

Universidad del Bío Bío  
Facultad de Ingeniería  
Depto. de Ingeniería Civil Industrial

Profesor Guía: Felipe Muñoz

**“ PROPUESTA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIO DE  
LA EMPRESA SUGAL GROUP APLICADA A RESPUESTOS  
UTILIZADOS POR EL ÁREA DE MANTENIMIENTO ”**

**"IMPROVEMENT PROPOSAL FOR THE INVENTORY MANAGEMENT  
OF THE SUGAL GROUP COMPANY APPLIED TO RESPONSES  
USED BY THE MAINTENANCE AREA"**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para  
obtener el título de Ingeniero Civil Industrial

Concepción, 14 de abril de 2021

Pablo Andrades Cid

## DEDICATORIA

*Dedico este proyecto de título a cada uno de los seres que han aportado en mi desarrollo durante este proceso de formación universitaria.*

*“Éxito... Sin embargo, si el pequeño zorro, casi al completar la travesía, deja su cola caer en el agua, nada será favorable.*

*Las condiciones son difíciles.*

*La tarea es grande y plena de responsabilidad.*

*Consiste en nada menos que conducir el mundo de la confusión de vuelta al orden.*

*Aun así, es una tarea que promete éxito, ya que existe un objetivo capaz de reunir las fuerzas divergentes.*

*Sin embargo, al principio es necesario caminar con toda cautela, como un viejo zorro caminando sobre el hielo”.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres y hermanos por su amor incondicional, su entrega durante mi formación académica y su infinito apoyo para lograr cada objetivo.*

*Mis amigos por su ánimo, contención y consejos durante este proceso.*

*A Marcos Villenas por la oportunidad de elaborar mi proyecto de título en Sugal Group.*

*A Felipe Muñoz por su disposición y voluntad de guiar el desarrollo de este proyecto.*

*A Jah por otorgarme la salud y motivación que me han permitido finalizar este proceso.*

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Uno de los motivos principales que provocan pérdidas de productividad en las organizaciones, además de financieras, es la gestión inapropiada de sus inventarios. El mejoramiento en su gestión representa una ventaja competitiva, ya que aumenta las probabilidades de éxito en el mercado frente a sus competidores, a raíz de los beneficios productivos y operacionales que se obtienen de ello.

La presente memoria de título se desarrolló en Sugál Group, empresa productora de concentrado de tomate, la cual presentó bajos niveles de confiabilidad en el sistema ERP utilizado, por lo que a pesar de aplicar políticas de sobreabastecimiento evidenció quiebres de stock y merma en sus repuestos. En consecuencia, el propósito de esta investigación fue generar propuestas de mejora para el modelo de gestión de repuestos utilizados por el área de mantenimiento de la planta industrial de Talca.

Por esa razón se realizó un diagnóstico exhaustivo de la situación actual, identificando oportunidades de mejora en sus procesos, se clasificaron los repuestos y se analizó su comportamiento histórico de consumo con el objetivo de aplicar modelos de pronósticos y de gestión de inventario que permitan mantener el nivel de servicio requerido para cada repuesto.

Finalmente, se desarrolló un procedimiento estandarizado de gestión de inventario definiendo indicadores que permiten evaluar el control de sus repuestos a través de un prototipo de sistema de gestión de inventario creado en Microsoft Excel.

Palabras Claves: Predicción de la Demanda

Modelos de Inventario

Sistema de Gestión

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico .....	8
3. Metodología.....	27
4. Diagnóstico de la Situación Actual .....	31
5. Resultados y Discusión .....	39
6. Conclusiones y Recomendaciones .....	66
7. Referencias .....	67
8. Anexos .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lead Time Proveedores Nacionales e Internacionales .....	5
Tabla 2. Clasificación de procesos identificados .....	31
Tabla 3. Recursos y actividades referidos a la Etapas de gestión de inventario .....	33
Tabla 4. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa I .....	33
Tabla 5. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa II .....	34
Tabla 6. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa III .....	34
Tabla 7. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa IV .....	35
Tabla 8. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa V.....	35
Tabla 9. Oportunidades de mejora agrupadas según análisis.....	36
Tabla 10. Requerimientos del Procedimiento Propuesto.....	39
Tabla 11. Criticidad Nacional / Internacional de Repuestos .....	42
Tabla 12. Criticidad de repuestos por consumo .....	43
Tabla 13. Clasificación ABC de repuestos mecánicos de mantenimiento .....	45
Tabla 14: Errores por Modelo de Pronóstico “RODAMIENTO 6209 2RS C3” .....	47
Tabla 15. Ejemplo de Características de Clasificación.....	53

Tabla 16. Evaluación del Gasto Total utilizando el Modelo de Gestión Propuesto....	57
Tabla 17: Registros Obtenidos del Ensayo Experimental.....	62
Tabla 18: Productos Concentrado de Tomate.....	69
Tabla 19: Productos Pulpa de Fruta.....	70
Tabla 20: Principales Proveedores.....	70
Tabla 21: Grupos de Repuestos.....	71
Tabla 22: Requerimientos de gestión de repuestos bodega SUGAL planta Talca....	71
Tabla 23:Requerimientos de un sistema de gestión de inventario enfocado en el levantamiento de sus procedimientos ISO 9001:2015 .....	71
Tabla 24: Etapas del Procedimiento.....	79
Tabla 25: Documentos referenciales.....	87
Tabla 26: Evaluación de Escenarios .....	90
Tabla 27: Comparación de Costos Real vs Propuesto.....	90
Tabla 28: Historial de IRT por mes.....	94
Tabla 29: Progreso de IRT por mes .....	94
Tabla 30: Progreso mensual de IRG Grupo RODAMINETOS.....	94

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Organizacional Planta Talca .....	2
Figura 2: Líneas de Negocio SUGAL GROUP .....	2
Figura 3. Fases de Trabajo .....	3
Figura 4: Metodología de Administración de Procesos .....	11
Figura 5: Componentes de la Demanda.....	14
Figura 6: Fases de Trabajo Metodología.....	27
Figura 7: Análisis de Información .....	27
Figura 8: Selección del Proceso.....	28
Figura 9: Rediseño .....	29
Figura 10: Evaluación.....	30
Figura 11. Procedimiento Actual de Gestión de Inventario.....	32
Figura 12. Etapas de Gestión de Inventario .....	32

Figura 13. Grupos de Oportunidades de mejora identificados .....	36
Figura 14. Porcentaje de Participación en la Gestión de Inventarios .....	37
Figura 15. Gasto Anual Rodamientos y Retenes .....	46
Figura 16: Ejemplo Promedio Móvil Simple.....	48
Figura 17: Ejemplo Promedio Móvil Ponderado .....	48
Figura 18: Ejemplo Suavizamiento Exponencial .....	49
Figura 19: Ejemplo Método Holt .....	49
Figura 20. Ejemplo Método Croston .....	50
Figura 21. Ejemplo de Comportamiento de Inventario RETEN 65 X 130 X 12.....	54
Figura 22. Ejemplo de Comportamiento de Inventario RODAMIENTO 6007 2RS 1 .	55
Figura 23: Costo de Inventario Real vs Propuesto .....	58
Figura 24. Menú Principal SAGI .....	60
Figura 25. Materiales SAGI .....	61
Figura 26. Movimientos SAGI.....	61
Figura 27: Resultado Indicador de Rectificación Total Repuestos .....	63
Figura 28: Resultado Indicador de Rectificación por Grupo de Repuesto .....	64
Figura 29: Merma "RODAMIENTO 22217 CC/W33" .....	64
Figura 30: Flujograma Procedimiento Propuesto .....	89

## ÍNDICE DE ECUACIONES

[Ecuación 1].....	9
[Ecuación 2].....	9
[Ecuación 3].....	9
[Ecuación 4].....	10
[Ecuación 5].....	10
[Ecuación 6].....	15
[Ecuación 7].....	16
[Ecuación 8].....	16
[Ecuación 9].....	16
[Ecuación 10].....	17

[Ecuación 11].....	17
[Ecuación 12].....	17
[Ecuación 13].....	18
[Ecuación 14].....	19
[Ecuación 15].....	19
[Ecuación 16].....	20
[Ecuación 17].....	20
[Ecuación 18].....	21
[Ecuación 19].....	22
[Ecuación 20].....	23
[Ecuación 21].....	23
[Ecuación 22].....	24
[Ecuación 23].....	24
[Ecuación 24].....	25
[Ecuación 25].....	53
[Ecuación 26].....	57
[Ecuación 27].....	72
[Ecuación 28].....	73
[Ecuación 29].....	73
[Ecuación 30].....	74
[Ecuación 31].....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Productos Sugal Group.....	69
Anexo B: Líneas de Negocio SUGAL GROUP.....	70
Anexo C: Principales Proveedores Internacionales.....	70
Anexo D: Clasificación de Materiales Propuesta.....	71
Anexo E: Requerimientos de la Propuesta de Procedimiento.....	71
Anexo F: Indicadores de Gestión Propuestos.....	72
Anexo G: Proceso Actual de Gestión de Inventario Detallado.....	75
Anexo H: Procedimiento de Gestión de Inventario Propuesto.....	76
Anexo I: Flujograma Procedimiento Propuesto.....	89
Anexo J: Evaluación del Modelo de Revisión Continua.....	90
Anexo K: Costos de Inventario Actual vs Costos de Inventario Propuestos.....	90
Anexo L: Ensayo Experimental.....	91

## **1. Introducción**

El capítulo siguiente detalla los antecedentes de la empresa, temporadas de trabajo y tipos de mantenimiento que lleva a cabo la organización. Además, se describe la problemática que afecta actualmente a Sugal Group y se exponen los objetivos de trabajo de esta investigación.

### **1.1 Antecedentes de la Empresa**

Sugal Group fue creada en 1957 en Azambuja, Portugal, en donde se construyó su primera instalación, la cual a la fecha es considerada una de las fábricas de excelencia de su sector industrial a nivel mundial. Esta empresa pertenece al mercado de alimentos, específicamente al sector agroalimentario, siendo el mayor productor de pasta o concentrado de tomate del hemisferio sur y uno de los más grandes productores de pulpa de fruta del globo, realizando ventas a todo el mundo. Actualmente posee fábricas en Portugal, España y Chile.

### **1.2 Planta Industrial Talca**

El estudio fue realizado en la planta ubicada en la ciudad de Talca la que fue adquirida por Sugal Group en 2012 a Tresmontes Lucchetti. Esta planta industrial posee una capacidad instalada de procesamiento de 4.000 tons/día de tomate y 1.000 tons/día de fruta. A la fecha, esta fábrica dispone de tres líneas de llenado industrial capaces de abastecer bidones y contenedores desde 220 litros hasta 1.600 litros.<sup>1</sup>

### **1.3 Estructura Organizacional Planta Industrial Talca**

Sugal posee dos plantas industriales en Chile en las ciudades de Tilcoco y Talca. Es posible observar la estructura organizacional de la planta de Talca y las áreas involucradas en este estudio en la Figura 1.

Se menciona que existen procesos interrelacionados entre ambas, los cuales son explicados en el Anexo G de este documento.

---

<sup>1</sup> Sugal Group, más información en <https://sugal-group.com/es/>

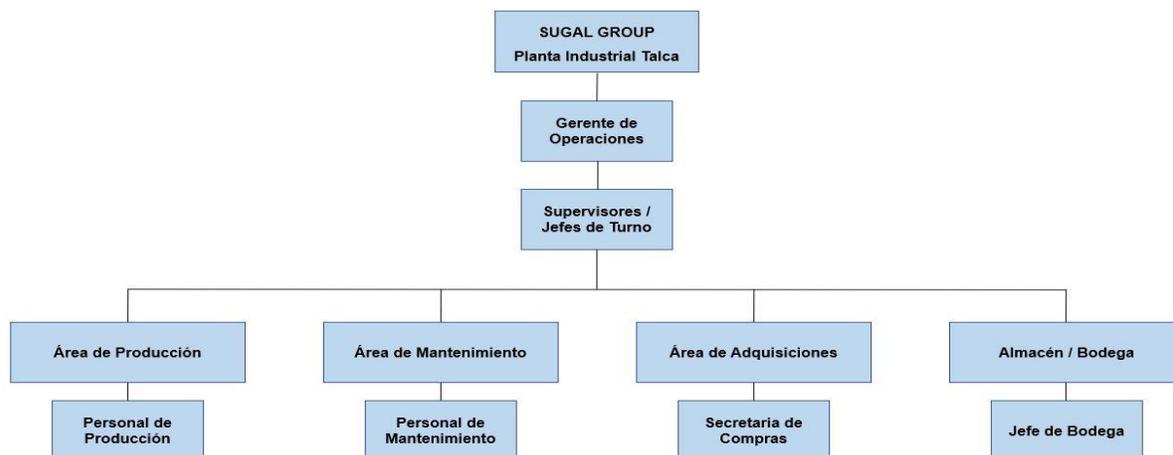


Figura 1. Estructura Organizacional Planta Talca

### 1.4 Productos Comercializados

Los productos comercializados por esta empresa nacen a partir de tomate y frutas frescas, los que son procesados para luego obtener concentrado de tomate y pulpa de fruta. La información sobre estos productos se encuentra detallada en el Anexo A.

La empresa posee tres líneas de negocio para ambos productos como se observa en la Figura 2.



Figura 2: Líneas de Negocio SUGAL GROUP

La información específica de cada una de ellas se encuentra en el Anexo B de este documento.

## 1.5 Temporadas de Trabajo

Existen dos grandes fases de trabajo en el año; Fase de Preparación y Fase De Producción (ver Figura 3).



Figura 3. Fases de Trabajo

### 1.5.1 Fase de Preparación

Comienza los meses de mayo de cada año y es cuando el proceso de siembra de tomate empieza otra vez. La industria se prepara para afrontar la próxima temporada de producción, por lo que gestiona de la mejor manera posible sus recursos en cada una de las actividades de preparación. Aquí es donde el área de mantenimiento juega un rol importante en cuanto a los equipos, por consiguiente, también sus repuestos. La fase de mantención es realizada durante los meses de mayo a octubre y la fase de pruebas de funcionamiento hasta alcanzar la temporada de cosecha.

### 1.5.2 Fase de Producción

La fase de producción comienza los meses de febrero de cada año. Llegada esta fecha se espera que los equipos estén a punto, a nivel mecánico y eléctrico, para ser capaces de funcionar de manera estable durante los próximos tres meses de forma continua. Durante este periodo los equipos presentan averías de menor o mayor importancia, dependiendo del caso, por lo que es imperativo contar con stock suficiente de repuestos para ser capaces de satisfacer las necesidades del área de mantenimiento.

## 1.6 Tipos de Mantenimientos

Sugal Group durante las fases de trabajo realiza diferentes tipos de mantenimiento. El Área de Planificación es la encargada de calendarizar cada una de ellas mediante un

Plan de Mantenimiento enfocado en la fase de preparación<sup>2</sup>. A continuación, se mencionan los tipos de mantención llevadas a cabo:

### **1.6.1 Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento industrial consiste en corregir los errores del equipo conforme vayan apareciendo por el uso y el desgaste. Pueden ser planificados, cuando ese desgaste se ha previsto y en el plan de mantenimiento industrial ya se tiene en cuenta. O no planificados, cuando el defecto ocurre en un momento inesperado o antes de lo previsto.

### **1.6.2 Mantenimiento Preventivo**

Consiste en una intervención sistemática del equipo, aunque este aún no haya dado señales de desgaste o error. Se tienen en cuenta las vulnerabilidades de la maquinaria y los materiales y se planea el mantenimiento en el momento oportuno para no llegar a necesitar una reparación seria. Requiere un buen plan de mantenimiento industrial.

### **1.6.3 Mantenimiento en Uso**

Este es uno de los tipos de mantenimiento industrial de más baja intervención. Normalmente lo suelen hacer los usuarios del equipo o personal de baja cualificación. Consiste en simples tareas de prevención, como una limpieza adecuada o una observación sobre defectos visibles.

## **1.7 Proveedores**

Los materiales necesarios para las fases de preparación y producción de Sugal Group son adquiridos en el mercado nacional e internacional y los factores que determinan su elección dependen, principalmente, de la premura o urgencia en la obtención del material, su calidad y el costo unitario del material.

La empresa cuenta con más de 60 colaboradores a nivel nacional, 35 de ellos ubicados en la Región del Maule. A nivel internacional comercializa principalmente con 7 proveedores los cuales se muestran en el Anexo C. Actualmente la planta no tiene

---

<sup>2</sup> (Sugal Group, 2020) Comunicación Propia

registros en cuanto a contratos marco, por lo que para este estudio no se considerarán descuentos en función de la cantidad de pedido.

### 1.8 Tiempo de entrega o Lead time

Las áreas involucradas en el proceso de abastecimiento consideran el tiempo de entrega como un factor importante a la hora de escoger al proveedor de repuestos.

Los tiempos de entrega varían en función del origen del proveedor y la forma de transporte. La Tabla 1 expone esta información, identificando el lead time mínimo y máximo registrado en el sistema ERP, en este caso la empresa utiliza SAP. Se debe adicionar el tiempo de gestión de los pedidos a la hora de aplicar modelos de gestión de inventario.

Tabla 1. Lead Time Proveedores Nacionales e Internacionales

Proveedor	Medio de Transporte	Ubicación	Lead Time Mínimo (días)	Lead Time Máximo (días)	Lead Time Promedio (días)
<b>Nacional</b>	Terrestre	Región Metropolitana	1	7	<b>4</b>
		Región del Maule	1	3	<b>2</b>
<b>Internacional</b>	Marítimo	Europa	26	60	<b>43</b>
		Asia	30	90	<b>60</b>
		Norteamérica	21	55	<b>38</b>
	Terrestre	Sudamérica	18	40	<b>29</b>

Fuente: Elaboración propia basada en Sugal Group, (2020).

### 1.9 Descripción del Problema y Justificación

Una de las causas que provocan pérdidas de productividad, además de financieras, es la mala gestión y administración de inventarios de repuestos de mantenimiento de Sugal Group. La empresa no posee un sistema de gestión de repuestos óptimo, por lo que, el proceso de abastecimiento y control de sus stocks se basa sólo en la utilización del criterio humano y no en estudios, procedimientos, ni metodologías, que optimicen los recursos empleados en ello.

El problema principal de Sugal Group es que no posee un proceso definido de gestión, por lo cual existe descontrol en cuanto a sus materiales y sus procesos. Sumado a ello, el sistema ERP SAP presenta una baja confiabilidad debido a la inexistencia de controles efectivos en sus materiales, lo cual ha generado la aparición constante de

quiebres de stock y mermas. En consecuencia, la organización ha establecido políticas de inventario de sobre abastecimiento, lo que ha elevado los costos de inventario sin evidenciar mejoras significativas en su desempeño.

Actualmente la empresa no posee un procedimiento de gestión estandarizado que permita mejorar el control de sus repuestos, ni tampoco indicadores de desempeño que permitan evaluar la gestión realizada. El método actual de gestión no permite una determinación eficiente de qué repuestos deben solicitar, cuándo deben realizar el pedido y cuál es la cantidad óptima que debe ser adquirida considerando el comportamiento de consumo real del repuesto.

Proponer mejoras que favorezcan la optimización de sus procedimientos y el control de sus materiales fue el foco del estudio realizado.

### **1.10 Objetivos**

Los objetivos planteados para este proyecto son:

#### **Objetivo General**

Diseñar una propuesta de mejora para el modelo de gestión de inventario de repuestos utilizados por el área de mantenimiento de la empresa Sugal Group con el fin de generar un mayor control sobre sus existencias, evitando quiebres de stock, sobre stocks y mermas.

#### **Objetivos Específicos**

- Clasificar repuestos de mantenimiento en función de sus características relevantes, comportamiento y criticidad.
- Desarrollar una propuesta de mejora al procedimiento de gestión de stock que se adapte al funcionamiento y capacidades disponibles de la empresa.
- Definir indicadores de gestión que permitan evaluar el desempeño del sistema de gestión de inventario propuesto.
- Crear un prototipo funcional escalable del sistema de gestión de inventario y sus requerimientos utilizando Microsoft Excel.

### **1.11 Alcance Del Estudio**

El área de mantenimiento ostenta un amplio número de repuestos registrados en SAP, sin embargo, la gran mayoría no registra movimientos en los últimos cuatro años, por lo que para este estudio la clasificación fue realizada a todos los repuestos, sin embargo, la aplicación de modelos de pronósticos y modelos de gestión de inventario sólo consideró aquellos repuestos con consumo en el periodo analizado.

El horizonte temporal considerado fue de 2017 a 2020 en su totalidad por lo que la información que se manejó fue la ingresada en el sistema ERP SAP y las bases de datos informales administradas por el jefe de bodega, personal de mantenimiento o supervisores durante este periodo.

Los procesos considerados en esta investigación fueron los involucrados en la gestión de inventario: la necesidad de un repuesto, verificación de stock, consumo o utilización, compra y recepción del repuesto.

Como parte del desarrollo de este trabajo no se consideró la implementación del sistema de gestión de inventario propuesto en la organización.

## **2. Marco Teórico**

A continuación, se detallarán conceptos relacionados al manejo de inventarios, priorización de materiales, tipos de mantenimientos, modelos de gestión de inventarios, entre otros parámetros importantes que permitieron realizar esta investigación.

### **2.1 Clasificación Pareto**

El diagrama Pareto también conocido como regla 80/20 es una herramienta utilizada para priorizar los problemas, o bien, las causas que los generan. Según esta regla el 20% de las causas resuelve el 80% de los problemas. Es por ello por lo que es posible aplicar esta lógica en variadas situaciones, como es el caso de los sistemas de inventario (Faune Pinto, 2016).

### **2.2 Clasificación ABC de Inventarios**

La estrategia ABC, nace a partir del principio de Pareto, y es un método de clasificación utilizado en la gestión de inventario, que permite identificar los artículos que tienen un impacto importante según el valor global (Heizer & Render, 2008). Las distribuciones correspondientes se distribuyen así:

- Existencias clase A: Son aquellos que poseen un volumen monetario anual alto. Representan aproximadamente al 15% del total de los artículos, sin embargo, poseen el 70 u 80 por ciento del consumo monetario total.
- Existencias clase B: Son los que tienen un volumen monetario anual medio. Generalmente, representan al 30 por ciento del volumen de artículos de inventario y entre el 15 y 25 por ciento del valor monetario total.
- Existencias clase C: Por último, estas existencias representan un volumen monetario anual bajo, representando un 5 por ciento del volumen monetario, pero alrededor del 55 por ciento del total de los artículos en inventario.

### **2.3 Gestión de Inventarios**

Se define la gestión de inventarios como el conjunto de actividades logísticas necesarias para lograr una eficiente administración de los inventarios, que permitan a la empresa contar con las existencias necesarias y en cantidades suficientes para sus

operaciones, minimizando la posibilidad de incurrir en excesos o rupturas de inventario (Vidal, 2010). Existen cuatro tipos de inventario, el analizado en este estudio es el inventario de mantenimiento, reparación y operación, específicamente, repuestos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de todo el proceso productivo.

### 2.3.1 Rotación de Inventario

Es un elemento de control ya que indica el número de veces que el inventario posee movimiento durante un periodo determinado. El número de rotaciones dirá cuál es la relación entre el ciclo de comprar y el ciclo de utilización un material. Vidal (2010) afirma: "Este elemento permite identificar cuál es el inventario activo y el estancado de la bodega o almacén permitiendo evaluar el comportamiento de los inventarios" (p.27).

Para calcular la rotación de los inventarios se utiliza esta ecuación:

$$\frac{\text{Costo de los Materiales}}{\text{Inventario Promedio}} = \text{Rotación de los Inventarios}$$

[Ecuación 1]

Luego de obtener la rotación de los inventarios es posible calcular el número de días que tarda en reponerse:

$$\frac{365 \text{ días}}{\text{Rotación de los Inventarios}} = \text{Días que tarda el inventario en reponerse, en promedio}$$

[Ecuación 2]

### 2.3.2 Nivel de Servicio

El nivel de servicio se mide como la probabilidad de satisfacer la demanda a partir del stock actual para un período dado, o bien el porcentaje de la demanda que se satisface. Este es un parámetro entre 0 y 1, y que, por ejemplo, si se desea lograr un nivel de servicio del 90%, se interpreta que cada 100 veces que se pide un producto, sólo se satisface 90 veces. La fórmula viene dada por:

$$\text{Nivel de Servicio} = 1 - \frac{\text{Unidades Agotadas}}{\text{Demanda Total}}$$

[Ecuación 3]

### 2.3.3 Valor de Inventario

El valor de inventario de un artículo es definido en función de la cantidad de artículos en existencias disponibles de un material y su costo unitario promedio anual (Vidal, 2010). La fórmula que permite determinar el valor de inventario de cada material viene dada por:

$$\text{Valor de Inventario}_i = E_i * C_i$$

[Ecuación 4]

Donde,

$E_i$  = corresponde a la cantidad de artículos en existencia disponibles  $i$  (unidades)

$C_i$  = corresponde al costo unitario promedio anual del artículo  $i$  (unidades monetarias/unidad)

$\text{Valor de Inventario}_i$  = corresponde al valor de inventario asignado al artículo  $i$

### 2.3.4 Valor de Utilización

El valor de utilización de un artículo viene dado por la importancia que posee el material a raíz de su consumo. Es por ello por lo que su fórmula viene dada por el costo promedio anual del artículo y su consumo promedio anual o esperado. Su cálculo es el siguiente:

$$\text{Valor de Utilización}_i = D_i * C_i$$

[Ecuación 5]

Donde,

$D_i$  = corresponde al consumo promedio anual del artículo  $i$  (unidades/año)

$C_i$  = corresponde al costo unitario promedio anual del artículo  $i$  (unidades monetarias/unidad)

$\text{Valor de Utilización}_i$  = corresponde al valor de utilización asignado al artículo  $i$

## 2.4 Metodología de Administración de Procesos

Esta metodología se basa en una secuencia de etapas que permiten adecuar los procesos a los objetivos internos de la empresa. En la Figura 4 se detalla información sobre cuáles son las etapas para el desarrollo de esta metodología (Cleary, 2019).

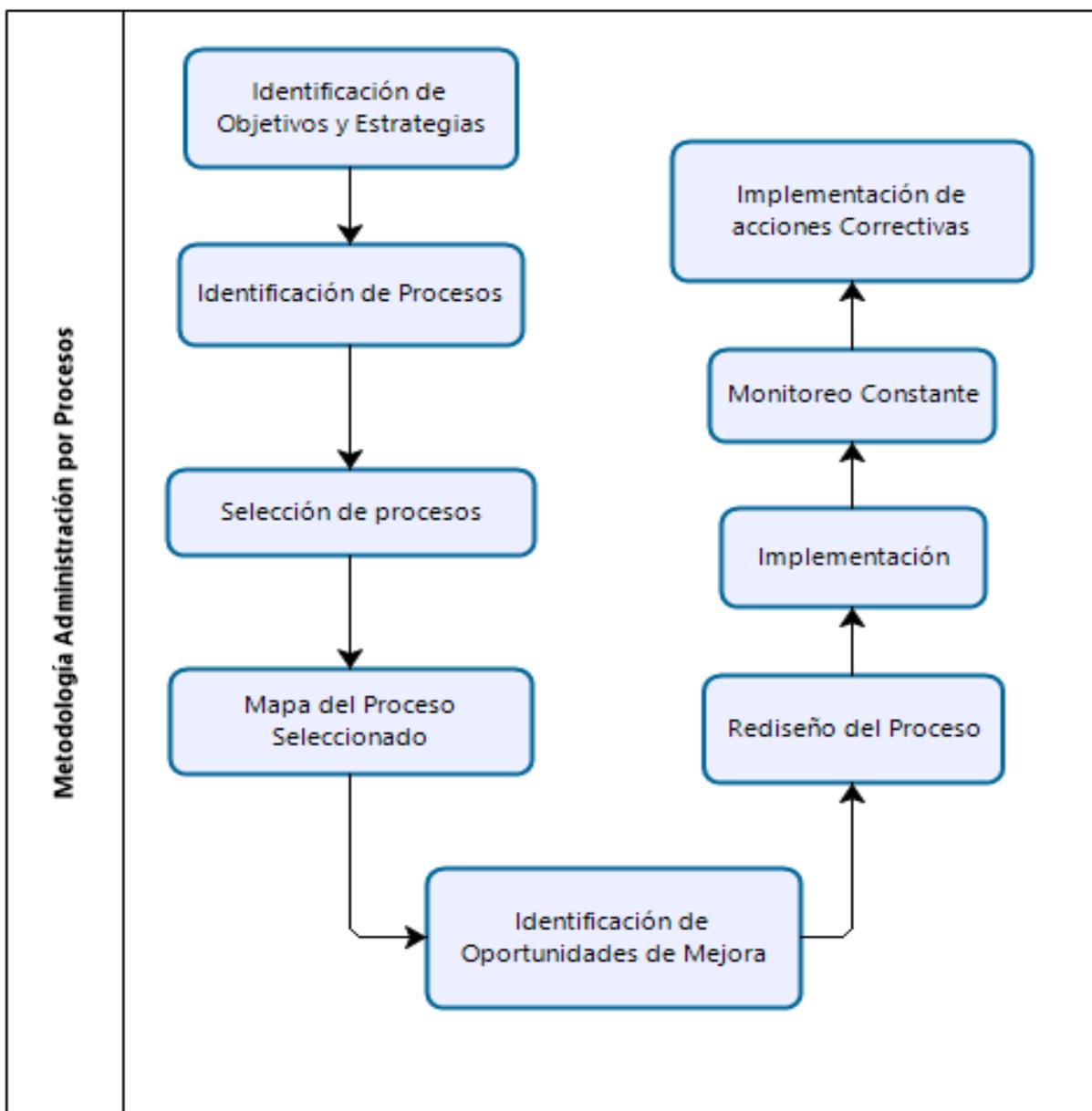


Figura 4: Metodología de Administración de Procesos

### 1) Identificación de Objetivos y Estrategias

La identificación de objetivos y estrategias organizacionales direccionan la estructura de los procesos, estos deben estar comprometidos con el foco de la organización.

### 2) Identificación de Procesos

Se identifican aquellos procesos de desarrollo o transformación, señalando en primer lugar los involucrados y luego la secuencia llevada a cabo por la empresa. Posterior a ello, se clasifican los procesos como: procesos estratégicos, operativos o de apoyo.

### 3) Selección del Proceso

Una vez que los procesos son identificados, se seleccionan aquellos procesos que es prioritario mejorar en base a los objetivos definidos.

### 4) Mapa del Proceso Seleccionado

En esta etapa se identifican las entradas y salidas de los procesos seleccionados, los recursos utilizados y las actividades ejecutadas. Mediante la técnica del flujograma, se realiza la representación gráfica del proceso global, con el objetivo de encontrar las oportunidades de mejora de forma más eficiente. Dentro de la realización del mapa del proceso seleccionado, también es posible identificar los indicadores utilizados para medir ciertos aspectos del proceso.

### 5) Identificación de Oportunidades de Mejora

La comprensión del proceso actual contribuye a la identificación de los aspectos a mejorar, donde la gran mayoría de las oportunidades de mejora, son identificadas por las personas que desarrollan el proceso y por consecuencia del análisis de los flujogramas desarrollados.

### 6) Rediseño del Proceso

En esta etapa, se representa la situación futura del proceso, considerando las mejoras identificadas. Dentro del rediseño del proceso, se abordan aspectos como la eliminación de actividades innecesarias o que no agregan valor. Además, se deben

considerar todos los recursos involucrados en la implementación del nuevo proceso, incluso modificaciones en la estructura organizacional de ser necesario.

#### 7) Implementación

Se implementa todo el planeamiento y modificaciones de la etapa anterior, apoyado por manuales, instructivos y documentación de apoyo en general.

#### 8) Monitoreo Constante

El nuevo proceso implementado requiere monitoreo continuo, mediante la evaluación de su desempeño con respecto a los objetivos definidos. De esta forma, se busca identificar oportunidades de mejora y realizar acciones correctivas al nuevo proceso.

#### 9) Implementación de Acciones Correctivas

Consiste en la implementación de las acciones correctivas identificadas, de acuerdo con el objetivo definido, producto del monitoreo constante del proceso.

### **2.5 Modelos de Pronóstico de Demanda**

Los modelos de pronóstico son herramientas con las cuales es posible predecir un comportamiento, en mayor o menor medida, dependiendo de la información con la que se cuenta y su confiabilidad. Su propósito es disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones de la empresa, con lo cual permiten anticiparse a los movimientos de la demanda, realizar una mejor planificación de los recursos y gestionar de mejor manera los productos. Es por ello por lo que toman gran relevancia en la gestión de inventario (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

Para pronosticar la demanda de un producto es necesario considerar varios factores. Por lo general la demanda de un bien se puede dividir en 6 componentes:

- Demanda promedio para el periodo: La fluctuación de los datos en torno a una media constante.
- Tendencia: El incremento o decremento sistemático de la media de la serie a través del tiempo.

- Estacionalidad: Un patrón repetible de incrementos o decrementos del comportamiento de la demanda, dependiendo de una temporalidad.
- Ciclos: Una pauta de incrementos o decrementos graduales y menos previsibles de la demanda, que se presentan en el curso de periodos de tiempo más largos.
- Variación Aleatoria: Una serie de variaciones imprevisibles de la demanda, que difícilmente se puede medir.
- Autocorrelación: Indica la persistencia de la ocurrencia. Más específicamente, el valor esperado en un momento dado tiene una correlación muy alta con sus propios valores anteriores.

La Figura 5 muestra una demanda durante un periodo de 4 años, en la cual es posible apreciar cada una de las características mencionadas.

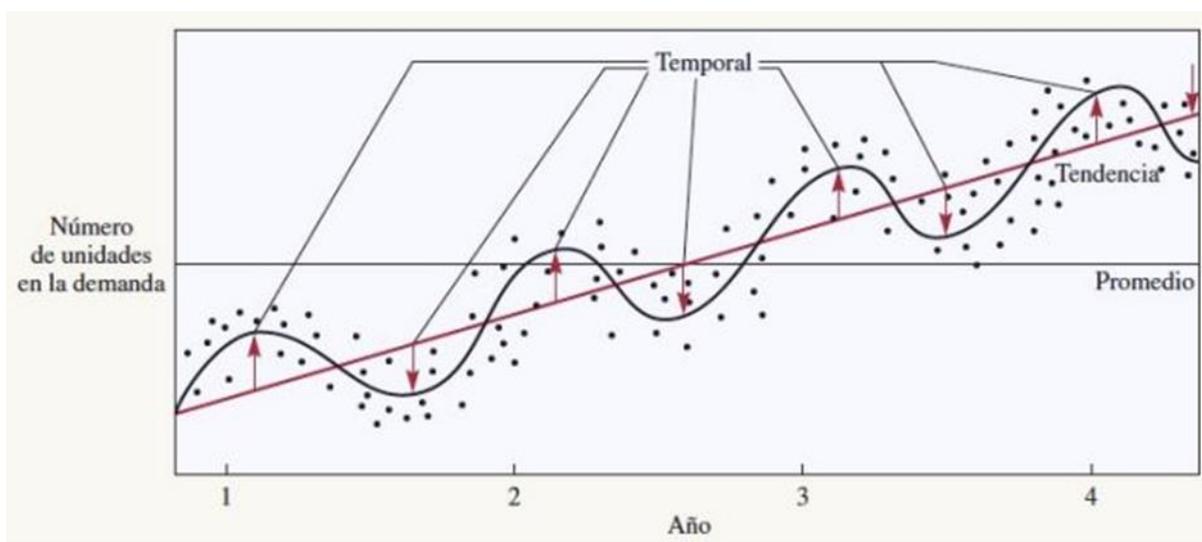


Figura 5: Componentes de la Demanda

Los métodos de pronóstico se clasifican en cualitativo, relaciones causales, simulación y análisis de series de tiempo. Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones; el pronóstico causal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente; los modelos de simulación permiten manipular supuestos sobre la condición del pronóstico; y el análisis de series de series de tiempo, se basa en el historial de información respecto de los eventos a través del tiempo, por lo cual es posible proyectar su comportamiento futuro.

Dado que se cuenta con información histórica sobre la demanda de repuestos de mantenimiento se decidió utilizar el modelo de series de tiempo. Se descartó la utilización de modelos cualitativos, así como también los de relaciones causales y simulación, al no disponer de datos sobre otras variables que influyan en la demanda. Además, ya que el 85% de los materiales utilizados presentan un comportamiento errático, es decir, de demanda intermitente, se decide adicionar la utilización del Modelo de Croston. En este método se pronostica la probabilidad de que ocurra o no una demanda en el período siguiente, de acuerdo con las observaciones anteriores; equivalentemente, esto corresponde a estimar el número de períodos entre ocurrencias de demanda mayores que cero. Seguidamente, se pronostica el posible tamaño de la demanda, de acuerdo con las observaciones anteriores sin tener en cuenta las demandas iguales a cero (Vidal, 2010).

### 2.5.1 Método Promedio móvil simple

Es el más simple de los pronósticos por series de tiempo. Supone que la serie de tiempo contiene sólo las componentes de nivel y error o residuo.

Para utilizar este modelo se selecciona un número  $N$  de periodos pasados para realizar los cálculos. Luego se determina la demanda promedio  $A_t$  para dichos  $N$  periodos en el momento  $t$  como se observa a continuación

$$F_t = A_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N}}{N}$$

[Ecuación 6]

Donde,

$F_t$  = pronóstico demanda en  $t$

$A_t$  = demanda promedio en  $t$

$D_i$  = demanda en el periodo  $i$

$N$  = cantidad de periodos

### 2.5.2 Método de Promedio móvil ponderado

Se deriva el método de promedio móvil simple, con la diferencia de que asigna una ponderación a las demandas pasadas, siempre y cuando la suma de todas sea igual a uno. Su forma de cálculo es la siguiente:

$$F_t = A_t = w_{t-1}D_{t-1} + w_{t-2}D_{t-2} + \dots + w_{t-N}D_{t-N}$$

[Ecuación 7]

Con

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1$$

[Ecuación 8]

Donde,

$F_t$  = pronóstico demanda en  $t$

$A_t$  = demanda promedio en  $t$

$w_i$  = ponderación de la demanda en el periodo  $i$

$D_i$  = demanda en el periodo  $i$

$N$  = cantidad de periodos

### 2.6 Método de Suavización Exponencial

Es el método más utilizado de los pronósticos de series de tiempo debido a su precisión y facilidad de formulación. Se basa en la premisa de que el pasado reciente posee un mayor grado de influencia en la demanda futura, en comparación con los datos más alejados temporalmente. Es por ello por lo que la suavización exponencial consiste en una media aritmética ponderada que les otorga mayor peso a los datos recientes (cada incremento en el pasado se reduce  $(1 - \alpha)$ ). Su manera de cálculo es la siguiente:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} = F_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - F_{t-1})$$

[Ecuación 9]

Donde,

$F_t$  = pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo  $t$

$F_{t-1}$  = pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo  $t - 1$

$\alpha$  = constante de suavización

$D_{t-1}$  = demanda real para el periodo  $t - 1$

### 2.6.1 Método de Suavización exponencial ajustado a la tendencia

También conocido como modelo de Holt, incorpora la componente de tendencia en su ecuación. Además de la constante de suavización  $\alpha$  utilizada para atenuar los datos pasados de la serie de tiempo, el modelo utiliza una constante de suavización  $\beta$  para atenuar la tendencia pasada respecto a la más actual, reduciendo el error entre el valor real y el valor pronosticado.

La manera de cálculo de este modelo es la siguiente:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

[Ecuación 10]

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

[Ecuación 11]

$$F_{t+1} = A_t + T_t$$

[Ecuación 12]

Donde,

$A_t$  = promedio suavizado de los datos obtenidos para el periodo  $t$

$T_t$  = promedio suavizado de las tendencias obtenidas para el periodo  $t$

$\alpha$  = constante de suavización, correspondiente al modelo

$\beta$  = constante de suavización, correspondiente a la tendencia del modelo

$D_t$  = demanda en el periodo  $t$

$A_{t-1}$  = promedio suavizado del modelo, correspondiente al periodo anterior ( $t - 1$ )

$T_{t-1}$  = promedio suavizado de la tendencia, correspondiente al periodo anterior ( $t - 1$ )

$F_{t+1}$  = correspondiente al pronóstico del  $t + 1$  que se desea calcular

Para la suavización exponencial con ajuste de tendencia, las estimaciones, tanto para la media como para la tendencia, están alisadas. Este procedimiento requiere dos constantes de alisado, para la media, y para la tendencia. Es por ello por lo que al igual que el modelo anterior, los valores  $\alpha$  y  $\beta$  varían entre cero y uno, siendo los valores cercanos a uno, más reactivos frente a los valores cercanos al periodo que se desea calcular, y valores cercanos a cero, modelos menos reactivos que le entregan mayor importancia a los valores antiguos que son trabajados (Heizer & Render, 2008).

### 2.6.2 Método de Croston

El método de Croston posee características parecidas al suavizamiento exponencial con la diferencia de que este realiza el pronóstico de demanda para aquellas existencias que presentan demanda errática, es decir, intermitente. El modelo se enfoca en establecer una demanda deseada para aquellas existencias que durante numerosos periodos no poseen demanda y para las cuales no existe una planificación eficiente de pedidos. Este método se caracteriza por realizar previsiones al periodo siguiente al actual, es por ello por lo que si existen demandas en todos los periodos se asemejaría mucho a la suavización exponencial. Vidal (2010) afirma: “ $\alpha$  es una constante de suavización (Croston sugiere que  $0,1 \leq \alpha \leq 0,2$ , aunque en la práctica no hay inconveniente en probar con otros intervalos como  $0,01 \leq \alpha \leq 0,30$  e, incluso, con  $0 \leq \alpha \leq 1$ )” (p.135).

Finalmente, su forma de cálculo dependerá de si en el periodo en estudio existió consumo. Si existió las variables de Croston se actualizarán, y ni no hubo consumo as variables se mantendrán, como se muestra a continuación:

Si el Consumo ( $X_t$ ) > 0

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1}$$

[Ecuación 13]

$$\hat{z}_t = \alpha z_t + (1 - \alpha)\hat{z}_{t-1}$$

[Ecuación 14]

Por otro lado, si el consumo ( $X_t$ ) < 0

$$\hat{n}_t = \hat{n}_{t-1}$$

$$\hat{z}_t = \hat{z}_{t-1}$$

Donde,

$X_t$  = consumo perteneciente al periodo  $t$

$$Y_t = \begin{cases} 1, & \text{si ocurre demanda mayor a 0} \\ 0, & \text{e. o. c} \end{cases}$$

$z_t = X_t * Y_t$  = tamaño de demanda que ocurre en el periodo  $t$

$n_t$  = número de periodos transcurridos desde la última demanda mayor que 0, hasta el periodo  $t$

$\hat{n}_t$  = valor estimado de  $n$  hasta el final del periodo  $t$

$\hat{z}_t$  = valor estimado de  $z$  hasta el final del periodo  $t$

### 2.6.3 Error de Pronóstico

Ante la realización de pronósticos de demanda es lógico cometer un porcentaje de error en la predicción, debido a la incertidumbre que genera la existencia de factores que intervienen el comportamiento de la demanda esperada. Este error también es conocido como residual y se define como la diferencia entre el valor de la demanda real y el valor del pronóstico realizado. Su cálculo es el siguiente:

$$Er_t = D_t - F_t$$

[Ecuación 15]

Donde,

$Er_t$  = error del pronóstico en el periodo  $t$

$D_t$  = demanda observada en el periodo  $t$

$F_t$  = pronóstico para el periodo  $t$

Los errores se clasifican en sesgados y aleatorios. Los primeros tienen relación con cometer errores relevantes y su origen evidencia el hecho de no incluir las variables correctas, usar relaciones equivocadas entre variables o un uso incorrecto de la tendencia y/o estacionalidad. Los segundos simplemente no pueden ser explicados por el modelo de pronóstico y no poseen un patrón ni una explicación de ocurrencia (Heizer & Render, 2008). Existen diferentes formas de medir el grado de error de un pronóstico. A continuación, se exponen las más utilizadas:

### 2.6.3.1 Error Absoluto Porcentual de la Media (MAPE)

Se define como el promedio de los errores porcentuales absolutos de un pronóstico:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{Er_t}{D_t} \right|}{n}$$

[Ecuación 16]

Donde,

$\frac{Er_t}{D_t}$  = valor absoluto del error porcentual del pronóstico en el periodo  $t$

$n$  = número de periodos pronosticados

### 2.6.3.2 Desviación Absoluta Media (MAD)

Consiste en el promedio de los errores absolutos de un pronóstico y se define mediante la siguiente fórmula:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |Er_t|}{n}$$

[Ecuación 17]

Donde,

$Er_t$  = valor absoluto del error del pronóstico en el periodo  $t$

$n$  = número del periodo pronosticado

### 2.6.3.3 Error Cuadrático Medio (MSE)

Se define como el segundo momento del error e incorpora tanto la varianza como el sesgo del pronóstico:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Er_t)^2}{n}$$

[Ecuación 18]

Donde,

$(Er_t)^2$  = error del pronóstico en el periodo  $t$

$n$  = número de periodos pronosticados

## 2.7 Costos de Inventarios

### 2.7.1 Costo De Adquisición

Es el costo/precio por unidad de compra de los artículos, el cual se expresa como el valor unitario multiplicado por la cantidad solicitada de compra.

### 2.7.2 Costo De Pedido

Corresponde a los costos administrativos y de oficina por preparar la solicitud de pedido, así como también, la orden de compra, documentos que incluyen todos los detalles relevantes para adquirir los artículos demandados.

### 2.7.3 Costo De Mantener

Estos son los costos que involucran el almacenamiento y mantenimiento de los artículos durante un periodo de tiempo. Aquí se incluyen los costos de las instalaciones necesarias para almacenar artículos, el manejo, los seguros, desperdicios y daños, costos por obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de oportunidad del capital.

### 2.7.4 Costos De Faltantes

Estos costos surgen cuando las existencias de un artículo se han agotado y el pedido debe esperar hasta que las existencias se vuelvan a surtir, o bien, es necesario cancelarlo. Dada su naturaleza intangible su medición es compleja.

### 2.7.5 Merma de Productos

Se refiere a los costos relacionados a los extravíos, hurto o fraude de artículos de la bodega en su administración, almacenamiento, ocupación, traslado u otros.

### 2.8 Tiempo de Reposición o Lead Time

El lead time ( $L$ ) corresponde al tiempo que transcurre desde que se envía la orden de compra a los proveedores, hasta el momento en que los productos solicitados están preparados para ser requeridos por personal de la organización. Se calcula de esta manera:

$$L = \text{Tiempo Deseado} - \text{Tiempo Ingreso Orden}$$

[Ecuación 19]

### 2.9 Modelos de Gestión de Inventario

Un sistema de gestión de inventario asiste el mantenimiento y control de los bienes en existencia, además de dar estructura y organización a los materiales. Su utilización favorece la creación de políticas que apoyen su gestión. Las variables que intervienen en los modelos de inventario permiten determinar el momento idóneo para realizar un pedido y la cantidad óptima del material a ordenar. (Heizer & Render, 2008)

En la actualidad se utilizan tres sistemas clásicos de control de inventario los cuales son descritos a continuación.

#### 2.9.1 Modelo Determinístico o Modelo de Cantidad Fija (EOQ)

Más conocido como Modelo EOQ (economic order quantity) corresponde al método elemental para el manejo de inventarios. El modelo se encarga de encontrar la cantidad óptima de pedido para minimizar los costos. El modelo está basado en una serie de supuestos relevantes (Stair, Render, & Hanna, 2012):

- Asume demanda constante y conocida
- Asume un tiempo de entrega o Lead Time constante y conocido
- No permite quiebres de stock
- Asume costos de pedido o preparación constantes
- El costo por mantener el inventario se basa en el inventario promedio

El modelo busca minimizar la siguiente ecuación de costos:

$$C_I = D * C + D * \frac{S}{Q} + \frac{Q}{2} * H$$

[Ecuación 20]

Donde,

$C_I$ : costo anual total de inventario

$D$ : demanda anual del material

$C$ : costo unitario del material

$S$ : costo anual de preparación del pedido (Fijo)

$Q$ : tamaño del pedido

$H = i * C$  = costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario (con  $i$  un porcentaje del costo del material)

Se observa que  $D * C$  representa el costo de la compra del material,  $D * \frac{S}{Q}$  el costo de preparación del pedido y  $\frac{Q}{2} * H$  el costo de mantenimiento total (con  $\frac{Q}{2}$  el inventario promedio).

Una vez se tienen los costos totales lo siguiente es encontrar la cantidad óptima a pedir, para ello, se deriva en función de  $Q$  la ecuación x con objetivo de minimizar los costos totales de inventario:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * S * D}{i * C}}$$

[Ecuación 21]

Donde  $Q^*$  se conoce como  $Q$  de Wilson. Este representa el tamaño óptimo de pedido que minimiza los costos de inventario.

Como la demanda y el tiempo de entrega son constantes el punto de reorden  $R$  es el punto en el que se vuelve a hacer un pedido y su fórmula es

$$R = \bar{d} * L = \frac{\sum_{t=1}^n D_t}{n} * L$$

[Ecuación 22]

Donde,

$\bar{d}$  : Demanda diaria promedio

$n$  : Número de días.

### 2.9.2 Modelos Estocásticos

Estos modelos eliminan el supuesto de demanda constante, por lo que le asigna una probabilidad de ocurrencia, lo cual posibilita la existencia de quiebres de stock. Los modelos propuestos son los siguientes:

#### 2.9.2.1 Modelo de Revisión Continua

Este sistema se basa en la revisión continua de sus inventarios a raíz de la aleatoriedad de la demanda, por lo que se establece el punto de reorden estipulado como  $R$  el cual se define como aquel en el que se vuelve a hacer un pedido.

Una vez que el inventario cae por debajo de un punto de reorden  $R$ , se coloca un pedido por una cantidad fija de material  $Q$ . Se esta manera, el sistema de revisión continua también es conocido como sistema  $(Q, R)$ . Este sistema posee una variante, la cual, considera el mismo parámetro  $R$  como punto de reorden, con la diferencia de que en vez de pedir una cantidad  $Q$  se solicita una cantidad  $S$  definida como el inventario máximo posible a solicitar del artículo (Stair, Render, & Hanna, 2012).

La cantidad  $Q$  a pedir se determina de forma análoga a la utilizada en el sistema EOQ, mientras que  $R$  considera la distribución de probabilidad de la demanda.

La determinación de  $R$  es la siguiente:

$$R = \bar{d} * L + SS = \bar{d} * L + z\sigma_L$$

[Ecuación 23]

Donde,

$R$  : punto de reorden del material

$\bar{d}$  : demanda diaria promedio

$L$  : tiempo de entrega o lead time

$SS$  : inventario de seguridad

$z$  : factor de seguridad

$\sigma_L$ : desviación estándar promedio de la demanda durante el tiempo de entrega  $L$

### 2.9.2.2 Modelo de Revisión Periódica

Este modelo considera nuevamente demanda aleatoria, por lo que se permiten quiebres de stock. Es conocido como sistema  $P$  ya que la contabilización del inventario sólo se realiza en el periodo estipulado a intervalos de tiempo  $P$  fijos. Como el periodo de pedido  $T$  es fijo, las cantidades de pedido varían y también lo hace el inventario de seguridad, alcanzando un nivel mayor que en el modelo anterior (Stair, Render, & Hanna, 2012).

El modelo  $P$  anuncia que después de cada revisión se ordena una cantidad igual al inventario objetivo  $q$  menos la cantidad de inventario en bodega. Este sistema no posee punto de reorden ( $R$ ), sino que tiene un inventario objetivo, que se debe nivelar en cada periodo. Este puede ser determinado como sigue:

$$q = \bar{d} * T + SS_T - I = \bar{d} * (P + L) + z\sigma_{P+L} - I$$

[Ecuación 24]

Donde,

$\bar{d}$  : demanda diaria promedio

$T$  : número de días entre revisiones ( $P + L$ )

$SS_T$  : inventario de seguridad durante  $T$

$z$  : factor de seguridad

$\sigma_{P+L}$ : desviación estándar de la demanda durante  $T$

$I$  : nivel actual de inventario del material

## **2.10 Indicadores de Gestión**

Un indicador es una medida de la condición de un proceso o evento en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación de un proceso, de un negocio, de la salud de un enfermo o de las ventas de una compañía. Obteniendo así, retroalimentación del proceso, permitiendo predecir y actuar, frente a escenarios positivos o negativos en su desempeño global, de forma oportuna (Rincón, 2012). Sin medidas de control y captación de la información relevante de los procedimientos llevados a cabo es imposible realizar mejoras ya que se desconoce el cumplimiento de los requisitos establecidos o esperados. Es por ello por lo que se hace necesario una herramienta que permita cuantificar el comportamiento y desempeño de un proceso, a raíz de esa necesidad existen los indicadores de gestión.

### 3. Metodología

Con el propósito de dar solución a las problemáticas identificadas se estableció utilizar como metodología la Administración de Procesos mencionada en el capítulo 2.4. Se decidió dividir su aplicación en cuatro fases de tal manera de adaptar la metodología a los requerimientos de esta investigación (ver Figura 6).

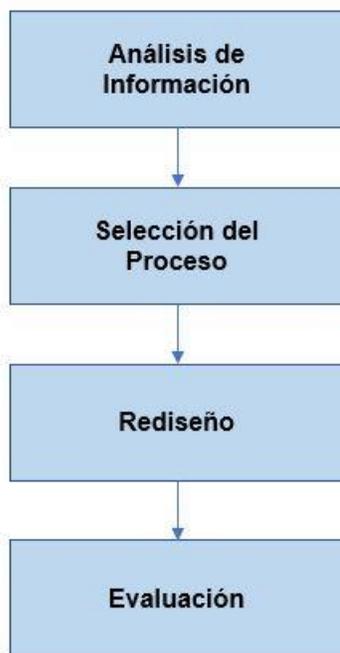


Figura 6: Fases de Trabajo Metodología

#### 3.1 Análisis de Información

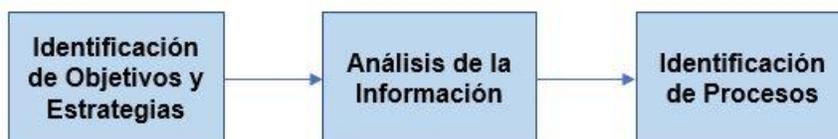


Figura 7: Análisis de Información

**Identificación de Objetivos y Estrategias:** mediante coordinación con Marcos Villenas, Gerente de Operaciones de Sugal planta Talca, se definieron los objetivos y estrategias para la realización de propuestas de mejora al procedimiento actual de

bodega, además de desarrollar un sistema de gestión de inventario de acuerdo con los lineamientos de la empresa y su capacidad disponible.

**Análisis de la Información:** se analizó la literatura concerniente a la utilización de repuestos, procedimientos de mantenimiento, métodos de pronósticos y modelos de gestión de inventarios.

**Identificación de Procesos:** se identificaron las áreas involucradas en el proceso de gestión de inventario y sus procedimientos en conjunto con supervisores, siendo clasificados como: procesos estratégicos, procesos operativos y procesos de apoyo.

### 3.2 Selección del Proceso



Figura 8: Selección del Proceso

**Selección del Proceso:** luego de la identificación de los procesos relacionados a la de gestión de sus inventarios se seleccionó el proceso prioritario a mejorar según los objetivos definidos.

**Mapa del Proceso:** se representó gráficamente el proceso seleccionado mediante flujograma, identificando las entradas y salidas de cada etapa, recursos utilizados y actividades realizadas.

**Oportunidades de Mejora:** se analizó el mapa de proceso en el contexto de los objetivos planteados, complementando dicho análisis con entrevistas al personal involucrado en cada etapa, identificando múltiples oportunidades de mejora en cada una de ellas.

### 3.3 Rediseño



Figura 9: Rediseño

**Alcance de Trabajo:** a partir de los objetivos y las oportunidades de mejora identificadas se establecieron prioridades y se delimitó el alcance de trabajo. Se destaca el hecho de que la implementación no fue considerada en esta investigación, siendo responsabilidad absoluta de la organización.

**Clasificación:** en primera instancia se realizó una agrupación de repuestos por tipo y funcionalidad, definiendo 45 clases. Luego, se determinó la criticidad del repuesto en función de su costo, valor de inventario, valor de utilización y aprovisionamiento. Finalmente, la clasificación ABC fue evaluada y ratificada por personal de mantenimiento.

**Procedimiento Propuesto:** se analizaron las oportunidades de mejora con el propósito de generar un procedimiento estándar desarrollado bajo los lineamientos de la norma ISO 9001:2015 (Gens Abujas, 2013) que fuese capaz de satisfacer los requerimientos manifestados por los involucrados en el proceso de gestión de inventario (ver Anexo H).

**Indicadores de Gestión:** como parte del diseño del sistema de gestión de inventario se propuso una serie de indicadores mediante los cuales se pretende generar un historial de desempeño que permita evaluar el proceso de gestión y otorgue herramientas con las cuales se logre aumentar el control de los repuestos en existencia (Anexo F). Cabe destacar que estas métricas funcionan en conjunto con el prototipo funcional propuesto, a raíz de los bajos niveles de confianza demostrados del sistema SAP como se verá más adelante.

**Prototipo Funcional:** se desarrolló un prototipo funcional de herramienta digital utilizando el software Microsoft Excel. El sistema fue programado mediante Visual

Basic. Con fines prácticos se denominó Sistema Alternativo de Gestión de Inventario (SAGI). Este prototipo funcional tiene la particularidad de apoyar el procedimiento propuesto por medio del ingreso de información sobre el consumo, quiebres de stock y sus motivos, modelo de gestión de inventario y sus variables, entre otros. Se destaca el hecho de la integración de los indicadores de gestión propuestos al sistema SAGI.

### 3.4 Evaluación



Figura 10: Evaluación

**Selección de Repuestos:** se seleccionaron sólo repuestos con consumo, ya que es necesario poseer información histórica reciente sobre su demanda para poder efectuar predicciones sobre su comportamiento y aplicar los modelos de gestión de inventario.

**Aplicación y elección de métodos de pronósticos:** mediante Microsoft Excel fueron aplicados los métodos de pronóstico con el objetivo de identificar y seleccionar el que mejor se ajustara al comportamiento de la demanda en función del mínimo error cometido (ver capítulo 5.5).

**Elección del Modelo de Inventario:** la elección del modelo de gestión de inventario (ver capítulo 5.7) fue realizada en función de la capacidad de adaptación de la organización al modelo y el posible impacto económico generado en su elección.

**Evaluación del Modelo:** la evaluación del modelo de gestión de inventario propuesto fue realizada utilizando los supuestos obtenidos desde la literatura, comparando el costo total de inventario actual versus el costo total de inventario propuesto durante el periodo analizado.

**Ensayo Experimental:** finalmente se realizó un ensayo experimental con el propósito de probar el modelo de gestión propuesto, los indicadores de gestión desarrollados y la funcionalidad del SAGI.

## 4. Diagnóstico de la Situación Actual

### 4.1 Identificación de Objetivos y Estrategias

El objetivo fue diseñar un sistema de gestión de inventario que garantizara un nivel óptimo de servicio en cuanto a la disponibilidad de repuestos de mantenimiento, con el propósito de evitar quiebres de stock, sobre stock y merma de repuestos. Desde el punto de vista estratégico, se buscó que este sistema fuera escalable a los demás repuestos utilizados por mantenimiento.

### 4.2 Identificación de Procesos

Según las actividades relacionadas al inventario de la empresa se identificaron tres tipos de procesos: Procesos Estratégicos, Procesos Operativos y Procesos de Apoyo, los cuales intervienen en la gestión de inventario de los repuestos (ver Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de procesos identificados

Clasificación	Proceso	Descripción
Procesos Estratégicos	Planificación	Proceso en el cual se establece un cronograma de actividades de mantenimiento durante la fase de preparación.
	Contabilidad	Administración de los presupuestos destinados a cada área de trabajo de la empresa
Procesos Operativos	Gestión de Compras y gestión de stock	Se monitorea el stock de insumos de la empresa para realizar nuevas compras, como repuestos, máquinas, entre otras.
	Mantenimiento	Se realiza mantenimiento preventivo durante la fase de preparación y correctivo durante la fase de producción.
	Facturación	Proceso en el cual se emiten las facturas comerciales asociadas a cada material adquirido.
	Producción	Producción de Concentrado de tomates y Concentrado de frutas.
Procesos de Apoyo	Gestión empresarial	Proceso de evaluación constante de los resultados de la empresa en búsqueda de nuevas estrategias o mejoras.
	Financiero	Administración de las finanzas de la empresa. Actividades de flujo de caja, gestión de ingresos y capacitación de recursos.

### 4.3 Selección del Proceso

En base a los objetivos definidos y la estrategia planteada, se seleccionó el proceso operativo, específicamente, el de gestión de compras y gestión de stock, ya que es en el que se realizan todas las actividades relacionadas a la gestión de inventario de los repuestos de mantenimiento. Sin embargo, los procesos de mantenimiento y

facturación se ven afectados debido a un cambio en el procedimiento que se explicará más adelante.

#### 4.4 Mapa del Proceso Seleccionado

El proceso actual de gestión de stock de repuestos de mantenimiento es expuesto en la Figura 11, en la cual es posible apreciar las entradas y salidas del sistema, áreas involucradas y responsables. Este proceso es detallado en el Anexo G.

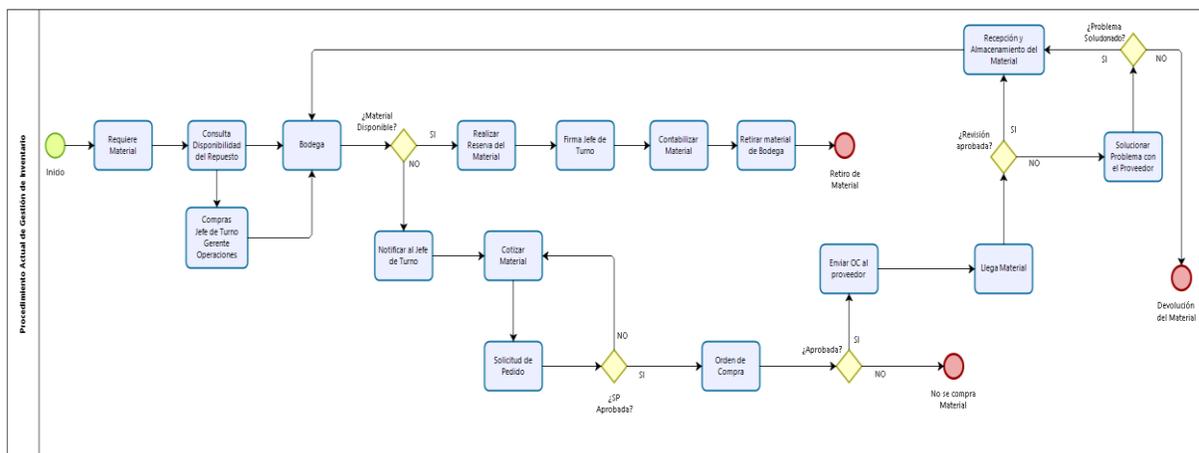


Figura 11. Procedimiento Actual de Gestión de Inventario

Con el objetivo de poder agrupar los procedimientos llevados a cabo se establecieron cinco etapas de gestión (ver Figura 12) identificando sus principales recursos y actividades (ver Tabla 3).

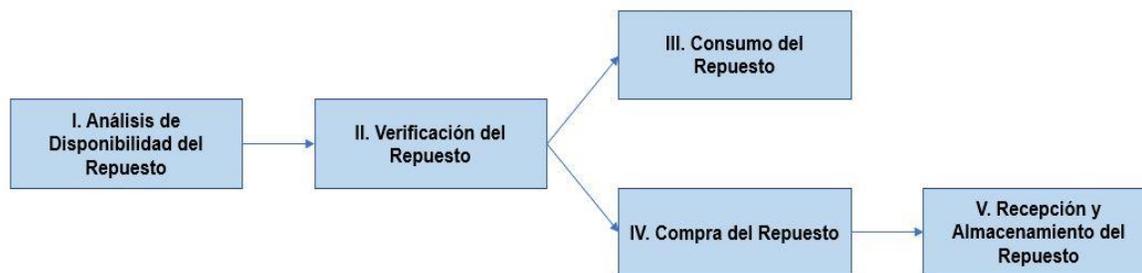


Figura 12. Etapas de Gestión de Inventario

Tabla 3. Recursos y actividades referidos a la Etapas de gestión de inventario

<b>Etapas</b>	<b>Recursos</b>	<b>Actividades</b>
Análisis de Disponibilidad del Repuesto	Código del Repuesto Personal Involucrado	Identificación del código del repuesto mediante SAP
Verificación del Repuesto	Código del Repuesto SAP Personal Involucrado	Revisión stock SAP del repuesto. Revisión stock Físico del repuesto.
Consumo del Repuesto	Código del repuesto Reserva de Material Personal Involucrado	Reserva de Material en SAP.
Compra del Repuesto	Código del Repuesto SAP Personal Involucrado	Notificación Quiebre de Stock. Solicitud de Pedido (SP). Orden de Compra (OC).
Recepción y Almacenamiento del Repuesto	SAP Personal Involucrado	Revisión del Repuesto. Registro de Almacenamiento.

#### 4.5 Identificación de Oportunidades de Mejora

Del análisis del proceso operativo de gestión de compras y gestión de stock fue posible identificar múltiples oportunidades de mejora, desde la perspectiva de la gestión óptima de inventarios. La identificación fue realizada mediante el análisis por etapas, como se muestra en las Tablas 4, 5, 6, 7 y 8. Se observa la oportunidad identificada, área involucrada, concepto clave del proceso y las consecuencias promovidas con la política actual, en el caso de no aplicar medidas correctivas.

Tabla 4. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa I

<b>Etapas I: Análisis de Disponibilidad del Repuesto</b>			
<b>Oportunidad de Mejora</b>	<b>Área Involucrada</b>	<b>Concepto Clave</b>	<b>Consecuencia</b>
Personal de mantenimiento consulta disponibilidad de material en áreas equivocadas	Mantenimiento	No existe procedimiento	Reprocesos
Errores en la tipificación del código del material a la hora de consultar disponibilidad	Mantenimiento Compras	Identificación	Error de tipificación
No existen requerimientos técnicos sobre las máquinas	Mantenimiento	Identificación	Error de tipificación Reprocesos

Tabla 5. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa II

<b>Etapa II: Verificación de stock del Repuesto</b>			
<b>Oportunidad de Mejora</b>	<b>Área Involucrada</b>	<b>Concepto Clave</b>	<b>Consecuencia</b>
Toma de decisiones inciertas en base a registros de stock disponibles	Compras Mantenimiento	Baja confiabilidad SAP	Quiebre de stock Sobre stock
Sistema ERP SAP de baja confiabilidad	Todas	Baja confiabilidad SAP	Reprocesos Quiebres stock Sobre stock
No existe rectificación de los stocks erráticos de un material en SAP	Contabilidad Bodega	Gestión de SAP	Fuga de Información Quiebre de stock
No se identifica ni registra la causa que originó un quiebre de stock	Bodega	Registro de Información	Fuga de Información
Falta de clasificación de repuestos retrasa su búsqueda	Bodega	Identificación	Tiempos Muertos
Nula planificación de consumo de repuestos	Mantenimiento	No hay planificación estratégica	Tiempos Muertos Quiebres de Stock Sobre Stock

Tabla 6. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa III

<b>Etapa III: Consumo del Repuesto</b>			
<b>Oportunidad de Mejora</b>	<b>Área Involucrada</b>	<b>Concepto Clave</b>	<b>Consecuencia</b>
Procedimiento altamente burocrático	Todas	Procedimiento Ineficiente	Tiempos Muertos
Jefe de bodega no habilitado para crear reserva de materiales	Bodega	Gestión de SAP	Tiempos Muertos
Fuga Nocturna de Materiales	Mantenimiento	No existe procedimiento	Quiebres de Stock Merma Fuga de Información
Prueba aleatoria de materiales sin dejar registro	Mantenimiento	Registro de Información	Fuga de Información Merma

Tabla 7. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa IV

<b>Etapa IV: Compra del Repuesto</b>			
<b>Oportunidad de Mejora</b>	<b>Área Involucrada</b>	<b>Concepto Clave</b>	<b>Consecuencia</b>
No existen métodos que definan la cantidad óptima de material a comprar	Compras	No existe procedimiento	Quiebres de Stock Sobre Stock
No existen métodos de compra que consideren el tiempo de entrega del material	Bodega Compras	No existe procedimiento	Quiebres de Stock Sobre Stock
No existen métodos de compra anticipada	Bodega Compras	No existe procedimiento	Quiebres de Stock Sobre Stock
No se notifica a bodega la compra de materiales	Compras	No existe procedimiento	Quiebres de Stock Sobre Stock
No existen métodos de predicción de demanda	Planificación	No existe procedimiento	Quiebres de Stock Sobre Stock
Jefe de bodega no habilitado para crear Solicitud de Pedido (SP)	Bodega	Gestión de SAP	Tiempos Muertos Quiebres de Stock
Jefes realizan compras sin notificar a bodega	Gerencia	Registro de información	Fuga de Información
Compra de materiales sin OC	Gerencia	Registro de Información	Fuga de Información

Tabla 8. Identificación de Oportunidades de mejora en la Etapa V

<b>Etapa V: Recepción y Almacenamiento del Repuesto</b>			
<b>Oportunidad de Mejora</b>	<b>Área Involucrada</b>	<b>Concepto Clave</b>	<b>Consecuencia</b>
No existe revisión oportuna de materiales por parte de personal de mantenimiento	Mantenimiento	No existe procedimiento	Reprocesos Sobre Stock
No existen registros de OC realizadas	Bodega Compras	Registro de Información	Reprocesos Quiebre stock Sobre Stock
No existe control sobre el estado de los órdenes de compra (OC)	Bodega	Registro de Información	Sobre Stock
Recepción errónea de materiales	Bodega Compras	Procedimiento Ineficiente	Sobre Stock Reprocesos

Se agruparon las oportunidades de mejora identificadas, en base a los conceptos claves asociados a cada una de ellas, por lo que fue posible formar siete grupos de oportunidades (ver Tabla 9).

Tabla 9. Oportunidades de mejora agrupadas según análisis

N°	Oportunidad de mejora	Frecuencia	% de Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
1)	No existen procedimientos estandarizados que favorezcan el desarrollo correcto de las actividades	8	32%	32%
2)	No existe un registro de información eficiente	6	24%	56%
3)	Gestión del sistema SAP inadecuada	3	12%	68%
4)	Dificultad en la identificación correcta de materiales	3	12%	80%
5)	Sistema SAP de baja confiabilidad	2	8%	88%
6)	Procedimientos ineficientes	2	8%	96%
7)	Nula planificación estratégica	1	4%	100%
<b>Total</b>		25	100%	

De esta manera, se midió la frecuencia de aparición de cada grupo, utilizando un diagrama de Pareto para complementar el análisis realizado (ver Figura 13).

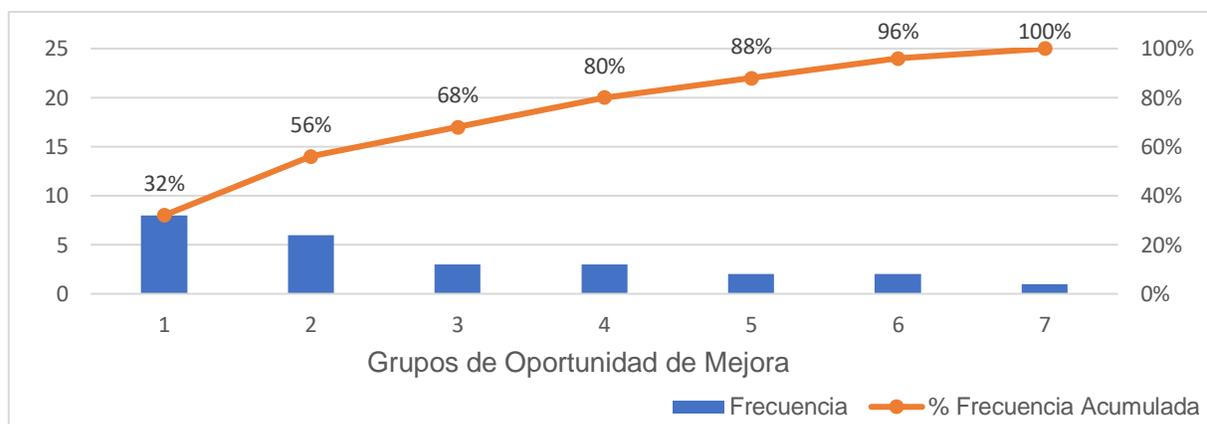


Figura 13. Grupos de Oportunidades de mejora identificados

Se observa que los cuatro primeros grupos abarcaron el ochenta por ciento del total de oportunidades, correspondiendo a la inexistencia de procedimientos estandarizados, la inexistencia de registros de información eficientes, una gestión del sistema SAP inadecuada y la dificultad de identificación de materiales, por lo cual, en esta investigación fueron consideradas prioridad.

De las oportunidades de mejora identificadas en las etapas analizadas fue posible apreciar que aproximadamente un setenta por ciento de ellas no tuvo relación con la gestión de inventarios realizada por bodega, sino que más bien responde a la gestión

ineficiente realizada por otras áreas, principalmente la de mantenimiento y de compras, las cuales en conjunto abarcaron más de la mitad de las problemáticas identificadas (ver Figura 14).

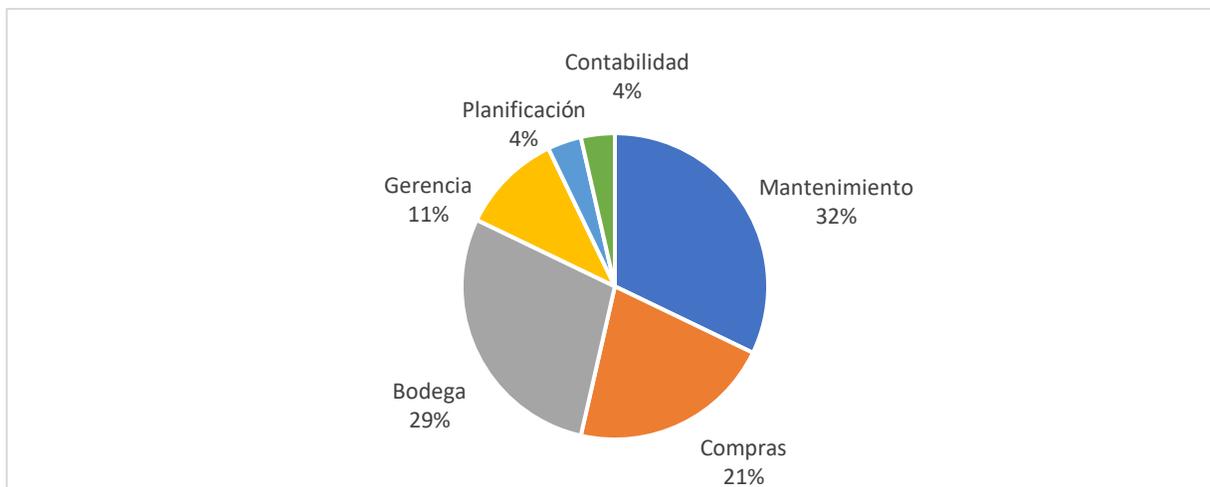


Figura 14. Porcentaje de Participación en la Gestión de Inventarios

Fue posible verificar que los procedimientos estudiados en las etapas de gestión de inventario requieren de una participación eficiente de cada una de las áreas involucradas, a raíz de que comparten actividades productivas en el proceso.

Se observó en todas las etapas de gestión que no existen procedimientos estandarizados. Se evidenció la inexistencia de métodos eficaces que permitan capturar información relevante del proceso. Además, la carencia de retroalimentación documental suscitó la pérdida de datos que podrían ser de gran utilidad.

Fue posible evidenciar que no existe una gestión adecuada de SAP ya que se limita el accionar de los involucrados coartando la utilidad del sistema y del personal. Además, la gran cantidad de materiales ingresados al sistema dificultó su correcta identificación, por lo que existen errores de tipificación.

Por último, no se observó ningún tipo de indicador relacionado a la gestión de inventario de los repuestos de mantenimiento.

Fue posible analizar que las repercusiones principales que tiene operar bajo los estándares actuales de gestión favorecen la ocurrencia de quiebres de stock y sobre

stock, sin mencionar el hecho de que el procedimiento actual propicia en menor medida los reprocesos, las fugas de información, tiempos muertos, entre otras consecuencias negativas.

Considerando el análisis realizado, quedó en evidencia que la gestión de inventario de la empresa no es óptima utilizando las prácticas de gestión actuales.

## 5. Resultados y Discusión

### 5.1 Rediseño del Proceso

Se exponen de manera preliminar en este documento los estudios que tienen que ver con la caracterización de los repuestos; clasificación ABC; aplicación y elección de modelos de pronósticos; modelos de gestión de inventarios y su evaluación frente a diferentes escenarios con el objetivo de comprender el rediseño realizado.

Por ahora, la Tabla 10 muestra un resumen con los nuevos requerimientos y actividades que surgieron a raíz de las mejoras realizadas al proceso en base a los resultados obtenidos en el estudio de demanda, modelos de inventario, entre otros.

Tabla 10. Requerimientos del Procedimiento Propuesto

Etapa	Recursos	Actividades
Análisis de Disponibilidad del Repuesto	Código del Repuesto <b>SAGI</b> Plantilla de requerimientos <b>Técnicos</b> <b>Personal Mantenimiento</b>	<b>Identificación del código del repuesto mediante SAGI.</b> <b>Registro de máquina específica que requiere el repuesto.</b>
Verificación del Repuesto	Código del Repuesto SAP <b>SAGI</b> <b>Personal Mantenimiento</b> <b>Jefe Bodega</b>	Revisión stock SAP del repuesto. Revisión stock Físico del repuesto. <b>Registro de ubicación física SAGI del repuesto.</b>
Consumo del Repuesto	Código del repuesto Reserva de Material <b>Supervisor</b> <b>Gerente de Operaciones</b> <b>Personal de Mantenimiento</b> <b>Jefe de Bodega</b> <b>SAGI</b>	Reserva de Material en SAP. <b>Registro de consumo en SAGI del repuesto.</b> <b>Reserva Nocturna de Material en SAP.</b> <b>Registro de consumo nocturno de repuesto.</b> <b>Rectificación de stock en SAGI.</b>
Compra del Repuesto	Código del Repuesto <b>Notificación de quiebre de stock</b> <b>Recomendación de Compra</b> <b>Supervisor</b> <b>Gerente de Operaciones</b> <b>Secretaria Compras</b> <b>Jefe Bodega</b> Secretaria Tilcoco Gerente Contabilidad Tilcoco Solicitud de Pedido (SP) Orden de Compra (OC) <b>SAGI</b> SAP	<b>Notificación quiebre de stock Supervisor.</b> <b>Notificación quiebre de stock Secretaria Compras.</b> <b>Recomendación de compra óptima SAGI.</b> <b>Registro de Quiebre de Stock SAGI.</b> <b>Notificación de OC.</b> <b>Registro de OC en SAGI.</b> <b>Notificación de Compras por Gerencia.</b>

Recepción y Almacenamiento del Repuesto	<b>Jefe Bodega</b> Orden de Compra (OC) <b>Personal de Mantenimiento</b> SAP <b>SAGI</b>	1ra Revisión del Repuesto. Recepción del Repuesto. <b>Registro de Llegada del Repuesto SAGI.</b> <b>2da Revisión del Repuesto.</b> Registro de Almacenamiento.
---	--	--

Se observa que las propuestas de mejora realizadas se enfocaron principalmente en la estandarización de los procesos, definiendo responsables, procedimientos y promoviendo la creación de registros capaces de almacenar información relevante, con el propósito de medir, controlar y evaluar el desempeño de la gestión de inventario de los repuestos mediante indicadores.

El rediseño completo del proceso se encuentra de manera detallada en el Anexo H y su flujograma en el Anexo I. Finalmente, los indicadores de gestión están ubicados en el Anexo F.

## 5.2 Caracterización de Repuestos en Estudio

SAP registró 10.161 artículos, con y sin consumo, agrupados principalmente mediante el código RP (Repuestos) e IO (Insumos). La inexistencia de una subdivisión eficiente de materiales evidenció fallas en la gestión y comunicación. En consecuencia, se realizó una agrupación los repuestos en 45 categorías (Anexo D). Esta categorización fue realizada y diseñada en conjunto mediante entrevistas con el equipo de mantenimiento. Se menciona que existe una categoría identificada como “Otros” en la cual se agruparon aquellos materiales que carecen de información en sistema.

El grupo de artículo RP abarca un 56,3% del total de materiales ingresados a SAP y pertenece a los repuestos de mantenimiento. Durante 2017 a 2020 sólo un 32% de ellos presentó consumo.

Los repuestos concernientes a las categorías “Rodamientos” y “Retenes” son los que según su clasificación alcanzaron los mayores niveles de rotación dentro de su agrupación de inventario, lo cual tiene directa relación con que ambas categorías en conjunto alcanzan casi un 45% de la totalidad de códigos RP registrados.

### 5.3 Clasificación ABC

La clasificación ABC fue aplicada a los repuestos ubicados dentro de una de las 44 categorías propuestas, ya que son materiales que, según personal de mantenimiento y supervisores, aportan valor a la organización. La categoría “Otros” no fue considerada en el estudio por las razones mencionadas anteriormente, por lo que se agrupó en el grupo C.

En un principio, la clasificación se basaría sólo en la criticidad del repuesto, es decir, se considerarían críticos aquellos materiales que de no contar con stock suficiente generarían inconvenientes en el proceso productivo de la planta, sin embargo, como se identificó (sección 4.5) no existen registros que identifiquen los requerimientos técnicos de las máquinas y equipos utilizados en la industria, por lo que definir un repuesto mecánico como crítico de manera formal en base a su funcionalidad y relevancia en el proceso productivo no es posible.

Por ende, para realizar la clasificación de criticidad se procedió a considerar críticos aquellos repuestos que manifestaron los mayores valores en función de los siguientes factores:

- 1) **Costo Unitario:** es el valor monetario de adquisición de cada repuesto.
- 2) **Valor y Utilización:** hace referencia a los repuestos que manifestaron un porcentaje de utilización en el periodo analizado.
- 3) **Valor de Inventario:** se refiere al valor monetario total de las existencias disponibles de cada repuesto al término del periodo analizado.
- 4) **Aprovisionamiento:** se refiere a las dificultades de aprovisionamiento del repuesto.

Cada uno de los factores fue valorado de 1-3 utilizando el método de Pareto. El cuarto factor se analizó en función de su disponibilidad en el mercado y su lead time. Se supuso crítico todo aquel material que manifestó al menos dos veces el nivel 1 en los factores propuestos.

Se utilizó este criterio de clasificación, en ese orden, ya que los repuestos de mayor valor económico representan un mayor riesgo ante su inexistencia. La política actual

de la empresa es de sobreabastecimiento, por lo que se consideró que aquellos repuestos que poseen una alta utilización se asumen relevantes. La clasificación por valor de inventario tuvo por objetivo seleccionar aquellos repuestos que poseen un alto valor monetario actualmente en función de su stock. Finalmente, el factor de aprovisionamiento definió si un repuesto es crítico o no, en función de la cantidad de proveedores disponibles y su lead time particular.

**Evaluación de Criterios:** ante la inexistencia de fichas técnicas que apoyen teóricamente la clasificación, se creó el quinto factor de evaluación, mediante el cual personal de mantenimiento evaluó la criticidad percibida del repuesto, ratificándola o redefiniéndola en función de su experiencia en cuanto a su importancia en el proceso, la seguridad/riesgos del personal al no contar con el material y, por último, los efectos causados al no renovar los repuestos en los equipos utilizados en planta.

La Tabla 11 expone información sobre la clasificación realizada en función del origen del material y la Tabla 12 muestra un resumen de la criticidad según su comportamiento.

Tabla 11. Criticidad Nacional / Internacional de Repuestos

Repuestos Mecánicos					
Origen	Categoría	Con Consumo	Sin Consumo	Totales	
Nacional	Crítico	3,7%	8,7%	12,4%	52,3%
	No Crítico	8,2%	31,7%	39,9%	
Importado	Crítico	1,8%	7,3%	9,1%	25,9%
	No Crítico	8,9%	7,9%	16,8%	
Ambos	Crítico	2,7%	4,5%	7,2%	21,8%
	No Crítico	6,7%	7,9%	14,6%	
<b>Total</b>		32%	68%	100%	

De la Tabla 11 se desprende que tanto para los repuestos con consumo, así como también, para los sin consumo, independiente de su criticidad, existe un mayor aprovisionamiento a nivel nacional con un 52,3%.

Se observa que el abastecimiento de repuestos críticos es realizado principalmente por proveedores nacionales, siendo de un 12,4%. Le sigue con un 9,1% el internacional. Finalmente, con un 7,2% la posibilidad de adquirir los repuestos críticos

desde ambos orígenes. Esta lógica es evidenciada de igual manera con los repuestos no críticos, manifestando ser el aprovisionamiento nacional el mayor proveedor con un 39,9%.

Los repuestos de mantenimiento utilizados por la empresa Sugat son aprovisionados principalmente desde el mercado nacional, esto se explica en base a que más de la mitad de los proveedores frecuentes de repuestos están situados dentro de la Región del Maule, por lo que para la organización acceder a estos materiales representa facilidades comparativas en cuanto a tiempos de entrega y confianza generada en sus productos, dado su historial de compras. El resto de los proveedores nacionales se encuentra, en gran medida, en la Región Metropolitana y un número ínfimo pertenece a otros sectores del país. A raíz de estos antecedentes es posible comprender que más del 74% de los repuestos pueden ser adquiridos en Chile.

El aprovisionamiento internacional está enfocado principalmente en la reducción del precio de compra de repuestos de mayor valor económico, considerando el lead time de adquisición que esto conlleva. También acudir al mercado internacional tiene que ver con acceder a repuestos de mayor calidad o técnicamente específicos, los cuales pueden ser adquiridos sólo con empresas fabricantes de los equipos y máquinas utilizadas. A la fecha la empresa posee equipos antiguos en sus líneas de producción los cuales fueron heredados de las empresas predecesoras de la planta industrial, por lo que adquirir sus repuestos representa un desafío al ser fabricados solamente por las empresas que lo diseñaron.

Tabla 12. Criticidad de repuestos por consumo

	Criticidad		Total
	Critico	No critico	
<b>Con consumo</b>	8,2%	23,8%	32,0%
<b>Sin consumo</b>	20,5%	47,5%	68,0%
<b>Total</b>	28,7%	71,3%	100,0%

Se desprende de la Tabla 12 que, independientemente del consumo, un 28,7% corresponde a repuestos críticos y un 71,3% a repuestos no críticos.

Además, se observa que de los repuestos sin consumo un 20,5% es considerado crítico y el 47,5% restante no lo es.

Finalmente, se manifestó que de los repuestos críticos sólo un 8,2% presentó consumo.

La Tabla 12 evidencia que más del 70% de los repuestos críticos de mantenimiento no manifestó consumo durante el periodo analizado. Esto responde a que aquellos materiales, a pesar de no presentar movimientos, son muy importantes en el proceso productivo ya que el impacto que causaría no contar con ellos es relevante. Cabe destacar que generalmente los repuestos considerados críticos tienen la cualidad de que su abastecimiento presenta condiciones diferentes a los demás materiales en cuanto a su aprovisionamiento, ya sea en función de su procedencia, cantidad disponible, o bien, valor monetario de adquisición. Es por ello por lo que la empresa opta por invertir en aquellos materiales y almacenarlos hasta que sea necesario su cambio o renovación en el sistema productivo. Esto genera problemas por obsolescencia de materiales, o bien, deterioro ante la inactividad prolongada en su no utilización.

También, se observa el hecho de que el grueso del inventario pertenece a materiales que no son considerados críticos, y que casi el 67% de estos materiales (no críticos) no presentó consumo durante el periodo analizado.

Finalmente se destaca el hecho de que un 47,5% de los repuestos de mantenimiento son materiales sin consumo y no críticos, lo cual plantea la necesidad de administrar de mejor manera estos materiales ya que la política actual favorece el incremento de los costos asociados a sobre stock.

Utilizando los parámetros mencionados para determinar qué tan importante es el repuesto se realizó la clasificación ABC de los 5721 repuestos mecánicos identificados, obteniendo como resultados que la segmentación A conforma el 80% del costo total de inventario en el periodo analizado y que los segmentos B y C están compuestos por los repuestos que formaron parte del 15% y 5% de costo total de inventario respectivamente (ver Tabla 13)

Tabla 13. Clasificación ABC de repuestos mecánicos de mantenimiento

Clasificación	Porcentaje	Valor Total	Cantidad
<b>A</b>	80%	\$ 195.211.684	201
<b>B</b>	15%	\$ 36.602.191	1085
<b>C</b>	5%	\$ 12.200.730	4435
<b>Total</b>	100%	\$ 244.014.605	5721

Cabe destacar que el 80% del total económico invertido en repuestos mecánicos de mantenimiento durante el periodo analizado está compuesto por sólo el 3,5% de los materiales. Esto se explica en base a que la mayoría de los repuestos que componen el segmento A tienen un valor de adquisición mucho más alto que los pertenecientes a los segmentos B y C.

Para efectos de esta investigación y con el objetivo de proponer un sistema de gestión de inventario, sólo fueron considerados los materiales que presentaron consumo en el periodo analizado, ya que para aplicar los modelos de gestión de inventario es necesario poseer información histórica reciente sobre su demanda, con propósito de poder efectuar predicciones sobre su comportamiento y así establecer puntos de reorden del repuesto y un tamaño de pedido realista. Es por ello por lo que como fue mencionado en la sección 5.2, se decide utilizar sólo aquellos repuestos incluidos en las categorías “Rodamientos” y “Retenes” al ser las categorías que presentaron un mayor porcentaje de rotación en función de su inventario total.

Con la información recopilada del sistema SAP sobre la compra y consumo de este tipo de repuestos fue posible determinar el gasto total anual invertido (ver Figura 15).

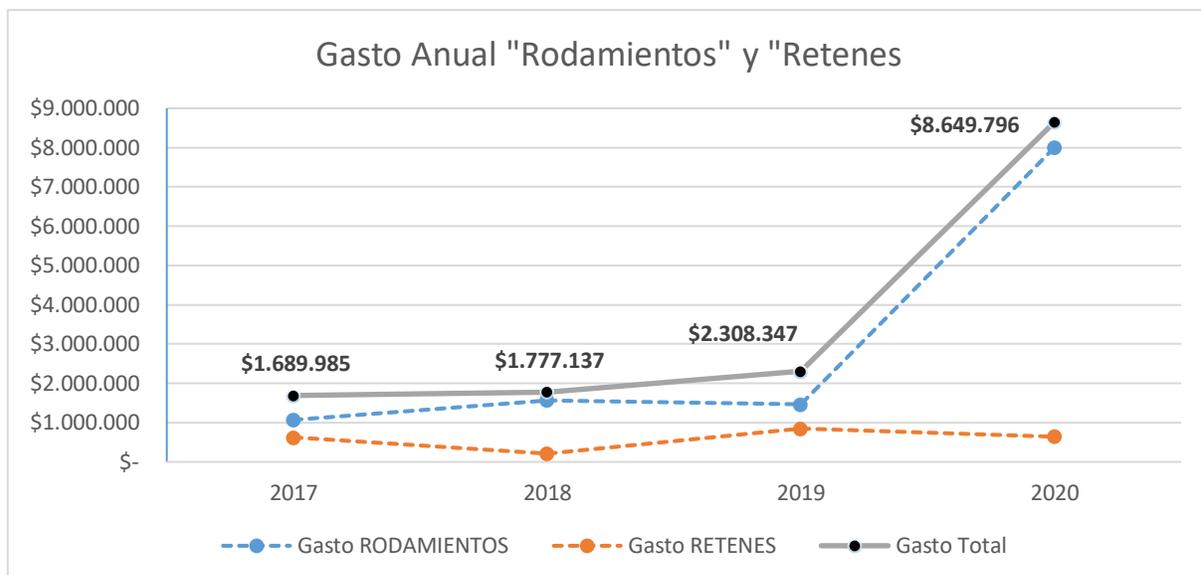


Figura 15. Gasto Anual Rodamientos y Retenes

Se observa un aumento significativo en el gasto anual evidenciado el año 2020, el cual es explicado a raíz de cambios en la estructura organizacional de la planta, modificaciones que generaron como consecuencia una reestructuración de las políticas de inventario vigentes, acentuando más aún el sobreabastecimiento de repuestos, como es explicado en la sección 5.6 de este documento.

Para los repuestos estudiados que no presentaron consumo en el periodo analizado se mantuvo el procedimiento de gestión, incluyendo aquellos repuestos que son considerados críticos bajo los criterios expuestos con anterioridad.

#### 5.4 Análisis, aplicación y elección de modelos de pronóstico

Se recopiló información histórica sobre el consumo de los materiales, que data de 2017 a 2020, considerando los meses de enero a diciembre de cada año, con el objetivo de analizar y evaluar el consumo de los repuestos de mantenimiento seleccionados con el fin de poder generar predicciones acertadas sobre su demanda mediante la aplicación de los modelos.

Para su aplicación se procedió a utilizar el programa Microsoft Excel, software que permite modelar cada uno de los métodos, además de apoyar su obtención mediante la herramienta complemento Solver.

## 5.5 Resultados de Pronóstico

Con propósito de evaluar el comportamiento de los modelos se utilizaron datos vencidos durante los años 2017 y 2018, con el objetivo de poder predecir el consumo de los años 2019 y 2020. El análisis se realizó de manera mensual, por lo que los primeros 24 meses corresponden a datos reales y los 24 restantes pertenecen al pronóstico realizado con los métodos.

La elección del modelo que mejor se ajustó a la data de cada repuesto se realizó mediante la comparación de los errores de pronósticos obtenidos. La Tabla 14 expone los valores de los errores obtenidos luego de aplicar cada modelo para el consumo del repuesto descrito como “RODAMIENTO 6209 2RS C3” con Código SAP RP09667.

Tabla 14: Errores por Modelo de Pronóstico “RODAMIENTO 6209 2RS C3”

Modelo de Pronóstico	MAPE	MAD	MSD
Promedio Móvil	19,4%	0,931	1,894
Promedio Móvil Ponderado	18,3%	0,938	1,995
Suavización Exponencial Simple	17,4%	0,854	1,667
Modelo Holt	14,5%	1,336	2,216
Croston	14,9%	0,927	1,433

Se observa que el modelo de Croston es el que mejor se ajustó a la data obteniendo los mejores resultados, demostrando los errores más bajos en la desviación absoluta media (MAD) y error cuadrático medio (MSD), no así en el cálculo del error absoluto porcentual de la media (MAPE), en el que el modelo Holt obtuvo un mejor desempeño.

Se pudo hacer una comparación visual mediante la cual fue posible evaluar el modelo que mejor se ajustó a la data de los años 2019 y 2020 (ver Figura 16, 17, 18, 19 y 20).

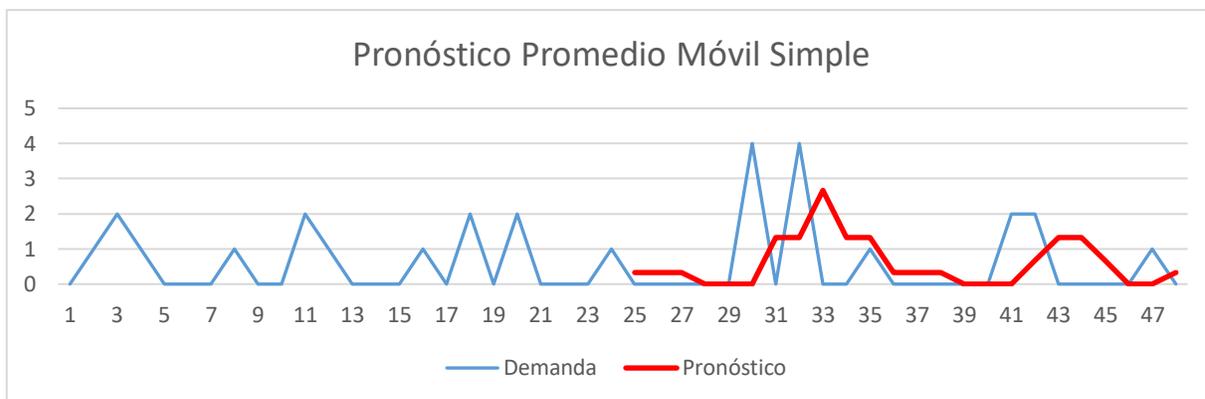


Figura 16: Ejemplo Promedio Móvil Simple

Se realizó el pronóstico de promedio móvil determinando que el parámetro óptimo fue de 3 meses. Para la obtención de los errores de pronóstico del rodamiento se calculó el MAPE, MAD y MSD para los meses 25 – 48, pronosticando los años 2019 y 2020.

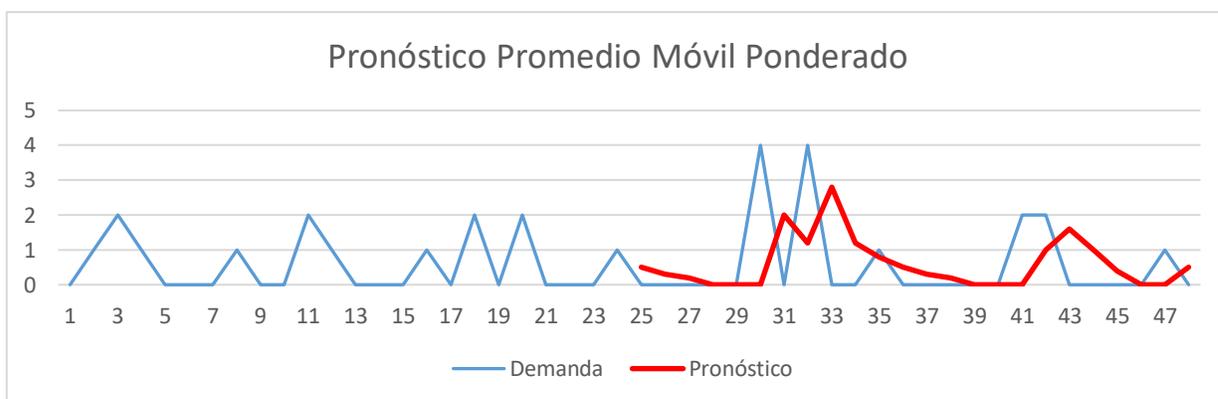


Figura 17: Ejemplo Promedio Móvil Ponderado

Para el cálculo de pronóstico con este método se utilizó la herramienta Solver la cual permitió hallar los factores de ponderación óptimos, siendo estos de 0.42, 0.03 y 0.55 respectivamente.

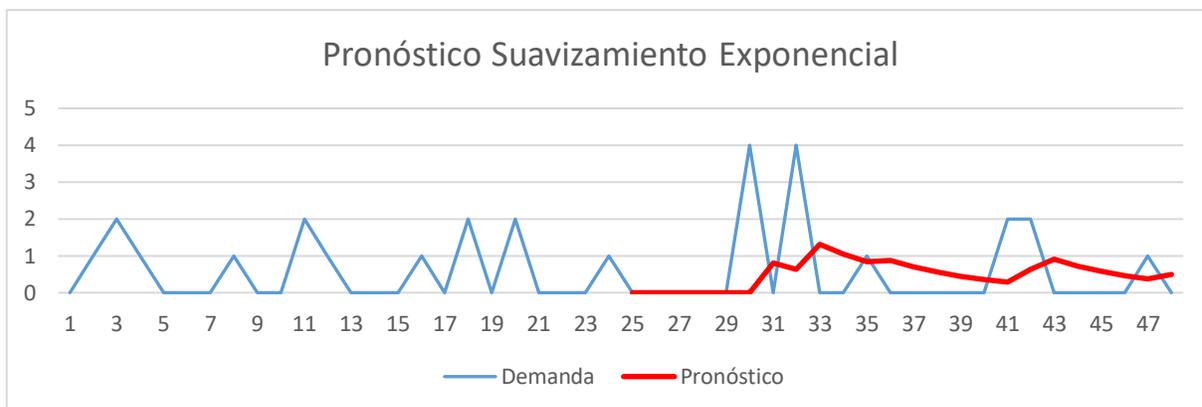


Figura 18: Ejemplo Suavizamiento Exponencial

Para el caso del suavizamiento exponencial se determinó mediante el complemento Solver de MS Excel que el valor óptimo de la constante de suavización que otorga una mejor predicción fue de  $\alpha = 0,2$ .

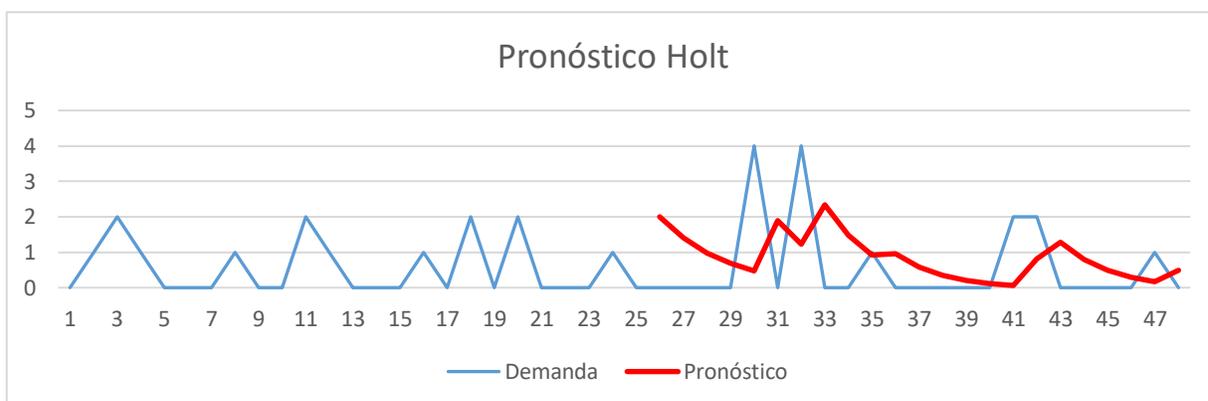


Figura 19: Ejemplo Método Holt

Se observa que tuvo el segundo mejor desempeño de predicción al incluir la componente de tendencia en su predicción. A raíz de la iteración realizada fue posible concluir que los parámetros óptimos fueron  $\alpha = 0,2$  y  $\beta = 0,1$  con lo cual fue posible obtener el MAPE menor de los pronósticos para este repuesto siendo de un 14,5%.

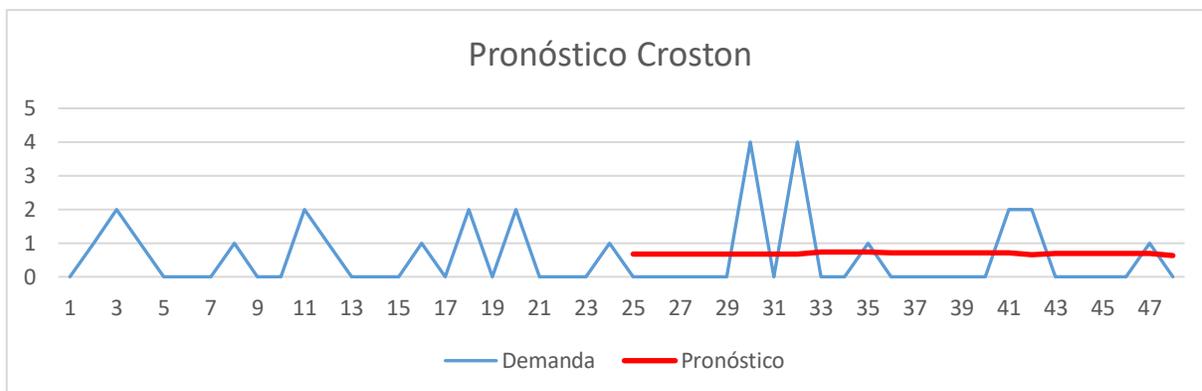


Figura 20. Ejemplo Método Croston

Finalmente, el modelo de pronóstico Croston fue el que tuvo un mejor desempeño de predicción de la demanda del repuesto en estudio, obteniendo el menor error para los cálculos del MAD y MSD. En cuanto al MAPE obtuvo el segundo lugar, siendo superado en sólo un 0,4% de error en comparación al método de Holt.

Se concluye que, para la demanda del RODAMIENTO 6209 2RS C3, el modelo que mejor se ajusta corresponde al Método de Croston.

El procedimiento de aplicación y elección del modelo descrito anteriormente se llevó a cabo con cada uno de los repuestos seleccionados en este estudio (Rodamientos y Retenes). Es importante destacar que existen dos tipos de comportamientos de demanda en el registro histórico de consumo analizado. El primero, tiene que ver con un comportamiento de demanda intermitente y el segundo, con una demanda constante a través del tiempo.

Finalmente, se concluyó que para aquellos repuestos pertenecientes al primer grupo el modelo de pronóstico que mejor se ajustó a la data fue el método de Croston y para los pertenecientes al segundo grupo el modelo que demostró un mejor desempeño fue el de suavizamiento exponencial doble o de Holt.

## 5.6 Nivel de Servicio

La empresa considera el nivel de servicio como uno de los factores más significativos en el correcto desarrollo de sus actividades, esto es constatado por medio de la política actual, la que está enfocada en satisfacer cada una de las necesidades materiales

demandadas por las diferentes áreas de trabajo de la organización. Tal es el caso de los repuestos utilizados por el área de mantenimiento, materiales que son administrados principalmente por su personal y no por el jefe de bodega.

Personal de mantenimiento en la fase de preparación establece cuáles serán los repuestos e insumos necesarios en función de las áreas a ser intervenidas por cada grupo de trabajo. Este método es realizado de manera imprecisa y se basa principalmente en la experiencia de sus involucrados. La falta de control de inventario es conocida dentro de la empresa, por lo que esto ha llevado a establecer una política de sobreabastecimiento efectuando una proyección de utilización a dos años de manera descriteriada con el objetivo de evitar quiebres de stock durante la temporada.

La organización dice mantener niveles de servicio aceptables en sus materiales a raíz del sobreabastecimiento, sin embargo, los grandes esfuerzos económicos de inversión realizados no se han traducido con el tiempo en la eliminación sistemática de los quiebres de stock. La carencia de procedimientos efectivos, la inexistencia de identificación de las causas que provocan quiebres, pedidos reiterados y la ausencia de métodos favorecen el descontrol y mermas. Por lo que estas problemáticas fueron el foco de la investigación.

### **5.7 Elección del modelo de gestión de inventario**

La elección del modelo de gestión de inventario fue realizada en función de dos factores: capacidad de adaptación de la organización y repercusión económica.

El primero, responde a la necesidad de establecer un modelo de gestión que se adapte a la política y las capacidades disponibles en la organización. El segundo, se relaciona con disminuir los costos en los que se incurre utilizando las prácticas actuales, sin ir en desmedro del nivel de servicio brindado.

El objetivo principal de realizar una propuesta de gestión de inventario es poder proporcionar cambios procedimentales que permitan mejorar el control de sus materiales y evaluar el desempeño de su gestión. Es por ello por lo que el modelo de gestión que cumple de mejor manera con los factores mencionados anteriormente fue el modelo de revisión continua (Q,R).

## 5.8 Variables del Modelo de Gestión de Inventario

Para aplicar el modelo de revisión continua se deben definir las variables de puntos de reorden, stocks de seguridad y cantidades óptimas a pedir. Para ello es necesario establecer ciertos supuestos en cuanto a los leads times y los niveles de servicio.

Ya que a nivel nacional se pueden obtener más del 70% de los repuestos, y que, además, más de la mitad de los proveedores se encuentra en la región del Maule se decidió utilizar como lead time nacional 3 días. En cuanto a repuestos de origen internacional se optó por definir un enfoque pesimista en su entrega, por lo que se asume el lead time con el mayor tiempo promedio de demora, siendo este de 60 días. Adicionalmente, se consideró el tiempo total del proceso de compra, por lo que se establece agregar 7 días a estos plazos ya que frecuentemente los pedidos se realizan cada semana. Finalmente, el lead time nacional e internacional fue de 10 y 67 días respectivamente.

El nivel de servicio determina en gran medida el stock de seguridad a mantener en bodega, por lo que dada la política de inventarios actual se decidió que para aquellos repuestos críticos el nivel de servicio sea del 99% y para los no-críticos de un 95%.

Finalmente, la obtención de las variables es realizada mediante la utilización de la ecuación 23 expuesta en el capítulo 2.9.2.1, como sigue:

$$R = \bar{d} * L + SS = \bar{d} * L + z\sigma_L$$

Donde,

$R$  : punto de reorden del material

$\bar{d}$  : demanda mensual promedio

$L$  : tiempo de entrega o lead time (días)

$SS$  : inventario de seguridad

$z$  : factor de seguridad

$\sigma_L$ : desviación estándar promedio de la demanda durante el tiempo de entrega  $L$ , siendo su cálculo igual a  $\sigma * \sqrt{L}$

Una vez que el inventario cae por debajo de un punto de reorden  $R$ , se coloca un pedido por una cantidad fija de material  $Q$  la cual se determina de forma análoga a la utilizada en el sistema EOQ, ecuación 21 expuesta en el capítulo 5.9. Además, se definió un stock máximo para cada repuesto con el objetivo de evitar sobre stocks de la manera siguiente:

$$S_{max} = Q + R$$

[Ecuación 25]

Para efectos de comprensión se expone la aplicación del modelo en el repuesto “RETEN 65 X 130 X 12” y “RODAMIENTO 6007 2RS 1”. Sus características relevantes se muestran en la Tabla 15 y sus comportamientos de inventario en la Figura 21 y 22.

Tabla 15. Ejemplo de Características de Clasificación

Repuesto	Aprovisionamiento	Criticidad	Nivel de Servicio Propuesto	Nivel de Servicio Real
RETEN 65 X 130 X 12	Nacional	No-critico	95%	90%
RODAMIENTO 6007 2RS 1	Nacional/Internacional	Critico	99%	100%

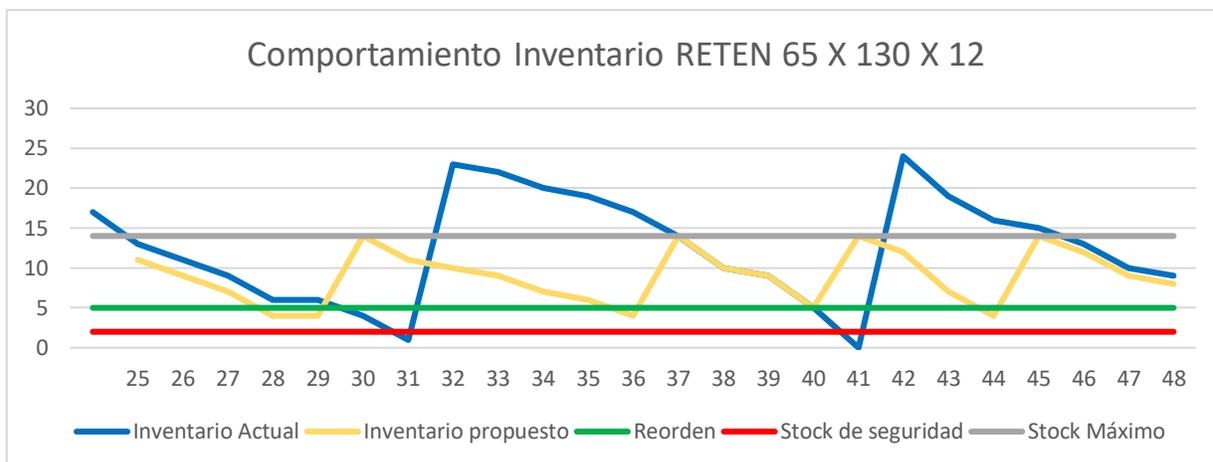


Figura 21. Ejemplo de Comportamiento de Inventario RETEN 65 X 130 X 12

El repuesto RETEN 65 X 130 X 12 evidenció un consumo constante durante el periodo analizado. Se observó que la cantidad real solicitada en sus pedidos excede el stock máximo propuesto, lo cual refleja la política actual de sobreabastecimiento de inventarios. Se destaca el hecho de que a pesar de adquirir un número mayor de unidades a las recomendadas existió un quiebre de stock de 2 unidades en el mes 41. Fue posible evidenciar que el inventario propuesto mantuvo un nivel de servicio adecuado, con la particularidad de que se realizaron más pedidos en comparación al real. La cantidad de pedido se adecuó de buena manera al consumo del repuesto y se observa que el stock de seguridad definido no fue utilizado durante este periodo. El modelo permitió mantener niveles de inventario menores al real y demostrar buen desempeño frente al consumo analizado.

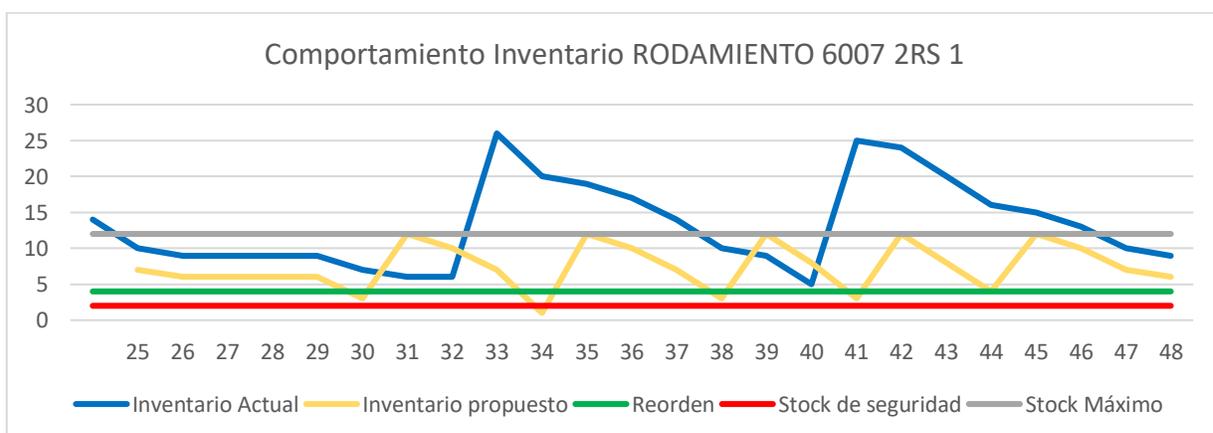


Figura 22. Ejemplo de Comportamiento de Inventario RODAMIENTO 6007 2RS 1

El repuesto RODAMIENTO 6007 2RS 1 no presentó quiebres de stock durante el periodo analizado, tampoco utilizó el stock de seguridad definido por el modelo. Se aprecia que su nivel de servicio fue del 100% realizando un número menor de pedidos, pero de mayor envergadura. Es posible evidenciar que el modelo propuesto no responde de buena manera frente a cambios abruptos de consumo, como se observa en el mes 34, utilizando el stock de seguridad. Sin embargo, el modelo mantuvo un inventario menor en comparación al real favoreciendo los costos de mantener.

Con objetivo de favorecer el nivel de respuesta a cambios en el consumo se recomendó evaluar el punto de reorden y stock máximo de este repuesto para prevenir quiebres de stock.

### **5.9 Aplicación y evaluación del modelo propuesto**

Para comparar la gestión de inventario actual versus la propuesta se utilizaron los datos concernientes a los periodos de los años 2019 y 2020. Para ello se calculó el gasto y costo total anual de revisión continúa con la ecuación 20 expuesta en el capítulo 2.9.1.

$$\text{Costo Total Anual} = \text{Costo de Compra} + \text{Costo de Pedido} + \text{Costo de Mantenimiento}$$

#### **5.9.1 Costo de Pedido**

La obtención del costo de pedido se basó en la cantidad promedio de pedidos realizados al año durante el periodo en estudio y el tiempo invertido por el personal involucrado en el proceso de compra. Es importante considerar que el método de creación de pedidos se realiza principalmente de manera semanal o quincenal. También existe la posibilidad de evitar este procedimiento en función de la premura de la necesidad del material. Considerando estos factores y analizando la data fue posible determinar que la cantidad promedio de pedidos realizada es de 112,6 pedidos al año.

Para cuantificar su costo monetario se identificó que la responsable principal del proceso es la secretaria de compras por lo que se analizó el tiempo invertido en ello. Considerando su participación y gestión dentro del procedimiento se establece que en promedio invierte entre 2,5 a 4,3 horas en total en los procesos de cotización del

material, creación de la solicitud de pedido y su aprobación, la generación de la orden de compra y su aprobación, para finalmente ser enviada al proveedor. Se estima que en base a su sueldo y una jornada de trabajo de 45 horas semanales el valor hora es de aproximadamente \$6.740,56 pesos. Es por ello por lo que considerando el tiempo que tarda por pedido se establece finalmente que el costo de pedido es de \$28.985,18. Sin embargo, dado que sólo se seleccionó un grupo de repuestos con consumo se estableció que el valor de pedido para este estudio fue de \$2.840 pesos por pedido.

### **5.9.2 Costo de Mantener**

La empresa es dueña del recinto industrial por lo que no incurre en gastos por concepto de alquiler de espacios. Es por ello por lo que para la obtención del costo de mantenimiento se consideró el valor energético invertido en su bodega en términos de electricidad utilizada, combustible de transporte de materiales y el costo invertido en personal de gestión de bodega. Finalmente, se consideró este costo como un porcentaje del precio del repuesto, por lo que mediante conversaciones con el jefe de bodega, supervisores y gerente de operaciones fue posible determinar que el costo por concepto de mantenimiento de sus inventarios es de un 6,5% sobre el valor del repuesto.

### **5.9.3 Demanda Anual**

Para la obtención de la demanda de los repuestos se utilizó el consumo real correspondiente al periodo 2019 y 2020.

### **5.9.4 Precio/Costo Repuesto**

La obtención de esta información fue adquirida directamente del sistema ERP SAP por medio de la secretaria de compras de la organización, quien facilitó el Precio Medio Ponderado de cada uno de los repuestos en estudio.

### **5.9.5 Cantidad de Pedido**

La cantidad óptima para solicitar de cada repuesto se determinó mediante su demanda promedio mensual y desviación estándar correspondiente. Para aquellos repuestos que presentaron una mayor variabilidad en su demanda se estableció utilizar como

promedio sus consumos más elevados durante el periodo en estudio, con el propósito de disminuir las probabilidades de generar quiebres.

### 5.9.6 Evaluación del modelo propuesto

Para evaluar el desempeño del modelo se compararon los gastos de inversión en repuestos y los costos totales asociados al inventario durante los años 2019 y 2020 utilizando la gestión actual versus la propuesta de revisión continua. Se midió el sobreabastecimiento frente a distintos escenarios: optimista, normal y pesimista. El primero se simuló con una demanda menor a la real. El segundo se simuló utilizando el consumo real y en el tercer escenario se utilizó con una demanda mayor a la real (ver Anexo J).

Finalmente, en la Tabla 16 se expone el resumen de los resultados obtenidos, utilizando el gasto total promedio de la aplicación de los 3 escenarios y el promedio del sobre stock percibido.

Tabla 16. Evaluación del Gasto Total utilizando el Modelo de Gestión Propuesto

Gastos	Año	
	2019	2020
<b>Gasto Real</b>	\$ 2.308.347	\$ 8.649.796
<b>Gasto Propuesto</b>	\$ 1.954.401	\$ 3.777.078
<b>Variación</b>	<b>\$ 353.947</b>	<b>\$ 4.872.719</b>
<b>% Sobre stock Real</b>	17,9%	49,6%
<b>% Sobre stock Propuesto</b>	4,4%	7,1%
<b>Variación</b>	<b>13,5%</b>	<b>42,5%</b>

Se consideró en situación de sobre stock aquellos repuestos que presentaron valores mayores a cero mediante el cálculo siguiente:

$$\text{Sobre stock}_i = Ief_i - Smax_i$$

[Ecuación 26]

Donde

$Ief_i$  = es el inventario efectivo del repuesto, el cual considera el inventario actual en bodega más el inventario en tránsito adquirido.

$S_{max_i}$  = corresponde al inventario máximo del repuesto.

*Sobre stock<sub>i</sub>* = es el sobre abastecimiento del repuesto *i*

De la Tabla 16 se desprende que mediante la aplicación del modelo fue posible disminuir el gasto total de 2019 en un 15% y el del 2020 en un 56%. También se aprecia que los niveles de sobre stock disminuyeron en un 13,5% y 42,5% respectivamente.

De la evaluación realizada se desprende que a medida que el escenario de consumo aumenta el porcentaje de sobre stock disminuye, proporcionando un nivel de servicio adecuado frente al consumo. También fue posible evidenciar que frente a demandas inusuales elevadas se deben establecer inventarios máximos mayores, si lo que se desea es no llegar a quebrar.

Finalmente, se evaluó el costo total de inventario de la gestión actual versus el costo total de inventario con la gestión propuesta durante los 24 meses (ver Figura 23).

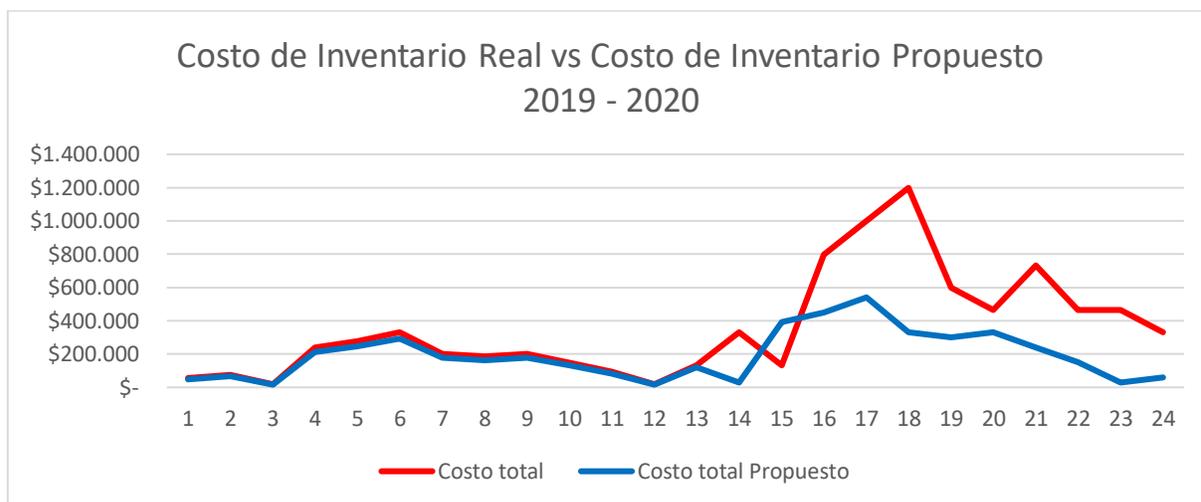


Figura 23: Costo de Inventario Real vs Propuesto

Se observó que la gestión actual favoreció un nivel de servicio del 100% para los repuestos analizados y que la gestión propuesta, mediante la aplicación de los escenarios, demostró no adaptarse de buena forma a cambios abruptos en la demanda, por lo que en esos casos se estableció mantener un nivel de stock superior al definido en un principio con el modelo.

Para el periodo 2019 las diferencias observadas no son significativas, la cantidad solicitada de repuestos con la política actual fue nivelada por la cantidad superior de pedidos que genera una política de revisión continua. Sin embargo, durante el periodo 2020 es posible observar las consecuencias de la política de sobreabastecimiento incrementando sustantivamente el costo de mantener el inventario.

Finalmente, el modelo propuesto disminuyó en un 46% los costos de inventario durante el periodo analizado. La cuantificación monetaria de esta evaluación se encuentra en el Anexo K.

#### **5.10 Prototipo Funcional Sistema de Gestión de Inventario (SAGI)**

Consiste en un libro de Microsoft Excel que mediante programación en Visual Basic permite administrar de manera semiautomática la información de los materiales, en este caso, repuestos. Su funcionalidad dependerá del ingreso constante de información y actualización. Algunas de sus aplicaciones son descritas a continuación:

- 1) Materiales: permite agregar o modificar materiales en el sistema junto a su información relevante como su costo, demanda promedio o lead time. También es posible realizar consultas del material, en cuanto a su stock, valor de inventario, stock real, ubicación específica, entre otras.
- 2) Movimientos: permite ingresar información respecto al consumo, utilización y quiebres de stock. Además, identifica al área involucrada en el evento.
- 3) Compras: registro histórico de las compras realizadas que han sido ingresadas en la pestaña Movimientos.
- 4) Utilizados: registro histórico de utilización de materiales que nace a partir de los registros realizados en la pestaña Movimientos.
- 5) Reporte Compras y Utilización: es posible consultar mediante gráficos y tablas información concerniente a estos movimientos. Permite visualizar los costos generando gráficos amigables con el usuario.
- 6) Stock: es posible visualizar el stock actual de los materiales, inspeccionar su estado actual de inventario y el capital invertido.

- 7) Reorden: permite visualizar materiales que han alcanzado puntos de reorden, así como también, anticiparse frente a los mismo. Además, otorga una recomendación de cantidad óptima a solicitar.
- 8) Modelo Aplicado: modifique para uno o más materiales variables relevantes del modelo de gestión como por ejemplo demandas promedio, lead time, stock de seguridad, puntos de reorden, cantidad óptima a solicitar, entre otras.

A modo de ejemplo se muestran algunas de las pestañas del sistema. La Figura 24 expone la primera hoja del libro y menú principal del sistema. La Figura 25 la pestaña Materiales y la Figura 26 la pestaña Movimientos.



Figura 24. Menú Principal SAGI

Materiales

Menú Principal

Agregue nuevos materiales a la base de datos, o bien, modifique aquellos existentes.  
Recuerde consultar su existencia antes de agregar un Material.

AGREGAR NUEVO MATERIAL

CODIGO SAP	
DESCRIPCIÓN	
COSTO UNITARIO	
CENTRO	
ALMACÉN	
LOTE	
CANTIDAD	
DEMANDA MENSUAL	
LEAD TIME (Días) (TIEMPO DE LLEGADA O ENTREGA)	

LIMPIAR CELDAS

AGREGAR MATERIAL

CONSULTAR INGRESO DE UN MATERIAL

CÓDIGO SAP	RP02780
DESCRIPCIÓN	CORREA B-31

CONSULTAR

▶
Menú
Materiales
Movimientos
Compras
Utilizados
Reporte Compras
Reporte Utilizados
Stock
Re

Figura 25. Materiales SAGI

Movimientos

Menú Principal

Ingrese la Compra ó Utilización de materiales.  
Además, ingrese información de aquellos que presentan inexistencias.

FECHA	09-04-2021
CODIGO SAP	RP12174
MATERIAL	MOTOR A30 COMPLETO
MOVIMIENTO	Compra
CANTIDAD	100
COSTO DE COMPRA \$	31.416,00
SUB.TOTAL \$	3.141.600
OBSERVACIONES	Todo Ok
ÁREA SOLICITANTE	Riles

Q

Limpiar Celdas

Guardar Datos

FECHA	CODIGO SAP	MATERIAL	MOVIMIENTO	CANTIDAD	COSTO DE COMPRA	SUB.TOTAL	OBSERVACIONES
12-03-2020	RP00096	ZADERA RC P/CONDUIT 2"	Compra	50	\$ 1.694.011,00	\$84.700.550	

Figura 26. Movimientos SAGI

### 5.11 Ensayo Experimental

Este ensayo fue realizado con el objetivo de testear el procedimiento propuesto, sus registros y sus indicadores. Para los registros se hizo el supuesto de que se presentó la necesidad del repuesto con código RP03547 descrito como “RODAMIENTO 22217

CC/W33”, por lo que los procesos involucrados fueron: necesidad del material, verificación, compra y recepción. Para los indicadores se utilizó información real sobre 100 rodamientos.

Al ingresar esta información al prototipo fue posible aplicar el procedimiento propuesto y calcular los indicadores de gestión desarrollados. Los datos recopilados del ensayo se muestran en la Tabla 17 y el análisis de cada indicador se expone en las Figuras 27, 28, 29. El desarrollo del ensayo experimental se encuentra en el Anexo L.

Tabla 17: Registros Obtenidos del Ensayo Experimental

Etapa	Registro	Descripción	Dato
Análisis de Disponibilidad	Registro de Consulta	Código SAP	RP03547
		Descripción	RODAMIENTO 22217 CC/W3
		Grupo	RODAMIENTOS
		Cantidad Solicitada	3 unidades
		Área de Trabajo	RILES
		Máquina	UHV-50
		Código Máquina	9Z14010-042
Verificación	Registro de Recomendación de Compra	Fecha	05-02-2021
		Código SAP	RP03547
		Descripción	RODAMIENTO 22217 CC/W3
		Cantidad solicitada	3 UN
		Costo	\$ 69.267
		Sub total	\$ 207.801
		Cantidad Recomendada	11 UN
		Sub total	\$ 761.937
Consumo	Registro de Consumo	Fecha	15-02-2021
		Código SAP	RP03547
		Descripción	RODAMIENTO 22217 CC/W3
		Movimiento	Utilizado
		Cantidad	3 UN
		Costo	\$ 69.267
		Sub.Total	\$ 207.801
		Área de Trabajo	RILES
		Observaciones	
Compra	Registro de Quiebre de Stock	Fecha	05-02-2021
		Código SAP	RP03547
		Descripción	RODAMIENTO 22217 CC/W3
		Movimiento	Quiebre de Stock
		Stock Insatisfecho	3 UN
		Costo	\$ 69.267
		Sub.Total	\$ 207.801

		Área de Trabajo	RILES
		Observaciones	
	Registro Orden de Compra	Fecha	11-02-2021
		N° OC	4500027987
		Proveedor	RODACAR LTDA
		Código SAP	RP03547
		Descripción	RODAMIENTO 22217 CC/W3
		Cantidad Ordenada	7 UN
		Costo	\$ 69.267
		Sub.Total	\$ 484.869
		Cantidad Recibida	
Recepción y Almacenamiento	Registro de Almacenamiento de Material	Fecha	15-02-2021
		Código SAP	RP03547
		Descripción	RODAMIENTO 22217 CC/W3
		Movimiento	Compra
		Cantidad	7 UN
		Costo	69267
		Sub.Total	484869
		Área de Trabajo	RILES
		Observaciones	

1) Indicador de Rectificación Total de Repuestos:

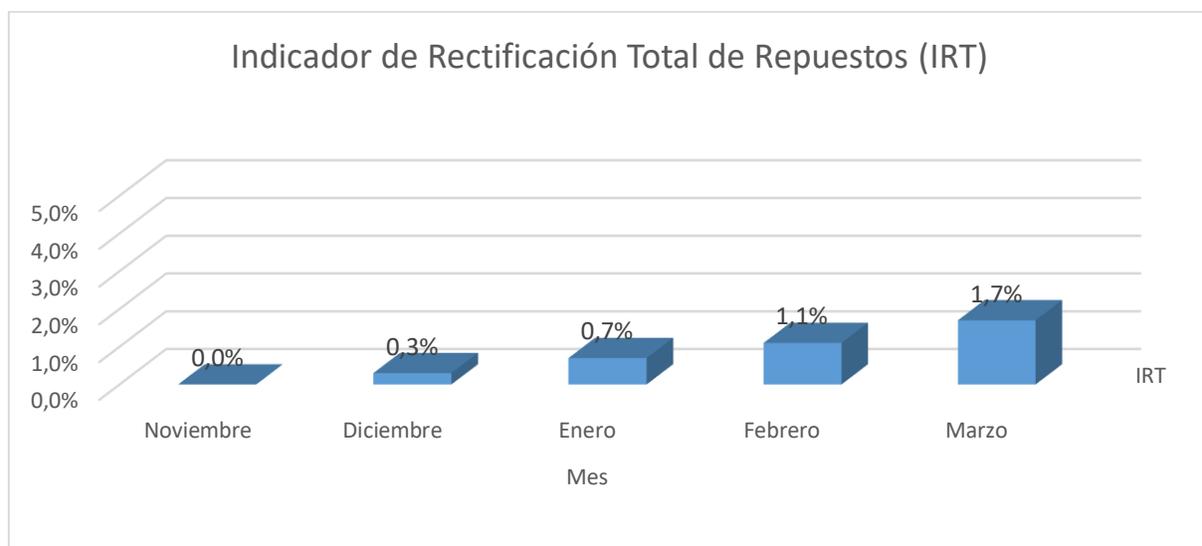


Figura 27: Resultado Indicador de Rectificación Total Repuestos

De la Figura 27 se observó que la rectificación total de repuestos realizada durante los meses de diciembre a marzo es de un 1,7%. La interpretación de este indicador es “Un

1,7% de los repuestos utilizados por mantenimiento ha sido rectificad”. Es espera que a medida que los repuestos son consumidos la rectificación aumente hasta el 100%.

### 2) Indicador de Rectificación por Grupo de Repuestos

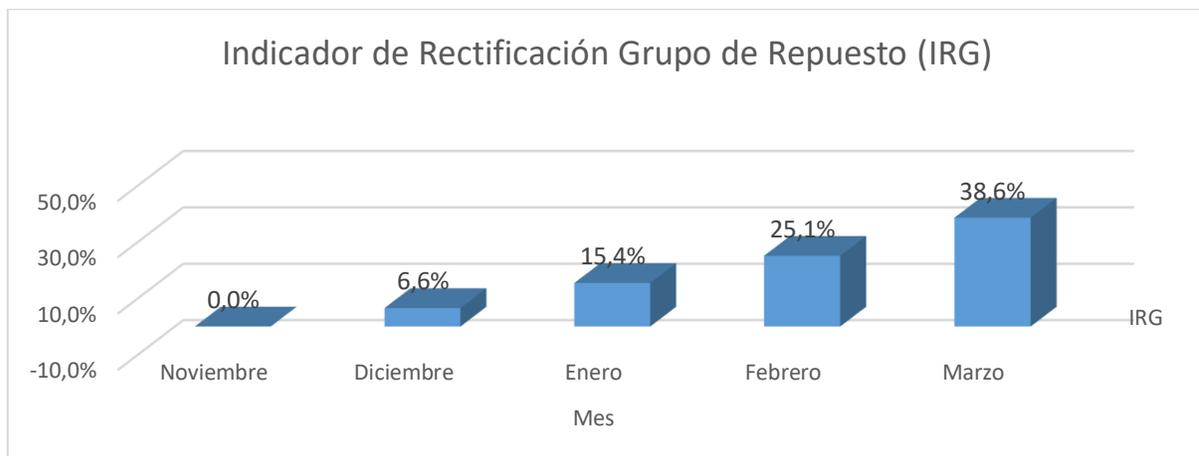


Figura 28: Resultado Indicador de Rectificación por Grupo de Repuesto

Para este ensayo experimental se escogió al grupo de repuestos “Rodamientos” con el objetivo de focalizar su administración y control, debido a la importancia generada de estos repuestos. Se observó en la Figura 28 que la rectificación alcanzada luego de estudiar el stock de 100 rodamientos es de un 38,6% al mes de marzo. El aumento en su rectificación demuestra el consumo de este grupo de repuestos durante el periodo analizado en el ensayo.

### 3) Indicador de Merma de Repuestos



Figura 29: Merma "RODAMIENTO 22217 CC/W33"

Durante el mes de marzo fue posible observar que el registro contenido en SAP para el “RODAMIENTO 22217 CC/W33” fue de 14 unidades. El stock real del material fue de 7 unidades, de las cuales tres fueron consumidas durante marzo. Es por ello por lo

que la merma durante este mes fue de 10 unidades (ver Figura 29). Es posible aplicar este indicador a la totalidad de repuestos, con lo cual se obtendrá el porcentaje promedio de merma por grupo de repuestos.

#### 4) Nivel de Confiabilidad de Inventario

La confiabilidad demostrada del Grupo Rodamientos es de un 36%. Por lo tanto, se evidenció que un 64% de los 100 rodamientos analizados presentó incongruencias entre el stock registrado en SAP y el stock real.

#### 5) Nivel de Servicio del Repuesto

El nivel de servicio del RODAMIENTO 22217 CC/W3 durante el mes de marzo fue de un 50%.

## **6. Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

Se evidencia que las prácticas de Sugal Group no permiten controlar y gestionar los repuestos utilizados por el área de mantenimiento de forma óptima, lo cual implica un alto riesgo de generar pérdidas económicas por sobre stocks o mermas, además de productivas, por quiebres de stock.

La empresa utiliza el sistema ERP SAP para gestionar sus inventarios, sin embargo, la información registrada en sistema no es confiable, sumado a ello, la carencia de procedimientos eficientes, la nula rectificación o corrección de la información y la definición parcial de responsabilidades acentúan los problemas identificados.

El sistema de gestión de inventario está diseñado en base a los requerimientos de la empresa y la norma ISO 9000:2015, enfrentando y dando solución al 88% de las oportunidades de mejora identificadas en el diagnóstico realizado.

El sistema de gestión de inventario propuesto favorece el control de stock de sus repuestos, gestiona de manera óptima las cantidades a obtener a los proveedores anticipándose a quiebres de stock mediante la definición de puntos de reorden, con lo cual mantiene el nivel de servicio requerido para cada uno de los repuestos. Mediante la evaluación del modelo de revisión continua durante el periodo analizado se demuestra su potencial en cuanto a la disminución en los índices de sobre stock y quiebres de stock. Además, el procedimiento fue testeado mediante el ensayo experimental y manifiesta ser una herramienta de apoyo útil a la hora de captar información que permita gestionar y evaluar el inventario de repuestos mensualmente generando confianza a través de sus registros.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda implementar el sistema de gestión de inventario desarrollado y escalar el estudio a los demás grupos de repuestos de mantenimiento en el corto a mediano plazo, con el objetivo de poder administrar de mejor manera sus repuestos y sus stocks, logrando obtener información valiosa sobre su nivel de confianza y el progreso de rectificación alcanzado mediante su utilización.

La gestión de revisión continúa plantea la posibilidad de rectificar la información de los repuestos aun con la industria en operación, por lo que se recomienda la evaluación constante de las variables que intervienen en este modelo de gestión de inventario.

De ser implementado el sistema se espera que con el tiempo los repuestos aumenten sus niveles de confianza y permitan equilibrar las discrepancias cuantitativas entre el stock real y el stock registrado en el sistema ERP SAP. Es por ello por lo que se recomienda que alcanzado un alto porcentaje de rectificación y gestión de sus repuestos se vuelva a aplicar la metodología descrita en este documento, reclasificándolos en función de la criticidad real técnica del material, para posteriormente aplicar en el sistema SAP el modelo de inventario teórico propuesto, capacitando al personal involucrado en su utilización.

## 7. Referencias

- Araya, V. (2016). *Rediseño del modelo de gestión de insumos clínicos del hospital clínico de la universidad de Chile*. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones* (Duodécima ed.). Mc Graw Hill.
- Cleary, M. (2019). A APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE ADMINISTRAÇÃO DE PROCESSOS EM UMA EMPRESA DE REPRESENTAÇÃO COMERCIAL. *Journal of chemical Information and modeling*, 53. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Faune Pinto, C. D. (2016). *Rediseño de la gestión del stock de medicamentos de la farmacia de un hospital público*. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago.
- Gens Abujas, J. (2013). *ISO 9001 Calidad*. Obtenido de <https://iso9001calidad.com/ficha-proceso-control-stocks-1223.html>
- Heizer , J., & Render, B. (2008). Gestión de inventarios. En *Dirección de la producción y operaciones* (págs. 63-72). Madrid, España: Pearson Education.
- Rincón, R. (2012). *Los indicadores de gestión organizacional: Una guía para su definición*.
- Stair, R., Render, B., & Hanna, M. (2012). Inventory Control Models. En R. Stair, B. Render, & M. Hanna, *Quantitative analysis for management* (duodécima ed., págs. 195-246). Boston, Estados Unidos: Pearson.
- Sugal Group* . (2020). Obtenido de Sugal Group Web Site: <https://sugal-group.com/es/>
- Sugal Group*. (2020). *Comunicación propia*.
- Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali, Colombia: Programa Editorial.

## 8. Anexos

### Anexo A: Productos Sugall Group

**Elaborados con Concentrado de Tomate:** los tomates frescos crecen en los campos alrededor de las instalaciones y al ser cosechados son procesados “just in time”, para ser envasados en formatos de tamaño industrial, al menudeo, o bien, tamaño Food Service, dependiendo de los requerimientos de cada uno de los clientes (ver Tabla 18).

Tabla 18: Productos Concentrado de Tomate

Tipo	Productos	Gamas
Industrial (B2B)	Tomate Concentrado	Cold Break Hot Break Warm Break Super Hot Break
	Tomate Triturado/Salsa de Pizza	Hot Break
	Tomate en Cubos	Corte
	Passata	Hot Break
Menudeo (B2C)	Ketchup de Tomate	Tailor Made
	Passata	Tailor Made
	Salsa de Pizza	Tailor Made
	Pulpa de Tomate	Tailor Made
	Salsas Variadas	Tailor Made
	Tomate en Cubos	Corte
	Tomate Pelado	Orgánico Standard
	Concentrado de Tomate	Tailor Made
Food Service	Concentrado de Tomate	26-28 Brix 28-30 Brix
	Salsa de Pizza Natural	12-14 Brix 14-16 Brix
	Salsa de Pizza con Especies	12-14 Brix 14-16 Brix
	Ketchup	A10 A12
	Pulpa de Tomate	Tailor Made
	Passata	10-12 rix

Fuente: Elaboración Propia en base a Sugall Group (2020)

**Productos Elaborados con Pulpa de Fruta:** de la misma manera, una amplia variedad de frutas, a través de un proceso industrial, es transformada en puré de fruta, siendo actualmente el líder mundial en la producción de pulpa de durazno y de manzana. Los productos son los siguientes:

Tabla 19: Productos Pulpa de Fruta

Productos	Gamas	Embalajes
Puré de Durazno	Single	DRUM 240 Kg BIN 1.200 Kg BIN MADERA 1.400Kg
Puré de Manzana	11-16 brix	
Puré de Pera	14-16 brix	
Puré de Damasco	16-18 brix	
Puré de Ciruela	20-22 brix	
Puré de Frutilla	28-30 brix	
	30-32 brix	
	36-38 brix	

Fuente: Elaboración Propia en base a Sugal Group (2020)

### Anexo B: Líneas de Negocio SUGAL GROUP

- 1) B2B: se refiere a la comercialización de concentrado de tomate y pulpa de frutas a nivel industrial a pedido de conglomerados y empresas internacionales.
- 2) B2C: hace referencia al comercio al por menor, el cual es comercializado directamente a los clientes y consumidores en formatos que van de 300 a 1000 gramos.
- 3) Food Service: está orientado a satisfacer la demanda de empresas que requieren formatos menores que el B2B y mayores que el B2C, por lo que las líneas disponibles de producto son latas de 3 a 5 kilogramos, y bolsas de 2 a 5 kilogramos.

### Anexo C: Principales Proveedores Internacionales

Tabla 20: Principales Proveedores

Proveedores	
CFT	TERMOEQUIPOS
CLAVE	BURG
INTERACTUAL	RESOURCE
ANDRITZ	

### Anexo D: Clasificación de Materiales Propuesta

Luego del análisis realizado sobre el consumo de repuestos durante los años 2017, 2018, 2019 y 2020 se decide en conjunto con personal de mantenimiento establecer 45 categorías de repuestos como se observa a continuación:

Tabla 21: Grupos de Repuestos

Categorías de Repuestos				
Acoples	Correas	Instrumentación	Pernos	Soldadura
Anclajes	Empaquetado	Insumos Varios	Pintura	Soporte
Anillos	Estatores	Lubricantes	Químicos	Sujeción
Antideslizantes	Boccolas	Mangos	Retenes	Tubos
Aseo	Filtros	Mangueras	Rieles	Tuercas
Bombas Reductoras	Fitting	Marcadores	Rodamientos	Válvulas
Tapas	Gases	Motores	Rodetes	Válvulas Mecánicas
Carga	Golillas	Niples	Seguridad	Ventilación
Compresores	Herramientas	O 'Ring	Sellos	Otros

### Anexo E: Requerimientos de la Propuesta de Procedimiento

Tabla 22: Requerimientos de gestión de repuestos bodega SUGAL planta Talca

Gestión de Inventario	
Control de stock de Repuestos utilizados por Mantenimiento	
Requerimiento	Evidencia
Existe un procedimiento implementado y documentado que permite identificar el repuesto de manera rápida y eficaz.	Se deberá contar con un procedimiento documentado e implementado de gestión de inventario que permita controlar el stock del material desde la solicitud del material al almacenamiento de este. También deberá identificar su manipulación y los involucrados en ella.
El sistema de gestión de inventario permite gestionar los riesgos de la inexistencia de materiales en un nivel aceptable por la organización.	Se deberá contar con un sistema de registro que permita controlar el stock de materiales, permitiendo realizar un análisis para prevenir, mejorar y/o corregir su gestión.

Fuente: Elaboración propia basada en Sugal Group (2020).

Tabla 23: Requerimientos de un sistema de gestión de inventario enfocado en el levantamiento de sus procedimientos ISO 9001:2015

Requerimiento	Descripción
Título	Se establece el título de la ficha del procedimiento
Objetivo	Describe el propósito u objetivo para el cual fue diseñado el procedimiento
Alcance	Es el campo de aplicación del procedimiento
Responsabilidades	Establecen los responsables de llevar a cabo el procedimiento
Definiciones	Son aquellas palabras que serán nombradas en el procedimiento, las cuales puedan representar dificultad de apreciación o entendimiento para quienes ejecutan el procedimiento

Normativa	Se mencionan aquellas normativas que intervienen en el diseño o desarrollo del procedimiento
Desarrollo	Se describen los pasos secuenciales que se realizan en el procedimiento, estableciendo responsables de cada una de las actividades a ejecutar
Documentos de Referencias	Son los documentos que se relacionan en el procedimiento
Registros	Se establecen los registros que relaciona el procedimiento.
Identificación de los cambios	Se debe identificar los cambios que ha sufrido dicho procedimiento
Anexos	Cualquier otro documento para ampliar la información relacionada con el procedimiento

Fuente: Elaboración propia en base a ISO 9001:2015 extraído de (Gens Abujas, 2013)

## **Anexo F: Indicadores de Gestión Propuestos**

Como parte del diseño del sistema de gestión de inventario se propuso una serie de indicadores mediante los cuales se pretende generar un historial de desempeño que permita evaluar el proceso de gestión y otorgue herramientas mediante las cuales se logre aumentar el control de los repuestos en existencia. Cabe destacar que estas métricas funcionan en conjunto con el prototipo funcional propuesto a raíz de los bajos niveles de confianza demostrados del sistema SAP como se verá más adelante.

### **1) Indicador de Rectificación Total de Repuestos**

Se definió un indicador que permita visualizar el porcentaje en cuanto a la rectificación total de materiales, es decir, aquellos repuestos que por consulta, consumo o recepción fueron verificados por el jefe de bodega, y, en consecuencia, fue posible cuantificar el stock real del artículo. Se considera un indicador mensual. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$IRT = \frac{\text{Cantidad de repuestos rectificadas}}{\text{Cantidad total de repuestos ingresados}} * 100$$

[Ecuación 27]

Donde,

$IRT$  = porcentaje total de repuestos rectificadas en el mes  $i$

Este indicador tiene por objetivo identificar el porcentaje real de repuestos sobre el cual se tiene control y por ende se busca su incremento gradual con el tiempo.

### **2) Indicador de Rectificación Grupo de Repuesto**

Se definió un indicador que permita visualizar el porcentaje de repuestos rectificadas en función de su clasificación. Por lo tanto, para su determinación sólo considerará la totalidad de los repuestos pertenecientes a su grupo.

$$IRG = \frac{\text{Cantidad de repuestos del Grupo rectificadas}}{\text{Cantidad total de repuestos en el Grupo}} * 100$$

[Ecuación 28]

Donde

$IRG$  = porcentaje total de repuestos del grupo rectificadas en el mes  $i$

Este indicador tiene el objetivo de identificar el nivel de confianza que se posee sobre un grupo de repuesto en específico y así centrar la atención en aquellos que presenten un nivel menor.

### 3) Indicador de Merma de Repuestos

Este indicador tiene por objetivo medir la diferencia observada entre las existencias registradas en sistema SAP versus las existencias reales en bodega de un repuesto  $x$ . Su forma de cálculo es la siguiente:

$$M_R = Stock_{SAP} - Stock_{Real}$$

[Ecuación 29]

Donde,

$Stock_{SAP}$  = cantidad en existencia del repuesto  $x$  registrada en sistema SAP

$Stock_{Real}$  = cantidad en existencia del repuesto  $x$  verificada físicamente en bodega

$M_R$  = diferencia entre el stock registrado en sistema SAP y el stock real del repuesto  $x$

La interpretación de  $M_R$  dependerá de lo siguiente:

$$M_R \begin{cases} > 0, \text{ faltan } X \text{ unidades del repuesto } x \\ = 0, \text{ el stock registrado en SAP del repuesto } x \text{ es correcto} \\ < 0, \text{ hay } X \text{ unidades físicas que no han sido ingresadas en SAP del repuesto } x \end{cases}$$

#### 4) Nivel de Confiabilidad de Inventario

Este indicador proporciona información respecto a qué tan fiable es la contabilización de los materiales. Su objetivo es identificar el nivel de precisión en los datos de inventario de la empresa. Es posible aplicarlo a la totalidad de repuestos, así como también a grupos específicos. Se calcula así:

$$Co = 1 - \frac{N_d}{Total_M} * 100$$

[Ecuación 30]

Donde,

$N_d$ : número de materiales que presentan diferencias entre el stock físico y el de SAP

$Total_M$ : número total de referencias verificadas

$Co$ : nivel de confiabilidad de inventario

#### 5) Nivel de Servicio del Repuesto

Se definió este indicador con el propósito de identificar el nivel de gestión de los repuestos de manera particular midiendo el nivel de servicio brindado en función de la aparición de quiebres.

$$NS_i = 1 - \frac{\text{Consumos insatisfechos}}{\text{Consumos totales en el mes } i}$$

[Ecuación 31]

Donde,

$NS_i$  = nivel de servicio del repuesto durante el mes  $i$

## **Anexo G: Proceso Actual de Gestión de Inventario Detallado**

Cómo se pudo observar en la Figura 11 en el proceso de aprovisionamiento participa personal de la planta de Tilcoco y de la planta de Talca. Cada una, vela por mantener una gestión de stock de manera individual, sin embargo, existen procesos en los cuales se relacionan y participan en conjunto, los cuales son mencionados a continuación:

### 1) Necesidad y Revisión de Stocks

El proceso actual de abastecimiento es desencadenado mediante dos maneras. La primera, tiene que ver con el personal de bodega, quienes mediante revisión física y de SAP determinan la insuficiencia de un material. La segunda, nace a partir de la necesidad del material por personal de mantenimiento en sus operaciones, quienes en conjunto con personal de bodega revisan la disponibilidad del material en almacén y luego SAP. De no hallar existencias suficientes, bodega, o bien, personal de mantenimiento, solicita el material al Jefe de Turno, o bien, al Jefe de Operaciones.

### 2) Cotización

El Jefe de Turno o el de Operaciones solicita el material al área de adquisiciones, por lo que, la secretaria es la encargada de cotizar los materiales demandados por bodega o mantención. A veces, la cotización es realizada directamente por los Jefes de Turno o Jefe de Operaciones, quienes responden a la premura de las necesidades de su personal a cargo. Es imperioso que la cotización sea realizada a mínimo 3 proveedores, para que luego los jefes determinen quién será el proveedor en base a la calidad y precio del material.

### 3) Solicitud de Pedido (SP)

Jefe de Turno o Jefe de Operaciones autorizan la creación de un documento llamado Solicitud de Pedido (SP). La secretaria de adquisiciones de la planta de Talca es la encargada de confeccionar la solicitud en SAP, indicando el código del material, su descripción y la cantidad requerida. La cantidad por solicitar es definida por bodega,

personal de mantenimiento, o bien, directamente por los Jefes de Turno o Jefe de Operaciones.

#### 4) Orden de Compra (OC)

Luego de cotizar el material, definir su proveedor y crear la Solicitud de Pedido (SP) se procede a generar la Orden de Compra (OC) para ser enviada a Tilcoco con el fin de ser autorizada por Gerente de Mantención y el área de Contabilidad, mencionando el proveedor seleccionado y los datos del material. Finalmente, si la OC es aprobada se reenvía a la secretaria de adquisiciones de Talca, quien posteriormente la envía al proveedor.

#### 5) Recepción de Materiales

Los materiales adquiridos son recepcionados por personal de bodega, quienes, en lo posible, verifican la Orden de Compra, y verifican que lo solicitado es, efectivamente, lo que se pidió. Después de la revisión se autoriza el pago de la factura. Luego, el material debe ser codificado con un código SAP conocido, o bien, crear uno nuevo para ingresar su arribo al sistema. Finalmente, el material está disponible para ser utilizado.

### **Anexo H: Procedimiento de Gestión de Inventario Propuesto**

#### **Título**

Procedimiento de utilización del Sistema de Gestión de Inventario Propuesto

#### **Objetivo**

Definir los pasos a seguir para capturar los datos relevantes del proceso operativo de gestión de compras y gestión de stock, que permitan disminuir los quiebres de stock, el sobre stock y merma de repuestos de la bodega de la planta industrial de Talca.

### **Alcance**

Este procedimiento aplica a las diferentes áreas involucradas en la gestión de inventario de la empresa Sugal Group planta industrial Talca ante la necesidad o requerimiento de un repuesto por el área de mantenimiento.

### **Responsabilidades**

Ejecución: personal de cada una de las respectivas áreas de trabajo involucradas en los procesos de gestión de stock.

Monitoreo: encargado(a) de cada área de trabajo.

Verificación: jefe(a) de bodega.

### **Definiciones**

- 1) **Gestión de Inventario:** conjunto de actividades logísticas necesarias para lograr una eficiente administración de los inventarios, que permitan a la empresa contar con las existencias necesarias y en cantidades suficientes para sus operaciones minimizando la posibilidad de incurrir en excesos o rupturas de inventario.
- 2) **Código del Repuesto:** se refiere a la codificación SAP asignada de manera individual a cada uno de los materiales ingresados al sistema de la planta. En este caso, repuestos.
- 3) **Material:** hace referencia al objeto físico que está siendo manipulado por las áreas involucradas en este proceso. Para este procedimiento en específico se consideró como material a los repuestos utilizados en mantenimiento.
- 4) **Stock:** se refiere a la cantidad de artículos en existencia del material.
- 5) **Stock Digital:** se refiere a la cantidad de artículos en existencia del material registrados en el sistema SAP.
- 6) **Stock Físico:** se refiere a la cantidad física de artículos en existencia del material en bodega.
- 7) **Quiebre de Stock:** es cuando un material no es encontrado en bodega, en el tamaño, variedad y forma deseada.

- 8) **Sobre stock:** es la situación en el que el nivel de un material supera excesivamente los índices de demanda.
- 9) **Solicitud de Pedido (SP):** es un documento generado en el sistema SAP que tiene por objetivo solicitar la aprobación de la gestión de aprovisionamiento de un material(es) específico(s) ante un quiebre de stock.
- 10) **Orden de Compra (OC):** es un documento generado en el sistema SAP mediante el cual se adquieren materiales. El documento es enviado directamente al proveedor, con lo cual se ratifica la solicitud del material.
- 11) **Compra óptima:** es la cantidad recomendada de adquisición de un material por sistema, en base a la aplicación de un modelo de gestión de inventario teórico que considera las variables de demanda, lead time, entre otras.
- 12) **Modelo de gestión de inventario:** es un sistema de gestión que asiste el mantenimiento y control de los bienes en existencia, además de dar estructura y organización a los materiales. Su utilización favorece la creación de políticas que apoyen su gestión. Las variables que intervienen en los modelos de inventario permiten determinar el momento idóneo para realizar un pedido y la cantidad óptima del material a ordenar en función de la aplicación de cálculos teóricos.
- 13) **Sistema SAP:** es el software de planificación de recursos empresariales que dispone actualmente Sugal Group.
- 14) **Sistema Alternativo de Gestión de Inventario (SAGI):** se refiere al sistema digital creado en Microsoft Excel que facilitará la gestión y control de los inventarios de repuestos utilizados por mantenimiento.
- 15) **Etapas de Proceso:** se refiere a las actividades realizadas por las áreas de trabajo que participan en la gestión de inventario de repuestos de la planta.
- 16) **Reserva de Material:** es un documento obligatorio creado en el sistema SAP con el que es posible retirar materiales de bodega con la autorización del jefe de turno/supervisor.
- 17) **Registro de consumo Nocturno:** se refiere al documento generado ante la necesidad de un repuesto durante la jornada de trabajo nocturna

## Etapas del proceso de Gestión de Compras y Gestión de Stock

Tabla 24: Etapas del Procedimiento

Etapa	Descripción
Etapa I	Análisis de Disponibilidad del Repuesto
Etapa II	Verificación del Repuesto
Etapa III	Consumo del Repuesto
Etapa IV	Compra del Repuesto
Etapa V	Recepción y Almacenamiento del Material

**Normativa**

ISO 9001:2015

**Desarrollo****Etapa I: Análisis de Disponibilidad del Repuesto****Búsqueda de Codificación del Repuesto**

Personal de mantenimiento es el responsable de identificar el **código del repuesto** requerido, para luego consultar el material en Bodega. Para ello identificará el material en el sistema SAGI y verificará que la descripción del código obtenido corresponde efectivamente al repuesto requerido.

**Etapa II: Verificación del Repuesto****Consulta del Repuesto en Bodega**

Personal de mantenimiento con el código del repuesto se acercará directamente a bodega a consultar disponibilidad del material. El jefe de bodega verificará el stock digital en SAP y luego la cantidad física disponible del material en bodega.

## **Stock Físico del Material**

Si se cuenta con existencias físicas del material el jefe de bodega realizará una reserva de material en SAP, procedimiento explicado de forma detallada en la “Etapa III: Consumo del Repuesto” de este documento.

En el caso de no haber existencias del material se notificará al jefe de turno/supervisor y secretaria de compras, este procedimiento es explicado en la “Etapa IV: Compra del Repuesto” de este documento.

### *Etapa III: Consumo del Repuesto*

Si se cuenta con existencias físicas del material en bodega el jefe de bodega realizará una reserva de material en SAP la cual será firmada por el jefe de turno/supervisor a petición del personal de mantenimiento. Una vez autorizada (la reserva) el material puede ser retirado por personal de mantenimiento.

- **Registro de consumo del Material**

Una vez ingresado el consumo del material en el sistema SAP se debe contabilizar en el SAGI. Para ello, el jefe de bodega debe ingresar la información relevante de la utilización del material al sistema en la pestaña llamada “Movimientos”. La información requerida es la siguiente:

- a) Fecha: se debe registrar la fecha en que se realiza el consumo indicando día-mes-año.
- b) Código SAP: se ingresa el código SAP del material que fue consumido.
- c) Material: una vez ingresado el código del material esta pestaña mostrará una breve descripción del material de manera automática.
- d) Movimiento: se debe seleccionar la opción “utilizado” identificando así el consumo del material.
- e) Cantidad: ingresar la cantidad de material que fue retirado de bodega para su posterior consumo.

- f) Costo: mostrará el costo/precio ponderado en sistema SAP del material una vez ingresado su código.
- g) Sub. Total: expone el costo total de la utilización del material en función de la cantidad retirada.
- h) Observaciones: es posible ingresar información que pueda añadir detalles relevantes del consumo del material.
- i) Área de Trabajo: se debe identificar el área de trabajo de la empresa que requirió el material.

### **Consumo Nocturno del Material**

En el caso de que se requiera un repuesto en el turno de noche personal de mantenimiento solicitará el material al jefe de turno/supervisor quien realizará la reserva de material en SAP y notificará mediante un registro la salida del material.

- **Registro de consumo Nocturno**

Ante el requerimiento nocturno de materiales se debe dejar registro del consumo en la plantilla tipo ubicada en el Anexo 2 de este documento procedimental.

### **Rectificación de Stocks**

Si la cantidad de existencias registradas en SAP difiere de las ingresadas en SAGI se debe rectificar dicha cuantía. De la misma manera, si la cantidad física real del material difiere del último registro ingresado en SAGI se debe rectificar.

- **Registro de rectificación de stocks**

Luego de ingresar el consumo del material en SAP y en SAGI el jefe de bodega rectificará la información respecto a las existencias reales del repuesto. Para ello, en la pestaña llamada "Materiales" realizará una consulta utilizando el código SAP del material digitándolo en la columna 1 de la tabla, identificada como "CODIGO SAP".

Si la cantidad de stock SAP del material en el SAGI expuesta en la columna "SAP" de la tabla difiere de la cantidad ingresada y verificada en el sistema SAP de la empresa

al momento de la revisión debe ser rectificada. Además, si el stock físico identificado en el momento de la verificación en bodega difiere del ingresado en SAGI debe ser rectificado ingresando la cantidad real en la columna “CANTIDAD FISICA” de esta tabla.

Finalmente, luego de mantener, o bien, modificar las cantidades, se debe ingresar la fecha en la que fue realizada cualquiera de estas dos acciones en la columna “FECHA Última Modificación” de la tabla.

- **Registro de ubicación específica del material**

Ante la necesidad del repuesto el jefe de bodega luego de haber verificado su disponibilidad física identifica la posición espacial exacta en el que se encuentra el material. Luego de realizar el “Registro de rectificación de stocks” corresponde ingresar la posición específica identificada del material en la bodega. Por lo que su codificación será la siguiente:

- a) Primer dígito: se refiere al estante físico de bodega en el que se encuentra el repuesto.
- b) Segundo dígito: es la columna en la que se encuentra específicamente el repuesto en el estante físico de bodega.
- c) Tercer dígito: es la fila o altura específica en la que se encuentra ubicado el repuesto en el estante.

#### Etapa IV: Compra del Repuesto

En el caso de no contar con existencias físicas del material el jefe de bodega notificará al jefe de turno/supervisor y secretaria de compras con el objetivo de adquirir stock del repuesto. Se debe adjuntar una recomendación de compra óptima, documento que será explicado más adelante. Finalmente, se realiza el registro de quiebre de stock.

#### **Recomendación de compra óptima**

El jefe de bodega ante la inexistencia de un material hará uso del sistema SAGI para analizar cuál es la cantidad óptima por pedir del material según su demanda promedio.

Esta cantidad es definida mediante la aplicación de un modelo de gestión de inventario teórico implementado en el sistema.

Para acceder a esta información debe dirigirse a la pestaña “Reorden” y visualizar la columna 1 de la tabla llamada “CODIGO SAP”. Una vez identificada la columna se debe ingresar el código del material que ha quedado sin stock en el buscador, para luego visualizar la cantidad óptima recomendada por SAGI a adquirir en la columna 4 denominada “CANTIDAD A SOLICITAR”.

- **Registro de recomendación de compra**

Obtenidas las cantidades a pedir de los materiales se debe generar un documento llamado “Recomendación de Compra” (ver Anexo 3) en el cual se especificará la información del material y la cantidad a solicitar en función de la recomendación otorgada del sistema.

### **Quiebre de Stock Físico del Material**

En el caso de no existir existencias físicas del material y luego de realizar la notificación y recomendación lo que procede es registrar el quiebre de stock del material como sigue.

- Registro de quiebre de stock

Los quiebres de stock de un material deben ser registrados en el sistema SAGI. Para ello, el jefe de bodega ingresará a la pestaña “Movimientos” y realizará el registro de la información como sigue.

- a) Fecha: se debe registrar la fecha en que se manifiesta un quiebre de stock del material indicando día-mes-año.
- b) Código SAP: se ingresa el código SAP del material que manifiesta un quiebre de stock.
- c) Material: una vez ingresado el código del material esta pestaña mostrará una breve descripción del material de manera automática.

- d) Movimiento: se debe seleccionar la opción “Quiebre de Stock” identificando la inexistencia del material.
- e) Cantidad: ingresar la cantidad de material que fue demandado y que por quiebre de stock no fue posible satisfacer.
- f) Costo: mostrará el costo/precio ponderado en sistema SAP del material una vez ingresado su código.
- g) Sub. Total: expone el costo total de la utilización del material en función de la cantidad requerida.
- h) Observaciones: se ingresará la causa aparente que generó el quiebre de stock.
- i) Área de Trabajo: se debe identificar el área de trabajo de la empresa que requirió el material y que ante la inexistencia no pudo consumirlo.

### **Solicitud de Pedido**

La secretaria de compras luego de recibir la notificación de inexistencia de un material procederá a cotizar su adquisición con diferentes proveedores, para luego crear la Solicitud de Pedido (SP), documento que debe ser aprobado por el jefe de turno/supervisor o gerente de operaciones. Este documento considerará la recomendación realizada por el sistema SAGI.

### **Orden de Compra**

Una vez aprobada la SP la secretaria de compras procede a crear y enviar la Orden de Compra (OC) a Tilcoco. Luego de obtener su aprobación es enviada directamente al proveedor mediante SAP y al jefe de bodega.

### **Notificación de OC a Bodega**

El jefe de bodega recibe la OC aprobada y procede a ingresar su información al sistema SAGI.

- **Registro de Orden de Compra**

Para registrar la información de la OC el jefe de bodega deberá dirigirse a la pestaña denominada “Órdenes de Compra” en la cual ingresará la siguiente información:

- a) Fecha: ingresar la fecha de emisión de la orden de compra del material.
- b) N° OC: ingresar el número de la orden de compra generada
- c) Proveedor: nombre del proveedor.
- d) Código SAP: se ingresa el código SAP del material solicitado.
- e) Descripción: una vez ingresado el código SAP del material esta pestaña mostrará una breve descripción de manera automática.
- f) Cantidad Ordenada: ingresar la cantidad solicitada al proveedor
- g) Costo: se refiere al costo unitario del material adquirido.
- h) Sub. Total: se refiere al costo total de las cantidades adquiridas del material.
- i) Cantidad Recibida: una vez recepcionado el material se debe ingresar la cantidad recibida.
- j) Unidad de Medida: ingresar la unidad de medida del material.
- k) Estado OC: este cuadro de información es rellenado de manera automática y muestra el estado de la OC.

### **Compras realizadas por Gerencia**

En el caso de que la compra sea realizada por gerencia se debe efectuar el mismo procedimiento de notificación de la orden de compra a bodega. Los requerimientos de información se observan en el apartado 24 de este documento procedimental.

### **Etapa V: Recepción y Almacenamiento del Material**

#### **Arribo y revisión de Material**

El material debe ser recepcionado en la planta por el jefe de bodega quien se encargará de verificar la OC y la condición física del repuesto. De ser aprobada esta revisión el material será almacenado a la espera de la segunda revisión que tiene que ser realizada por personal de mantenimiento.

- **Registro de Llegada de Material**

Para registrar la información de la llegada de un material en SAGI el jefe de bodega deberá dirigirse a la pestaña denominada “Órdenes de Compra” en la cual será posible visualizar la OC correspondiente de haber sido ingresada en la fecha de su emisión.

Para ello, debe dirigirse a la columna 2 denominada “N° OC” de la tabla. Se digita el número de la OC correspondiente en el buscador, a lo que el sistema automáticamente mostrará los elementos relacionados a esa Orden de Compra.

Se debe verificar que la información ingresada sobre el proveedor y los materiales corresponden efectivamente a los que arribaron a la planta. De no ser así, contactar a la secretaria de compras o directamente al proveedor. Si el error fue de digitación, rectificar la información.

Para registrar el número de materiales que arribaron a la planta se debe dirigir a la columna 9, denominada “Cantidad Recibida” de la tabla. Una vez ahí se ingresará la información correspondiente a las cantidades que arribaron y automáticamente la columna 11, denominada “Estado OC” mostrará las siguientes clasificaciones:

- 1) Completa: la cantidad recibida es igual a la cantidad ordenada.
- 2) Falta Material: la cantidad recibida es menor a la cantidad ordenada.
- 3) Sobra Material: la cantidad recibida es mayor que la cantidad ordenada.

El sistema SAGI proveerá la información numérica de las cantidades a pedir o devolver al proveedor, dependiendo del caso en la columna 12.

### **Revisión de material por Mantenimiento**

El jefe de bodega notificará al área de mantenimiento sobre la llegada de materiales. Personal de mantenimiento deberá acudir a bodega en un plazo máximo de 48 horas para poder verificar que los materiales son los correctos. Si lo recibido no corresponde con lo demandado se debe contactar a la secretaria de compras.

- **Registro de Almacenamiento de Material**

Una vez realizada la revisión física de los materiales por parte del jefe de bodega y la revisión física por personal de mantenimiento se procederá a ingresar el arribo de los

materiales al sistema SAGI. Para ello el jefe de bodega deberá dirigirse a la pestaña denominada “Movimientos” y realizará el registro de la información siguiente:

- 1) Fecha: se debe registrar la fecha en que se manifiesta el almacenamiento del material indicando día-mes-año.
- 2) Código SAP: se ingresa el código SAP del material que es almacenado.
- 3) Material: una vez ingresado el código del material esta pestaña mostrará una breve descripción del material de manera automática.
- 4) Movimiento: se debe seleccionar la opción “Compra” identificando el arribo del material.
- 5) Cantidad: ingresar la cantidad de material que fue almacenado.
- 6) Costo: ingresar el costo/precio del material almacenado.
- 7) Sub. Total: expone el costo total del material en función de la cantidad almacenada.
- 8) Observaciones: se ingresará información relevante respecto al almacenamiento del material.
- 9) Área de Trabajo: se debe identificar el área de trabajo de la empresa que requirió el material.

### **Documentos de Referencias**

Tabla 25: Documentos referenciales

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Documentos Referenciales</b>
Etapa I	Análisis de Disponibilidad del Repuesto	Documento de identificación de Repuestos
Etapa II	Verificación del Repuesto	Recomendación de Compra óptima
Etapa III	Consumo del Repuesto	Reserva del Material
		Registro de consumo Nocturno
Etapa IV	Compra del Repuesto	Solicitud de pedido
		Recomendación de Compra óptima
		Orden de Compra
Etapa V	Recepción y Almacenamiento del Material	Notificación de llegada de material

### **Almacenamiento de los Registros**

Es deber del jefe de bodega llevar un almacenamiento ordenado y seguro de los registros de cada una de las etapas mencionadas respetando los procedimientos

descritos en este documento, de tal manera que se mantengan íntegros, confiables y en buenas condiciones para que el proceso de recopilación, revisión y análisis de los datos del sistema SAGI sea legítimo, efectivo y eficiente.

### **Recopilación y Carga de Datos del Sistema de Gestión de Inventario**

Una vez que los registros son completados, el jefe de bodega debe recopilar la información obtenida de dichos registros al menos una vez por semana al finalizar esta, con el objetivo de resguardar la información y evitar pérdidas que puedan afectar la gestión de inventario.

### **Anexos SAGI**

**Anexo 1: Consulta de Material (Pestaña Materiales)**

**Anexo 2: Registro nocturno (Pestaña Movimientos)**

**Anexo 3: Recomendación de compra óptima (Pestaña Reorden)**

**Anexo 4: Registro de Quiebre (Pestaña Movimientos)**

### Anexo I: Flujograma Procedimiento Propuesto

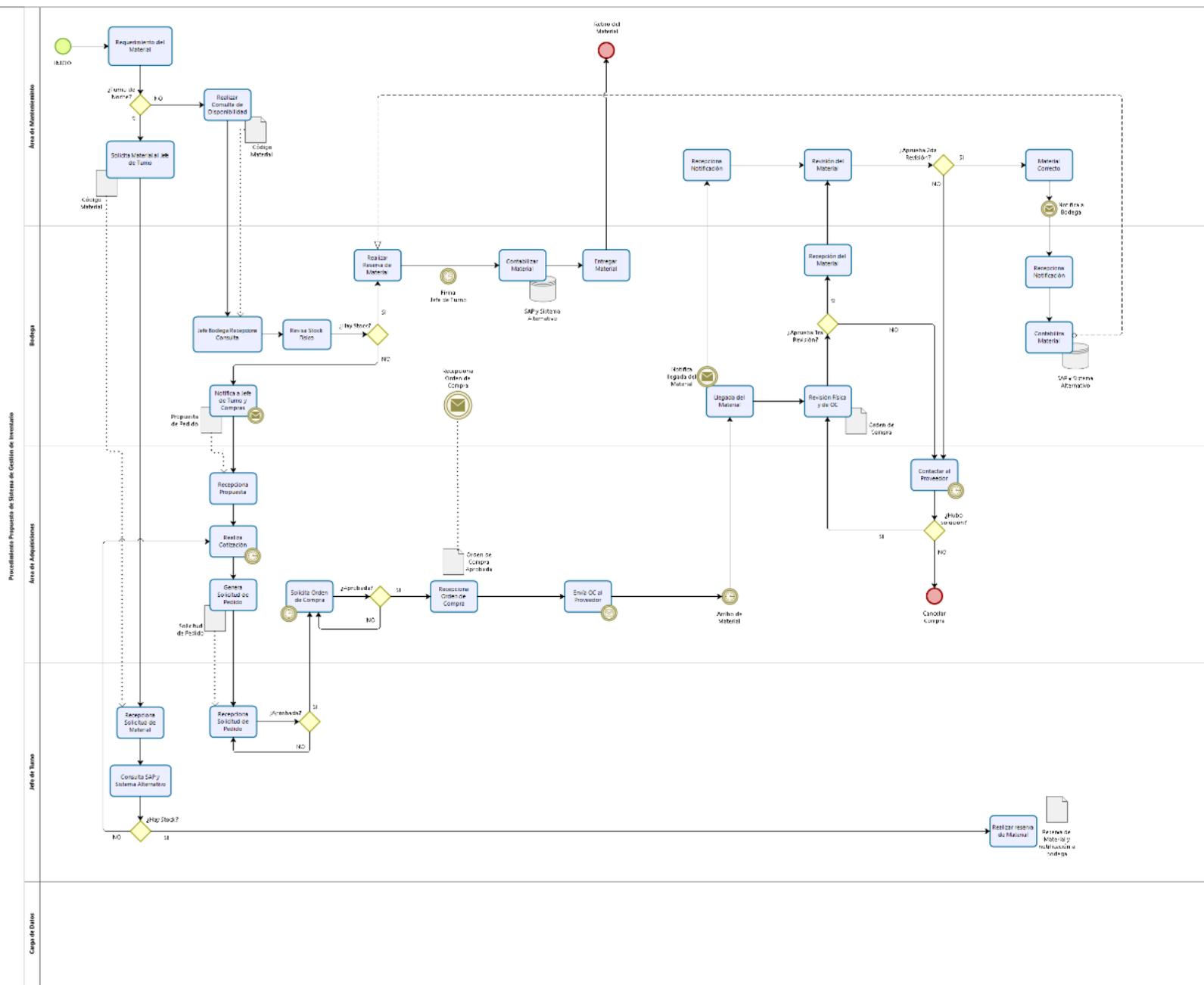


Figura 30: Flujograma Procedimiento Propuesto

### Anexo J: Evaluación del Modelo de Revisión Continua

Tabla 26: Evaluación de Escenarios

Año	Escenario	Gasto	Sobre stock	% Sobre stock
2019	Optimista	\$ 1.708.177	\$ 116.156	6,8%
	Normal	\$ 1.985.179	\$ 93.303	4,7%
	Pesimista	\$ 2.169.846	\$ 49.906	2,3%
	<b>Promedio</b>	<b>\$ 1.954.401</b>	<b>\$ 86.455</b>	<b>4,4%</b>
2020	Optimista	\$ 2.940.931	\$ 352.912	12,0%
	Normal	\$ 3.459.919	\$ 273.334	7,9%
	Pesimista	\$ 4.930.384	\$ 177.494	3,6%
	<b>Promedio</b>	<b>\$ 3.777.078</b>	<b>\$ 267.913</b>	<b>7,1%</b>

### Anexo K: Costos de Inventario Actual vs Costos de Inventario Propuestos

Tabla 27: Comparación de Costos Real vs Propuesto

Mes	Costo Inventario Política Actual	Costo Inventario Propuesta	Diferencia
1	\$ 55.346	\$ 49.086	\$ 6.260
2	\$ 73.794	\$ 65.448	\$ 8.346
3	\$ 18.449	\$ 16.362	\$ 2.087
4	\$ 239.832	\$ 212.706	\$ 27.126
5	\$ 276.729	\$ 245.430	\$ 31.299
6	\$ 332.075	\$ 294.516	\$ 37.559
7	\$ 202.935	\$ 179.982	\$ 22.953
8	\$ 184.486	\$ 163.620	\$ 20.866
9	\$ 212.935	\$ 179.982	\$ 32.953
10	\$ 147.589	\$ 130.896	\$ 16.693
11	\$ 92.243	\$ 81.810	\$ 10.433
12	\$ 18.449	\$ 16.362	\$ 2.087
13	\$ 133.155	\$ 120.128	\$ 13.027
14	\$ 332.887	\$ 30.032	\$ 302.855
15	\$ 133.155	\$ 390.417	\$ -257.262
16	\$ 798.930	\$ 450.481	\$ 348.448
17	\$ 998.662	\$ 540.577	\$ 458.085
18	\$ 1.198.394	\$ 330.353	\$ 868.042
19	\$ 599.197	\$ 300.321	\$ 298.876
20	\$ 466.042	\$ 330.353	\$ 135.689
21	\$ 732.352	\$ 240.257	\$ 492.096
22	\$ 466.042	\$ 150.160	\$ 315.882
23	\$ 466.042	\$ 30.032	\$ 436.010
24	\$ 332.887	\$ 60.064	\$ 272.823
<b>Total</b>	<b>\$ 8.512.608</b>	<b>\$ 4.609.377</b>	<b>\$ 3.903.231</b>

## Anexo L: Ensayo Experimental

Con el objetivo de probar el procedimiento propuesto, sus registros de información y sus indicadores se realizó un ensayo experimental el cual se hace el supuesto de que se requiere el repuesto con código RP03547 descrito como “RODAMIENTO 22217 CC/W33” para probar sus registros. Por lo que los procesos involucrados fueron: necesidad del material, verificación, compra y recepción. En el caso de los indicadores se realizó un estudio a 100 Rodamientos de los 259 que posee este grupo en total.

Los supuestos para el ingreso de registros fueron:

- La solicitud de 5 unidades del repuesto.
- Quiebre de stock del repuesto.
- Stock Físico igual a cero unidades.
- Stock SAP igual a 14 unidades.

### Desarrollo:

#### Etapa I: Análisis de Disponibilidad del Repuesto

- **Registro de Consulta (SAGI):**

Código SAP	Descripción	Grupo	Cantidad Solicitada	Área de Trabajo	Máquina	Código Máquina
RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	RODAMIENTOS	3 UN	RILES	UHV-50	9Z14010-042

#### Etapa II: Verificación del Repuesto

Jefe de bodega se percata de que existe un quiebre de stock luego de verificar en SAP y en la bodega, por lo que se notifica directamente a los jefes de turno y secretaria de compras. Es por ello por lo que se avanza a la etapa IV directamente.

#### Etapa IV: Compra del Repuesto

- **Registro de recomendación de compra (SAGI):**

Fecha	Código SAP	Descripción	Cantidad Solicitada	Costo	Sub. Total	Cantidad Recomendada	Sub Total
-------	------------	-------------	---------------------	-------	------------	----------------------	-----------

05-02-2021	RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	3 UN	\$ 69.267	\$ 207.801	11 UN	\$ 761.937
------------	---------	---------------------------	------	-----------	---------------	-------	------------

El jefe de bodega debe registrar el quiebre de stock realizando el registro siguiente:

**- Registro de quiebre de stock (SAGI):**

Fecha	Código SAP	Descripción	Movimiento	Stock Insatisfecho	Costo	Sub. Total	Área de Trabajo	Observaciones
05-02-2021	RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	Quiebre de Stock	3 UN	\$ 69.267	\$ 207.801	RILES	

Luego de realizar la recomendación de compra, la secretaria efectúa cotizaciones, solicitud de compra (SP) y orden de compra (OC).

Una vez efectuada la compra se debe notificar a bodega. El jefe de bodega procede a ingresar su información al sistema SAGI.

**- Registro de Orden de Compra (SAGI):**

Fecha	N° OC	Proveedor	Código SAP	Descripción	Cantidad Ordenada	Costo	Sub.Total	Cantidad Recibida
11-02-2021	4500027987	RODACAR LTDA	RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	7 UN	\$ 69.267	\$ 484.869	0 UN

*Etapa V: Recepción y Almacenamiento del Material*

**- Registro de Llegada de Material (SAGI):**

Fecha	N° OC	Proveedor	Código SAP	Descripción	Cantidad Ordenada	Costo	Sub.Total	Cantidad Recibida
11-02-2021	4500027987	RODACAR LTDA	RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	7 UN	\$ 69.267	\$ 484.869	<b>7 UN</b>

**- Registro de Almacenamiento de Material (SAGI):**

Fecha	Código SAP	Descripción	Movimiento	Cantidad	Costo	Sub. Total	Área de Trabajo	Observaciones
15-02-2021	RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	Compra	7 UN	\$ 69.267	\$ 484.869	RILES	

Etapa III: Consumo del Repuesto**- Registro de consumo del Material (SAGI):**

Fecha	Código SAP	Descripción	Movimiento	Cantidad	Costo	Sub. Total	Área de Trabajo	Observaciones
15-02-2021	RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	Utilizado	3 UN	\$ 69.267	\$ 207.801	RILES	

Si la cantidad de existencias registradas en SAP difiere de las ingresadas en SAGI se debe rectificar dicha cuantía. De la misma manera, si la cantidad física real del material difiere del último registro ingresado en SAGI se debe rectificar.

**- Registro de rectificación de Stocks y Registro de ubicación específica del material (SAGI):**

Código SAP	Descripción	Stock SAP	Cantidad Física	Fecha	Ubicación Específica
RP03547	RODAMIENTO 22217 CC/W3	14 UN	4 UN	15-02-2021	733

Finalmente, luego de realizar los registros y rectificaciones correspondientes fue posible determinar los indicadores de gestión.

Para el cálculo de los indicadores de gestión se utilizaron datos reales concernientes a 100 repuestos del grupo Rodamientos durante diciembre de 2020 a marzo de 2021.

Los supuestos para el cálculo de los Indicadores de Gestión fueron:

- Cantidad total de repuestos ingresados en SAGI: 5721 repuestos.
- Cantidad total Grupo Rodamientos: 259 repuestos.
- Mes de cálculo: Marzo

1) Indicador de Rectificación Total de Repuestos (IRT)

Este indicador permite visualizar el porcentaje de rectificación total de materiales. Se considera un indicador mensual. La Tabla 26 otorga el historial de rectificación realizado durante los meses mencionados al grupo de repuesto rodamientos.

Tabla 28: Historial de IRT por mes

	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
<b>Repuestos Rectificados</b>	17	23	25	35	100

Su fórmula de cálculo fue la siguiente:

$$IRT = \frac{100}{5721} * 100 = 1,7\%$$

Tabla 29: Progreso de IRT por mes

	Mes				
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
<b>IRT</b>	0,0%	0,3%	0,7%	1,1%	1,7%

Finalmente, es posible apreciar que el progreso de rectificación de repuestos es de 1,7% mediante el procedimiento y sistema SAGI.

2) Indicador de Rectificación Grupo de Repuesto

Este indicador permite visualizar el porcentaje de repuestos rectificadas en función de su clasificación. El estudio de los indicadores fue realizado sobre el grupo rodamientos.

Su obtención fue la siguiente:

$$IRG = \frac{100}{259} * 100 = 38,6\%$$

Tabla 30: Progreso mensual de IRG Grupo RODAMINETOS

	Mes				
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
<b>IRG</b>	0,0%	6,6%	15,4%	25,1%	38,6%

Según la Tabla 28 la rectificación alcanzada al evaluar los 100 rodamientos del grupo de repuesto Rodamientos es de un 38,6% al mes de marzo.

### 3) Indicador de Merma de Repuestos

Este indicador tiene por objetivo medir la diferencia observada entre las existencias registradas en sistema SAP versus las existencias reales en bodega. Para su cálculo se utilizó el RODAMIENTO 22217 CC/W3 utilizado en el ensayo experimental de los registros.

$$M_R = 14 - 4 = 10 \text{ Unidades}$$

Actualmente el RODAMIENTO 22217 CC/W3 registra una merma de 10 unidades respecto al stock contenido en el sistema SAP.

### 4) Nivel de Confiabilidad de Inventario

Este indicador proporciona información respecto a qué tan fiable es la contabilización de los materiales. Es por ello, que se utilizó la información recabada de los 100 rodamientos analizados durante los meses mencionados.

$$C_o = 1 - \frac{64}{100} * 100 = 36\%$$

La confiabilidad demostrada de los 100 rodamientos en estudio pertenecientes al Grupo Rodamientos es de un 36%. Por lo tanto, se evidenció que un 64% de estos repuestos presentó incongruencias de stock entre SAP y la realidad.

### 5) Nivel de Servicio del Repuesto

Se definió este indicador con el propósito de identificar el nivel de gestión de los repuestos de manera particular midiendo el nivel de servicio brindado en función de la aparición de quiebres.

$$NS_i = 1 - \frac{1}{2} * 100 = 50\%$$

El nivel de servicio del RODAMIENTO 22217 CC/W3 durante el mes de marzo fue de un 50%.