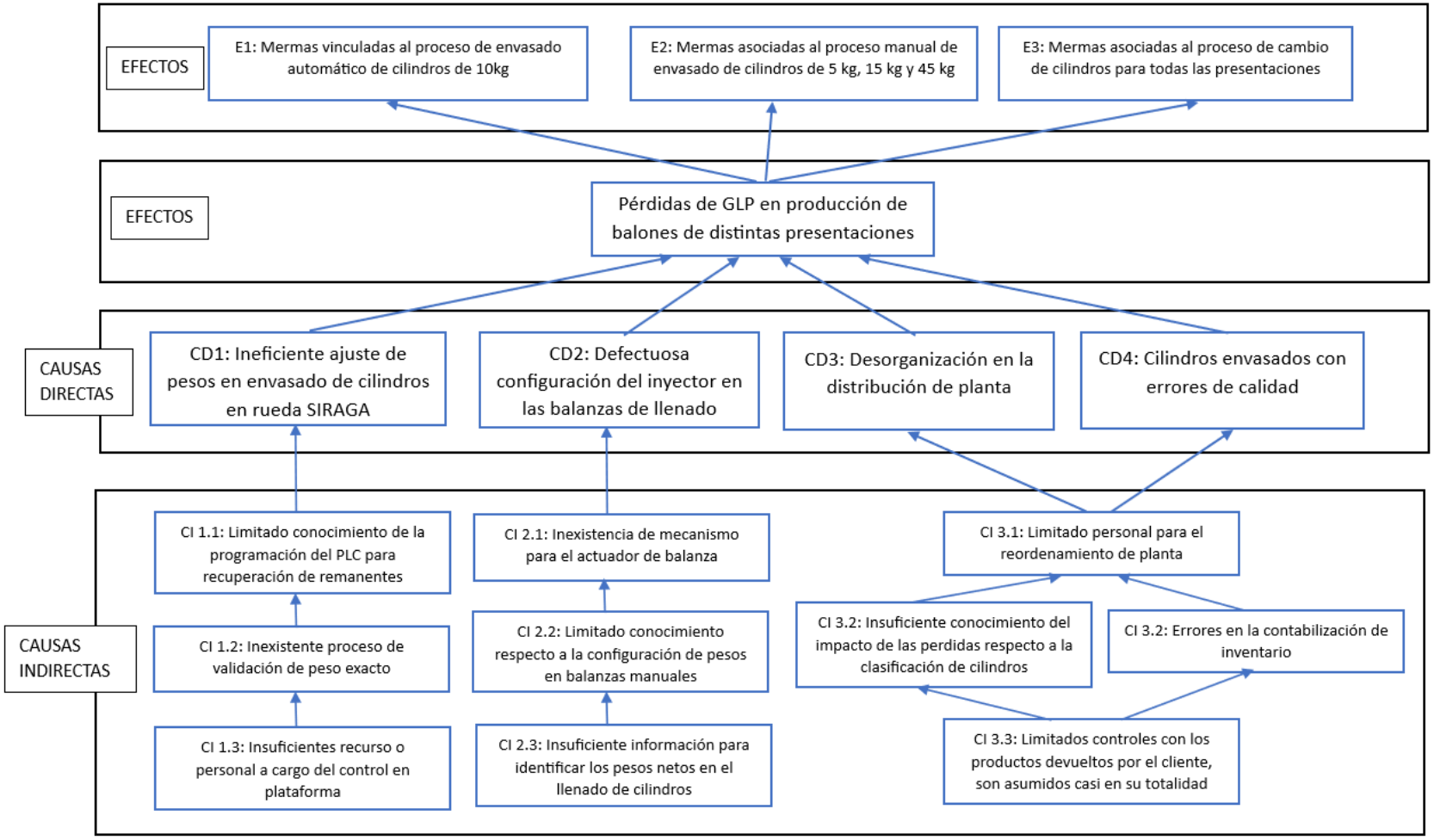


Figura 17 - Árbol de problemas
Elaboración propia.

En la tabla 6 se muestran las propuestas de mejora a implementar por cada causa indirecta encontrada después de análisis de causa-efecto.

Tabla 6 - Tabla de causas y propuestas de mejora a implementar

CAUSAS DIRECTAS	CAUSAS INDIRECTAS	PROPUESTAS DE MEJORA
CD1: Ineficiente ajuste de pesos en envasado de cilindros en rueda SIRAGA	CI 1.1: Limitado conocimiento de la programación del PLC para recuperación de remanentes.	Se brindará capacitación al personal en cuanto al uso y mantenimiento del equipo de detector de remanentes (Lean Automation).
	CI 1.2: Inexistente proceso de validación de peso exacto.	Se implementará un sistema de luces en base a la herramienta Andon que permita parametrizar el llenado en los límites especificados.
	CI 1.3: Insuficientes recurso o personal a cargo del control en plataforma.	Implementación de un equipo detector de remanentes (Lean Automation).
CD2: Desorganización en la distribución de planta.	CI 2.1: Limitado personal para el reordenamiento de planta.	Distribuir las zonas y se definieron de forma clara, como la zona de recepción, almacenamiento, envasado, inspección y mantenimiento (Lay-out).
	CI 2.2: Insuficiente conocimiento del impacto de las perdidas respecto a la clasificación de cilindros.	Identificar y analizar todos los procesos involucrados en la planta, desde la recepción del GLP hasta el envasado y almacenamiento (Lay-out).
CD3: Cilindros envasados con errores de calidad.	CI 2.3: Limitados controles con los productos devueltos por el cliente, son asumidos casi en su totalidad.	Implementación de un equipo detector de fugas (Poka Yoke).

Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE MEJORA

En el presente capítulo se explican las herramientas que se aplicaron con el objetivo de optimizar el proceso operativo de recuperación y reducir los desperdicios en el envasado de cilindros de GLP. Se eligieron las siguientes herramientas: Lean Automation, Poka Yoke, Lay Out, Andon, Hoshin Kanri y Gemba, A continuación, se profundiza en cada una de ellas:

1. Lean Automation:

Implica unir los principios de Lean Manufacturing con tecnologías de automatización. Para la presente investigación se aplica en la recuperación de remanentes en cilindros de 10Kg, específicamente en la etapa de Tara, esta actividad se lleva a cabo al pasar por la primera balanza dinámica (Dini 1) y se siguieron los siguientes pasos:

1.1. Identificación de áreas de desperdicio:

- Sobre llenado de cilindros de 10 kg, no sólo implica pérdida económica para la compañía, sino que también expone a la compañía a accidentes.
- Desaprovechamiento de remanentes.

1.2. Establecer estándares de trabajo:

- Los cilindros que fueron revisados previamente y cumplen con las condiciones para ser envasados pasan por la balanza dinámica (Dini 1).
- El sistema actual está programado para rechazar cilindros que pesen menos de 9.5Kg y más de 11.5Kg. Sin embargo, en el mercado peruano circulan cilindros que pesan desde 9.1Kg hasta 11.2Kg.
- Como medida de control se muestrean los cilindros vacíos para evaluar la cantidad de remanente promedio con la que llegan los cilindros a la planta. Es

así que se identificó que no se estaban aprovechando de forma eficiente los remanentes. Por ejemplo: Si llegaba un cilindro de tara 9.2Kg. y al pasar por la balanza registraba un peso de 10.4Kg no era rechazado ya que el sistema está programado para dejar pasar cilindros dentro del rango de 9.5Kg a 11.5Kg. En este ejemplo, se están dejando de recuperar 1.2Kg de remanente de GLP.

- En primera instancia se colocó un operario para que verifique uno por uno los cilindros antes de que ingresen a la balanza de tara. Esta actividad toma 30 segundos por cilindro adicionales al tiempo de ciclo.

1.3. Implementación de tecnología automatizada:

Se utilizarán:

- Un detector de gas ATEX.

Figura 18 - Detector de gas ATEX

Nota: Este detector puede ser ensamblado en la pared o en cualquier estructura. Usualmente se usan en la plataforma de envasado. Tomado de (Hanwei Electronics Group Corporation, 2021)

- Cabezal de llenado, el cual será conectado mediante una manguera al detector de gas.

Figura 19 - Cabezal de llenado

Nota: Este cabezal es de acero inoxidable. Sin embargo, también se puede usar uno de bronce, en este caso consideramos el de acero inoxidable por la opción más económica. Tomado de (Xiangkang (shanghai) Electronic Co., 2019).

- Manguera de PVC flexible para GLP.

Figura 20 - Manguera para GLP

Nota: Esta manguera conectará el cabezal de llenado y el detector gas. Tomado de (Cixi Jinguan Pipe Factory, 2021)

Figura 21 - Equipo detector de remanentes

Nota: Una vez ensamblados los elementos el quipo se verá así. Adaptada de (Cicampo, 2020).

1.4. Optimización del flujo de trabajo:

En el siguiente diagrama se precisan las actividades en la etapa de recuperación de remanentes de GLP:

Figura 22 - Flujo de actividades en la etapa de tara

Elaboración propia.

Con el flujo en mención la etapa de tara se reduce de 30 a 5 segundos. Lo que significa una optimización de esta etapa del 83%.

1.5. Capacitación al personal: Se brindará capacitación al personal en cuanto al uso y mantenimiento del equipo de detector de remanentes.

1.6. Sistema de mejora continua: Se realizarán muestreos diarios de 10 cilindros para recopilar datos que nos permitan evaluar el desempeño e implementar ajustes continuos para reducir el desperdicio aún más.

1.7. Seguimiento: Se establecerán indicadores claves de rendimiento (KPI) de la mejora implementada. Por ejemplo: Remanente promedio en cilindros de 10kg, % de remanente mensual, Kg de remanente acumulado, entre otros.

Con la ejecución de Lean Automation en el proceso de recuperación de remanentes en cilindros de GLP de 10Kg, se logra mejorar la eficiencia operativa, reducir el desperdicio y aumentar la productividad general del GLP envasado.

2. Poka Yoke

Para la implementación de la herramienta Poka Yoke (a prueba de errores) en el puesto de cilindros de 10 kg en una planta envasadora de GLP se siguieron los siguientes pasos:

2.1. Diseño de dispositivos a prueba de errores:

Para la implementación de esta herramienta se investigó acerca de equipos que se encuentren disponibles en el mercado internacional y se solicitó una cotización al proveedor Industrial Ochoa de México. Dicho proveedor cuenta con un detector de fugas automatizado.

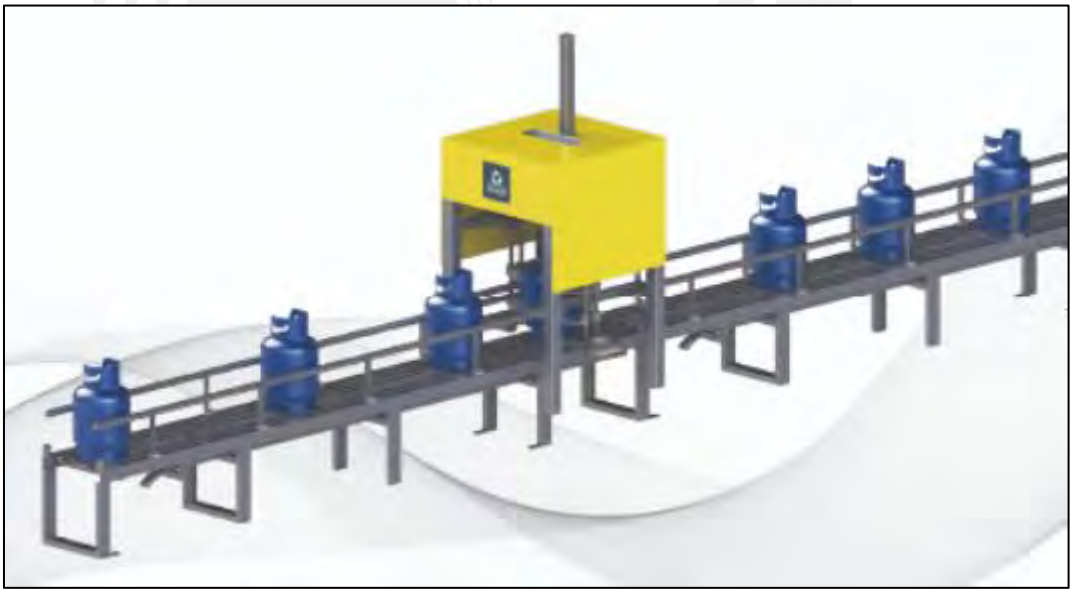


Figura 23 - Detector de fugas

Nota: Detector de fugas automático para cilindros de GLP. Tomado de (Industrial Ochoa, 2021)

2.2. Marcado:

Los cilindros que presenten fugas deben ser rechazados y separados para realizar el cambio de o'ring o trasegado en caso de fallas en la válvula.

2.3. Verificación Visual:

Luz roja: Indica que se ha detectado un cilindro que presenta fuga, puesto que el equipo cuenta con un sensor de radiación infrarroja junto con una luz roja que se enciende cada vez que detecta gas en la zona de la válvula del cilindro.

2.4. Capacitación del Personal:

Se brindará capacitación en cuanto a la implementación del dispositivo y al procedimiento a seguir.

2.5. Automatización de Procesos:

El dispositivo propuesto incrementara la velocidad de la línea de envasado, puesto que actualmente se realiza esta actividad de forma manual. Se puede prescindir del operario que ocupa este puesto.

2.6. Análisis de errores pasados:

- Cilindros que no pasan por la revisión manual.
- Se depende de la capacidad visual de operario.
- Incremento de solicitudes de cambio por fugas de GLP.

2.7. Documentación de Procesos:

Se implementará un procedimiento detallado.

2.8. Auditorías de Calidad:

Se realizarán auditorias programadas para evaluar la efectividad del dispositivo.

La implementación exitosa de Poka Yoke en el envasado de cilindros no solo reduce los errores, sino que también mejora la eficiencia y confiabilidad del proceso, contribuyendo a la seguridad y calidad del producto final.

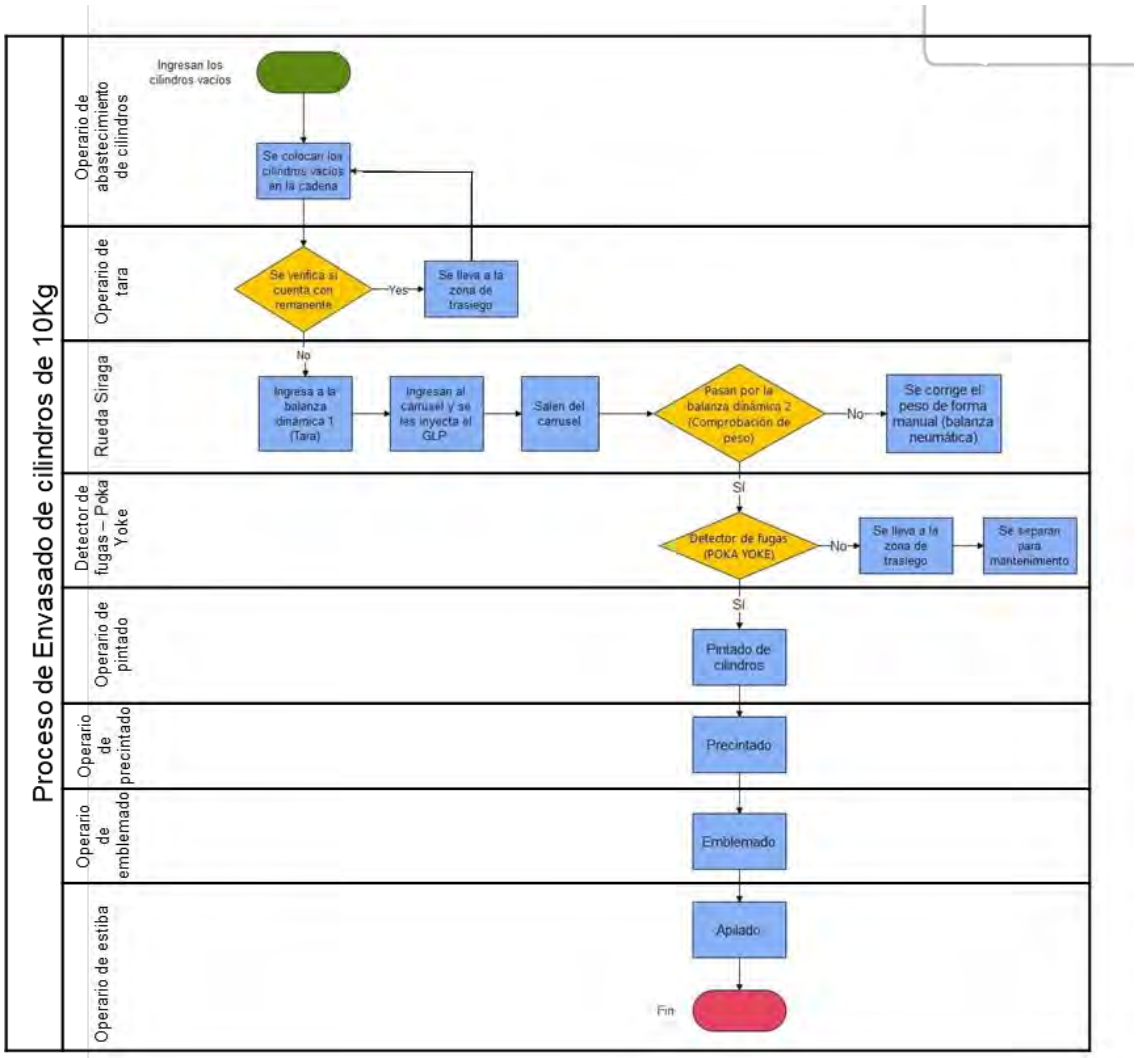


Figura 24 - Diagrama de flujo del proceso de envasado de 10Kg con la implementación de Poka Yoke
Elaboración propia.

3. Andon

El sistema Andon se implementará únicamente para los cilindros de 10 kg, que se llenan en una rueda automatizada llamada rueda Siraga. En este sistema, el cilindro comienza vacío (solo con el peso del recipiente) y se llena hasta alcanzar aproximadamente 20 kg (peso del recipiente más el GLP). Si el peso no se encuentra dentro del rango óptimo, se enciende un mecanismo de semáforos que notifica al funcionario para que extraiga el cilindro y lo vuelva a procesar. El sistema de luces funciona de la siguiente manera:

- Semáforo verde: Los cilindros cuyo peso neto de GLP estén entre los 9.750 Kg a 10.000 Kg.
- Semáforo amarillo: Los cilindros cuyo peso neto de GLP sea inferior a 9.75 Kg o que esté entre 10.01 Kg a 10.25 Kg (la desviación permitida por el ente fiscalizador es de 0.25Kg.
- Semáforo rojo: Los cilindros cuyo peso neto de GLP sea superior a 10.25 Kg

Hoja de especificaciones del indicador	
Nombre de indicador: Variación en la masa cargada en cilindro de 10 kg	
Meta: Determinar la variación media de un muestreo de 100 elementos dentro de un grupo de producción.	Fórmula de estimación: V: Σ|m-10| / n Considerar: v: variación; m: masa n: cantidad de muestra.
Encargado: Jefe de Planta	Guía:
Frecuencia de realización: Diario	rojo < 0.25; 10> kg
Origen de datos: Muestreo de masa en la báscula de la rueda automatizada.	amarillo: <0;0.25> kg / <-10; -0.25> kg verde: <-0.25; 0> kg

Figura 25 - Parámetro Variación de la masa en los cilindros de 10 Kg

Elaboración propia.

Este sistema ofrece alertas tempranas a los operarios, lo que les permite reprocesar los cilindros con desviaciones, recopilar estadísticas y ajustar el control a fin de evitar o minimizar los reprocesos, que finalmente también implica una pérdida de recursos.

Básicamente, con el indicador de colores, los operarios podrán extraer el excedente de gas que se presente en los cilindros o en su defecto, incrementar el gas envasado a fin de cumplir con la normativa de Osinergmin Peso Exacto en vigencia, que establece que los balones no deben tener un margen de error fuera del +/- 2.5%.

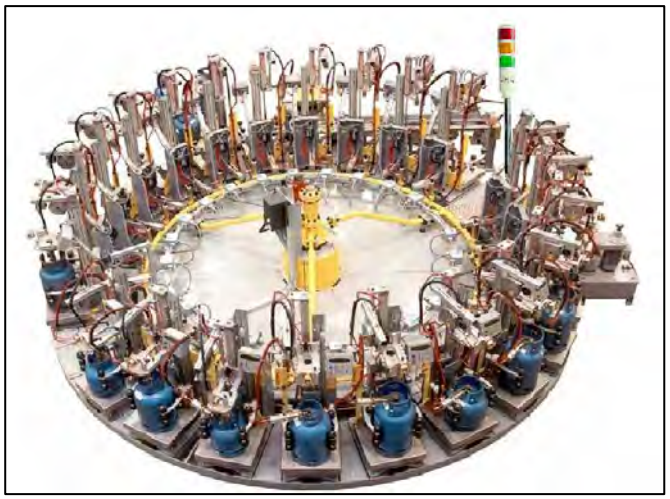


Figura 26 - Operación de ANDON en el envasado automático de balones de 10Kg.

Elaboración propia.

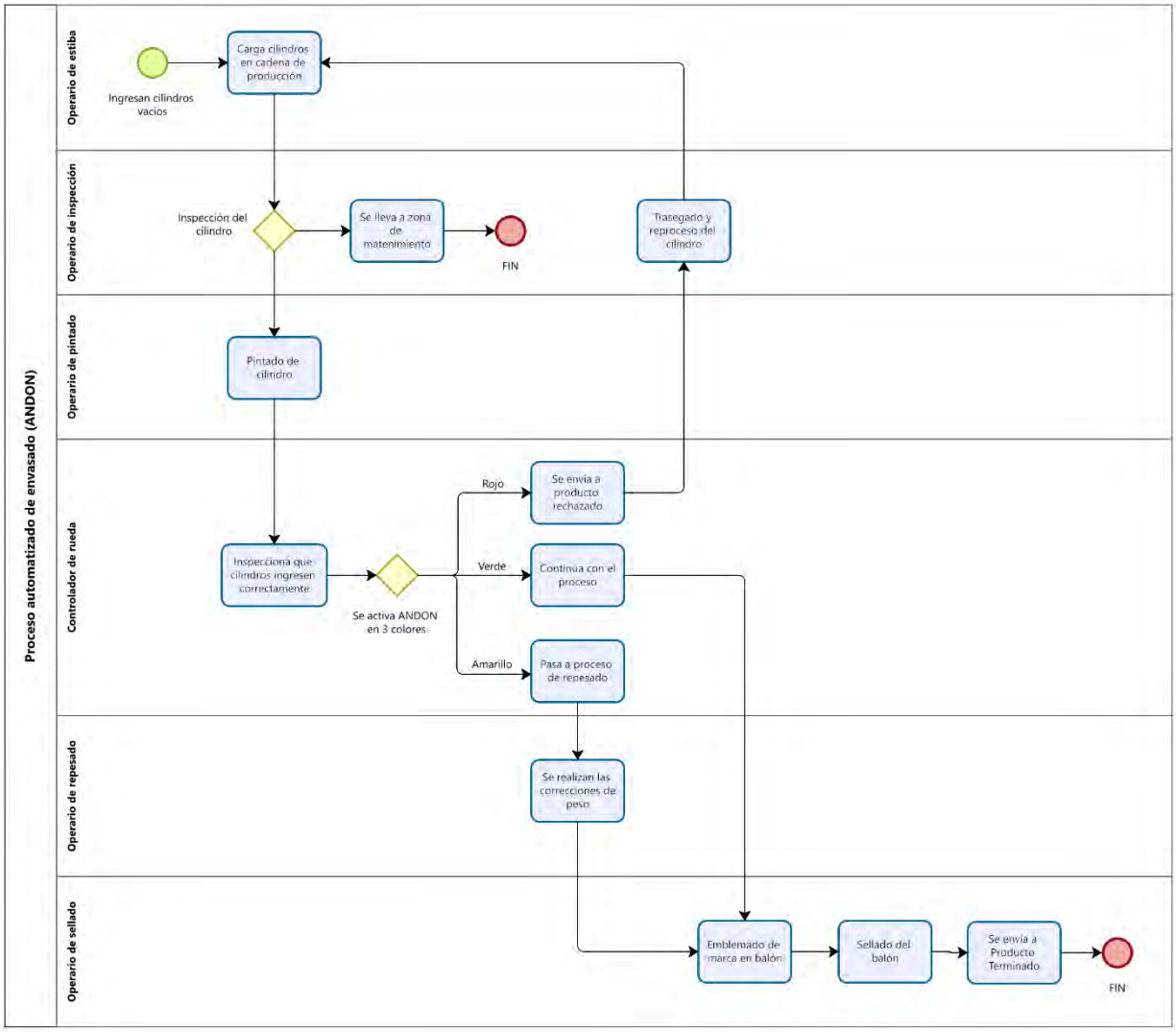


Figura 27 - Diagrama de flujo del ANDON en el proceso de inyectado de GLP (balones de 10 Kg)

Elaboración propia.

4. Lay-Out

Diseñar el lay-out de una planta de envasado de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) es una tarea fundamental para garantizar la eficiencia operativa, la seguridad y el cumplimiento normativo. Bajo la situación actual se plantea establecer un Layout de Productos que siga un flujo lineal en donde se hagan de manera secuencial las operaciones y permita un mejor aprovechamiento del espacio, a la vez que delimita de manera más ordenada para el control e inventario de las existencias. A continuación, se detallan algunos pasos generales que puede seguir para implementar la herramienta de diseño en su planta de empaque de cilindros de GLP:

4.1. Requisitos Legales y Normativas:

De acuerdo a la base legal vigente que se detallan en los siguientes extractos:

- DECRETO SUPREMO 27-94

TITULO III

PLANTAS ENVASADORAS

Artículo 10.- Las zonas de circulación interna de las Plantas Envasadoras tendrán una amplitud suficiente para asegurar el fácil desplazamiento de vehículos y personas. (DIRECCION GENERAL DE HIDROCARBUROS, 1994)

4.2. Análisis de Procesos:

Se identificaron y analizaron todos los procesos involucrados en la planta, desde la recepción del GLP hasta el envasado y almacenamiento. Considera aspectos como la seguridad, la eficiencia y la calidad. Teniendo en cuenta el estudio de riesgos de la planta envasadora.

4.3. Flujo de Materiales:

Se mapeó el flujo de materiales desde la entrada hasta la salida:

- Descarga cilindros vacíos
- Los cilindros ingresan al carrusel
- Los cilindros envasados, pintados y precintados salen de la línea de envasado
- Los cilindros llenos son apilados de acuerdo al tipo de presentación y tipo de válvula.

4.4. Zonificación:

Se distribuyeron las zonas y se definieron de forma clara, como la zona de recepción, almacenamiento, envasado, inspección y mantenimiento. Asimismo, se asignaron áreas específicas para actividades críticas y garantizar que estén claramente separadas para evitar posibles riesgos. A continuación, se detallan las zonas:

- Zona de cilindros llenos.
- Zona de cilindros vacíos.
- Zona de cilindros observados.
- Zona de cilindros para granallar.
- Zona de cilindros para reparar.
- Zona de cilindros de baja

4.5. Capacidad de Almacenamiento:

De acuerdo con el estudio de riesgo de la planta envasadora se cuenta con capacidad para almacenar 9696 cilindros de 10Kg.

4.6. Áreas de Inspección y Calidad:

Se incluyeron áreas dedicadas para la inspección y el control de calidad. Estas áreas son accesibles y permiten una fácil supervisión de los procesos:

- Zona de cilindros observados: Son pesados, pasan por inspección para determinar si cuenta o no con alguna observación y son trasegados.

4.7. Optimización Continua:

El lay out no es estático y requiere revisiones y ajustes periódicos según sea necesario para optimizar la eficiencia y seguridad de la planta. Para ello implementó un plan semestral de revisión junto con el área de seguridad. Por otro lado, es importante tener en cuenta que la implementación de la herramienta de lay-out debe ser específica para las necesidades y condiciones de la planta de envasado de cilindros de GLP.

4.8. Layout de Planta:

A continuación, se presenta la figura del nuevo Layout con la que se delimitaron todos los potenciales riesgos de planta y puntos de mejora implementados con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de recursos dentro del proceso de envasado.

A fin de explicar más detalladamente la figura, este nuevo Layout busca una delimitación de cilindros de acuerdo a su estado o condición, es decir, como se observa en la parte derecha, existe una nueva zona de cilindros por reparar y cilindros de baja de tal manera que no interfieran en el proceso de envasado que se ubica en la mitad del diagrama. Asimismo, la proximidad de los cilindros vacíos a la rueda Siraga, permite un menor desplazamiento de los operarios de envase y esta delimitación también favorece al control de inventarios que es lo que principalmente se busca.

Por último, se delimitaron pilas de cilindros de acuerdo a cada presentación y marca que también favorecen al conteo y control.

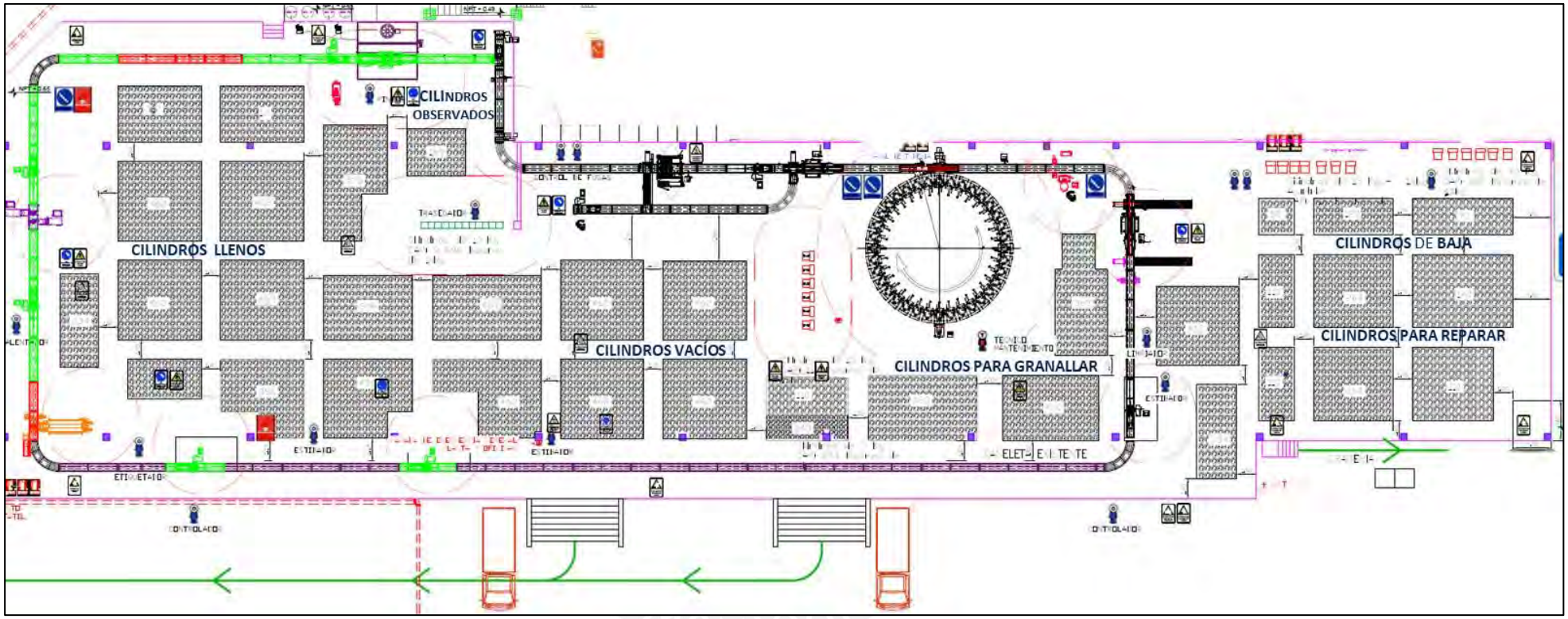


Figura 28 - Plano de la plataforma

Elaboración propia.

5. **Hoshin Kanri**

Como parte de la fase de control, se emplea esta herramienta de gestión a través de sesiones periódicas y entrenamiento. Se planificó un programa de formación que abarcó a los jefes de área, supervisores y operarios de la empresa. Estas sesiones, que son obligatorias y registradas, trataron los siguientes temas:

- Primera Sesión: Concientización e Introducción a la filosofía Lean.
- Segunda Sesión: Implementación de ANDON y Poka Yoke
- Tercera Sesión: Revisión del diseño de Lay out.
- Cuarta Sesión: Optimización continua y auditorías cada 6 meses.
- Quinta Sesión: Funciones y responsabilidades de operarios y jefes.
- Sexta Sesión: Despliegue de procedimientos.
- Séptima Sesión: Seguimiento del sistema implementado.

6. **Gemba**

Las caminatas Gemba se consideraron cruciales para el seguimiento, garantizando que las mejoras implementadas se mantengan en la planta y sean sostenibles. Para lograr esto, se asignó al analista del área administrativa la tarea de llevar a cabo auditorías semestrales. Estas auditorías se centran en verificar que el diseño de layout establecido se respete, revisar los datos estadísticos sobre las desviaciones en el peso de los cilindros de GLP, y comprobar que el cuadre de cilindros coincida con la cantidad de GLP producido.

Presupuesto de la propuesta de mejora:

Se expuso a la gerencia de operaciones el costo de aplicar la metodología Lean en la planta, que ascendía a aproximadamente 60 mil dólares. El desglose de los gastos que se debían desembolsar se expone en la tabla 7.

Tabla 7 - Presupuesto Inicial de la Implementación

Detalle	UM	Cantidad	Inversión unitaria (USD)	Inversión total (USD)
Detector de fugas para implementar la herramienta Poka Yoke	UN	1	14,800	14,800
Instalación Poka Yoke	HH	4	2,200	8,800
Equipo para desplegar el Andon	UN	1	8,400	8,400
Instalación Andon	HH	1	10,000	10,000
Puesta en marcha de Lay out	HH	1	7,200	7,200
Desarrollo de Lean Automation	UN	1	5,600	5,600
Costo de Horas-Hombre del Personal	HH	160	5	800
Costo de Horas-Hombre expositor	HH	16	200	3,200
Costo de Horas-Hombre auditoria	HH	50	20	1,000
		Inversión inicial:		**59,800**

Elaboración propia.

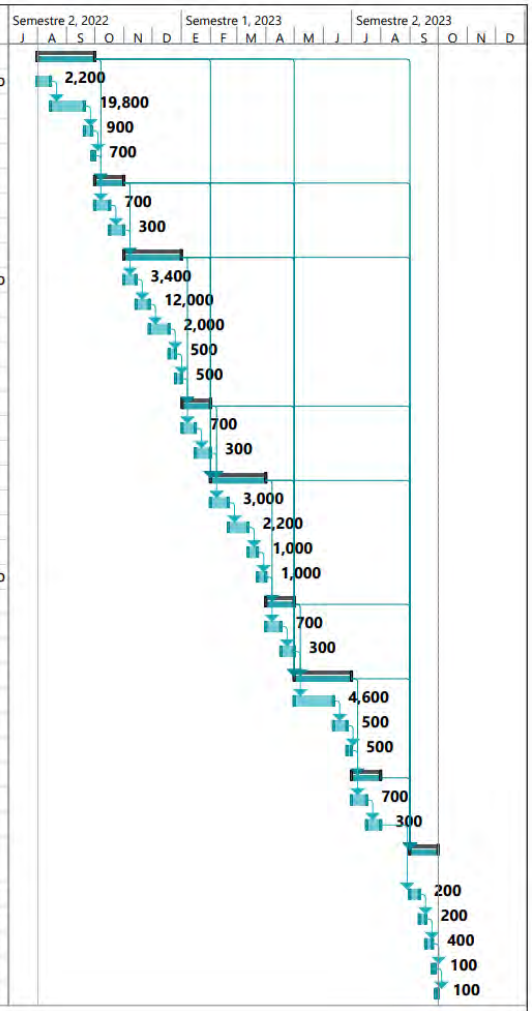
Diagrama Gantt del Proyecto:

A continuación, se detalla un Diagrama Gantt estimado del proyecto, en donde se establecen los principales hitos de la implementación. Los principales puntos están relacionados con los presentados en la Tabla 7 y a la inversión presentada en dicha Tabla.

Asimismo, como se observa hay un uso excesivo de los recursos en el diagrama, debido a que es un proyecto importante para la gerencia y la intención es terminar lo más pronto posible. Es por ello, que la sobre carga se puede manejar mediante una nivelación de carga de los recursos teniendo en cuenta lo siguiente:

- Retrasar un poco la fecha inicial del proyecto.
- Obtener recursos adicionales provisionalmente.
- Posponer la fecha de término del proyecto.

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Recursos	Área responsable
1		**Instalación Poka Yoke**	**45 días**	**lun 1/08/22**	**vie 30/09/22**		**23,600**	**Equipos**
2		Adecuación de la cadena	11 días	lun 1/08/22	dom 14/08/22		2,200	Equipo de mantenimiento
3		Instalación de equipo	26 días	lun 15/08/22	lun 19/09/22	2	19,800	Equipo de instalaciones
4		Pruebas piloto de producción	6 días	mar 20/09/22	mar 27/09/22	3	900	Equipo de Operaciones
5		Puesta en marcha	3 días	mié 28/09/22	vie 30/09/22	4	700	Equipo de Operaciones
6		**Capacitación respecto al nuevo sistema Poka Yoke**	**22 días**	**sáb 1/10/22**	**lun 31/10/22**	**1**	**1,000**	**Equipo de Operaciones**
7		Capacitación a responsables de equipo	12 días	sáb 1/10/22	dom 16/10/22	5	700	Equipo de Operaciones
8		Capacitación a operarios	11 días	lun 17/10/22	lun 31/10/22	7	300	Equipo de Operaciones
9		**Instalación Andon**	**45 días**	**mar 1/11/22**	**sáb 31/12/22**	**6**	**18,400**	**Equipos**
10		Adecuación de nuevo sistema	10 días	mar 1/11/22	dom 13/11/22	8	3,400	Equipo de mantenimiento
11		Instalación de semaforos y sistemas de detección	11 días	lun 14/11/22	dom 27/11/22	10	12,000	Equipo de instalaciones
12		Calibración de equipos	16 días	lun 28/11/22	dom 18/12/22	11	2,000	Equipo de instalaciones
13		Pruebas piloto de producción	6 días	lun 19/12/22	dom 25/12/22	12	500	Equipo de Operaciones
14		Puesta en marcha	6 días	lun 26/12/22	sáb 31/12/22	13	500	Equipo de Operaciones
15		**Capacitación respecto al nuevo sistema Andon**	**22 días**	**lun 2/01/23**	**mar 31/01/23**	**9**	**1,000**	**Equipo de Operaciones**
16		Capacitación a responsables de equipo	11 días	lun 2/01/23	dom 15/01/23	14	700	Equipo de Operaciones
17		Capacitación a operarios	12 días	lun 16/01/23	mar 31/01/23	16	300	Equipo de Operaciones
18		**Desarrollo del nuevo Lay-out**	**43 días**	**mié 1/02/23**	**vie 31/03/23**	**15;1;6;9**	**7,200**	**Equipos**
19		Rediseño de planta	14 días	mié 1/02/23	dom 19/02/23	17	3,000	Equipo de instalaciones
20		Delimitación de espacios	16 días	lun 20/02/23	dom 12/03/23	19	2,200	Equipo de Operaciones
21		Redistribución de materiales y productos	8 días	lun 13/03/23	mié 22/03/23	20	1,000	Equipo de Operaciones
22		Colocación de nuevas señales	7 días	jue 23/03/23	vie 31/03/23	21	1,000	Equipo de mantenimiento
23		**Capacitación respecto a la nueva organización de planta**	**22 días**	**sáb 1/04/23**	**dom 30/04/23**	**18**	**1,000**	**Equipo de Operaciones**
24		Capacitación a responsables de equipo	12 días	sáb 1/04/23	dom 16/04/23	22	700	Equipo de Operaciones
25		Capacitación a operarios	11 días	lun 17/04/23	dom 30/04/23	24	300	Equipo de Operaciones
26		**Desarrollo de metodología Lean Automation**	**45 días**	**lun 1/05/23**	**vie 30/06/23**	**23;1;6;9;15;18**	**5,600**	**Equipos**
27		Implementación de nuevos sistemas	31 días	lun 1/05/23	dom 11/06/23	25	4,600	Equipo de instalaciones
28		Pruebas piloto de producción	11 días	lun 12/06/23	dom 25/06/23	27	500	Equipo de Operaciones
29		Puesta en marcha	5 días	lun 26/06/23	vie 30/06/23	28	500	Equipo de Operaciones
30		**Capacitación respecto a la nueva metodología de trabajo**	**22 días**	**sáb 1/07/23**	**lun 31/07/23**	**26**	**1,000**	**Equipo de Operaciones**
31		Capacitación a responsables de equipo	12 días	sáb 1/07/23	dom 16/07/23	29	700	Equipo de Operaciones
32		Capacitación a operarios	11 días	lun 17/07/23	lun 31/07/23	31	300	Equipo de Operaciones
33		**Auditorias para controlar ejecución y seguimiento al proyecto**	**22 días**	**vie 1/09/23**	**sáb 30/09/23**	**30;1;6;9;15;18**	**1,000**	**Equipo de Operaciones**
34		Reuniones de seguimiento	7 días	vie 1/09/23	dom 10/09/23	32	200	Equipo de Operaciones
35		Programación de auditorías de control	6 días	lun 11/09/23	dom 17/09/23	34	200	Equipo de Operaciones
36		Ejecución de primera auditoría	6 días	lun 18/09/23	dom 24/09/23	35	400	Equipo de Operaciones
37		Reunión de resultados	3 días	lun 25/09/23	mié 27/09/23	36	100	Equipo de Operaciones
38		Evaluación y validación de proyecto	3 días	jue 28/09/23	sáb 30/09/23	37	100	Equipo de Operaciones



Proyecto: Gantt tesis pucp
Fecha: mar 16/07/24

Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha limite	
División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

Figura 29 - Gantt del proyecto

Elaboración propia.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado, se llevará a cabo una evaluación inicial a nivel operativo de la propuesta, verificando si los mecanismos de la metodología Lean aplicadas han tenido un efecto positivo en el sistema de envasado de la planta, conforme al plan de investigación. Posteriormente, se presentará una estimación económica de los impactos derivados de la implementación del modelo. Además, se abordarán no solo los aspectos cuantitativos de la propuesta, que también se destacarán los factores cualitativos relevantes que surgieron durante el desarrollo del proyecto.

1. Validación de la propuesta:

Se implementaron todas las mejoras conforme al cronograma de Gantt, y en la semana 16 se obtuvo un muestreo de los balones envasados con el nuevo mecanismo productivo para evaluar la mejora en el control de existencias. Debido a que el sistema de envasado es distinto, se tomó un muestreo de 100 balones en la presentación de 10 kg debido a su mayor tamaño de lote, mientras que para las otras presentaciones se tomaron muestras de 50 cilindros cada una. Los logros de la muestra de cilindros producidos se presentan en la tabla 8, y la pérdida por cilindro se detalla en la tabla 9.

Tabla 8 - Muestreo de balones producidos

Toma muestra	**10kg**	**15kg**	**45kg**
Muestreo	100	50	50
Luz Verde	80	37	40
Luz Amarillo	14	9	7
Luz Rojo	6	4	3

Elaboración propia.

Tabla 9 - Pérdida por balón

Pérdida por balón Kg	**10 kg**	**15 kg**	**45 kg**
Semáforo Verde	-	-	-
Semáforo Amarillo	0,24	0,39	1,14
Semáforo Rojo	0,49	0,74	2,01

Elaboración propia.

En relación a la muestra tomada y los resultados extrapolados a la total de ventas mensuales de cilindros que presenta la empresa, en la tabla 10 se exponen los resultados extrapolados y en la tabla 11 la pérdida total en kilos.

Tabla 10 - Resultados extrapolados

Ventas mensuales en Cilindros	53,488	20,702	25,329
Mermas estimadas Kg	2,810	2,331	6,017

Elaboración propia.

Tabla 11 - Pérdida Total en Kg

Pérdida Total Kg	11,154

Elaboración propia.

En la tabla 12 se presenta con mayor detalle una reducción en la pérdida mensual de 96 TON lo que representa cerca de 90% de mejora en el proceso a nivel de volumen y se evidencia en la tabla 13.

Tabla 12 - Reducción de pérdida

Mermas Totales Kg	1,150
Mermas Antes Kg	108,000

Elaboración propia.

Tabla 13 - Volumen de mejora

Vol. Mejora	5,849
% Mejora	90%

Elaboración propia.

En relación a la meta establecida en el presente estudio, se lograron alcanzar los parámetros establecidos, generando un ahorro para la empresa mensual dentro de un proceso productivo mejor controlado en términos de reducción de inventarios.

2. Evaluación del impacto económico:

Siendo validada la implementación de manera funcional, en la tabla 14 se establece un estado de flujo de efectivo en un periodo de 6 meses, por lo que se presentan los gastos incurridos en la implementación del proyecto y los ingresos generados por el ahorro en inventarios en el volumen calculado en el punto anterior.

Para brindar mayor detalle, la empresa realizó la diversa compra de equipos y consultorías de auditores externos con empresas proveedoras con las que se cuenta con crédito desde 1 mes a 3 meses, lo que permite postergar de cierta manera los pagos y obtener un mejor margen y recuperación de la inversión.

Tabla 14 - Implementación de proyecto

Proyecto	**0 Mes**	**1er Mes**	**2do Mes**	**3er Mes**	**4to Mes**	**5to Mes**	**6to Mes**
Inversión Implementación	-S/ 125,068	-S/ 56,974	-S/ 23,059	-S/ 20,015	S/ -	S/ -	S/ -
Ahorros mensuales	S/ -	S/ 203,199	S/ 198,630	S/ 207,978	S/204,885	S/ 199,663	S/ 203,666
Utilidad antes de impuestos	-S/ 125,068	S/ 146,225	S/ 175,571	S/ 187,963	S/204,885	S/ 199,663	S/ 203,666
Impuesto a la renta	S/ -	-S/ 43,868	-S/ 52,671	-S/ 56,389	-S/ 61,466	-S/ 59,899	-S/ 61,100
Flujo de caja	-S/ 125,068	S/ 102,358	S/ 122,900	S/ 131,574	S/143,420	S/ 139,764	S/ 142,566
Flujo de caja acumulado	-S/ 125,068	-S/ 22,711	S/ 100,189	S/ 231,763	S/ 375,183	S/ 514,947	S/ 657,513

Elaboración propia.

Tabla 15 - Evaluación del proyecto

TIR	18%
VAN	S/ 547,301
Retorno Inversión (mes)	2.78

Elaboración propia.

Como se puede notar en los números expuestos en la tabla 15, el TIR es de 18% y 3 meses como tiempos en que se recuperará toda la inversión. Esto se reveló como una mejora crucial en el proceso de producción, la cual no fue evidente hasta que se identificó la manipulación de inventarios, que visibilizó las mermas generadas en el proceso

productivo.

3. Análisis de impactos no financieros:

En el análisis no financiero, las soluciones no solamente consiguieron un ahorro considerable en el consumo de gas durante el proceso de producción, aumentando la productividad del proceso en un 90%, sino que también revelaron mejoras adicionales, tales como:

- La optimización del diseño del layout de la planta ha reducido el tiempo necesario para atender a los vehículos de distribución móvil, es por ello que también la virtud de servicio se ha visto afecta positivamente.
- Los cuadres de stock en la planta se ejecutan de manera más eficiente, gracias a una mejor organización que permite al personal contar los artículos con mayor rapidez y menor movimiento, liberando tiempo para otras tareas.
- Una supervisión más precisa del peso de los cilindros ha resultado en una reducción de las quejas de los clientes sobre el llenado.
- En una posible visita de la entidad pública de control Osinergmin al realizar una auditoría de pesos netos, se disminuye la probabilidad de enfrentar problemas normativos y sanciones.
- La mayor conciencia sobre la posibilidad de robos en la planta ha mejorado otros procesos de control relacionados con los productos almacenados que no son gas, llevando a la ejecución de proyectos de mejora y auditorías más frecuentes.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Estas conclusiones y recomendaciones están diseñadas para consolidar los avances logrados y asegurar que la empresa continúe mejorando y adaptándose a las demandas del mercado y regulaciones futuras.

1. Conclusiones:

- La adopción de metodologías Lean ha provocado una mejora significativa en la eficiencia del proceso productivo. Esto se refleja en una notable reducción de los tiempos de operación y en una disminución de los desperdicios en las diversas etapas del proceso. Tras la implementación, la producción alcanzó las 11 TN de gas mensual, por lo que se hace notable una disminución de un 90% en la merma de materia prima durante el envasado de cilindros de gas.
- Los costos operativos se han reducido de manera considerable gracias a la optimización de recursos y a la anulación de procesos que no aportan valor. La introducción de herramientas como Poka Yoke, Andon y el nuevo layout ha permitido identificar y corregir errores de forma temprana, evitando gastos adicionales por reprocesos o productos defectuosos.
- La mejor supervisión y control del llenado de cilindros ha resultado en una disminución de quejas por parte de los clientes. Además, la eficiencia en el servicio de autoabastecimiento y reparto itinerante ha mejorado la percepción del cliente sobre la empresa.
- La concientización sobre la importancia de la exactitud en el llenado de los cilindros ha reducido la probabilidad de enfrentar sanciones regulatorias. Esta concientización se evalúa mediante una serie de encuestas y Focus Group, en la que participan miembros de distintas jerarquías de la empresa, con el objetivo de

medir mediante estas herramientas dicha apreciación. La empresa está mejor preparada para auditorías y controles normativos, lo que mitiga riesgos de multas y sanciones.

- El progreso de las herramientas mencionadas puede ser monitoreado a través de visitas de control por parte del área de auditoría interna, lo que requiere un trabajo constante por parte de todas las áreas involucradas de la empresa para mantener las mejoras alcanzadas.
- Como se mencionó anteriormente, el resultado del flujo de caja fue un retorno de lo invertido en un periodo de 3 meses, lo que resulta muy rentable para la organización.

2. Recomendaciones:

- Es crucial continuar fomentando una cultura de mejora continua a través de la formación constante de los empleados y la implementación de nuevas herramientas Lean. Esto garantizará que la empresa siga evolucionando y mejorando sus procesos.
- Se puede considerar la ampliación de las prácticas Lean a otras divisiones de la organización que no han sido abordadas en esta primera fase. Esto puede incluir la gestión de inventarios, logística y distribución, entre otras.
- Seguir invirtiendo en tecnología que respalden los automatismos y el monitoreo constante de procesos. Herramientas como sensores de última generación y sistemas de información integrados pueden aumentar aún más la eficiencia y precisión de las operaciones.
- Optimizar la comunicación interna para garantizar que todos los niveles de la empresa estén en sintonía con los objetivos estratégicos y operativos. La implementación de canales de comunicación efectivos puede fomentar la

colaboración y compartir constantemente información crítica.

- Revisar y actualizar regularmente los protocolos de calidad para adaptarse a nuevas normativas y estándares de la industria. Esto asegurará que la empresa se mantenga competitiva y cumpla con los requisitos regulatorios.
- Implementar un mecanismo de beneficios para los empleados basados en el cumplimiento de objetivos de mejora continua y eficiencia. Esto puede motivar a los empleados a participar activamente en la ejecución de las herramientas Lean y a contribuir con ideas innovadoras.
- Es crucial mantenerse actualizado con los avances tecnológicos más recientes en las tareas de producción de la plataforma productiva. Por ello, se sugiere que la empresa ajuste sus procedimientos a la era de la Industria 4.0, reemplazando los controles manuales con sistemas más avanzados que sigan aliviando el esfuerzo necesario actual sobre los procesos.

Bibliografía

Agilescrum. (16 de Marzo de 2022). Obtenido de ¿QUÉ ES KAIZEN?: https://www.agilescrum.cl/post/qu%C3%A9-es-kaizen

Ahmed Soliman, M. (2020). *Gemba Walks the Toyota Way : The Place to Teach and Learn Management.* n.p.: Mohammed Hamed Ahmed Soliman. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Gemba_Walks_the_Toyota_Way_The_Place_to/3g6mEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0&bshm=rimc/1

Arshad, I. (2023). *Lecture Notes - Operations Management Book PDF (BBA/MBA Management eBook Download).*

Ávila-Gutiérrez, M. J., & Córdoba-Roldán, A. (2012). Dirección de proyectos Lean. *Sevilla Técnica, 40*, 34-43. Obtenido de http://hdl.handle.net/11441/50672

Bednár, R., & Vidová, H. (2012). APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS LEAN EN LA LOGÍSTICA EMPRESARIAL. *Semantic Scholar*.

Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 876.

Cafaro, D. C., & Grossmann, I. E. (2014). Strategic planning, design, and development of the shale gas supply chain network. *AIChE Journal*, 2122-2142.

Cannella, S., Ciancimino, E., Framinan, J. M., & Disney, S. M. (2010). Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro. *Universia Business Review*, 134-139.

Carreño Solís, A. J. (2017). *Cadena de suministro y logística.* Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.

Cicampo. (06 de Diciembre de 2020). *Manguera en espiral de poliuretano azul de 8 mm x 3,5 metros para aire comprimido [Fotografía]*. Obtenido de Mercado Libre Perú: https://www.mercadolibre.com.pe/manguera-en-espiral-de-poliuretano-azul-de-8-mm-x-35-metros-para-aire-comprimido/p/MPE27228782

Cixi Jinguan Pipe Factory. (Setiembre de 2021). *Manguera de PVC Flexible de corte de Gas propano GLP, estándar italiano, 1/4 "y 3/8", manguera de Gas de cocina de PVC [Fotografía]*. Obtenido de Alibaba.com: https://spanish.alibaba.com/product-detail/Italy-Standard-1-4-3-8-571519317.html

Colletti, J. (2013). *The Hoshin Kanri Memory Jogger.* Estados Unidos: GOAL/QPC.

Council of Supply Chain Management Professionals. (2016). *cscmp.org*. Obtenido de https://cscmp.org/CSCMP/Academia_and_Awards/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921

De la Arada, J. M. (2019). *Optimización de la cadena logística.* España: Ediciones Paraninfo S.A.

DIRECCION GENERAL DE HIDROCARBUROS. (16 de Mayo de 1994). *DECRETO SUPREMO Nº 27-94-EM*. Obtenido de Plataforma digital única del Estado Peruano: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/888113/DS-027-94-EM.pdf?v=1593185832

Dolgui, A., & Proth, J.-M. (2010). *Supply Chain Engineering Useful Methods and Techniques.* Países Bajos: Springer London.

Dulcé, F. (2020). *Altus para llegar más lejos*. Obtenido de https://www.altus.com.co/pilares-de-la-filosofia-lean/

Dulchinos, J., & Massaro, P. (29 de Diciembre de 2005). The Time is Right for Labs to Embrace the principles of Industrial Automation. *Drug World Discovery, 2006*, 25-28. Obtenido de https://www.ddw-online.com/the-time-is-right-for-labs-to-embrace-the-principles-of-industrial-automation-492-200512/

Elmoselhy, S. A. (Octubre de 2013). Aspecto técnico del sistema de fabricación híbrido lean-agile, en el sector de la automoción. *Journal of Manufacturing Systems, 32*, 598-619. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612513000782

Ghadge, K., & Mone, P. (2011). Sistema POKE-YOKE basado en PLC para ensamblaje de eje de salida. En Materiales y mecánica aplicada. *scientific.net, 110 - 116*, 5384 - 5389. Obtenido de https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.110-116.5384

Ghatorha, S. (2020). Papel de Poka-Yoke en la productividad de una industria manufacturera.

Semantic Scholar. Obtenido de https://www.semanticscholar.org/paper/Role-of-Poka-Yoke-in-the-productivity-of-a-industry-Ghatorha/a5c6ec12e8e733dd97aeb306ce6909329e297a01

Gisi, P. (2018). *Sustaining a Culture of Process Control and Continuous Improvement The Roadmap for Efficiency and Operational Excellence.* Estados Unidos: Taylor & Francis. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Sustaining_a_Culture_of_Process_Control/t-5aDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0&bshm=rimc/1

Godínez González, A. M., & Hernández Moreno, G. (2018). *Poder KAIZEN: El método preferido de MEJORA CONTINUA para maximizar los RESULTADOS de toda organización GARANTIZADO.* México: Gustavo Hernández Moreno.

Hanwei Electronics Group Corporation. (Abril de 2021). *Detector de gases tóxicos peligrosos ATEX de detección de gases montados en la pared de la industria química [Fotografía]*. Obtenido de Alibaba.com: https://spanish.alibaba.com/p-detail/Chemical-1601001087215.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_image.4d6171fagpYF1B&s=p

Hernández Matías, J. C., & Vizan, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación.* Madrid: Escuela de Organización Industrial EOI.

Hutchins, D. (2016). *Hoshin Kanri The Strategic Approach to Continuous Improvement.* Reino Unido: Taylor & Francis. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Hoshin_Kanri/MBm3DAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management.* Estados Unidos: McGraw Hill LLC.

Industrial Ochoa. (14 de Setiembre de 2021). *Industrial Ochoa [Fotografía]*. Obtenido de LÍNEA DE LLENADO PARA CILINDROS DE GAS LP: https://industrialochoa.com/linea-de-llenado-para-cilindros-glp/

ISOTools Exellence. (29 de Marzo de 2016). *ISOTools Exellence*. Obtenido de https://www.isotools.us/2016/03/29/metodologia-lean-como-hacer-que-tus-proyectos-sean-mas-eficientes/

Jackson, T. L. (2019). *Hoshin Kanri for the Lean Enterprise Developing Competitive Capabilities and Managing Profit.* Estados Unidos: Taylor & Francis. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Hoshin_Kanri_for_the_Lean_Enterprise/GkKgDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

Jones, P., & Robinson, P. (2012). *Operations Management.* Reino Unido: OUP Oxford.

Karaulova, T., Andronnikov, K., Mahmood, K., & Shevtshenko, E. (2019). LEAN AUTOMATION FOR LOW-VOLUME MANUFACTURING ENVIRONMENT. *30TH DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION* (pág. 60). Vienna, Austria: DAAAM International. doi:10.2507/30th.daaam.proceedings.008

Khorasani, S., Cross, J., & Maghazei, O. (2020). Gestión ajustada de la cadena de suministro en el cuidado de la salud: una revisión sistemática y un metaestudio. *Revista Internacional de Lean Six Sigma*, 1-34.

Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine Conference Paper Archive, 48(3)*, 1870-1875. doi:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315005984?via%3Dihub

Kylared. (2024). *Clavo 2.7 mm x 2" Puntilla Lisa Hierro [Fotografía]*. Obtenido de KyraLed: https://kyraled.com/index.php?route=product/product&product_id=2323

Lambert, D. M., & Matías G. Enzb, M. G. (2017). Issues in Supply Chain Management: Progress and potential. *ScienceDirect*, 1-16.

Liker, J. K. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. En *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.* (pág. 7). New York: McGraw-Hill.

Martínez-Jurado , P. J., & Moyano Fuentes, J. (2014). Lean Management, Supply Chain

Management and Sustainability: A Literature Review. *ScienceDirect*, 134-150.
Moreno Valbuena, K. V. (2012). *Análisis de la relación entre estrategias de gestión logística humanitaria y el tiempo de respuesta en la atención de desastres, por medio de la metodología integral y dinámica [Tesis de maestría, Universidad de la Sabana].* Repositorio Institucional. Obtenido de http://hdl.handle.net/10818/7466
Myerson, P. (2012). *Lean Supply Chain and Logistics Management.* México: McGraw-Hill Education.
Patel, S. (2016). *Lean Transformation Cultural Enablers and Enterprise Alignment.* Estados Unidos: Taylor & Francis. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Lean_Transformation/EY6KDQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0&bshm=rimc/1
Pérez Solé, J. (16 de Enero de 2013). *Liderazgo Distribuido Generador de Innovación, Personas, Lean Management, Continuous JIT*. Obtenido de: https://javiersole.com/?p=2328
Prodasis. (2024). *Prodasis Better Information, Better Manufacturing Decisions*. Obtenido de https://prodasis.com/sistema-andon-sistema-de-control-visual-de-produccion/
Reyes, A. (18 de Junio de 2018). *Lean Management*. Obtenido de Atica Ingeniería: https://aticaingenieria.cl/los-5-pilares-lean-management/
Santander Mercado, A., Amaya Leal, J., Viloria Núñez, C., Saavedra Antolínez, I., Gonzalez Solano, F., Romero Rodriguez, D., . . . Ariza Aguilar, R. (2014). *Diseño de cadena de suministros resilientes.* Colombia: Editorial Universidad del Norte.
Segarra Brufau, M. (2017). *Aplicación de la filosofía Lean en las actividades de ventas: Buscando la eficiencia y la satisfacción del cliente.* Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Barcelona. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/108123/tfm-martasegarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Silva Rodríguez, J. D. (19 de Agosto de 2017). Gestión de la cadena de suministro: una revisión desde la logística y el medio ambiente. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 51-59. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672017000200051&lng=en&tlng=es
Slone, R. E., Dittman, J. P., & Mentzer, J. T. (2012). *Transformando la cadena de suministro Innovando para la creación de valor en todos los procesos críticos.*
Socconini Pérez Gómez, L. V. (2020). Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación. En L. V. Socconini Pérez Gómez, *Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación* (págs. 129 - 136). Barcelona: Marge Books.
Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a paso.* Barcelona: Marge Books.
Song Song, M., Zacharia, Z. G., & smith, c. d. (2019). Defining Supply Chain Management: In the Past, Present, and Future. *Journal of Business Logistics*, 44-55.
Torres-Rabello, R., & Chávez, J. H. (2011). Lean Supply Chains: ¿De qué estamos hablando? *Revista Negocios Globales Logística Supply Chain, Transporte & Distribución*.
Townsend, B. (2017). *The Basics of Line Balancing and JIT Kitting.* Reino Unido: CRC Press. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/The_Basics_of_Line_Balancing_and_JIT_Kit/5VvNBQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0&bshm=rimc/1
Waurzyniak, P. (1 de Febrero de 2009). *SME*. Obtenido de the Society of Manufacturing Engineers: https://www.sme.org/lean-automation
Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. En *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (pág. 15). New York: Free Press.
Xiangkang (shanghai) Electronic Co. (Setiembre de 2019). *Boquillas de llenado de cilindro de gas de acero inoxidable, tipo manual para válvula de cilindro autocerrado M20 M21 M22 [Fotografía]*. Obtenido de Alibaba.com: https://spanish.alibaba.com/p-detail/Stainless-1600779902966.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.71034ab29lzcNc