



# | POSGRADOS |

---

## Maestría en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de Titulación:

Propuestas metodológicas y tecnológicas avanzadas

Tema:

Desarrollo de un modelo de gestión para control del stock en inventario de repuestos de maquinaria automotriz utilizando herramientas Lean Manufacturing y Just in Time en un club privado de Quito.

Autor:

Carlos Luis Lasso Ortega

Director:

Rene Patricio Quitiaquez Sarsoza

Quito- Ecuador

2024

*Autor:*



**Carlos Luis Lasso Ortega**

Ingeniero Mecánico

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales  
por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

classoo@est.ups.edu.ec

*Dirigido por:*



**René Patricio Quitiaquez Sarsoza**

Ingeniero Mecánico

Magíster en Gestión de la Producción

rquitiaquez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Carlos Luis Lasso Ortega

***DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA CONTROL DEL STOCK EN INVENTARIO DE REPUESTOS DE MAQUINARIA AUTOMOTRIZ UTILIZANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING Y JUST IN TIME EN UN CLUB PRIVADO DE QUITO.***

# DEDICATORIA

A mi padre Carlos y a mi madre Flora porque gracias a la formación y apoyo recibido por su parte soy la persona que hoy en día soy, gracias por llenarme de buenos valores y darme las herramientas necesarias para afrontar este duro y difícil camino de la vida, gracias por todo lo que hicieron, hacen y harán por mí y mi familia. Gracias por todo. Los amo.

A mis hermanas Rosalba y Estefanía por ser el buen ejemplo que siempre he necesitado, un ejemplo de lucha, superación y resiliencia. Gracias por enseñarme que siempre se puede ser mejor y que con trabajo duro se pueden conseguir muchas cosas y sobre todo gracias por todo el amor que siempre me han mostrado.

A Valentina, el amor de mi vida, por enseñarme que la vida siempre tiene un propósito a pesar de todas las dificultades que se nos presentan, por nunca rendirse, por ser esa compañera incondicional, por enseñarme que el amor si llega al final, y por siempre estar conmigo.

A mi hija Noelia, le agradezco por enseñarme a vivir la vida sin estar preparado, por arreglarme un mal día tan solo con una sonrisa, por ser el motivo para seguir superándome cada día, por haber llegado a mi vida y alegrarla más y por ser ese motor de arranque que necesito todos los días para no rendirme. Te amo hija de mi alma.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a en primer lugar Dios por dotarme de salud. A Flora y Carlos, mis padres, por motivarme a ser mejor cada día en todos los ámbitos en los que me desenvuelvo, gracias por enseñarme a ser un buen ser humano todos días. Gracias por tanto amor.

Agradezco a mi tutor, Ing. Patricio Quitiaquez, por su arduo labor y apoyo durante todo el tiempo de realización del proyecto y que gracias a su experiencia y conocimientos he podido culminar mi trabajo de titulación de forma exitosa.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>Tabla de contenido.....</b>	<b>5</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>9</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>11</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>12</b>
<b>Nomenclatura.....</b>	<b>13</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>14</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>16</b>
<b>Formulación del problema.....</b>	<b>18</b>
<b>Objeto de estudio .....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación de la investigación .....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>21</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>21</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>21</b>
<b>Hipótesis de la investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>Alcance de la investigación .....</b>	<b>23</b>
<b>Descripción de la estructura de los capítulos .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>25</b>
<b>MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA CONTROL DEL STOCK EN INVENTARIO DE REPUESTOS .....</b>	<b>25</b>
<b>1.1. Introducción .....</b>	<b>25</b>
<b>1.2. Marco teórico de la investigación .....</b>	<b>30</b>
<b>1.2.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>30</b>
<b>1.3. Fundamentación de la investigación .....</b>	<b>32</b>
<b>1.3.1. Fundamentación legal .....</b>	<b>33</b>
<b>1.4. Aspectos teóricos fundamentales .....</b>	<b>33</b>
<b>1.4.1. Lean Manufacturing.....</b>	<b>33</b>
<b>1.4.2. Logística.....</b>	<b>34</b>
<b>1.4.3. Cadena de suministros .....</b>	<b>34</b>
<b>1.4.4. Inventario .....</b>	<b>35</b>
<b>1.5. Conclusiones del capítulo .....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>37</b>

<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>37</b>
2.1. Introducción .....	37
2.2. Diseño de la investigación.....	37
2.3. Modalidad de la investigación.....	39
2.4. Tipos de investigación .....	41
2.4.1. Investigación cuantitativa .....	41
2.4.2. Investigación de campo .....	41
2.4.3. Investigación experimental .....	42
2.4.4. Investigación analítica .....	42
2.5. Métodos de investigación.....	42
2.6. Técnicas e instrumentos .....	43
2.6.1. Las 5 S's .....	43
2.6.2. Medidas de los datos.....	43
2.6.3. Herramientas para el análisis de datos.....	44
2.6.4. Six sigma .....	45
2.7. Conclusiones del capítulo .....	45
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>46</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
3.1. Introducción .....	46
3.2. Descripción de la situación actual .....	49
3.3. Conclusiones del capítulo .....	55
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>56</b>
<b>PROPUESTA DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA CONTROL DEL STOCK EN INVENTARIO DE REPUESTOS .....</b>	<b>56</b>
4.1. Introducción .....	56
4.2. Título de la propuesta .....	56
4.3. Justificación .....	57
4.4. Objetivos .....	57
Objetivo general .....	57
Objetivos específicos .....	57
4.5. Estructura de la propuesta.....	58
4.6. Desarrollo de la propuesta.....	60
4.7. Análisis económico .....	73
4.8. Comprobación de la hipótesis .....	75
4.9. Conclusiones del capítulo .....	76

<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>79</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Ishikawa.....	32
<b>Figura 2.</b> Desarrollo de la investigación.....	38
<b>Figura 3.</b> Diagrama de Ishikawa simplificado.....	40
<b>Figura 4.</b> Representación del diagrama de Pareto .....	44
<b>Figura 5.</b> Bodega de mantenimiento.....	47
<b>Figura 6.</b> Repuestos de máquinas de golf en percha de pinturas.....	47
<b>Figura 7.</b> Percha de materiales obsoletos .....	48
<b>Figura 8.</b> Repuestos obsoletos de máquinas de golf.....	49
<b>Figura 9.</b> Costo por tipo de material.....	51
<b>Figura 10.</b> Costo de materiales obsoletos.....	54
<b>Figura 11.</b> Material dado de baja.....	60
<b>Figura 12.</b> Material ordenado/Material en otro grupo de artículos.....	61
<b>Figura 13.</b> Tarjeta roja.....	71
<b>Figura 14.</b> Tarjeta amarilla.....	72
<b>Figura 15.</b> Tarjeta verde.....	73
<b>Figura 16.</b> Nuevos materiales obsoletos.....	62
<b>Figura 17.</b> Material sin movimiento menor a 60 días.....	66
<b>Figura 18.</b> Material sin movimiento entre 60 y 180 días.....	66
<b>Figura 19.</b> Material sin movimiento mayor a 180 días.....	67
<b>Figura 20.</b> Materiales dados de baja.....	65
<b>Figura 21.</b> Comparación de inventario real y proyectado.....	74

# ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Costo por tipo de material.....	49
<b>Tabla 2.</b> Materiales obsoletos.....	52
<b>Tabla 3.</b> Materiales considerados obsoletos.....	62
<b>Tabla 4.</b> Materiales obsoletos dados de baja.....	63
<b>Tabla 5.</b> Materiales que pasarán a obsoletos.....	68
<b>Tabla 6.</b> Diferencia de inventario.....	73
<b>Tabla 7.</b> Proyección de inventario.....	74

# **Desarrollo de un modelo de gestión para control del stock en inventario de repuestos de maquinaria automotriz utilizando herramientas Lean Manufacturing y Just in Time en un club privado de Quito**

Autor(es):

CARLOS LUIS LASSO ORTEGA

RENÉ PRATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

## RESUMEN

---

En el trabajo de investigación que se presenta, se combinó la investigación de campo con la investigación cuantitativa, en base a estos métodos se obtuvieron datos estadísticos y reales de la actual forma de gestión de la bodega de mantenimiento del QTGC. En la actualidad existen muchas herramientas dedicadas a la mejora continua de procedimientos dentro de una industria, el diagrama de Ishikawa fue considerado como un paso inicial para ir de problemas generales a específicos para a través de eso, añadir más herramientas relacionadas a la resolución de problemas. Aplicando la teoría de Lean Manufacturing y con la recolección de datos numéricos se logró identificar los artículos obsoletos y de lento movimiento que incrementan el costo de inventario de la bodega. Con el uso de un software de análisis de datos se realizaron proyecciones para futuros problemas la detección de este tipo de artículos, la reducción real del inventario fue del 1.71 % y la del inventario proyectado fue de 5.79 %.

La aplicación de las 5 S' por otro lado ayudaron a llevar un correcto orden, seguridad al gestionar trabajos, limpieza y mejorar la planificación al momento de realizar la reposición de repuestos y la compra de nuevos artículos. Adicionalmente se implementaron métodos más didácticos que ayudan a la detección de materiales sin movimiento y que están por expirar, dicho método se basa en la colocación de tarjetas de colores (verde, amarillo y rojo), los cuales indican el estado del material.

**Palabras claves:** investigación, procesos, inventario, datos, gestión, mantenimiento.

## ABSTRACT

---

In this research work, it was combined with quantitative research based on these methods, statistical and real data which were obtained on the current form of management of the QTGC maintenance warehouse. Currently there are many tools dedicated to optimizing processes within an organization, the Ishikawa diagram was considered an initial step to go from general to specific problems and, through that, add more tools related to problem solving. Applying the theory of Lean Manufacturing and collecting numerical data, it was possible to identify that exist some obsolete and slow-moving items that increase the inventory cost of the warehouse. With the use of data analysis software, projections were made for future problems detecting this type of items, the actual inventory reduction was 1.71 % and the projected inventory reduction was 5.79 %.

The application of the 5 S', in contrast, helped to maintain correct order, safety when managing work, cleanliness and improve planning when replacing spare parts and purchasing new items. Additionally, more didactic methods were implemented that help detect materials without movement and that are about to expire. This method is based on the placement of colored cards (green, yellow and red), which indicate the state of the material.

**Keywords:** research, processes, inventory, data, management, maintenance.

# NOMENCLATURA

---

<b>JIT</b>	Just in time
<b>LM</b>	Lean manufacturing
<b>TQM</b>	Total quality management
<b>FIFO</b>	First in first out
<b>LIFO</b>	Last in first out
<b>SCM</b>	Supply chain management
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning
<b>SCND</b>	Supply Chain Network Design
<b>SS</b>	Six Sigma
<b>WIP</b>	Work in process

# INTRODUCCIÓN

---

El manejo del inventario es un procedimiento involucrado en la cadena de suministros ya que tiene gran influencia para mantener niveles óptimos en los stocks de los productos, y de esa manera evitar la escases de estos, para satisfacer la demanda del cliente. Hou et al. [1] en su trabajo desarrollan un modelo basado en la metodología Just In Time obteniendo beneficios tales como: reducción de inventario en un 3 %, mejora en la eficiencia de las operaciones en un 5.21 %, respuestas rápidas para las demandas y la eliminación de algunos desechos involucrados en la producción en un 11.2 %.

El sistema de gestión es un factor relevante en el correcto funcionamiento de la cadena de suministros, debido a que conlleva la planificación de la capacidad y la asignación de recursos. Saha y Ray [2] realizan en su estudio un modelo de gestión de inventario para un sistema de salud, el cual tiene el trabajo de mantener el stock de la farmacia en forma óptima, de tal manera que el sistema se encuentre alineado con la necesidad de los pacientes. Su trabajo está dividido en tres partes que son: identificación de variables, representación de la función objetivo y desarrollo y análisis del modelo.

La implementación de sistemas de inventario puede ser un proceso dinámico y a su vez complejo ya que se encuentran relacionados con procesos comerciales tales como planificación, compras y ventas. Adicionalmente un sistema de inventario incluye un 18 % de estatus organizacional ya que se asignan responsabilidades a los miembros involucrados, de esta manera De Vries [3] desarrolla en su trabajo un modelo basado en cuatro áreas que son: el elemento físico, el lugar de almacenamiento, flujo de información y la logística.

Las empresas que manejan dentro de sus procesos la metodología Just In Time son diseñadas para entregar o producir servicios o bienes solamente el momento en que son requeridos por el consumidor para que de esta forma se eviten gastos innecesarios de mantenimiento de inventarios que con el tiempo tal vez se conviertan en obsoletos. El trabajo presentado por Lai et al. [4] explica que para que la metodología JIT no tenga ningún inconveniente en su marcha es esencial la comunicación entre socios comerciales, y adicionalmente aumenta la maleabilidad de la producción, la eficacia y la productividad dependiendo del giro de negocio, pero generalmente aumenta en mínimo un 4 %.

El alto inventario dentro de una bodega se asocia a una deficiente gestión por parte de los encargados, G. Singh [5] realiza una revisión literaria con el fin de explicar cómo funciona la metodología Just In Time. JIT es un sistema que produce las cantidades justas en el momento requerido, para de esa manera aumentar y mantener la calidad, satisfacer la necesidad y disminuir o eliminar por completo los desperdicios. Una correcta aplicación del sistema JIT mejora los problemas de las organizaciones, debido a que optimiza las áreas de compras, producción y almacenamiento.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

El alto inventario dentro de una bodega se asocia a una deficiente gestión por parte de los encargados, G. Singh [6] en su trabajo, realiza una revisión literaria con el fin de explicar cómo funciona la metodología Just In Time (JIT). JIT es un sistema que se encarga de producir las cantidades justas en el momento requerido y de esa manera aumentar y mantener la calidad del producto, satisfacer la necesidad del consumidor y disminuir o eliminar por completo los desperdicios generados en el proceso. Una correcta aplicación del sistema JIT mejora los problemas de las organizaciones, debido a que mejora el funcionamiento de áreas como logística y producción.

El presente caso de estudio parte de la necesidad de disminuir costos de inventario en la bodega de mantenimiento ubicada dentro de una empresa, cuyo giro de negocio es la prestación de espacios deportivos y de entretenimiento dirigidos a personas de alto nivel social y económico, lo cual exige un nivel alto en la calidad del servicio, así como también en el estado de las instalaciones de obra civil.

Partiendo de este concepto se entiende que toda empresa debe manejar un sistema de gestión de inventarios óptimo, el cual permita mantener y mejorar la eficiencia de un producto o en este caso de estudio, mantener la calidad del servicio hacia el consumidor final. Dicho de manera más específica, se busca que tanto los campos deportivos como las instalaciones de obras civiles se encuentren siempre habilitados y con la calidad que caracteriza al club.

El control eficaz de la cadena de suministros cumple un papel importante dentro de las metas de la empresa, ya que es el medio por el cual se incrementa la productividad y la rentabilidad, llegando a obtener de esta manera la calidad necesaria para mantener satisfecho al cliente. La empresa actualmente trabaja con un sistema de gestión de información llamado Microsoft Dynamics GP, el cual sirve para controlar los diferentes campos administrativos relacionados con el giro de negocio.

El proyecto se basa en el inventario de repuestos de maquinaria y materiales para las distintas reparaciones correctivas o rutinarias de las instalaciones. Sin embargo, existe desabastecimiento de algunos artículos relacionados con la maquinaria automotriz existente y adicionalmente hay materiales que no han tenido salida de la bodega durante

un largo periodo, por lo que a través de este trabajo de investigación se busca resolver ambos problemas, mediante un modelo de gestión de inventarios el cual reduzca el tiempo en que la maquinaria está detenida por daños, tiempos de resolución de trabajos correctivos y rutinarios y salida de materiales de lento movimiento.

# FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

---

Determinación del impacto de una mala gestión de inventarios de repuestos de maquinarias para el mantenimiento del campo de golf, en un club privado en Quito en el año 2023.

## OBJETO DE ESTUDIO

---

La problemática surge debido a que, del total de las máquinas habilitada, existe un porcentaje que posee muchos en funcionamiento, por lo que se generan ciertas fallas de manera repetitiva, y su tiempo fuera de funcionamiento aumenta debido a la mala gestión en la planificación de mantenimiento, así como también a la demora en el área de compras.

Otra causa raíz encontrada es que, en antiguos cargos administrativos relacionados con el área de mantenimiento y compras, no se realizaba un estudio enfocado en las necesidades del club, para tener un inventario de repuestos más adecuado, por lo que en la actualidad existe gran variedad de repuestos de maquinaria de golf sin uso, así como también materiales eléctricos y de plomería sin salida de bodega por varios años. Algunos de estos actualmente se encuentran iniciando un proceso de obsolescencia, mediante lo cual se busca disminuir el costo del inventario.

Actualmente se maneja un proceso que consiste inicialmente en realizar el pedido de compra del repuesto por parte del área de mantenimiento una vez que la máquina haya fallado, es decir solo existe mantenimiento correctivo. De acuerdo con datos obtenidos del sistema de gestión de inventarios (GP Dynamics), cada repuesto presenta una diferencia notable entre cada compra (reposición) realizada, debido a eso es posible determinar el tiempo de no funcionamiento de la maquinaria y la variación en el costo del repuesto debido a la dinámica del mercado.

## JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

---

El principal objetivo del trabajo de investigación está enfocado en la mejora del stock de inventario de la bodega de mantenimiento, ya que como se mencionó anteriormente existen materiales y repuestos que están en un proceso de obsolescencia debido a su lento o casi nulo movimiento dentro del club.

Para llegar a los resultados que se desean, es necesario realizar una investigación de forma teórica la cual se encuentre sustentada en artículos y tesis relacionadas a la gestión de la cadena de suministros y a técnicas o modelos de gestión que ayuden a disminuir el costo de inventario. También es necesaria una investigación de campo mediante la cual se obtendrá datos reales de la dinámica actual existente en los repuestos y materiales dentro de la bodega de mantenimiento.

# OBJETIVOS

---

## OBJETIVO GENERAL

Proponer un modelo de gestión para control de stock y manejo de inventarios mediante el empleo de herramientas Lean Manufacturing en un club privado en Quito.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un modelo de gestión de inventarios basado en los principios del “Six Sigma” para optimizar el proceso de stock de inventarios.
- Reducir los tiempos de reposición de repuestos para mejorar los tiempos de paro de máquinas o servicios que sean dependientes del inventario.
- Analizar la situación de movimientos de materiales dentro de la bodega para aplicar un modelo que se ajuste más a la necesidad del club.
- Realizar una validación del inventario actual de la bodega con el fin de mejorar el espacio físico.

# HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

---

¿Las herramientas de Lean Manufacturing mejorarán el costo y la gestión del manejo de inventario de la bodega de mantenimiento?

## ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

---

Algunos repuestos y materiales existentes dentro de la bodega de mantenimiento se encuentran dentro de un proceso para convertirse en obsoletos, ya que la antigüedad, estado y uso de estos, está entre los criterios aplicables para ser considerados obsoletos y por ende ser eliminados de la bodega. Con la aplicación de dichos criterios, se busca mejorar el inventario de la bodega de mantenimiento tanto físicamente como monetariamente.

El alcance de este trabajo, por otro lado, se limita a realizar un barrido completo de todos los materiales que tienen lento movimiento y se encuentran en la bodega de mantenimiento del club. La investigación busca principalmente adecuar el inventario de los repuestos de la maquinaria del campo del golf según la maquinaria existente, ya que dicho grupo de repuestos representa el costo más elevado dentro de la bodega.

## Descripción de la estructura de los capítulos

---

Inicialmente, en el capítulo 1 se realiza una retroalimentación acerca de todos los aspectos teóricos importantes involucrados en el caso de estudio. Se llevó a cabo la investigación de los conceptos fundamentales que tengan relación con la gestión de la cadena de suministros y estén enfocados principalmente en el mejoramiento de la gestión de una bodega de mantenimiento.

Por otro lado, en el capítulo 2 se identificaron los problemas que afectan a la mala gestión de la bodega de mantenimiento, se inició desde los más comunes hasta llegar a los más específicos. También dentro de este capítulo se seleccionó a las herramientas de gestión necesarias, mediante las cuales se desarrollará el trabajo de investigación hasta llegar a la mejora en la gestión de la bodega.

Mientras tanto, en el capítulo 3 se obtuvieron los datos numéricos necesarios para identificar de manera clara dónde se ubica el problema, y en términos financieros, cuánto dinero representa los materiales que no tienen movimiento dentro de la bodega de mantenimiento.

Finalmente, en el capítulo 4 se realiza la solución de manera numérica y gráfica de los distintos problemas encontrados a lo largo de la investigación, mediante la aplicación de los conceptos relacionados con la metodología de las 5 S' y Lean Manufacturing, los resultados obtenidos presentan una mejora y por ende ayudan a que los objetivos planteados se cumplan.

# CAPÍTULO 1

## MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA CONTROL DEL STOCK EN INVENTARIO DE REPUESTOS

Para iniciar con el trabajo de investigación se exponen trabajos realizados por autores que se han enfocado en la gestión de la cadena de suministros, a continuación, se realiza la investigación de los conceptos básicos más importantes relacionados con el control y manejo de una bodega, y finalmente se realiza un diagrama de Ishikawa en el cual se exponen todos los problemas que afectan actualmente al manejo y control de la bodega de mantenimiento.

### 1.1. Introducción

Un buen mantenimiento es la clave para asegurar el funcionamiento prolongado de equipos o maquinaria, así como también un proceso de producción eficiente. El mal manejo en la adquisición de repuestos para las actividades de mantenimiento produce caídas en la calidad del producto o servicio, aumenta el consumo de energía y reduce los ingresos. Nguyen et al. [7] en su estudio utilizan un modelo no estacionario para optimizar la correlación que se encuentra entre el inventario de repuestos y el mantenimiento obteniendo como resultado que, si el nivel de existencia de un repuesto es 5 dentro de un horizonte de 200 días, entonces se considera un mantenimiento perfecto.

Actualmente se conoce que el control adecuado de los ítems dentro de una bodega está relacionado con algunas variables tales como proveedores, planificación del mantenimiento, entre las principales. Las variables mencionadas anteriormente sirven como un indicador que ayude a solucionar el desabastecimiento de repuestos y materiales tal como indica el trabajo realizado por Hofer et al. [25].

El trabajo presentado por Zhu et al. [8] está enfocado en el correcto control de la demanda de repuestos, para que de esta manera se reduzcan los tiempos de mantenimiento producidos por el desabastecimiento de repuestos. En el trabajo se desarrolla un modelo simple de pronóstico que sirve para estimar la demanda anticipada de los diferentes tipos de artículos y desarrollar un modelo de control de inventario dinámico, obteniendo de dicha forma una disminución de costos involucrados en las actividades de mantenimiento que están en el rango de 23 % a 51 %.

El mantenimiento de los activos de capital generalmente es realizado mediante el remplazo de sus componentes con repuestos. Existe un stock de repuestos que puede ser utilizado tanto para mantenimientos preventivos como para correctivos, dado este caso Basten y Ryan [10] desarrollaron un modelo de gestión de inventario de revisión periódica con un solo punto de abastecimiento y un tiempo de espera de reposición cero, el cual resolvió el problema de desabastecimiento en un 94 %.

La eficiencia dentro de la gestión de la cadena de suministros determina la calidad de un producto o un servicio, debido a lo cual es necesario un tiempo de reposición más corto, para afrontar este problema Wang y Lin [9] desarrollan un modelo de reabastecimiento colaborativo para la optimización en la reposición de repuestos basado en “Q learning”, logrando de esta manera que los tiempos de reposición de repuestos disminuyan considerablemente. Con el modelo mencionado se obtuvo una disminución de un 40 % el tiempo de reposición dentro de la cadena de suministros.

El modelo de gestión de inventarios dentro de la cadena de suministros representa un aspecto importante dentro de la logística para todos los sectores económicos de una empresa. Algunas decisiones para el abastecimiento de inventario dentro de una bodega son tomadas con la ayuda de un Enterprise Resource Planning debido a que aplica conceptos logísticos fundamentales como indican Gutiérrez y Vidal [11] en su trabajo, adicionalmente realizan un estudio de los tipos de modelos de gestión de inventario más utilizados, llegando a la conclusión de que son los siguientes: variabilidad de la demanda, y rediseño de repuestos.

Dentro de la gestión de la cadena de suministros, el sistema de control es un factor relevante, debido a que conlleva la programación de la capacidad y la concesión de recursos. Saha y Kumar [15] realizan en su estudio un procedimiento de gestión de inventario para un sistema de salud, el cual tiene el trabajo de mantener el stock de la farmacia en forma óptima, de tal manera que el sistema se encuentre alineado con la necesidad de los pacientes. Su trabajo está dividido en tres partes que son: identificación de variables, representación de la función objetivo y desarrollo y análisis del modelo de gestión.

El manejo de inventarios dentro de una organización está relacionado con el manejo de la cadena de suministros, así como también con las estrategias de la logística de la empresa. A. González [12] en su trabajo, se orienta principalmente en la creación e interpretación de un sistema de gestión basado con el giro del negocio. De esta manera clasifica a los productos en el grupo A que representa el 2.5 % del total de artículos y generan el 80 % de la rotación, el producto B que representa el 7.3 % y genera el 15 % de la rotación, y C que representa el 52.2 % y generan el 5 % de la rotación. Mediante la aplicación de un modelo de gestión y una política de inventario los productos aumentaron la rotación en un 79.81 %, 14.95 % y 2.96 % respectivamente.

Dentro de los componentes del manejo de una organización, un factor determinante es la gestión de inventarios, debido a que el desabastecimiento de un inventario no permite llegar con calidad y rapidez al cliente. K. Ojeda [13] en su trabajo desarrolla un sistema de control de inventarios con un método de creación de bodega dentro de cada área de producción, lo que redujo notablemente el exceso de inventario de algunos productos como se muestra a continuación: el trabajo fue aplicado y analizado para los años 2018 y 2019, obteniendo un promedio de 6.3 % en reducción de inventario, y sin desabastecimiento hacia el cliente.

Por otro lado, la fabricación esbelta, también conocida como Lean Manufacturing fue desarrollada por la empresa japonesa de nombre Toyota. Palange y Dhatrak [14] realizan un trabajo en el cual indican la vitalidad de aplicar este proceso dentro de la cadena de producción. Lean Manufacturing es la mejor herramienta para eliminar desechos y de esta manera reducir costos de producción. Para obtener un correcto funcionamiento de este método, es necesario seleccionar la herramienta correcta las cuales son mencionadas a continuación: Pull/Kanban, diseño optimizado, mapeo de flujo de valor, 5'S, diagrama de Ishikawa, Kaizen, entre los principales. Con la correcta aplicación de estas herramientas se obtienen beneficios sociales dentro del grupo de trabajo y ecológicos relacionados con el medio en el cual se trabaja.

La implementación de sistemas de inventario puede ser un proceso dinámico y a su vez complejo ya que se encuentran relacionados con procesos comerciales tales como planificación, compras y ventas. Adicionalmente un sistema de inventario incluye un estatus organizacional ya que se asignan responsabilidades a los miembros involucrados, de esta manera De Vries [16] desarrolla en su trabajo un modelo basado en cuatro áreas

consideradas fundamentales dentro de la cadena de suministros las cuales son: el elemento físico, el lugar de almacenamiento, flujo de información y la logística.

Los sistemas que funcionan con la metodología Just In Time son diseñados para entregar o producir servicios o bienes solamente cuando sean requeridos para de esta manera, trabajar con inventarios mínimos y adicionalmente reducir la pérdida de tiempos en la cadena de producción. Lai et al. [17] indican en su trabajo que para que la metodología JIT funcione es esencial la comunicación entre los socios comerciales, lo cual adicionalmente aumenta la variabilidad de la producción, la calidad y la eficiencia del producto. Para llevar a cabo el trabajo con JIT los autores aconsejan tener en cuenta lo siguiente: tener paciencia, simplicidad y la integración de un control de materiales con la fabricación.

Otro componente esencial dentro de un modelo de gestión de inventarios es el transbordo lateral, que viene a ser un modelo empleado por Tiacchi y Saetta [18], el cual busca aumentar el rendimiento de un sistema de inventario de repuestos, para que de esta manera un repuesto sea movido de un lugar con exceso de inventario a uno con escasez para así reducir los retrasos en el suministro de repuestos. Con la aplicación de este modelo se redujeron el número de unidades que se agotan y el tiempo de reposición de cada repuesto en un rango del 2 al 29 %.

Lamghari et al. [19] describe en su trabajo otra herramienta útil dentro del control de un inventario, la cual trata acerca de una nueva medida de utilidad conocida como “Xtreme Long Down” la cual se encarga de controlar la demanda del stock en forma eficiente usando como base el proceso de horizonte finito de Markov. El método utilizado y posteriormente aplicado por el autor presenta resultados favorables en el 81 % del total de repuestos, lo cual redujo en un 5 % el desabastecimiento de los repuestos más utilizados para los distintos mantenimientos.

Dentro del mejoramiento de la cadena de suministros en una bodega de mantenimiento el objetivo principal es la reducción de costos por lo que Sun et al. [20] estudian un sistema de gestión basado en el problema de la localización de un inventario y se enfocan en cómo reducir el costo involucrado en la logística del inventario y aumentar sus beneficios. Para esto desarrollan un modelo matemático que incluye cinco partes: costo de ubicación de instalaciones, de reposición, promedio de inventario, de distribución y de servicio de

almacenamiento. Los resultados obtenidos en términos de costo fueron 2520.33 UDS para un inventario no compartido y 2427.185 USD para un inventario compartido.

Las proyecciones son una herramienta importante para la consecución de metas, por lo que Van der Auweraer et al. [21] presentan en su trabajo, un modelo de predicción de inventario basado en las fallas, para esto toman datos históricos de la duración de los repuestos de la maquinaria mas no de la máquina en general, ya que de esta manera se conoce la confiabilidad de las piezas y de la misma forma cuando fallarán cada una de ellas. Los resultados obtenidos una vez aplicado el modelo en un conjunto de 12 piezas de una máquina fue una reducción del 52.63 % en el tiempo de reposición tras realizar dos pruebas en cada una de las piezas.

La eficiencia de un modelo de gestión de inventario depende del pronóstico de la demanda futura, por lo cual Rodrigues y Toneyama [22] mencionan en su trabajo que mientras mayor es la precisión de la predicción, menor es el nivel de inventario de seguridad necesario para cumplir con la tasa de llenado. Para optimizar este problema se ha desarrollado un modelo de predicción basado en la vida útil del componente con el fin de minimizar el costo de inventario. Una vez realizadas las simulaciones del modelo se obtuvo una reducción en los costos del 1.62 %, lo cual representa una solución de alta calidad para el problema.

El mantenimiento y la correcta utilización del inventario son dos actividades que van de la mano para optimizar procesos de planificación de mantenimiento y aprovisionamiento de inventario. Partiendo de esto Yan et al. [23] desarrolla un modelo de costo total utilizando una programación estocástica de horizonte finito. Los resultados obtenidos después de dos simulaciones son del 20 y 15 % respectivamente, los cuales representan una disminución en el costo de inventario para cubrir actividades de mantenimiento incorrecta (MI).

Desde otro punto de vista se considera que la globalización del mercado ha provocado un cambio significativo dentro de los sistemas logísticos para la toma de inventarios, por esta razón Cholodowics y Orłowski [24] se enfocan dentro de su trabajo en diseñar un modelo novedoso de inventarios el cual refleje cambios en el tiempo real. El estudio realizado compara resultados de un modelo existente y el modelo desarrollado por los autores. Aplicando la distribución de Weibull y el concepto de FIFO y LIFO en productos

percibibles y con vida útil aleatoria, obtuvieron un 21 % más alto en promedio de existencia para productos con vida útil fija en comparación con los de vida útil aleatoria.

## **1.2. Marco teórico de la investigación**

En la presente sección, se analizarán diferentes conceptos que se relacionan con el control de la cadena de suministros, definiciones, costos asociados, procesos, control y gestión de las actividades realizadas para obtener un inventario adecuado dentro de la bodega de mantenimiento.

### **1.2.1. Antecedentes de la investigación**

El estudio de la gestión de la cadena de suministros se enfoca principalmente en el control, planificación, arreglo, abastecimiento, producción y distribución hacia el consumidor final, tomando en cuenta las exigencias del mercado para obtener rentabilidad. Boiko et al. [26] expone que al utilizar sistemas de información es posible manejar y controlar cada una de las etapas de la gestión de inventario dentro de la organización. Los módulos de Supply Chain Management (SCM) por sus siglas en inglés, actualmente son utilizados por todos los Enterprise Resource Planning (ERP) según sus siglas en inglés debido a la automatización de la cantidad de inventario.

El problema principal dentro de la planificación de la cadena de suministros es determinar la cantidad de material, la producción y la distribución necesaria para satisfacer al cliente, mientras que por otro lado Vafaenezhad et al. [27] plantea como objetivo principal minimizar el costo y maximizar los ingresos dentro de la gestión de la cadena de suministros, pero todavía carece de atención algunos factores importantes dentro de SCM, los cuales son: salud y seguridad de los empleados y los impactos ambientales y sociales que se generan.

La gestión de proyectos aplicada a la cadena de suministros es de gran consideración debido a que se constituye como un factor estratégico para lograr obtener el éxito de la organización. Según Wei et al. [28] al integrar la cadena de suministros dentro de la gestión de proyectos, aumenta la probabilidad de obtener beneficios económicos, ya que, al combinar grupos técnicos (encargados de las bodegas) con la estrategia comercial (área de compras), se puede llegar al éxito dentro de la organización.

En la actualidad existe un gran impacto ambiental debido a los desperdicios ocasionados por una mala gestión de la cadena de suministros, por lo que se genera la necesidad de desarrollar modelos de gestión de inventarios que contribuyan al uso sostenible de los recursos a lo largo de la cadena de suministros. El trabajo realizado por Soltanmohammadi et al. [29] también se enfoca en disminuir desperdicios sin perder el nivel de calidad del producto, a este método lo nombran como Total Quality Management (TQM) por sus siglas en inglés, el cual fusionado con JIT, brinda la posibilidad de obtener una certificación ISO 9001, ya que son factores cruciales para una correcta gestión ambiental.

### 1.3. Fundamentación de la investigación

El diagrama de Ishikawa, también llamado espina de pescado como se muestra en la figura 1, es una herramienta que ayuda al análisis de los peligros que puede causar un problema mayor. Se basa en 6 aspectos que son: maquinaria, mano de obra, medio ambiente, medición, materia prima y métodos [30].

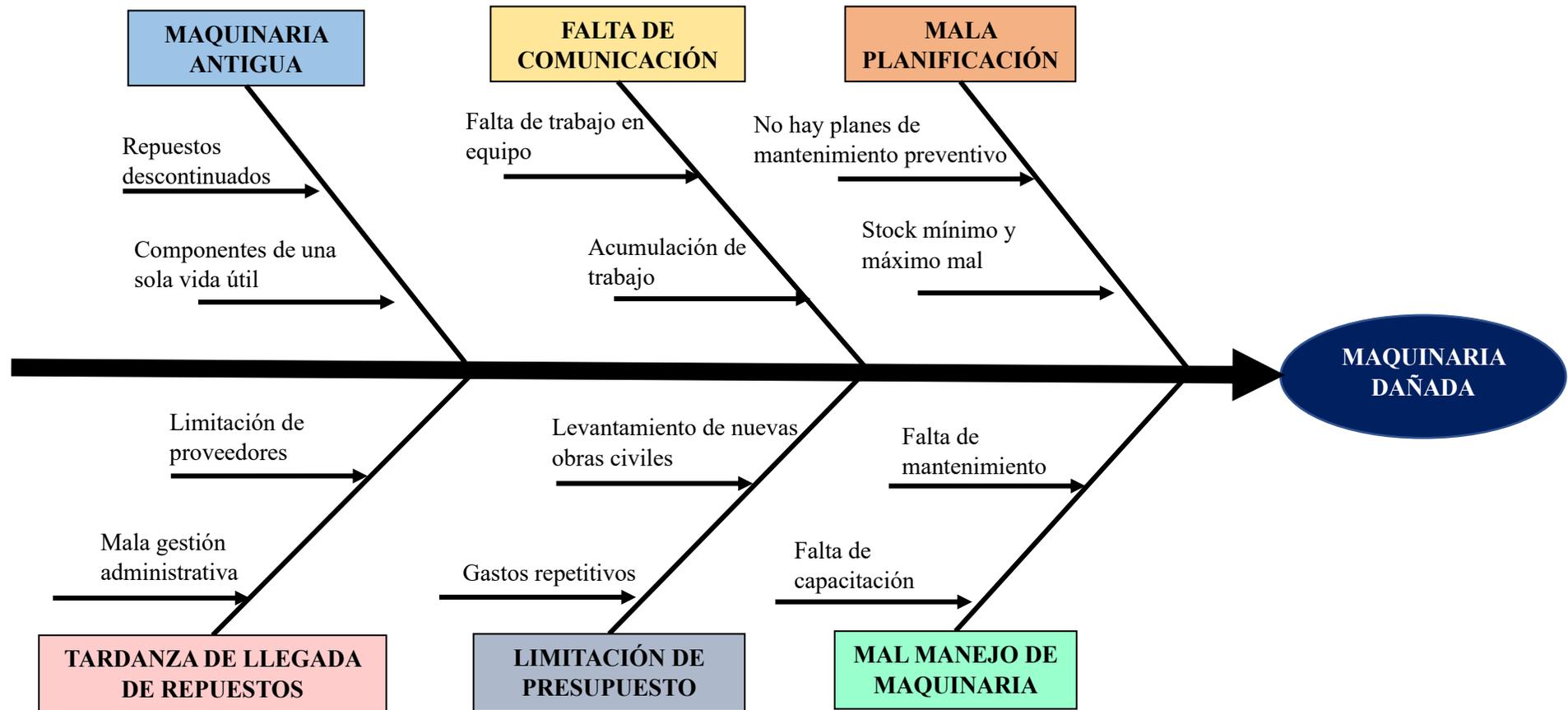


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

### **1.3.1. Fundamentación legal**

#### **Filosofía del Club**

El Club fue fundado el 3 de octubre de 1947 y es origen de la fusión entre el Quito Tenis Club y el Quito Golf Club. Es considerado uno de los 100 mejores clubes alrededor del mundo y el primero a nivel nacional. Se caracteriza por brindar un excelente servicio a sus socios dentro de sus diferentes áreas.

#### **MISIÓN**

La misión del Q.T.G.C es exceder las expectativas de Atención y Servicio a los socios, sus familias e invitados, contando con un equipo humano motivado, capacitado, eficiente, amable y acogedor, apoyado en una tecnología especializada.

#### **VISIÓN**

Mantener el liderazgo, como un club social y deportivo de excelencia, aplicando altos estándares de calidad en atención, servicio y hospitalidad al Socio.

### **1.4. Aspectos teóricos fundamentales**

En este apartado se presentan los aspectos teóricos relevantes que interactúan dentro de la gestión de cadena de suministros.

Desde hace 20 años, trabajar con producción esbelta (LM) y justo a tiempo (JIT) ha permitido obtener disminución de inventario en compañías grandes alrededor del mundo y con esto reducir los costos de mantenimiento de inventario [31].

#### **1.4.1. Lean Manufacturing**

La producción esbelta, es una herramienta útil que sirve para eliminar todo tipo de actividad que no proporciona un valor agregado al servicio o producto mediante la eliminación de pasos y por lo tanto la reducción de costos [32].

Lean Manufacturing buscar llegar a la consecución de ciertos objetivos, entre los principales están los siguientes:

- Definir el coste para el cliente.
- Reconocer las labores correspondientes para llevar un producto de materia prima a producto, de concepto a lanzamiento y de pedido a entrega.
- Eliminar los desperdicios y aumentar la eficiencia de las operaciones.
- Analizar los resultados obtenidos y reiniciar el proceso para evaluar los nuevos resultados.

#### **1.4.2. Logística**

La logística es un subconjunto dentro de la gestión de la cadena de suministros y representa al trabajo requerido para ubicar el inventario de manera de que toda la cadena de suministros no tenga desabastecimiento. Esta ciencia también abarca varios parámetros fundamentales, los cuales combinados buscan llegar a un objetivo en común, el cual es la satisfacción del consumidor o cliente. Dichos parámetros son: pedidos, compras, transporte, almacenamiento y entrega del producto o servicio [33].

#### **1.4.3. Cadena de suministros**

La cadena de suministros empieza desde el momento en que se obtiene la materia prima no procesada, y termina cuando se entrega el producto final, adicionalmente incluye el intercambio de información y materiales entre distintos proveedores ya sea de materiales o de servicios, los cuales forman enlaces dentro de la cadena de suministros [13].

Dentro de la cadena de suministros existe la colaboración entre varias empresas las cuales buscan un posicionamiento estratégico común, con el objetivo de mejorar su eficiencia operativa. Por cada parte involucrada en la cadena de suministro existe una decisión estratégica, la cual es una disposición de canales que se encuentra basada en colaboraciones y dependencias. Las operaciones dentro de una cadena de suministros requieren procesos administrativos que vinculan a más socios comerciales [33].

#### 1.4.4. Inventario

Dentro del mercado es posible encontrar diferentes tipos de industrias, ya sean comercializadoras, manufactureras o de servicios, en las cuales se almacenan diversos tipos de artículos, materiales y repuestos para que no detengan su funcionamiento. Es de esta manera que se procede con la creación de un inventario, el cual contenga dichos ítems en las cantidades requeridas, según la necesidad.

De acuerdo con la literatura, menciona que el inventario es uno de los sucesos industriales y empresariales más intrigantes dentro de la SCM, y se lo define como el conjunto de mercancía, materiales o repuestos que tiene una organización para poder entregar su producto o servicio debido a que es un punto sobresaliente de su administración. Así como también, es considerado el punto de moderación entre la oferta y la demanda, ya que se encarga de satisfacer tanto a proveedores como a los clientes

Los inventarios generalmente presentan cierto tipo de falencias en su cantidad de stock, entre las más comunes están: pronóstico ineficiente de la demanda, plazos de entrega por parte de proveedores muy extensos, cuello de botella en las operaciones y deficiencia en la logística del transporte [34].

##### 1.4.4.1. Tipos de inventarios

Existe una gran cantidad de formas para clasificar a los inventarios, ya sea por su dinamismo, costo u otros aspectos, pero de acuerdo con este caso de estudio, se detallarán los más cercanos al tema de investigación desarrollado [34].

- **Inventario de seguridad:** Es la cantidad promedio de inventario disponible, al momento en que se da el reabastecimiento, este inventario se calcula en base a datos históricos, pero dicho inventario puede diferir debido a que la demanda calculada es diferente a la demanda real, en algunas ocasiones.
- **Inventario estacional:** Es el inventario que se mantiene durante un tiempo establecido y se puede reabastecer o no, dependiendo la necesidad. Este tipo de inventario se adquiere en base a un solo uso, dado que si se adquiere demasiado se genera un costo de almacenamiento y en el caso contrario si no es suficiente, se pierden utilidades.

- **Inventario de ciclo:** Es la cantidad promedio que existe entre inventarios de reabastecimientos. También se considera como una parte fundamental del inventario total.
- **Inventario de tránsito:** Es el inventario que se encuentra dentro de un medio de transporte o dentro de la bodega, esperando un plazo de entrega.

#### 1.4.4.2. Costos de inventarios

Según el estudio desarrollado por Bowersox et. al [33] los costos más comunes y los que más tienen relación con el tema de estudio son:

- **Costo de obsolescencia:** Es el costo producido por el deterioro del producto o material debido al almacenamiento, este costo se genera debido al sobreabastecimiento e incluye una pérdida financiera debido a que pierde la serie o pasa de moda. Este tipo de costo es el valor promedio de inventario que se declara obsoleto al finalizar el año.
- **Costo de almacenamiento:** Es el gasto de la organización que se genera por tener un producto o material estacionado, en lugar de manejarlo. Este costo no tiene relación directa con el inventario por lo que se lo asigna a los requerimientos de algunos productos específicos.
- **Costos de pedido:** Son costos asociados con el inventario y pueden ser fijos o variables. Los costos de pedido simbolizan el costo por unidad.
- **Costo de agotamiento:** Es el costo de inventario que genera el desabastecimiento, es decir el costo de no tener inventario, este costo está relacionado con la pérdida de ventas secundarias adicionales a la principal.

#### 1.5. Conclusiones del capítulo

Trabajar con la metodología JIT es fundamental dentro del control de la cadena de suministros, debido a los beneficios económicos, así como también operacionales que ofrecen, ya que ayuda a reducir costos de almacenamiento y de obsolescencia que son los más comunes dentro de la gestión de inventarios, adicionalmente aplicando dicha metodología se puede optimizar el espacio físico de la bodega dado que existe una reducción significativa del total de todos los ítems.

# CAPÍTULO 2

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para continuar con el desarrollo de la investigación es necesario detectar los problemas específicos que afectan al correcto desarrollo de un proceso, por lo tanto, en el presente capítulo se realiza un estudio más a fondo enfocado en la detección de dichos problemas y en las herramientas y metodologías que tengan una relación de carácter teórica y experimental que se adapten a la resolución de estos.

### 2.1. Introducción

Una investigación se origina en base a ideas y preguntas basadas en la observación, las cuales generalmente buscan información o una solución para problemas que afecten el desarrollo de un proceso, y de esta manera se identifiquen los elementos que se presentan a lo largo de la investigación.

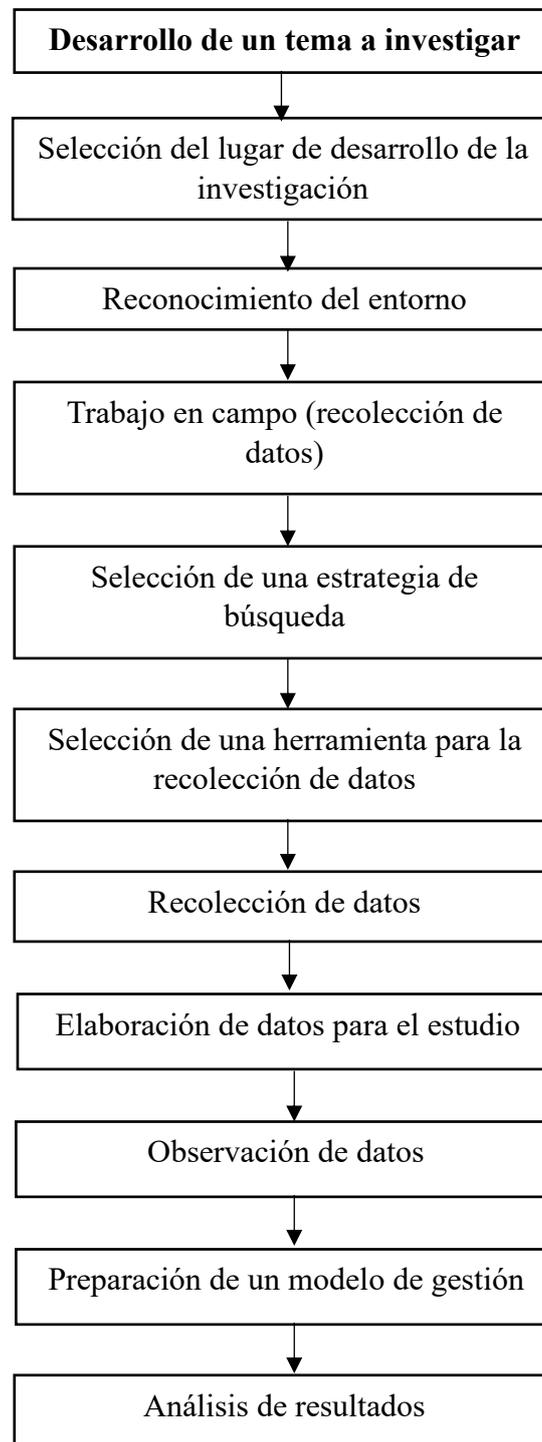
El proceso investigativo abarca varias etapas para llegar al objetivo establecido por los investigadores. La metodología de la investigación ayuda a conectar de manera secuencial, lógica y dinámica todas estas etapas, basándose en un enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que de estos enfoques depende el diseño del problema y las hipótesis consecuentes [35].

La generación de conocimientos a través de la resolución del problema establecido al inicio es propia de un proceso investigativo, debido a que dicho problema está expresado con anterioridad en forma de hipótesis y objetivos. Una vez mencionado lo anterior se llega a la consumación de que la metodología de la investigación se enfoca en aspectos que ayudan a llegar a los objetivos, tales como: diseño de la investigación, métodos de recolección de datos, técnicas de análisis de la información, y criterio para incrementar la calidad del trabajo [36].

### 2.2. Diseño de la investigación

Para la realización del trabajo de investigación es necesario seguir la siguiente secuencia de actividades mostradas en la figura 2 la cual se basa en un análisis de investigación cuantitativa, el cual ayuda a la obtención de datos mediante el uso de revisión de archivos con datos históricos acerca del problema de investigación, en este caso de investigación

los datos históricos son tomados del sistema Microsoft Dynamics GP. Los pasos para realizar el diseño de un proyecto de investigación son mostrados a continuación.



**Figura 2.** Desarrollo de la investigación

### **2.3. Modalidad de la investigación**

Una vez definidos cuales son los problemas principales dentro del manejo de la bodega de mantenimiento, se realiza un nuevo análisis con las causas principales que generan este tipo de inconvenientes, en la figura 3 se explica con más detalle las causas de cada uno de los problemas presentados

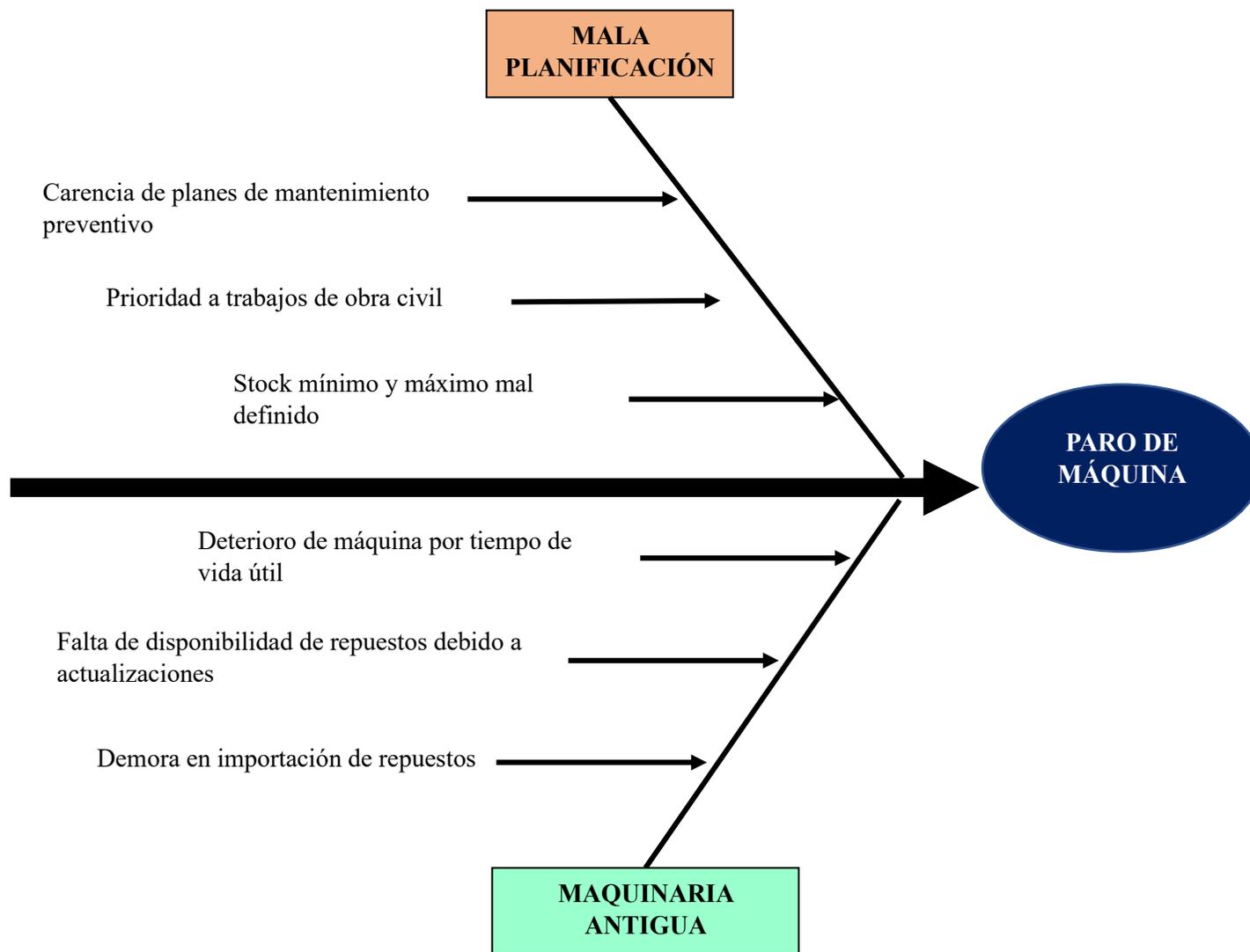


Figura 3. Diagrama de Ishikawa simplificado

## **2.4. Tipos de investigación**

Dentro del proceso de investigación llevado a cabo, serán esenciales utilizar cuatro tipos de metodologías que se adaptan a los datos, necesidades y objetivos a los cuales se busca llegar. La metodología investigativa ayuda a entender los conceptos básicos necesarios para el desarrollo del modelo al cual se busca llegar. Debido a la naturaleza del presente proyecto de investigación, es ineludible aplicar algunos métodos tales como: método experimental, de campo, analítico y cuantitativo.

### **2.4.1. Investigación cuantitativa**

Está basada en la recolección e interpretación de datos necesarios para corroborar la hipótesis y de esa manera contestar a las preguntas planteadas en la investigación, mediante la aplicación de estadística, medición numérica y conteo, así mencionan en su trabajo Brinda y Benavent [36]. La aplicación de la metodología cuantitativa es esencial en esta investigación, debido a que los objetivos a los cuales se busca llegar son de carácter numérico y sirven para encontrar la diferencia entre las variables de tiempo de funcionamiento y tiempo de paro de máquina por falta de repuestos, basándose en una base de datos histórica del software manejado por el lugar donde se aplica esta investigación.

Según Li et al. [37] un modelo basado en una metodología cuantitativa permite reconocer factores de riesgo, calcular un factor de correlación de necesidades y desarrollar medidas de seguridad. Dentro del modelo, este tipo metodología se aplica en el análisis de la información histórica relacionados con los stocks y consumos realizados por las diferentes áreas solicitantes de repuestos.

### **2.4.2. Investigación de campo**

Es una recopilación de nuevos datos de la realidad de un proceso tal y como explican en su trabajo Cai et al.[38]. Por lo tanto, facilitará la obtención de los datos necesarios para la formulación del problema a resolver, debido a que los todos los datos serán tomados de la ubicación física de la bodega. La investigación de campo se realiza en el mismo lugar donde existe el problema ya que permite levantar datos de manera ordenada y que tengan relación con el interés del investigador, las herramientas necesarias para llevar a cabo esta metodología según Arias y Gallardo [39] son la observación, la encuesta o la entrevista.

### 2.4.3. Investigación experimental

La metodología experimental permite evaluar resultados y en base a ellos realizar algunas mejoras en el modelo propuesto tal como indican Goyal et al. [40]. Por otro lado, y partiendo del mismo punto de vista, Bernal [41] explica que la investigación experimental se caracteriza debido a que se trabaja directamente sobre el objeto de estudio y el objetivo para este caso de investigación es identificar los efectos producidos por las acciones del investigado, creando de esa manera una técnica que pruebe la hipótesis. En el presente trabajo este tipo de metodología será aplicado una vez que se obtengan los datos y resultados correspondientes.

### 2.4.4. Investigación analítica

La metodología de investigación analítica busca correlacionar o asociar dos o más variables causales que incurren en el problema. Este tipo de investigación identifica los mecanismos y causas que están detrás del problema durante un tiempo determinado. Este tipo de investigación necesita un pensamiento crítico para evaluar datos e información relacionada al proyecto. El principal objetivo de la investigación analítica es elaborar ideas a través de la combinación de los datos obtenidos [39].

## 2.5. Métodos de investigación

- **Recolección de datos:** la toma de datos es el primer paso para el proyecto de investigación debido a que en base a estos datos se llega al objetivo planteado. La recolección de datos se realiza mediante un sistema de gestión, encuestas, pruebas, etc.
- **Análisis de datos:** es el estudio que se realiza mediante la utilización de los datos obtenidos en la recolección, existen varias herramientas estadísticas para realizar un correcto análisis [39].
- **Modelo de gestión:** es la representación formal de los caminos que se siguen para llevar la realización de una acción o un proceso, mediante el cual se organiza una actividad y se estructuran datos para llegar a un resultado [41].
- **Resultados:** son los datos que arroja el modelo de gestión una vez aplicado a la información recolectada [39].

## 2.6. Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos son los elementos y métodos requeridos para la recolección y obtención de datos necesarios para la consecución de los resultados deseados. Estos métodos deben reunir datos que tengan confiabilidad y validez.

Para la consecución de dichos datos es necesario la aplicación de los siguientes conceptos:

### 2.6.1. Las 5 S's

Para comenzar el estudio relacionado con la cadena de suministros, es importante conocer todo lo referente a las 5 S's. Esta es una metodología creada en 1960 por Toyota. El objetivo principal de esta metodología es obtener un espacio de trabajo organizado, limpio y ordenado, para de esta manera poder mejorar los procesos de producción y el ambiente de desempeño laboral, así como también reducir costos de operación y almacenamiento [32].

Las 5 S's definidas son las siguientes:

- **Seiri:** se refiere a utilizar o adquirir solo lo necesario.
- **Seiton:** todo lo relacionado con el orden.
- **Seiso:** limpieza del espacio de trabajo.
- **Seiketsu:** seguridad al momento de realizar una operación o actividad.
- **Shitsuke:** disciplina dentro del proceso de producción.

### 2.6.2. Medidas de los datos

Los datos obtenidos por medio de los distintos tipos de investigación deben ser confiables y presentar ciertas cualidades como las que se presentan a continuación [41]:

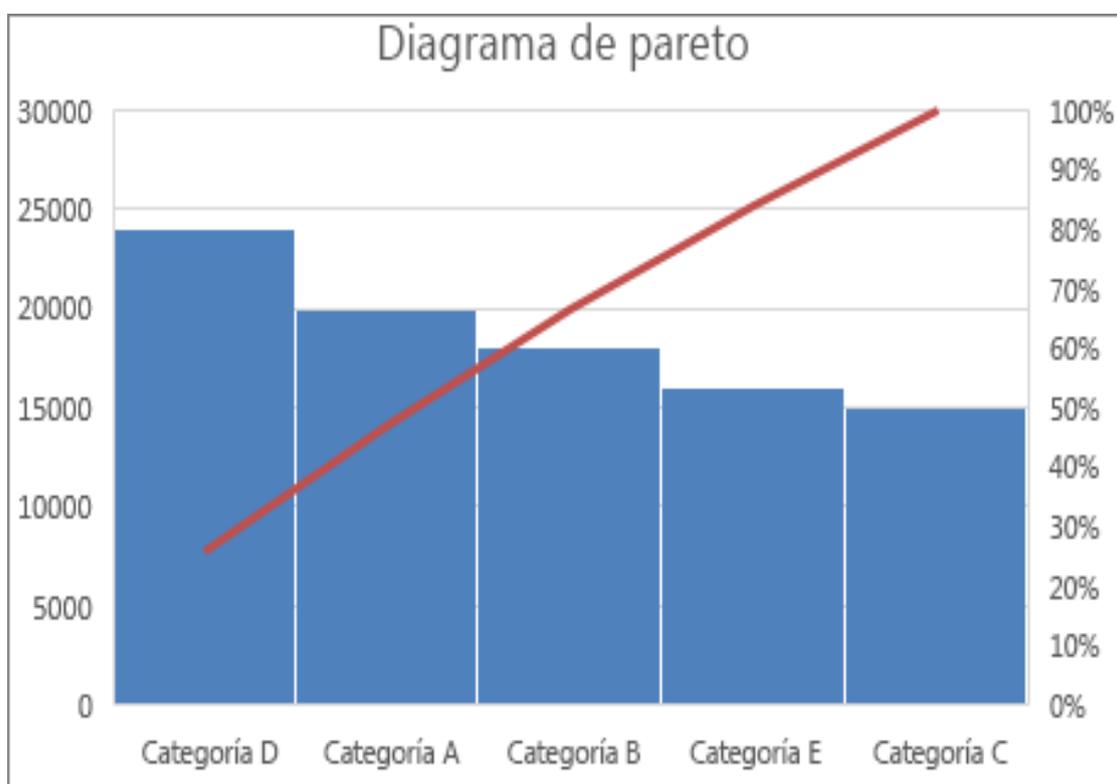
- **Frecuencia:** es el número de veces que se repite una determinada acción.
- **Duración:** es el periodo que perdura en el tiempo una determinada variable del objeto a estudiar.
- **Intensidad:** es la tendencia con la que se manifiestan los datos analizados.

### 2.6.3. Herramientas para el análisis de datos

Una vez obtenidos los antecedentes necesarios para llegar a los objetivos planteados en la investigación, el análisis de estos se puede realizar mediante un análisis de Pareto, el cual será explicado a continuación.

- **Diagrama de Pareto**

Es un tipo de herramienta gráfica que permite identificar los datos en donde existe más problemática de forma decreciente de izquierda a derecha a través de barras sencillas, para que de esa manera se puedan identificar prioridades. Por lo general el 80 % del resultado total es generado por 20 % de la totalidad de los datos analizados. Una vez obtenida la gráfica los datos se muestran como en la figura 4 [42].



**Figura 4.** Representación del diagrama de Pareto

#### **2.6.4. Six sigma**

Esta es una herramienta que brinda a las organizaciones los procedimientos adecuados para alcanzar niveles altos de desempeño en producción y en servicios. Los objetivos de esta metodología son: la mejora de procesos, la optimización de la capacidad y la disminución en la variación de procesos [43].

La metodología Six Sigma tiene como objetivo principal reducir la variación de los procesos organizacionales a través del empleo de especialistas en mejora, métricas de desempeño y un método estructurado. Generalmente la teoría de Six Sigma no es considerada solamente como un método de gestión de proyectos, al contrario, abarca toda la organización del proyecto como un sistema y establece estándares de calidad a los cuales se busca llegar [44].

#### **2.7. Conclusiones del capítulo**

En base a los conceptos mencionados en este capítulo se identificaron los problemas más específicos existentes en la bodega de mantenimiento, y en base a esos problemas se seleccionaron las herramientas adecuadas para mejorar el proceso de gestión y adicionalmente corregir dichos problemas.

# CAPÍTULO 3

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez aplicados los métodos de investigación descritos en el anterior capítulo, se procede a la recolección de datos históricos y reales que afectan la gestión de la bodega de mantenimiento, dichos datos se obtuvieron de forma digital y otros en el área de trabajo, los cuales serán analizados mediante los distintos métodos de análisis de datos que se estudiaron en el programa previamente.

### 3.1. Introducción

Actualmente el control administrativo de la bodega se lo lleva mediante la utilización de los programas GP Dynamics y Help Desk, los cuales interactúan entre sí para controlar el movimiento de entrada y salida de los ítems del inventario.

La bodega de mantenimiento almacena dentro de sus instalaciones repuestos de maquinaria de golf, materiales de construcción, cerrajería, carpintería, repuestos para refrigeración y cocina, material eléctrico, material tribológico, herramientas, material misceláneo y abonos químicos para el campo de golf, lo cual representa un valor total de 149484.34 USD, dicho costo varía con el paso de los meses debido a la necesidad que presente el club. En la figura 5 se observa todas las perchas de la bodega de mantenimiento.



**Figura 5.** Bodega de mantenimiento.

Debido a la gran cantidad de materiales estancados en la bodega de mantenimiento, el espacio físico se ha limitado, por lo que el orden se da en base a los espacios vacíos más no a la clasificación por grupo de material. En la figura 6 se observa repuestos de golf en perchas de otro tipo de materiales, lo que representa el desorden mencionado.



**Figura 6.** Repuestos de máquinas de golf en percha de pinturas.

La mala planificación en la compra de materiales para trabajos de obra civil es el motivo

principal para que el costo del inventario de obsoletos crezca, ya que hay productos que llegan a su caducidad y no han sido utilizados y otros que por exceso de cantidad e inutilidad se los da de baja. De igual manera este costo representa un aumento en el presupuesto del departamento de mantenimiento. En la figura 7 se observa la percha de material obsoleto que tiene un costo de 13963.31 USD.



**Figura 7.** Percha de materiales obsoletos

Otro problema de la mala planificación de compras y la actualización del mercado de repuestos han sido causantes de la discontinuidad de algunos repuestos que sin tener movimiento han sido considerados como obsoletos, representando estos repuestos un costo de 2717.823 USD. La figura 8 muestra la cantidad de filtros, cuchillas y otros repuestos de las máquinas para el campo de golf.



**Figura 8.** Repuestos obsoletos de máquinas de golf.

### 3.2. Descripción de la situación actual

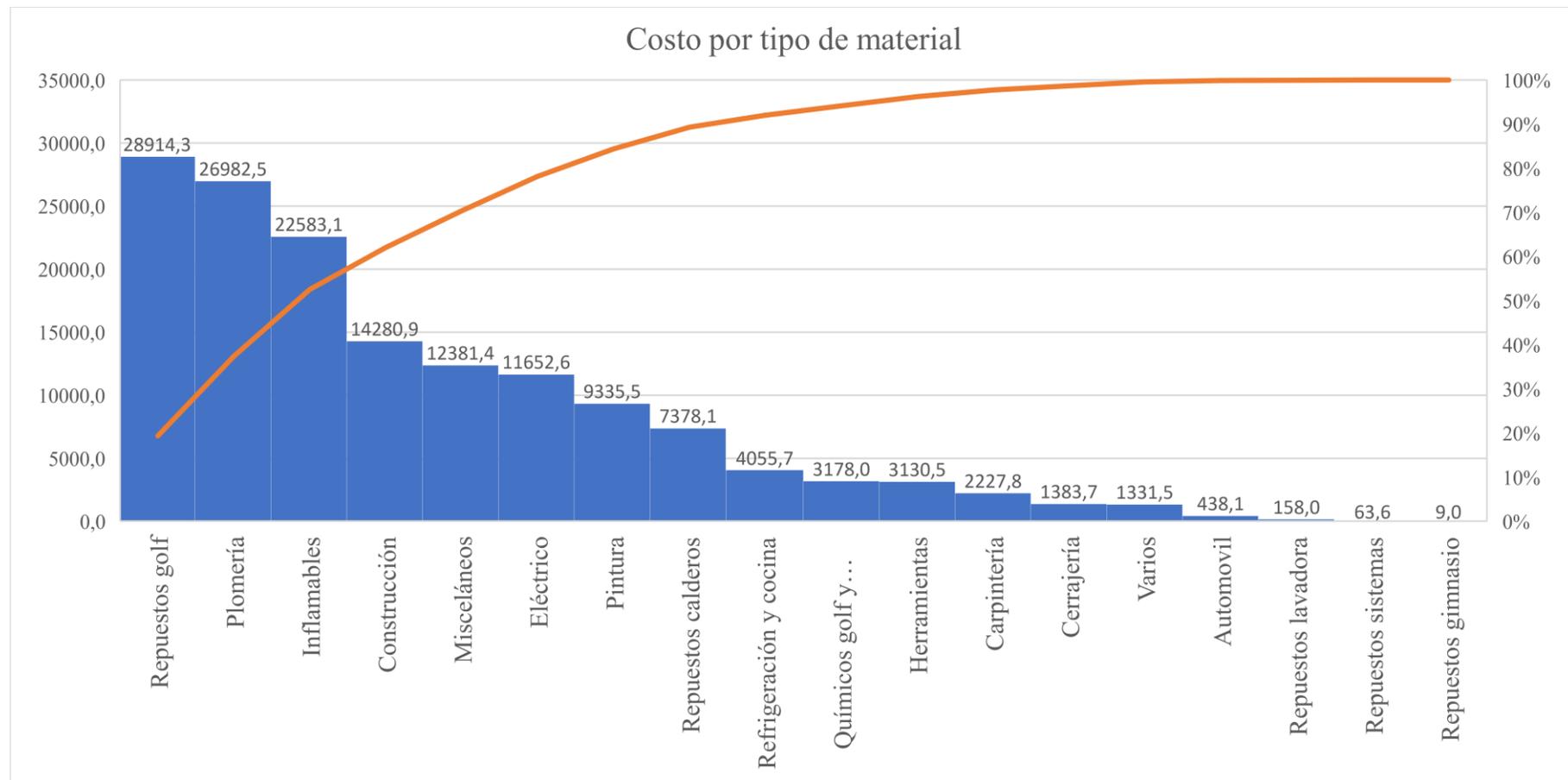
Como se mencionó en la sección anterior la bodega de mantenimiento se encuentra compuesta de varios tipos de materiales los cuales llegan a un valor total de 149484.34 USD en materiales que aún se encuentran dentro de los utilizables. En la tabla 1 se observa con detalle el costo que representa cada tipo de material.

**Tabla 1.** Costo por tipo de material

Tipo de material	Cantidad de artículos	Costo total
Automóvil	2	438.07 USD
Carpintería	40	2227.80 USD
Cerrajería	28	1383.75 USD
Construcción	51	14280.92 USD
Eléctrico	165	11652.58 USD
Herramientas	47	3130.48 USD
Inflamables	15	22583.06 USD
Misceláneos	114	12381.41 USD

Pintura	60	9335.53 USD
Plomería	483	26982.52 USD
Químicos golf y piscina	17	3178.02 USD
Refrigeración y cocina	51	4055.69 USD
Calderos	32	7378.12 USD
Gimnasio	1	9.01 USD
Repuestos golf	180	28914.26 USD
Lavandería	1	158.00 USD
Sistemas	2	63.63 USD
Varios	5	1331.49 USD
<b>Total</b>	-	<b>149484.34 USD</b>

Con los datos mostrados en la tabla 1 se realiza un análisis para identificar qué tipo de material es el que presenta mayor costo presentado en la figura 2.



**Figura 9.** Costo por tipo de material

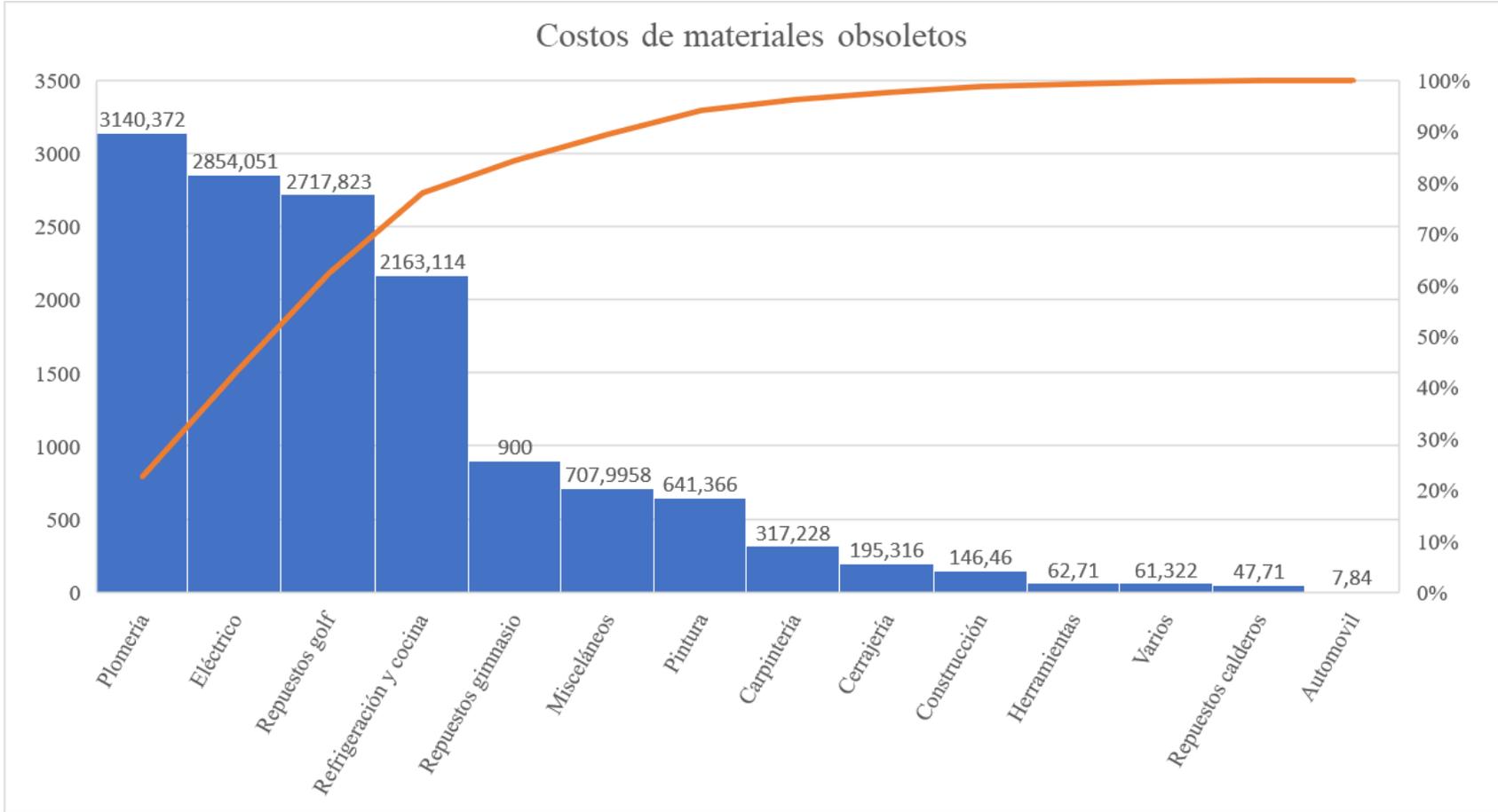
Adicionalmente a los materiales caducados, existen materiales que no han presentado movimiento durante varios años los cuales empiezan a considerarse como obsoletos, ya que pierden funcionalidad y su utilización es nula debido a las actualizaciones del mercado en el cual se trabaja. La tabla 2 presenta un listado con materiales considerados obsoletos, los datos han sido tomados del sistema GP Dynamics, los cuales han sido actualizados hasta el mes de agosto ya que desde ahí no ha considerado a otros materiales como obsoletos.

**Tabla 2.** Materiales obsoletos.

Tipo de material	Cantidad de artículos	Costo total
Automovilístico	1	7.84 USD
Carpintería	5	317.22 USD
Cerrajería	1	195.31 USD
Construcción	3	146.46 USD
Eléctrico	34	2854.05 USD
Herramientas	3	62.71 USD
Misceláneos	16	707.99 USD
Pintura	6	641.36 USD
Plomería	76	3140.37 USD
Refrigeración y cocina	8	2163.11 USD
Repuestos calderos	3	47.71 USD
Repuestos gimnasio	1	900 USD
Repuestos golf	25	2717.82 USD
Varios	3	61.32 USD
<b>Total</b>	-	<b>13963.30 USD</b>

Dentro del club es abundante el trabajo correctivo o preventivo relacionado con la obra civil, por lo que en gerencias anteriores se compraba material en gran cantidad y sin contemplar una vida útil de cada repuesto o la actualización dentro del mercado.

En la figura 10 mostrada a continuación se presenta un diagrama mediante el cual se observa donde se localiza la mayor pérdida de dinero, ya que los materiales o repuestos no se utilizaron en el tiempo de vida útil, debido a eso se los consideró como obsoletos. Como se observa en la figura 10, el material relacionado con la plomería es el que presenta el costo más elevado e igualmente es el que presenta mayor número de repuestos ya que en periodos anteriores presento una mala planificación en la compra.



**Figura 10.** Costo de materiales obsoletos.

### **3.3. Conclusiones del capítulo**

Mediante la recolección de datos y el análisis mediante la utilización del diagrama de Pareto, se detectó que los repuestos relacionados con la maquinaria utilizada para el mantenimiento del campo de golf representan el 19.34 % del costo total del inventario, siendo así el costo más elevado entre todos, el mismo grupo de repuestos en la sección de obsoletos representa el 19.46 % del total.

# CAPÍTULO 4

## PROPUESTA DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA CONTROL DEL STOCK EN INVENTARIO DE REPUESTOS

Una vez obtenidos los resultados del análisis de datos históricos, se procede a realizar las acciones correctivas para mejorar los problemas detectados basadas en la teoría explicada a lo largo del trabajo de investigación. Adicionalmente se aplica la metodología de las 5 S' para mejorar el orden de la bodega de mantenimiento y herramientas Lean Manufacturing para cumplir con cada uno de los objetivos planteado al inicio del trabajo.

### 4.1. Introducción

Como se mencionó en el capítulo anterior, la bodega de mantenimiento presenta ciertas falencias tanto en planificación de compra de materiales, como en orden de los mismos. En la presente sección se llevará a cabo un modelo de gestión, el cual ayude a corregir dichos errores y a mejorar el manejo y gestión de la bodega, buscando así reducir costos de inventario lo cual ayudará a disminuir el presupuesto del área.

Como primer paso se busca aplicar los distintos conceptos de las herramientas 5 S' para mejorar el almacenamiento y la organización del espacio físico de la bodega, esto es posible debido a la identificación de los problemas específicos descritos en el capítulo 2. A cada uno de los problemas identificados en el diagrama de Ishikawa se le asignará una de las 5 S' que más se alinee a su problemática.

Con la aplicación de las herramientas propuestas se busca llegar a un punto de optimización del presupuesto designado para realizar las compras dentro de la bodega de mantenimiento.

### 4.2. Título de la propuesta

Desarrollo de un modelo de gestión para control del stock en inventario de repuestos de maquinaria automotriz utilizando herramientas lean Manufacturing y Just inTime en un club privado de Quito.

### 4.3. Justificación

El desarrollo del modelo de gestión de control del stock del inventario busca mediante los conceptos principales de las 5 S' y Lean Manufacturing, reducir el costo de inventario de la bodega de mantenimiento e identificar el grupo de repuestos en el cual se debe actuar con las herramientas adecuadas para corregir ciertas cantidades al momento de planificar las compras.

Para conseguir el cumplimiento de los objetivos planteados se ponen en práctica conceptos mencionados en los capítulos anteriores, tales como: investigación de campo al momento de identificar la realidad dentro de la bodega de mantenimiento, investigación cuantitativa en la obtención de datos numéricos del sistema, aplicación de las 5 S' al momento de corregir ciertos problemas de orden y planificación relacionados con el espacio físico de la bodega y conceptos de Lean Manufacturing con el fin de eliminar desperdicios y disminuir la cantidad en el inventario estacional.

### 4.4. Objetivos

#### Objetivo general

Proponer un modelo de gestión para control de stock y manejo de inventarios mediante el empleo de herramientas Lean Manufacturing en un club privado en Quito.

#### Objetivos específicos

- Desarrollar un modelo de gestión de inventarios basado en los principios del “Six sigma” para optimizar el proceso de stock de inventarios.
- Reducir los tiempos de reposición de repuestos utilizando mantenimiento predictivo, para mejorar los tiempos de paro de máquinas o servicios que sean dependientes del inventario.
- Analizar la situación de movimientos de materiales dentro de la bodega utilizando datos obtenidos a través del sistema GP, para aplicar un modelo que se ajuste más a la necesidad del club.
- Realizar una validación del inventario actual de la bodega con el fin de optimizar el espacio físico mediante la eliminación de materiales y repuestos obsoletos.

#### 4.5. Estructura de la propuesta

Después de haber realizado un barrido completo sobre las deficiencias y errores dentro de la bodega de mantenimiento, se identificaron dos problemas que no permiten una buena gestión dentro del manejo de la bodega, los cuales son la mala planificación de mantenimientos y de compras, así como también la antigüedad de la maquinaria existente.

Para corregir la mala planificación en la compra de repuestos y en la realización de los mantenimientos es necesario utilizar las herramientas de las 5 S "Seiri", "Seiton" y "Shitsuke", las cuales al ser aplicadas dentro del campo de trabajo brindan los siguientes beneficios:

- Comprar solamente lo calculado para los límites de stock de cada material o repuesto, con el fin de evitar materiales estacionados por un periodo de tiempo prolongado.
- Mediante la adquisición de las cantidades necesarias en materiales y repuestos, se evita el desorden y acumulación de estos dentro de la bodega y a su vez se optimiza el espacio físico necesario para tener una movilidad libre y de igual manera se beneficia la estética de la bodega de mantenimiento.
- Dentro del tema de planificación de mantenimientos, es necesario aplicar cierta disciplina sobre todo en los mantenimientos preventivos ya que de esa manera se evitará el paro de máquina y de la misma manera la afectación a otros componentes de la máquina y por ende se beneficia el presupuesto designado para repuestos.

En cambio, para corregir el problema relacionado con la maquinaria antigua es necesario aplicar las herramientas "Seiketsu" con el fin de evitar los problemas mencionados a continuación:

- Debido a la discontinuidad de algunos repuestos debido a la actualización de maquinarias, se han adaptado otro tipo de repuestos que cumplen similar función para de esta manera evitar accidentes donde estén implicados daños mecánicos de las máquinas.

- Los mantenimientos preventivos en la maquinaria para el mantenimiento del campo de golf ayudan a que las actividades se cumplan sin riesgo de que el operador sufra algún tipo de accidente o de que la maquinaria presente algún daño o falla en el periodo que está siendo utilizada.

Y finalmente la utilización de la herramienta “Seiso” se da mediante la programación de días específicos en los cuales el departamento de vida y salud ocupacional se encarga de realizar la limpieza periódica de toda la bodega, evitando así suciedad y malos olores.

En el tema de materiales y repuestos de lento movimiento, se va a realizar un análisis mediante la utilización del sistema GP y también con la colaboración de las jefaturas de mantenimiento, para definir que materiales se pueden considerar obsoletos y cuáles pueden ser eliminados de la bodega. Debido a la actualización de equipos relacionados con la cocina y refrigeración, existen algunos repuestos de ese tipo que serán dados de baja del inventario de la bodega de mantenimiento.

#### 4.6. Desarrollo de la propuesta

Mediante la aplicación de herramientas estadísticas, Six Sigma y Lean Manufacturing, la gestión de la bodega ha mejorado de manera eficiente tanto en distribución del espacio físico como en reducción de costos de inventario.

Aplicando la teoría de eliminación de desechos de Lean Manufacturing, los materiales dados de baja fueron ubicados en una percha específica según el tipo de material y a la espera de que se gestione el debido tratamiento para la eliminación de cada uno de ellos. En la figura 11 se observa el estado de la percha.



**Figura 11.** Material dado de baja.

A continuación mediante el uso de las 5 S' se corrige el problema del orden ya que, al detectar materiales sin movimiento y que fueron eliminados, estos fueron retirados del lugar que ocupan en las perchas, dejando de esta manera espacios disponibles para colocar otros artículos.

En la figura 12 se puede observar algunos de los materiales que fueron ordenados con su mismo grupo de artículos.



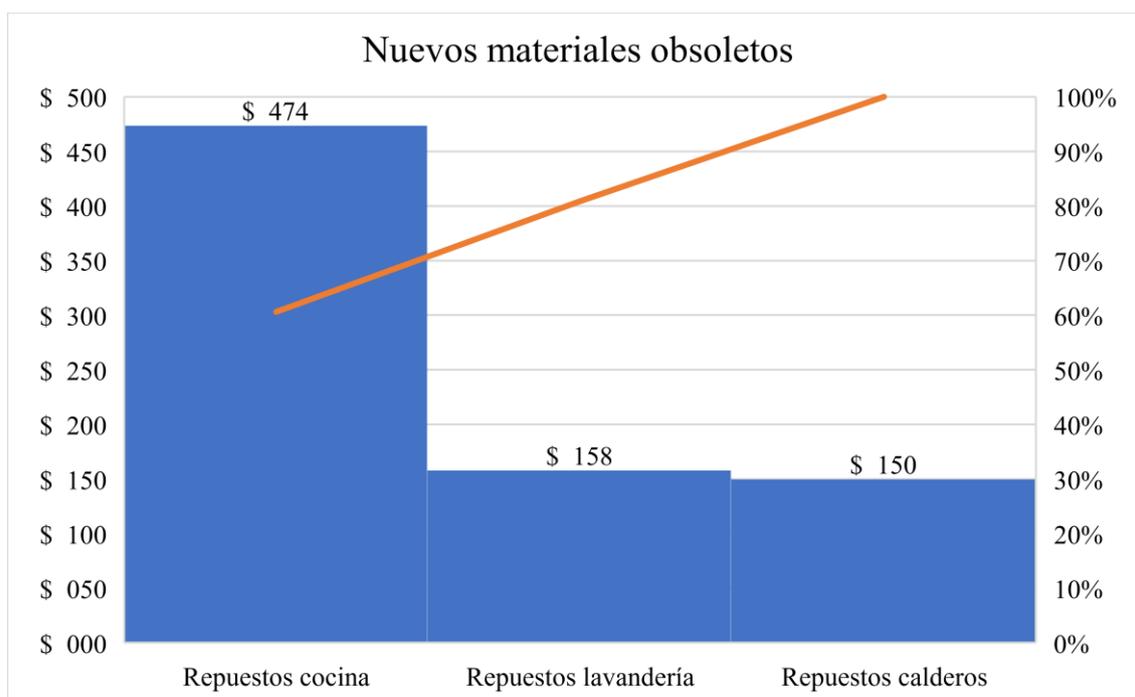
**Figura 12.** Material ordenado/Material en otro grupo de artículos.

Mediante otra de las aplicaciones de la teoría de Lean Manufacturing, se realizó un análisis de materiales que se encuentran dentro del inventario normal de la bodega, pero que no han tenido movimiento durante más de 6 meses. Esos materiales se los muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Materiales considerados obsoletos.

Tipo de material	Descripción del material	Cantidad de artículos	Costo total
Repuestos cocina	Transformador 2E-05-07-0351	1	159.00 USD
Repuestos cocina	Microseguridad	1	5.63 USD
Repuestos cocina	Resistencia de 220 volt	2	267.61 USD
Repuestos cocina	Capacitor 378-454 MFD 115V	1	3.43 USD
Repuestos cocina	Contactador 2P/30A/110v	1	20.70 USD
Repuestos cocina	Relay 1/3 115V	2	10.33USD
Repuestos cocina	Pestillos de cerraduras	1	7.00 USD
Repuestos lavandería	Empaque de Carbon	2	158.00 USD
Repuestos calderos	Cinta de asbesto de 3/8"	10	45.00 USD
Repuestos calderos	Cinta de asbesto de 1/2"	10	29.40 USD
Repuestos calderos	Cinta de asbesto de 3/4"	10	75.40 USD
<b>Total</b>		-	<b>781.49 USD</b>

En la figura 16 se aprecia un análisis resumiendo la tabla 3, mediante una gráfica de Pareto del costo mayor de cada tipo de materiales no obsoletos que serán dados de baja.



**Figura 13.** Nuevos materiales obsoletos.

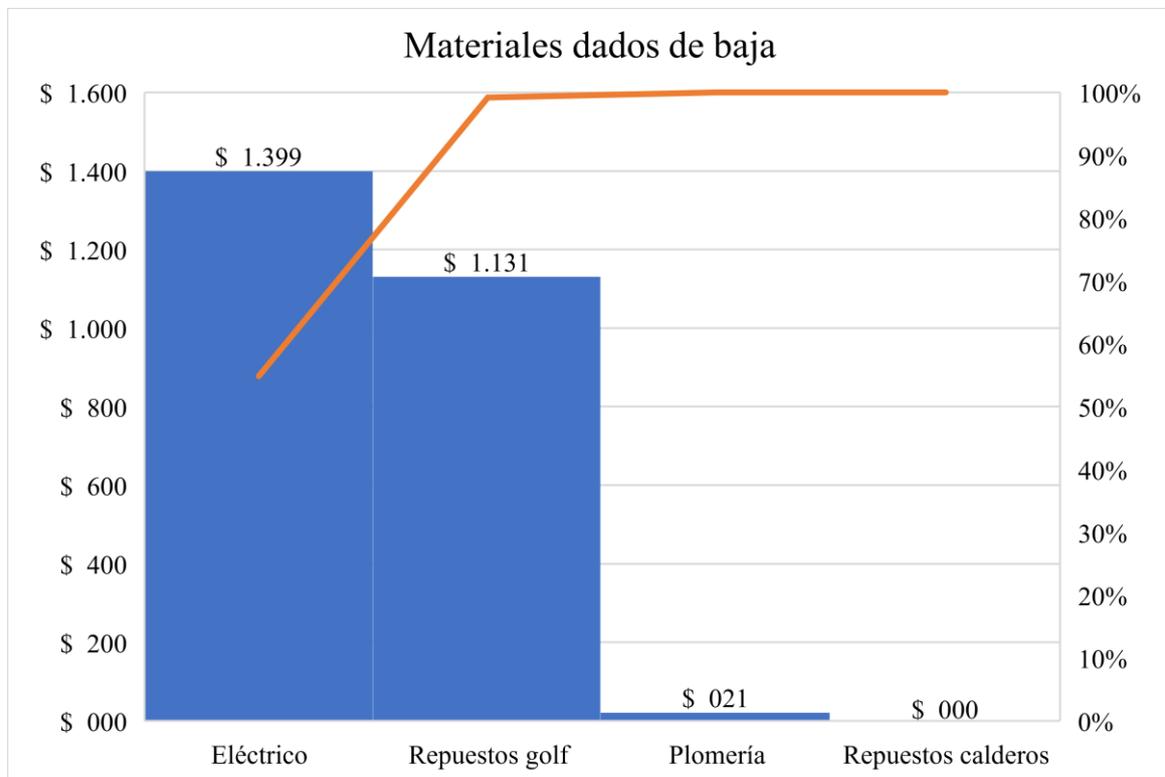
Otro punto importante dentro de la bodega de mantenimiento es la existencia de una percha específicamente para materiales que ya son considerados obsoletos, los cuales utilizan parte del espacio físico. Estos materiales mostrados en la tabla 4, después de un análisis con el departamento de mantenimiento se han considerado inútiles por lo que serán eliminados de la bodega mediante el servicio de proveedores especialistas en temas de desechos.

**Tabla 4.** Materiales obsoletos dados de baja.

Tipo de material	Descripción del material	Cantidad	Costo total
Eléctrico	Adaptador de teléfono doble	15	37.50 USD
Eléctrico	Balastos 11Ov.	2	14.40 USD
Eléctrico	Balastos 12V.	7	55.39 USD
Eléctrico	Balastos 20W.	2	40.33 USD
Eléctrico	Fluorescentes 10 W	32	44.86 USD
Eléctrico	Fluorescentes 17 W	23	27.03 USD
Eléctrico	Fluorescentes 75 W	9	26.55 USD
Eléctrico	Fluorescentes Circulares 22 W	1	1.80 USD
Eléctrico	Fluorescentes Compactos 26W	21	78.44 USD
Eléctrico	Fluorescentes En U 40w	4	25.44 USD
Eléctrico	Focos Mercurio 160 W	4	35.74 USD
Eléctrico	Focos para Linterna	23	25.00 USD
Eléctrico	Halógeno de 60 w	22	79.42 USD
Eléctrico	Halógenos O Diodin 1000 W	16	97.57 USD
Eléctrico	Halógenos O Diodin 150 W	5	17.60 USD
Eléctrico	Halógenos O Diodin 1500 W	2	13.15 USD
Eléctrico	Halógenos O Diodin 500 W	3	9.58 USD
Eléctrico	Switch 300 Amperios de cuchilla	1	3.58 USD
Eléctrico	Kit de lampara 2 *26 (26w)	3	104.81 USD
Eléctrico	Focos Mercurio M 47 1000 W	10	656.86 USD

Eléctrico	Boquillas porcelana foco 1000 w	1	4.34 USD
Plomería	Reducciones S -40 1 1/2 x 3/4"	5	1.35 USD
Plomería	Reducciones S -40 1 1/4 x 3/4"	1	0.27 USD
Plomería	Reducciones S -40 2 1/2 x 1"	3	0.81 USD
Plomería	Reducciones S -40 2 1/2 x 2"	2	0.54 USD
Plomería	Reducciones S -40 2 x 1 1/2"	3	0.81 USD
Plomería	Reducciones S -40 2 x 1"	2	0.54 USD
Plomería	Reducciones S -40 3 x 1 1/2"	2	4.53 USD
Plomería	Reducciones S -40 3 x 2"	2	0.54 USD
Plomería	Reducciones S -40 4 x 2"	1	0.27 USD
Plomería	Reducciones S -40 4 x 3"	3	0.81 USD
Plomería	Codos cédula 40 2 1/2"	6	3.31 USD
Plomería	Tee S 40 2 1/2 x 2 1/2"	6	2.86 USD
Plomería	Tee S 40 3 x 3"	9	4.29 USD
Repuestos golf	Cuchillas Varias	12	215.42 USD
Repuestos golf	Disc Clutch 995902	5	33.13 USD
Repuestos golf	Shaft 47-4510	3	82.28 USD
Repuestos golf	Retainer Hous 474410-01	7	327.08 USD
Repuestos golf	Spring Clutch 3-0478	7	103.95 USD
Repuestos golf	Spring Arm	3	30.06 USD
Repuestos golf	Spring 5-4373	7	95.57 USD
Repuestos golf	Panel Control 82-2180-03	1	18.59 USD
Repuestos golf	Bedknife-service 49-7660	3	144.77 USD
Repuestos golf	Manguera coplex para gas	8	79.72 USD
Repuestos caldero	Horómetros de 220 V	4	0.04 USD
<b>Total</b>		-	<b>2550.94 USD</b>

Con los datos mostrados en la tabla anterior, se realiza un análisis para identificar al tipo de material que representa mayor costo. Se realiza un análisis de forma gráfica el mismo que se lo muestra en la figura 18, de esta manera se identifica en qué áreas poner mayor énfasis en la planificación de las compras.



**Figura 14.** Materiales dados de baja.

Para considerar a un material como obsoleto, según las políticas de la empresa, el tiempo máximo que puede mantenerse sin movimiento es de 1 año, pero al mismo tiempo también hay repuestos que pueden ser excepciones debido a la vida útil. Debido a que el ERP que maneja la empresa no envía alertas sobre artículos sin movimiento durante el tiempo mencionado anteriormente, se creó un programa de base de datos en Excel el cual es alimentado al inicio de cada mes para de esa manera conocer cuáles son los artículos sin movimiento y de esa forma evaluar si será dado de baja o seguirán dentro del inventario.

En el programa realizado se aplicaron 3 condiciones, la primera condición se basa en que, si el artículo no ha tenido movimiento en un lapso menor a 60 días, el semáforo se colocará en color verde, en la figura 17 se apreciado mencionado anteriormente.

MATERIALES Y REPUESTOS SIN SALIDA HASTA		
Material/Repuesto sin movimiento	Descripción artículo	Días sin movimiento
7300036	Codo gv de 1" x 90°	● 59
7300039	Codo gv de 1/2" x 90°	● 59
7300049	Codo hn de 1/2" x 90°	● 59
7300076	Herraje para inodoro universal cod.E102.10-DH-CR	● 59
7300082	Valvula de bola de 1"	● 59
7300090	Valvula de compuerta de 1"	● 59
7300102	Neplo gv de 1" x 10cm	● 59
7300103	Neplo gv de 1" x 5cm	● 59
7300104	Neplo gv de 1/2" corrido	● 59
7300111	Neplo hn de 1" x 10cm	● 59
7300112	Neplo hn de 1/2" x 10cm	● 59
7300113	Neplo hn de 3/4" x 15cm	● 59

Figura 15. Material sin movimiento menor a 60 días.

La siguiente condición colocada indicará un color amarillo los artículos que no han tenido movimiento en un rango de 60 a 180 días, en la figura 18 se observa el resultado de la condición.

MATERIALES Y REPUESTOS SIN SALIDA HASTA		
Material/Repuesto sin movimiento	Descripción artículo	Días sin movimiento
7700010	Espatula	● 179
7700263	Tinte para madera oliva	● 179
7900061	Thiñer (Tambor)	● 179
7900065	Wype	● 179
9220029	Sal Industrial Nº 1	● 179
7300199	Tubo pvc de 4"	● 178
7300219	Union dresser de 4"	● 178
7300375	Codo pvc presion de 4" x 45°	● 178
7300401	Polipega	● 178
7300417	Tubo pvc presion de 4"	● 178
7900065	Wype	● 178

Figura 16. Material sin movimiento entre 60 y 180 días.

La última condición indica que, si un material tiene un tiempo mayor a 180 días sin movimiento, el color del semáforo será de color rojo, en la figura 19 se puede observar lo mencionado.

MATERIALES Y REPUESTOS SIN SALIDA HASTA		
Material/Repuesto sin movimiento	Descripción artículo	Días sin movimiento
8200829	Capacitor de arranque 175mfd 330V	● 260
8200830	Capacitor marcha 45mfd 370V	● 260
8200831	Relay 164 19164	● 260
7100118	Regletas Cortapicos	● 257
7200040	Volqueta arcilla	● 257
7200042	Ladrillos	● 257
7301370	Fluxometro para urinario	● 257
7700045	Pintura spray	● 257
7900831	Pad para lijadora Dewalt	● 257
7800023	Aspiradora Para Piscina	● 256
7800045	Mango telescopico (piscina)	● 256
7900782	Perno carroceria galv.de 1/4"x2 1/2" (tuerca+arandela)	● 255
7900838	Perno carroceria galv.de 1/4"x2" (tuerca+arandela)	● 255
7900863	Perno carroceria galv.de 1/4"x3" (tuerca+arandela)	● 255

**Figura 17.** Material sin movimiento mayor a 180 días.

Posteriormente con la aplicación del programa en Excel, se analiza una reducción de inventario en base a la actualización del mercado y discontinuidad de algunos repuestos de la maquinaria de golf, por lo que se realiza una proyección de repuestos que pasarán a ser obsoletos, con lo que se reduciría el costo del inventario de la bodega de mantenimiento, en la tabla 5 se observan todos los repuestos de maquinaria de golf que pasarán a ser parte del inventario de obsoletos y posteriormente eliminados de la bodega de mantenimiento.

**Tabla 5.** Materiales que pasarán a obsoletos.

Tipo de material	Descripción del material	Cantidad	Costo total
Repuestos golf	Filtro de aire 103-1326	2	61.48 USD
Repuestos golf	Clip de caucho parabrisas	30	170.46 USD
Repuestos golf	Filtros de aire varios	14	301.99 USD
Repuestos golf	Rodamientos	8	111.99 USD
Repuestos golf	Pistón 94-6836	1	58.42 USD
Repuestos golf	Cadena motosierra paso 325 (33d)	3	58.72 USD
Repuestos golf	Belt reel drive 65-6200 (04024)	4	63.65 USD
Repuestos golf	Filtro de aceite LF 4003	3	69.14 USD
Repuestos golf	Filtro alimentador CL-816	3	33.20 USD
Repuestos golf	Filtro de aceite 107-7817	2	22.61 USD
Repuestos golf	Filtro de aceite 540110	5	64.08 USD
Repuestos golf	Insert Hinge 84-8320	12	329.72 USD
Repuestos golf	Empaque campo de golf	18	117.00 USD
Repuestos golf	Banda B63	2	25.00 USD
Repuestos golf	Key switch 99-2319	1	27.72 USD
Repuestos golf	Relay AM123716	3	44.13 USD
Repuestos golf	Push Pull cable AMT1887	1	31.59 USD
Repuestos golf	Puller JDG795	1	88.25 USD
Repuestos golf	Compression Spr ET14592	10	30.49 USD
Repuestos golf	Nut MT6990	1	7.02 USD
Repuestos golf	Spring Washer ET16679	19	28.86 USD
Repuestos golf	Nut Mt6486	6	11.66 USD
Repuestos golf	Compression Spr ET11070	6	33.46 USD
Repuestos golf	VGA 12182 / Brake Pad D9A1	6	400.23 USD
Repuestos golf	AM117777 / Isolator O153	2	73.23 USD

Repuestos golf	AM121758 Tie rod end B6A3	2	179.42 USD
Repuestos golf	Bushing M142426 / B2E2	4	153.03 USD
Repuestos golf	Bushing MT1328 / B6E1	4	184.52 USD
Repuestos golf	Filter Element M149119	2	20.21 USD
Repuestos golf	Electrical Coil MIA 11064	2	138.84 USD
Repuestos golf	V - Belt TCU16026	2	71.34 USD
Repuestos golf	Oil Filter AM131054	3	57.27 USD
Repuestos golf	Spindle TCA13807	1	183.21 USD
Repuestos golf	Ball Bearing M88251	1	8.81 USD
Repuestos golf	Extension Spring TCU20714	1	15.49 USD
Repuestos golf	Bearing Cone JD8935	2	20.05 USD
Repuestos golf	M142219 (carcasa de volante)	1	15.59 USD
Repuestos golf	Rodamiento 6212 RS	6	83.95 USD
Repuestos golf	R-106-8872 (retenedores)	6	81.39 USD
Repuestos golf	R-108-2132 (rodamientos)	6	83.95 USD
Repuestos golf	AMT2690	1	10.40 USD
Repuestos golf	Wes09225 Scraper kit	1	168.87 USD
Repuestos golf	RNRR105-1045-03/ 3/4 Tine holder	6	480.06 USD
Repuestos golf	RNRR105-1032-03 / 3/4	6	207.72 USD
Repuestos golf	RNRR105-1104 SHRT Turf	2	122.71 USD
Repuestos golf	RNRR105-1105 / LNG Turf	1	87.46 USD
Repuestos golf	RNRR105-0989 / Belt	1	64.69 USD
Repuestos golf	RNRR105-0991 / Belt secondary	1	91.73 USD
Repuestos golf	GAR1205001S / Oil filter S71.10	2	23.57 USD
Repuestos golf	GAR240833S Air filter S72.6	2	25.88 USD
Repuestos golf	Rodamiento 21075 (secadora)	2	70.67 USD
Repuestos golf	Filtro hidráulico 1-633750	2	36.89 USD

Repuestos golf	Pasador	2	5.10 USD
Repuestos golf	Tuyau (accesorio bomba solo)	1	16.86 USD
Repuestos golf	Boquilla "Riji"	18	175.50 USD
Repuestos golf	Filtro hidráulico LVU 14258	1	52.67 USD
Repuestos golf	Empuñadura MT4178	1	4.60 USD
Repuestos golf	Kit de control AM105574	1	68.12 USD
Repuestos golf	Filtro de combustible 87329736	1	13.12 USD
Repuestos golf	Banda TCU23131	2	59.83 USD
Repuestos golf	102588601 Shock absorber fronts	1	38.12 USD
Repuestos golf	Bushing urethane short 102956201	4	10.62 USD
Repuestos golf	Cuchilla 138971 (tractor jardines)	2	67.99 USD
Repuestos golf	Kit motor hidráulico TCA 18057	3	276.24 USD
Repuestos golf	Filtro de aceite M131053	5	149.53 USD
Repuestos golf	Filtro Element M123378	1	22.28 USD
Repuestos golf	Llanta TCU30301	2	328.50 USD
Repuestos golf	Filtro de combustible MIU13548	1	4.44 USD
Repuestos golf	Indicador de profundidad #28600	3	112.50 USD
Repuestos golf	Empujador de pelotas rango #85300	1	59.50 USD
Repuestos golf	Casquillo tradicional #26517	18	175.50 USD
Repuestos golf	Regulator/rectifier 41 403 10-s	1	92.16 USD
Repuestos golf	Bearing M156019	2	158.74 USD
Repuestos golf	Kit oring	1	35.00 USD
Repuestos golf	Banda Ax53/B en V	1	11.88 USD
Repuestos golf	Manguera hidráulica 1/4" + acoples v	2	47.85 USD
Repuestos golf	Banda 17540 13A1370	1	11.34 USD
Repuestos golf	Copa plástica para practica (920)	36	396.90 USD
Repuestos golf	Banda B-140	2	39.20 USD

Repuestos golf	Empaque para unión dresser de 3"	6	330.00 USD
Repuestos golf	Empaque para unión dresser de 6"	2	260.00 USD
Repuestos golf	Empaque unión dresser de 4"	8	370.00 USD
Repuestos golf	Empaque unión dresser de 4"	8	440.00 USD
<b>Total</b>		-	<b>8785.91 USD</b>

Conociendo un objetivo de la metodología Six Sigma que propone la mejora de la gestión de un producto o servicio, se procede a gestionar el control de los artículos mediante la aplicación de tarjetas de color, de las cuales las de color rojo indicarán que el repuesto se encuentra sin movimiento. En la figura 13 se observa el modelo de la tarjeta según las necesidades del lugar de trabajo.

El formato de tarjeta utilizado ayudará al control de estacionalidad de los materiales, debido a que, dependiendo de la experiencia del encargado de la bodega, los artículos con menos movimiento tendrán colocados dicha tarjeta en el momento en el que el programa realizado en Excel sea alimentado con información y detecte los días de estacionalidad según la condición establecida.

<b>TARJETA ROJA</b>	
<b>Descripción del artículo:</b>	
<b>Código del artículo:</b>	
<b>Proveedor:</b>	
<b>Fecha de ingreso:</b>	
<b>Fecha de caducidad (si aplica):</b>	
<b>Recibido por:</b>	

Figura 18. Tarjeta roja.

La tarjeta amarilla representa una alerta sobre materiales que se encuentran sin movimiento en un rango de 60 a 180 días, los cuales deben ser tratados de manera que su salida sea rápida antes de llegar a su tiempo de obsolescencia. En la figura 14 se observa el formato.

<b>TARJETA AMARILLA</b>	
<b>Descripción del artículo:</b>	
<b>Código del artículo:</b>	
<b>Proveedor:</b>	
<b>Fecha de ingreso:</b>	
<b>Fecha de caducidad (si aplica):</b>	
<b>Recibido por:</b>	

**Figura 19.** Tarjeta amarilla.

Y finalmente la tarjeta verde se coloca en los materiales perecibles que llegan a la bodega de mantenimiento, este color de tarjeta será implementado en base a la experiencia del encargado de la bodega de mantenimiento. En la figura 15 se observa el formato que ha sido adaptado según las necesidades y aplicaciones del lugar de trabajo.

<b>TARJETA VERDE</b>	
<b>Descripción del artículo:</b>	
<b>Código del artículo:</b>	
<b>Proveedor:</b>	
<b>Fecha de ingreso:</b>	
<b>Fecha de caducidad (si aplica):</b>	
<b>Recibido por:</b>	

**Figura 20.** Tarjeta verde.

#### 4.7. Análisis económico

Se realizarán dos análisis económicos, uno real en base a los materiales y repuestos que serán dados de baja y el otro que consiste en una proyección de repuestos de maquinarias de golf que tomarán el mismo proceso de baja.

Para empezar el primer análisis se muestra la tabla 6, en la cual se muestra el costo total del inventario y el costo de los materiales que serán dados de baja.

**Tabla 6.** Diferencia de inventario.

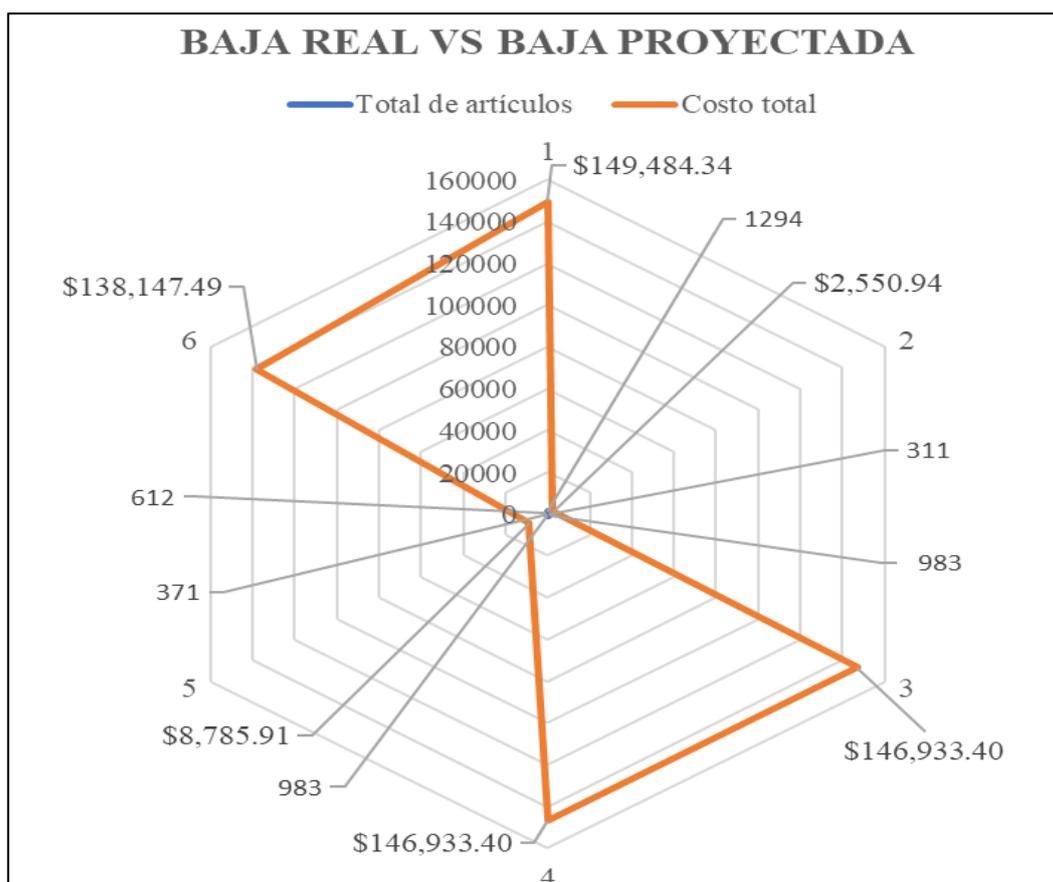
Tipo de inventario	Total de artículos	Costo total
Normal	1294	149484.34 USD
Material dado de baja	311	2550.94 USD
<b>Diferencia total</b>	<b>983</b>	<b>146933.40 USD</b>

Adicional, con datos obtenidos anteriormente se realiza una proyección de la disminución del costo de inventario en base a los repuestos del golf que pasarán a ser obsoletos. En la tabla 7 se observan dichos datos.

**Tabla 7.** Proyección de inventario.

Tipo de inventario	Total de artículos	Costo total
Normal	983	146933.40 USD
Material dado de baja	371	8785.91 USD
<b>Diferencia total</b>	<b>612</b>	<b>138147.49 USD</b>

En la gráfica mostrada en la figura 19 se observa una comparación entre el número de artículos y el costo del inventario existente en la bodega y el inventario de baja proyectado siguiendo los parámetros mencionados anteriormente. Los artículos proyectados para ser dados de baja representan el 37.74 % del total del inventario, lo que representa una reducción en el costo de almacenamiento y en el costo del presupuesto designado para el área.



**Figura 21.** Comparación de inventario real y proyectado.

#### 4.8. Comprobación de la hipótesis

Las herramientas Lean Manufacturing son de gran ayuda dentro de la gestión de una bodega de mantenimiento debido a que contiene metodologías que involucran orden, limpieza, planificación, seguridad y optimización de recursos y espacio.

El trabajo de investigación arrancó desde la identificación de todos los problemas relacionados con la gestión de la bodega, una vez identificados los problemas generales se realizó un análisis específico identificando a los principales inconvenientes que atacan directamente al costo del inventario.

Con los problemas identificados de manera micro, se procedió a recolectar datos tanto de manera física (en campo), como de manera administrativa (sistema GP). Los datos obtenidos de forma física sirvieron para corregir problemas de orden, limpieza y detección de materiales caducados y en mal estado.

Por otra parte, los datos obtenidos a través del sistema GP fueron muy útiles para los análisis de estacionalidad de cada material, el análisis económico acerca de disminución de costo de inventario y proyección relacionada con la baja de materiales y reducción de costos para la optimización del presupuesto destinado para el área de mantenimiento.

Debido a que el programa de gestión de bodegas GP no entrega datos de estacionalidad de los artículos, se procedió a utilizar el software Excel mediante el cual se realizó el análisis económico y las proyecciones correspondientes a la baja del costo de inventario. La programación consiste en alimentar con datos de salidas y entradas de artículos a la bodega de mantenimiento, los datos fueron descargados de GP de forma manual. La programación consiste en que si un artículo está en un rango de 0 a 60 días de estacionalidad se coloca un semáforo en color verde, amarillo para una estacionalidad de 60 a 180 días y rojo para una estacionalidad mayor a 180 días.

De esta manera el programa será alimentado al inicio de cada mes para tratar de identificar materiales obsoletos los cuales aumentan el costo del inventario y además ocupan un espacio innecesario dentro del sitio de almacenamiento.

Con la realización de todo lo mencionado anteriormente se logró optimizar el lugar el trabajo con orden, limpieza y planificación. Adicionalmente se redujo el costo de inventario en un 1.71 % y se proyecta una reducción posterior en 8785.91 USD del costo de inventario.

Después de haber realizado todo el análisis correspondiente, utilizado las herramientas necesarias y aplicados conceptos relacionados con el tema de investigación, la hipótesis planteada al inicio del trabajo queda totalmente comprobada, la que los resultados numéricos muestran la optimización en la gestión de la bodega de mantenimiento.

#### **4.9. Conclusiones del capítulo**

La aplicación de conceptos de lean Manufacturing y 5 S' ayudó a la mejora del orden y de la gestión dentro de la bodega de mantenimiento, dicha mejora se vio reflejada en la reducción del 1.71 % en el costo total del inventario, adicionalmente se desarrolló un archivo que facilita la detección de los materiales sin movimiento para que de esa manera se tomen acciones preventivas.

## CONCLUSIONES

---

Mediante la aplicación del análisis de los datos obtenidos, se determinó de que existen 311 artículos obsoletos sin movimiento los cuales incrementan el costo del inventario actual y representan el 1.71 % del inventario total. Con la eliminación de este grupo de artículos se redujo el costo total del inventario en 2550.94 USD.

Con la información obtenida y los análisis realizados mediante gráficas, se detectó que el grupo de artículos relacionado con maquinaria automotriz que ya no tiene salidas desde la bodega representa en términos monetarios 781.49 USD, lo cual está en espera de aprobación para pasar a un proceso de obsolescencia y posterior eliminación del inventario actual.

Debido a que el sistema de gestión de inventario del club no proporciona alertas automáticas sobre repuestos o materiales que no han tenido movimiento, se realizó un archivo en Excel el cual tiene como objetivo principal detectar el tiempo en que algunos artículos están sin movimiento. En un primer ejercicio con los datos actuales se observó que existen 371 artículos que no han tenido movimiento durante un año lo cual representa un costo de 8785.91 USD que se espera la autorización para eliminarlos del inventario actual.

## RECOMENDACIONES

---

Revisar la planificación de mantenimientos de maquinaria y obras civiles para que en base a ellas se realice una mejora en el uso del inventario, así como también en la compra de artículos.

Realizar reuniones mensuales con las jefaturas de mantenimiento para definir las prioridades de trabajo programado para el mes, de manera que no se generen gastos en artículos que no tendrán movimiento inmediato.

Alimentar de información mensualmente el programa creado en Excel, para identificar el estado de los diferentes artículos, con el propósito de que tengan movimiento antes de ser considerados obsoletos.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] b. Hou, h. K. Chan, and x. Wang, “an account for implementing just-in-time: a case study of the automotive industry in china,” 2013.
- [2] e. Saha and p. K. Ray, “modelling and analysis of inventory management systems in healthcare: a review and reflections,” *comput ind eng*, vol. 137, nov. 2019, doi: 10.1016/j.cie.2019.106051.
- [3] j. De vries, “identifying inventory project management conflicts: results of an empirical study,” *int j prod econ*, vol. 226, aug. 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107620.
- [4] c. L. Lai, w. B. Lee, and w. H. Ip, “a study of system dynamics in just-in-time logistics,” in *journal of materials processing technology*, jul. 2003, pp. 265–269. Doi: 10.1016/s0924-0136(03)00083-9.
- [5] g. Singh and i. S. Ahuja, “just-in-time manufacturing: literature review and directions,” *international journal of business continuity and risk management*, vol. 3, no. 1, p. 57, 2012, doi: 10.1504/ijbcrm.2012.045519.
- [6] g. Singh and i. S. Ahuja, “just-in-time manufacturing: literature review and directions,” *international journal of business continuity and risk management*, vol. 3, no. 1, p. 57, 2012, doi: 10.1504/ijbcrm.2012.045519.
- [7] t. P. K. Nguyen, t. G. Yeung, and b. Castanier, “optimal maintenance and replacement decisions under technological change with consideration of spare parts inventories,” *int j prod econ*, vol. 143, no. 2, pp. 472–477, 2013, doi: 10.1016/j.ijpe.2012.12.003.
- [8] s. Zhu, w. Van jaarsveld, and r. Dekker, “spare parts inventory control based on maintenance planning,” *reliab eng syst saf*, vol. 193, p. 106600, 2020, doi: 10.1016/j.ress.2019.106600.
- [9] f. Wang and l. Lin, “spare parts supply chain network modeling based on a novel scale-free network and replenishment path optimization with q learning,” *comput ind eng*, vol. 157, no. March 2020, p. 107312, 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107312.
- [10] r. J. I. Basten and j. K. Ryan, “the value of maintenance delay flexibility for improved spare parts inventory management,” *eur j oper res*, vol. 278, no. 2, pp. 646–657, 2019, doi: 10.1016/j.ejor.2019.04.023.
- [11] v. Gutiérrez and c. J. Vidal, “modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: revisión de la literatura inventory management models in supply chains: a literature review,” marzo, 2008.
- [12] a. González, “un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva an inventory management model based on competitive strategy,” 2020.
- [13] k. Ojeda, “desarrollo de un modelo de gestión de inventarios enfocado e la cadena de suministro,” apr. 2020.

- [14] a. Palange and p. Dhattrak, “lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing,” in *materials today: proceedings*, elsevier ltd, 2021, pp. 729–736. Doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193.
- [15] e. Saha and p. K. Ray, “modelling and analysis of inventory management systems in healthcare: a review and reflections,” *comput ind eng*, vol. 137, nov. 2019, doi: 10.1016/j.cie.2019.106051.
- [16] j. De vries, “identifying inventory project management conflicts: results of an empirical study,” *int j prod econ*, vol. 226, aug. 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107620.
- [17] c. L. Lai, w. B. Lee, and w. H. Ip, “a study of system dynamics in just-in-time logistics,” in *journal of materials processing technology*, jul. 2003, pp. 265–269. Doi: 10.1016/s0924-0136(03)00083-9.
- [18] l. Tiacci and s. Saetta, “reducing the mean supply delay of spare parts using lateral transshipments policies,” *int j prod econ*, vol. 133, no. 1, pp. 182–191, 2011, doi: 10.1016/j.ijpe.2010.03.020.
- [19] d. Lamghari-idrissi, r. Basten, and g. Van houtum, “international journal of production economics spare parts inventory control under a fixed-term contract with a long-down constraint,” *intern. Journal of production economics*, vol. 219, no. November 2018, pp. 123–137, 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2019.05.023.
- [20] j. Sun, t. Qu, d. Nie, and p. Li, “research on ‘location-inventory’ problem of spare parts supply chain based on product service system,” *procedia cirp*, vol. 83, pp. 819–825, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.05.024.
- [21] s. Van der auweraer, s. Zhu, and r. N. Boute, “the value of installed base information for spare part inventory control,” *int j prod econ*, vol. 239, no. May, p. 108186, 2021, doi: 10.1016/j.ijpe.2021.108186.
- [22] l. R. Rodrigues and t. Yoneyama, “a spare parts inventory control model based on prognostics and health monitoring data under a fill rate constraint,” *comput ind eng*, vol. 148, no. June, p. 106724, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106724.
- [23] t. Yan, y. Lei, b. Wang, t. Han, x. Si, and n. Li, “joint maintenance and spare parts inventory optimization for multi-unit systems considering imperfect maintenance actions,” *reliab eng syst saf*, vol. 202, no. April, p. 106994, 2020, doi: 10.1016/j.ress.2020.106994.
- [24] e. Chołodowicz and p. Orłowski, “development of new hybrid discrete-time perishable inventory model based on weibull distribution with time-varying demand using system dynamics approach,” *comput ind eng*, vol. 154, no. February, 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107151.
- [25] c. Hofer, j. Barker, and c. Eroglu, “interorganizational imitation in supply chain relationships: the case of inventory leanness,” *int j prod econ*, vol. 236, no. October 2020, p. 108134, 2021, doi: 10.1016/j.ijpe.2021.108134.

- [26] a. Boiko, v. Shendryk, and o. Boiko, “information systems for supply chain management: uncertainties, risks and cyber security,” in *procedia computer science*, elsevier b.v., 2019, pp. 65–70. Doi: 10.1016/j.procs.2019.01.108.
- [27] t. Vafaenezhad, r. Tavakkoli-moghaddam, and n. Cheikhrouhou, “multi-objective mathematical modeling for sustainable supply chain management in the paper industry,” *comput ind eng*, vol. 135, pp. 1092–1102, sep. 2019, doi: 10.1016/j.cie.2019.05.027.
- [28] x. Wei, v. Prybutok, and b. Sauser, “review of supply chain management within project management,” *project leadership and society*, vol. 2. Elsevier ltd, dec. 01, 2021. Doi: 10.1016/j.plas.2021.100013.
- [29] a. Soltanmohammadi, d. Andalib ardakani, p. A. Dion, and b. D. Hettiarachchi, “employing total quality practices in sustainable supply chain management,” *sustain prod consum*, vol. 28, pp. 953–968, oct. 2021, doi: 10.1016/j.spc.2021.07.013.
- [30] t. Varzakas, “haccp and iso22000: risk assessment in conjunction with other food safety tools such as fmea, ishikawa diagrams and pareto,” in *encyclopedia of food and health*, elsevier inc., 2015, pp. 295–302. Doi: 10.1016/b978-0-12-384947-2.00320-2.
- [31] f. Robert jacobs and r. B. Chase, *administración de operaciones*. 2019.
- [32] j. Luis, g.-a. Aidé, a. Maldonado-macías, and g. Cortes-robles editors, “lean manufacturing in the developing world methodology, case studies and trends from latin america.”
- [33] d. Bowersox, b. Cooper, and d. Closs, *administración logística en la cadena de suministros*. 2007.
- [34] m. Waller and t. Esper, *administración de inventarios*. 2017.
- [35] h. Sampieri, r. Fernández collado, and c. Baptista lucio, “Metodología de la investigación,” 2004.
- [36] n. U. Binda and f. B. Benavent, “investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación,” 2013.
- [37] x. Li, l. Zhang, r. Zhang, m. Yang, and h. Li, “a semi-quantitative methodology for risk assessment of university chemical laboratory,” *j loss prev process ind*, vol. 72, no. May, p. 104553, 2021, doi: 10.1016/j.jlp.2021.104553.
- [38] h. Zhang, l. Fava, m. Cai, n. Vayenas, and e. Acuña, “a hybrid methodology for investigating dpm concentration distribution in underground mines,” *tunnelling and underground space technology*, vol. 115, sep. 2021, doi: 10.1016/j.tust.2021.104042.
- [39] j. Arias and m. Gallardo, *Diseño y metodología de la investigación*. 2021. [online]. Available: [www.tesisconjosearias.com](http://www.tesisconjosearias.com)
- [40] b. P. Singh, j. Singh, j. Singh, m. Bhayana, and d. Goyal, “experimental investigation of machining nimonic-80a alloy on wire edm using response surface methodology,” *metal powder report*, vol. 76, no. Xx, pp. S9–s17, 2021, doi: 10.1016/j.mprp.2020.12.001.
- [41] c. Bernal, “metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales,” 2010.

- [42] p. M. Sales, “diagrama de pareto,” 2013. [online]. Available: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm>
- [43] b. El-haik and d. M. Roy, “Service design for six sigma a road map for excellence a wiley-interscience publication,” 2005.
- [44] i. Kregel, d. Stemann, j. Koch, and a. Coners, “process mining for six sigma: utilising digital traces,” *comput ind eng*, vol. 153, mar. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2020.107083.