

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Mejoramiento de la rotación de inventario en una bodega de una  
Institución de Educación Superior”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Karen Liseth Moncayo García  
Luis Francisco Guillén Hidalgo

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2018

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme, encaminarme y permitirme culminar con éxito este proyecto.

A mis padres, por todo el amor, esfuerzo, dedicación, motivación y apoyo durante toda mi vida personal y profesional.

**Karen Liseth Moncayo García**

A mi familia por su amor incondicional, en especial a mis abuelos, Luis Hidalgo y Lucila Castillo, que siempre han sido ejemplo de responsabilidad, esfuerzo, y honestidad; porque nunca han dejado de creer en mí y han velado por mi bienestar durante toda mi vida.

**Luis Francisco Guillén Hidalgo**

# AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo el amor y apoyo incondicional por verme crecer cada día y alcanzar las metas que me propongo.

A mi hermano por ser ejemplo de perseverancia. A mi hermanita, por sus abrazos reconfortantes luego de cada mala noche.

A mi amigo de toda la vida, por darme ánimos, cuidarme, y estar presente en cada adversidad que se presente sin importar lo que fuera.

A mi compañero de tesis, por la infinita paciencia y confianza en cada cosa que hago.

A nuestro tutor, PhD. Jorge Abad Morán y Josselin Vera por la confianza depositada para culminar con éxito este proyecto.

**Karen Liseth Moncayo García**

# AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios por dotarme de la sabiduría y la perseverancia para alcanzar esta meta. A mis abuelos Luis y Lucila, ejemplos de lucha y constancia; a mi madre, Janneth, por ser mi inspiración para ser mejor cada día; a mi hermana, Jordana, por ser la mejor compañera; a mis tías, Diana y Alexandra, por su amor y su preocupación; a mis tíos, William y Fernando, por reflejar la imagen de padre para mí.

A mis profesores, porque su deber no solo quedó en enseñarme la teoría, sino también a ser mejores personas día a día y siempre alcanzar lo que te propones.

A mis compañeros y amigos de toda la vida, Michael, Xavier y Karen, por acompañarme en este largo camino lleno de experiencias, alegrías y tristezas.

**Luis Francisco Guillén Hidalgo**

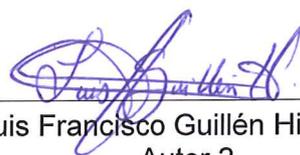
## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Karen Liseth Moncayo García* y *Luis Francisco Guillén Hidalgo* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



---

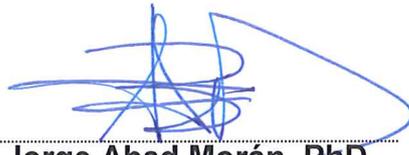
Karen Liseth Moncayo García  
Autor 1



---

Luis Francisco Guillén Hidalgo  
Autor 2

# EVALUADORES

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal dotted line.

**Jorge Abad Morán, PhD.**

PROFESOR DE LA MATERIA  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto se realiza en una bodega de una institución de educación superior ubicada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, con el objetivo de reducir los días de inventario de los productos tipo A, de la categoría de materiales de construcción y eléctricos, de 353 días a al menos 120 días, con la finalidad de disminuir el nivel de inventario e incrementar la rotación de los productos. El problema se identifica a través de entrevistas y análisis de la data del sistema que maneja el departamento de mantenimiento.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la metodología DMAIC que comprende las fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar mediante el uso de herramientas para identificar el problema y sus principales causas, generar soluciones y controles.

Las soluciones se basaron en la implementación de tres soluciones: Diseño y comparación de una política de inventario con Demand Driven MRP y EOQ, Diseño de layout e implementación 6S y reasignación de tareas al bodeguero. Con la implementación y control de las soluciones se obtiene 72 días de inventario, mediante el manejo de inventarios Demand Drive en los productos tipo A en una prueba piloto de 10 productos, logrando una reducción del 75% y un aumento en la capacidad de almacenamiento de la bodega de 210 a 431 SKU's.

**Palabras clave:** Días de inventario, DMAIC, Demand Driven MRP, EOQ, layout.

## **ABSTRACT**

*The present project is carried out in a warehouse of a higher education institution located in Guayaquil, Ecuador, and the objective is to reduce the inventory days of A type products, of the construction and electrical materials category, of 353 days to at least 120 days, to reduce the inventory level and increase the inventory turnover. The problem is identified through interviews and data analysis of the system managed by the maintenance department.*

*For the development of the project, the DMAIC methodology was used, which includes the phases: Define, Measure, Analyze, Improve and Control using tools to identify the problem and its main causes, generate solutions and control them.*

*The solutions were based on the three solutions implementations: Design and comparison of an inventory policy with Demand Driven MRP and EOQ, a layout design and 6S implementation; and tasks re-assignment in the warehouse. With the solutions implementation and control, 72 days of inventory are obtained, through the management of Demand Driven inventories in type A products in a pilot test of 10 products, achieving a reduction of 75% and an increase in the warehouse storage capacity of 210 to 431 SKU's.*

**Key words:** *Inventory days, DMAIC, Demand Driven MRP, EOQ, layout.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.1.1 Variable de medición.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Marco teórico .....	3
CAPÍTULO 2.....	9
2. Metodología.....	9
2.1 Selección de la bodega.....	10
2.2 Definición .....	11
2.2.1 Voz del Cliente .....	11
2.2.2 Árbol de variables críticas .....	11
2.3 Justificación del problema.....	13
2.3.1 5W+1H .....	14

2.4	Medición .....	14
2.4.1	Estratificación .....	15
2.4.2	Plan de Recolección de Datos .....	15
2.4.3	Verificación de datos .....	16
2.4.4	Proceso detallado.....	21
2.5	Análisis .....	21
2.5.1	Lluvia de Ideas .....	21
2.5.2	Diagrama de Causa y Efecto .....	22
2.5.3	Matriz de Impacto vs Esfuerzo .....	24
2.5.4	Verificación de Causas.....	25
2.5.5	Análisis de los 5 ¿Por qué's? .....	26
2.5.6	Causas Raíces .....	27
2.6	Mejora.....	28
2.6.1	Lluvia de ideas: Soluciones.....	28
2.6.2	Ponderación para cada una de las causas raíz .....	31
2.6.3	Matriz de impacto vs esfuerzo.....	32
2.6.4	Plan de implementación de soluciones .....	34
2.6.5	Implementación de soluciones .....	35
2.7	Control .....	46
CAPÍTULO 3.....		50
3.	Resultados y análisis .....	50
3.1	Implementación de una política de inventario para los productos tipo A. ....	50
3.2	Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC ..	51
CAPÍTULO 4.....		53
4.	Conclusiones y recomendaciones .....	53
4.1	Conclusiones .....	53

4.2 Recomendaciones .....53

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control
DDMRP	Demand Driven Material Requirement Planning
EOQ	Economic Order Quantity
SKU	Stock Keeping Unit
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output and Customer
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical-to-Quality
5W1H	What, When, Where, Who, Why and How
OTIDA	Operación, Transporte, Inspección, Demora y Almacenamiento
SS	Safety Stock
6S	Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain and Safety
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo
CDP	Consumo diario promedio
ADI	Intervalos promedio de demanda
CV	Coeficiente de variación
MAD	Median Absolute Deviation
MSD	Mean Signed Deviation
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
LT	Lead Time
DLT	Decoupled Lead Time

## SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
\$	Dólar
M	metro
$\alpha$	Alpha
$\sigma$	Desviación estándar
$\mu$	Promedio
$H_0$	Hipótesis nula
$H_1$	Hipótesis alterna

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de SIPOC .....	3
Figura 2.1 Estructura de desglose de trabajo para el desarrollo del proyecto .....	9
Figura 2.2 Puntaje obtenido a través del método de evaluación .....	10
Figura 2.3 Voz del Cliente.....	11
Figura 2.4 Diagrama CTQ.....	12
Figura 2.5 Sku's utilizados vs Sku's no utilizados .....	13
Figura 2.6 Herramienta 5W+1H .....	14
Figura 2.7 Categoría de productos .....	15
Figura 2.8 Porcentaje de órdenes completas despachadas vs órdenes incompletas	17
Figura 2.9 Porcentaje de órdenes al mes de junio, con y sin lista de materiales .....	18
Figura 2.10 Formato de registros de despacho físico vs en el sistema .....	20
Figura 2.11 Confiabilidad de la data del tiempo de registro en el sistema .....	21
Figura 2.12 Evidencia fotográfica sobre reunión operacional .....	22
Figura 2.13 Generación de Lluvia de Ideas .....	22
Figura 2.14 Evidencia fotográfica de elaboración de Ishikawa .....	23
Figura 2.15 Diagrama de Ishikawa .....	23
Figura 2.16 Matriz de Esfuerzo vs Impacto.....	25
Figura 2.17 Causas Raíces .....	28
Figura 2.18 Lluvia de ideas de soluciones .....	29
Figura 2.19 Matriz impacto vs esfuerzo de las soluciones.....	34
Figura 2.20 Comportamiento de la demanda según CV y ADI .....	38
Figura 2.21 Zonas de buffer para Demand Driven .....	41
Figura 2.22 Layout por familia y subfamilias de productos según clasificación ABC.	43
Figura 2.23 Metodología 6's .....	44
Figura 2.24 Clasificar .....	44
Figura 2.25 Ordenar.....	45
Figura 2.26 Limpiar .....	45
Figura 3.1 Comparación de los días de inventario.....	50
Figura 3.2 Comparación de niveles de inventario .....	51
Figura 3.3 Diferencia de medias para la distancia recorrida .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Dimensiones de los Sistemas de Almacenamiento .....	18
Tabla 2.2 Calificación para ponderación de causas potenciales .....	24
Tabla 2.3 Ponderación de causas potenciales.....	24
Tabla 2.4 Plan de verificación de causas.....	26
Tabla 2.5 Análisis Causa 1 .....	26
Tabla 2.6 Análisis Causa 2 .....	27
Tabla 2.7 Análisis Causa 3 .....	27
Tabla 2.8 Análisis Causa 4 .....	27
Tabla 2.9 Resultado de ponderaciones de cada causa raíz vs cada causa potencial	30
Tabla 2.10 Matriz de Soluciones vs Causas Raíces .....	31
Tabla 2.11 Resultado de la matriz Soluciones vs Causas Raíces .....	32
Tabla 2.12 Resultados Esfuerzo vs Impacto de cada solución .....	33
Tabla 2.13 Productos prueba piloto .....	35
Tabla 2.14 Parámetros Política EOQ.....	36
Tabla 2.15 Parámetros Política Demand Driven.....	37
Tabla 2.16 Clasificación de ítems de acuerdo al comportamiento de la demanda ....	38
Tabla 2.17 Ejemplo de pronóstico.....	40
Tabla 2.18 Simulación .....	40
Tabla 2.19 Factores de variabilidad de acuerdo al SKU .....	42
Tabla 2.20 Data de inventario promedio, consumo y rotación de inventario.....	42
Tabla 2.21 Implementación de una política de inventario para los productos tipo A..	47
Tabla 2.22 Diseño de layout para ubicación de productos según clasificación ABC .	48
Tabla 2.23 Implementación 6'S.....	49
Tabla 2.24 Reasignación de tareas .....	49

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Es fundamental para las bodegas alcanzar eficiencia en sus procesos con el fin de afrontar diferentes retos; ya que el proceso genera entre 2% a 5% del costo de ventas de cualquier industria y, por lo tanto, es necesario asignar los recursos de la bodega de manera eficiente para mejorar la productividad y reducir los costos de operación de la bodega (More, 2016).

Actualmente, una Institución de Educación Superior cuenta con 4 instalaciones que cumplen la función de almacenar diferentes tipos de materiales: 1. La bodega del centro de acuicultura, abastece los insumos necesarios para cumplir con las investigaciones marinas; 2. La bodega de insumos médicos abastece las necesidades de los estudiantes y personal de la institución que presenten problemas de salud; 3. La bodega de mantenimiento abastece a los técnicos de mantenimiento con materiales de diversas categorías para el desarrollo y cumplimiento de las actividades en las diferentes unidades académicas y administrativas y; 4. La bodega central gestiona y controla el abastecimiento de las bodegas mencionadas anteriormente. Cada una de las bodegas de la institución fue inspeccionada y revisadas en diferentes aspectos para analizar los problemas que presentan. Con el fin de seleccionar una de ellas se aplicó el método de calificación de factores (Heizer y Render, 2004) con 7 categorías a evaluarse: satisfacción del cliente; limpieza, ambiente, ergonomía y seguridad; uso del espacio de la bodega; equipo de trabajo, administración y motivación; sistemas de almacenamiento; preparación de pedidos y; compromiso con la calidad.

Una vez obtenidos los resultados de esta evaluación, se determinó que la bodega de mantenimiento será la fuente de investigación de este proyecto y, aplicando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se buscará aumentar la eficiencia de los procesos actuales a través de la eliminación de desperdicios.

## 1.1 Descripción del problema

La bodega de mantenimiento de una Institución de Educación Superior ha presentado en promedio 353 días de inventario para los productos tipo A de la categoría de materiales eléctricos y de construcción desde enero hasta diciembre del 2018, cuando el esperado es de al menos 120 días.

### 1.1.1 Variable de medición

La métrica (Y) que se desea mejorar corresponde a los días de inventario, los cuales equivalen al número de días que en promedio cada producto o SKU (Stock keeping Unit) ha permanecido en la bodega, y puede expresarse según la ecuación 1.1:

$$\text{Días de inventario} = \frac{\text{Inventario Promedio (\$)}}{\text{Consumo (s)}} * 365 \quad (1.1)$$

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Reducir los días de inventario de los productos tipo A de 353 días a al menos 120 días, durante los próximos 4 meses, con la finalidad de disminuir el nivel de inventario e incrementar la rotación de los mismos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

1. Levantar información acerca del proceso de bodega de mantenimiento.
2. Validar la confiabilidad de la data a utilizar.
3. Mejorar el proceso de despacho y control de inventario.
4. Identificar los factores que influyen en el alto nivel de inventario de la bodega.
5. Proponer mejoras para reducir el nivel de inventario de los productos tipo A.

### 1.3 Alcance

Para definir el alcance del proyecto se identificaron los procesos clave en la bodega de mantenimiento a través del diagrama SIPOC como se puede observar en la figura 1.1, el almacenamiento corresponde el proceso de análisis del proyecto.

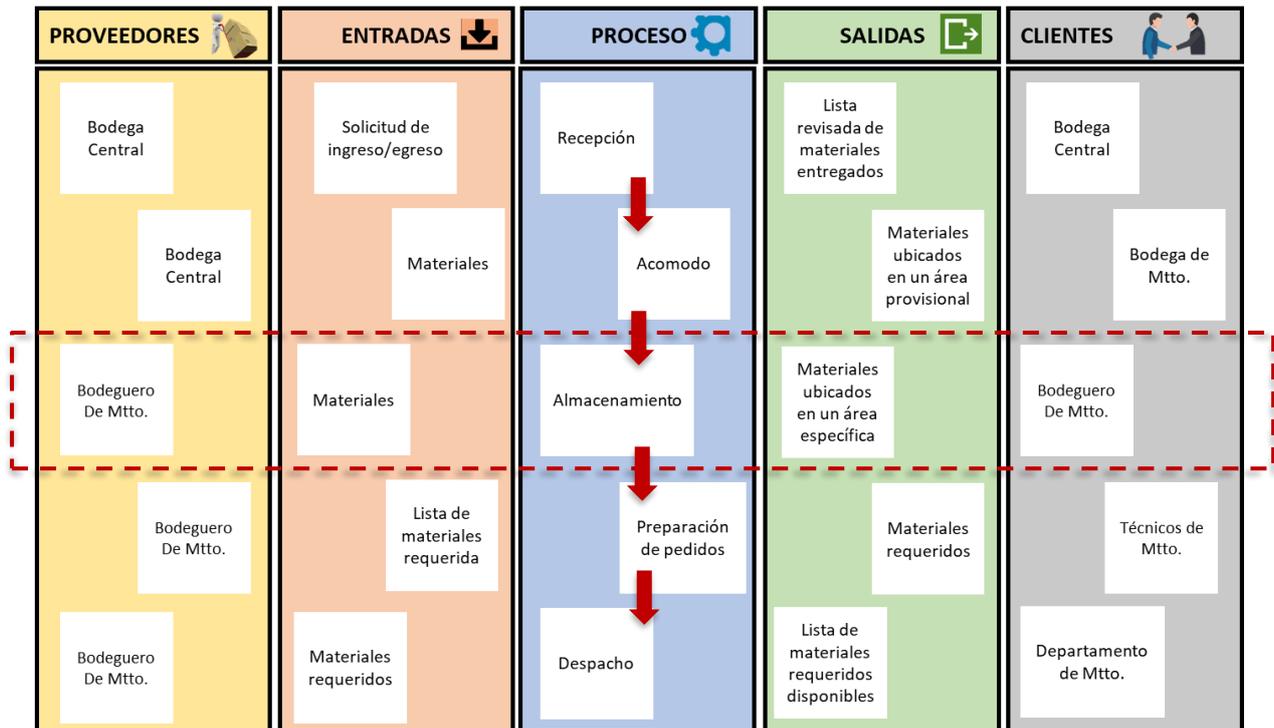


Figura 1.1 Diagrama de SIPOC

Elaboración Propia

### 1.4 Marco teórico

*DMAIC*: Es una metodología, basada en datos, de mejora de procesos la cual ayuda a estabilizar y optimizar los procesos eliminando las altas y costosas variaciones del mismo. Es un acrónimo de cinco fases que conforman la metodología: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, que se explicarán a continuación:

- Definir: Esta fase da inicio al proyecto mediante la determinación de los objetivos y el alcance del proyecto, realizando la recolección de información del proceso. También se define los clientes y sus necesidades mediante la voz del cliente. (Shrivastava, 2008)

- Medir: Corresponde a la segunda fase de la metodología y se centra en presentar el mapeo detallado del proceso, la evaluación de la operación del sistema actual y el plan de recolección de datos. (Shrivastava, 2008)
- Analizar: Corresponde a la tercera fase de la metodología, la cual tiene como objetivo describir las causas potenciales identificadas, seleccionando aquellas que generen un alto impacto y a su vez sean fácil de controlar, a través de un análisis de Causa-Efecto y el diagrama de Pareto de las causas para determinar las causas raíces del problema y lograr el enfoque en los procesos que afecten en CTQ. (Shrivastava, 2008)
- Mejorar: Corresponde a la cuarta etapa de la metodología y tiene como objetivo desarrollar soluciones una vez que se ha determinado la causa raíz del problema planteado a través del intercambio de ideas entre los interesados del proyecto, planteamiento e implementación de soluciones y evaluación de los resultados obtenidos. (Shrivastava, 2008)
- Controlar: Corresponde a la última etapa de la metodología y su objetivo es la sostenibilidad de las soluciones implementadas en la etapa anterior a través de planes de seguimiento periódicos y de acción con el fin de asegurarse de que las variables estén dentro de sus límites. (Shrivastava, 2008)

*Gemba*: Ir al Gemba es el acto de acudir al lugar donde los hechos suceden, es la idea de que los líderes deberían estar presentes, regularmente o frecuentemente, para observar el proceso cuando y donde se lleva a cabo. (KaiNexus, 2017)

*Voz del cliente (VOC)*: Es un término usado para describir el proceso de capturar o recopilar las necesidades del cliente. Permite obtener un conjunto detallado de necesidades de los clientes, las cuales son organizadas en una estructura jerárquica, y luego priorizada en términos de satisfacción. (Hauser, 1991)

*Critical-to-Quality (CTQ):* Es la descripción técnica medible de los requerimientos del cliente que fueron evaluados y seleccionados para alcanzar la mayor satisfacción del cliente. (Jamroziak, 2010)

*Inventario:* Representa un componente especial para los activos de una compañía y el análisis económico les otorga un rol muy importante en el logro de sus metas. Su almacenamiento puede estar justificado por diferentes motivos como: prevenirse ante las variaciones de la oferta y la demanda, apoyo a los procesos de producción, cumplir lo más pronto posible con el cliente, entre otros. (Lesconi-Frumuşanu, 2010)

*Rotación de Inventario:* Indica la cantidad de veces que la empresa vende su inventario durante un periodo determinado. Una alta rotación de inventario significa que los productos se venden rápidamente mientras que una baja rotación indica exceso de inventario los cuales pueden convertirse en desperdicios dentro de la bodega. (Lesconi-Frumuşanu, 2010)

*Días de inventario:* Indica la cantidad promedio de días que un producto se almacenó en inventario o demoró en ser vendido durante un periodo determinado. Si el valor es alto indica que hay problemas con los pronósticos de compras o de ventas. (Adewuyi, 2016)

*Utilización del espacio de la bodega:* Es un indicador que mide la eficiencia con la que la bodega utiliza su capacidad de almacenamiento de inventario. La utilización óptima de la misma es un indicador clave para las empresas con pequeñas bodegas, especialmente cuando las áreas de almacenamiento son extremadamente costosas, por ejemplo, para productos que necesitan refrigeración. (Rimini, 2008)

*Capacidad de la bodega:* Es definida como la cantidad de espacio necesaria para almacenamiento que ayuda a acomodar los materiales en función de un nivel de servicio que determine el grado de disponibilidad de la bodega. (Elsayed, 2005)

*Análisis ABC de productos:* Corresponde a una técnica de categorización (A, B y C) de inventario usualmente utilizada en la gestión de materiales en donde la precisión y el control disminuyen a medida que va del tipo A al tipo C. (Abdel-Aleem, 2018)

*Familia de productos:* Son grupos de SKU's similares que se almacenan en la misma área para reducir la distancia recorrida durante la preparación de pedidos. (Stephan, 2013)

*5W1H:* Es un método para describir y analizar un problema respondiendo a 5 preguntas que comienzan, por sus siglas en inglés, con la letra W (What-Qué, Where-Dónde, When-Cuándo, Who-Quién, Which-Cómo) y una pregunta con la letra H (How). Este método no resuelve el problema en sí, pero genera las condiciones para la identificación adecuada del problema que está siendo analizado. (Mielczarek, 2018)

*Diagrama SIPOC:* Es una herramienta que se utiliza en la resolución de problemas DMAIC, específicamente en la fase de definición. Un diagrama SIPOC es utilizado para mapear un proceso de forma detallada al más alto nivel. (Pyzdek, 2003)

*Diagrama de flujo de proceso:* Es una representación gráfica de las diferentes etapas que sigue un proceso con el fin de documentarlo para una mejor comprensión, estandarización y modelamiento para mejora a través del análisis de este y hacerlo entendible a aquellos que nunca han visto el proceso. (Inc., 2019)

*Diagrama OTIDA:* Es un diagrama que describe de forma más detallada el proceso y representa gráficamente el orden en que ocurren las operaciones, las inspecciones, las demoras, el transporte y los inventarios durante el proceso el cual puede llegar a incluir información adicional como el tiempo necesario y la distancia recorrida. (Becerra, 2016)

*Actividades que agregan valor:* Son aquellas actividades que agregan valor al cliente y cumplen con los tres criterios para una actividad de valor agregado: la actividad transforma el elemento hacia la finalización, se realiza correctamente la primera vez y el cliente pagaría por esta actividad. (Swan, 2018)

*Actividades que no agregan valor:* Son aquellos pasos del proceso que no cumplen uno o más de los criterios de las actividades que agregan valor. (Swan, 2018)

*Actividades que no agregan valor, pero son necesarias:* Son aquellas actividades que se requieren para que una empresa o un proceso funcione, pero no agregan valor desde el punto de vista del cliente. (Swan, 2018)

*Lluvia de ideas:* Es una actividad llena de energía, rápida y sinérgica, que permite generar una gran lista de ideas que, eventualmente, pueden reducirse o filtrarse a una lista más pequeña de elementos prioritarios con el fin de encontrar las causas raíces del proyecto de mejora. (Hessing, 2014)

*Diagrama Ishikawa:* Fue inventado por Kaoru Ishikawa, pionero en técnicas de administración de la calidad en 1960. Este diagrama es considerado como una de las 7 herramientas básicas de la calidad y es conocido, por su forma, como diagrama de espina de pescado, donde su cabeza representa el problema principal y sus espinas las causas potenciales de este. (Wong, 2011)

*Matriz de impacto vs esfuerzo:* Es una herramienta que ayuda a decidir qué solución debe ser escogida de entre varias por un equipo de trabajo. Gracias a esta herramienta, es posible priorizar visualmente las soluciones que sean fáciles de implementar con recursos y tiempo limitado; y a su vez generen un alto impacto. (Press, 2010)

*Política de inventario:* Es un modelo que tiene como objetivo maximizar los beneficios esperados o minimizar los costos totales en términos de la

administración de inventarios en un horizonte previamente definido. (S.Y. Wang, K.F.C. Yiu and K.L. Mak, 2012)

*Política de inventario EOQ:* El modelo económico de cantidad de pedido (EOQ) equilibra el costo de mantener inventario y el costo de realizar un pedido para determinar la cantidad óptima que debe pedirse para el reabastecimiento de los productos. (Veeraphat Krittanathipa, 2012)

*Punto de reorden:* Es el punto de renovación del producto almacenado en la bodega, expresado en unidades de producto, cuando llega a un nivel de inventario previamente calculado. (Juan Manuel Izar Landeta, 2014)

*Stock de seguridad:* Es el nivel adicional de inventario que tiene un producto para protegerse de las fluctuaciones de los diversos factores de abastecimiento y así reducir la probabilidad de que el inventario se agote. (Ehsan Yadollahi, 2017)

*Metodología 5S:* Es una herramienta para reducir los tiempos que no agregan valor en el proceso con el fin de incrementar la productividad y la calidad. Puede ser resumida de la siguiente manera:

- Clasificar: Organizar las cosas que son usadas usual y frecuentemente, así como las que ya no se usan.
- Ordenar: Ubicar todo en lugares donde puedan ser claramente vistos e identificados instantáneamente.
- Limpiar: Mantener el área de trabajo impecable.
- Estandarizar: Métodos operativos, gestiones visuales y procesos.
- Disciplina: Trabajar constantemente con la estandarización. (Salonitisa, 2017)

*Diseño de layout de bodega:* Es el diseño conformado por tres factores claves: el plan para el layout de la bodega, plan para el manejo de materiales y el plan de las operaciones de la bodega para determinar el mejor método de almacenamiento, equipos y diseño (Emre Cakmaka, 2012).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La ejecución del proyecto se desarrolló siguiendo la metodología DMAIC previamente descrita, con la finalidad de obtener procesos más eficientes, tanto externos como internos, que faciliten la administración de la bodega y permita identificar oportunidades de mejora constantemente. A continuación, se muestra una estructura de desglose de trabajo (EDT) en la figura 2.1 donde se puede observar las tareas necesarias para alcanzar los objetivos planteados en el capítulo 1.

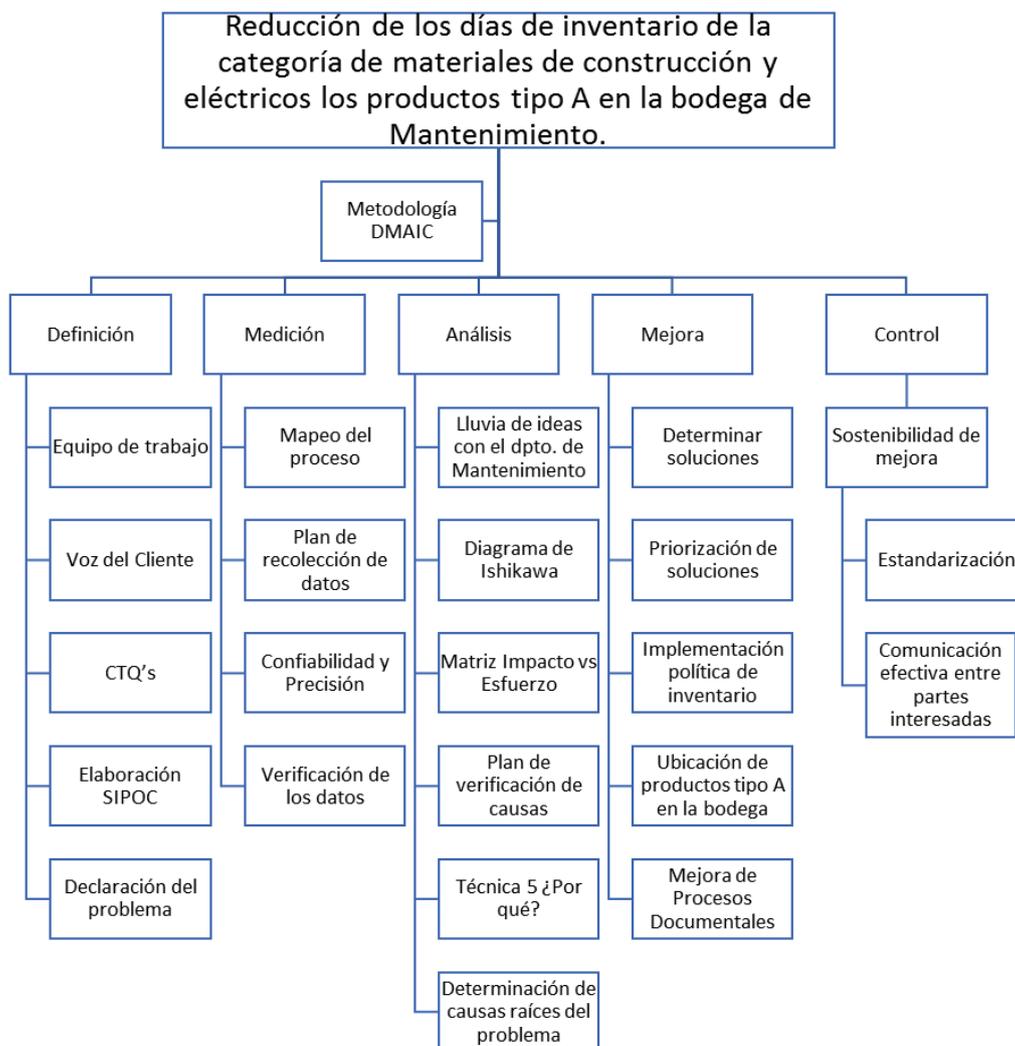
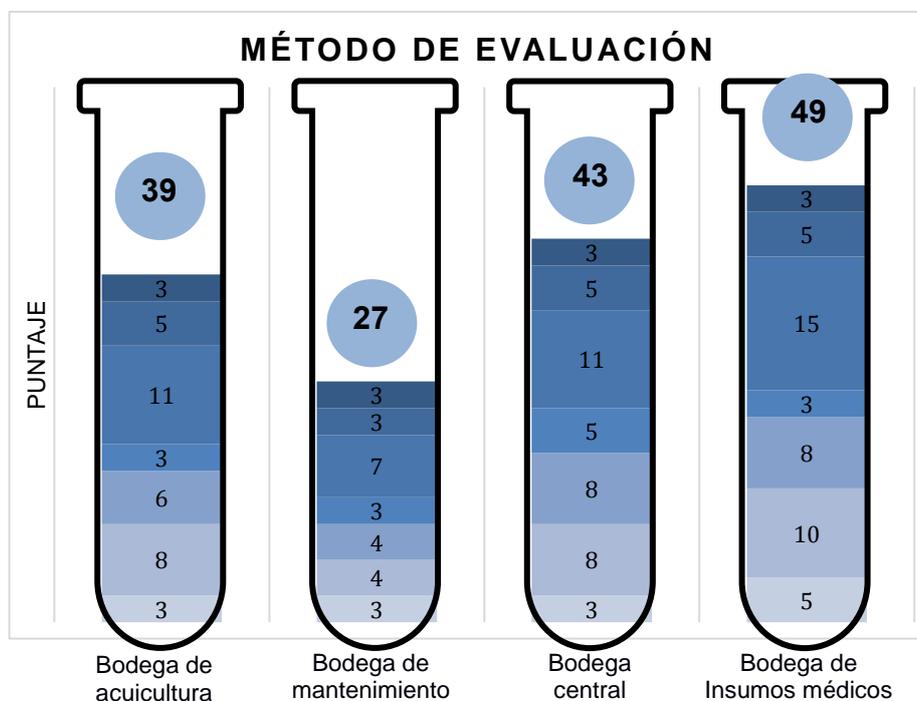


Figura 2.1 Estructura de desglose de trabajo para el desarrollo del proyecto

Elaboración Propia

## 2.1 Selección de la bodega

Para definir en qué bodega se realizaría el proyecto se utilizó una herramienta basada en un método de ponderación de factores que se dividían en 7 categorías: satisfacción del cliente; limpieza, ambiente, ergonomía y seguridad; uso del espacio de la bodega; equipo de trabajo, administración y motivación; sistemas de almacenamiento; preparación de pedidos y; compromiso con la calidad. Cada una de las categorías tiene asociada una pregunta. Las calificaciones asignadas para cada pregunta son: pobre (1), intermedia (3) y excelente (5); el puntaje máximo a obtener fue igual a 60, que es la suma de las ponderaciones de cada pregunta, y la bodega que tuviese el menor puntaje sería la seleccionada para el desarrollo del proyecto. Cada una de las bodegas fue evaluada mediante observación directa y mediante entrevistas a los custodios de la bodega de mantenimiento, de la bodega de insumos médicos y del centro de acuicultura; mientras que, para la bodega central, la entrevista se realizó al guardalmacén. La bodega con menor puntaje fue la bodega de mantenimiento como se puede observar en la figura 2.2 con una calificación de 27 puntos sobre 60, por lo tanto, se seleccionó esta bodega para el desarrollo del proyecto.



**Figura 2.2 Puntaje obtenido a través del método de evaluación**

Elaboración Propia

## 2.2 Definición

En esta etapa se realiza un mapeo del proceso general para encontrar el problema y se identifica quiénes son los clientes y cuáles son sus requerimientos.

### 2.2.1 Voz del Cliente

Se utiliza la herramienta del VOC para identificar la situación actual de la bodega de mantenimiento de la institución. El primer paso fue determinar cuáles eran las necesidades tanto de los clientes primarios (departamento de mantenimiento) a través de una entrevista con una pregunta específica: ¿Cuáles son los principales problemas que tiene en la bodega? Se entrevistó al jefe de mantenimiento, supervisor de bodega y al bodeguero. Las respuestas a la pregunta se muestran en la figura 2.3



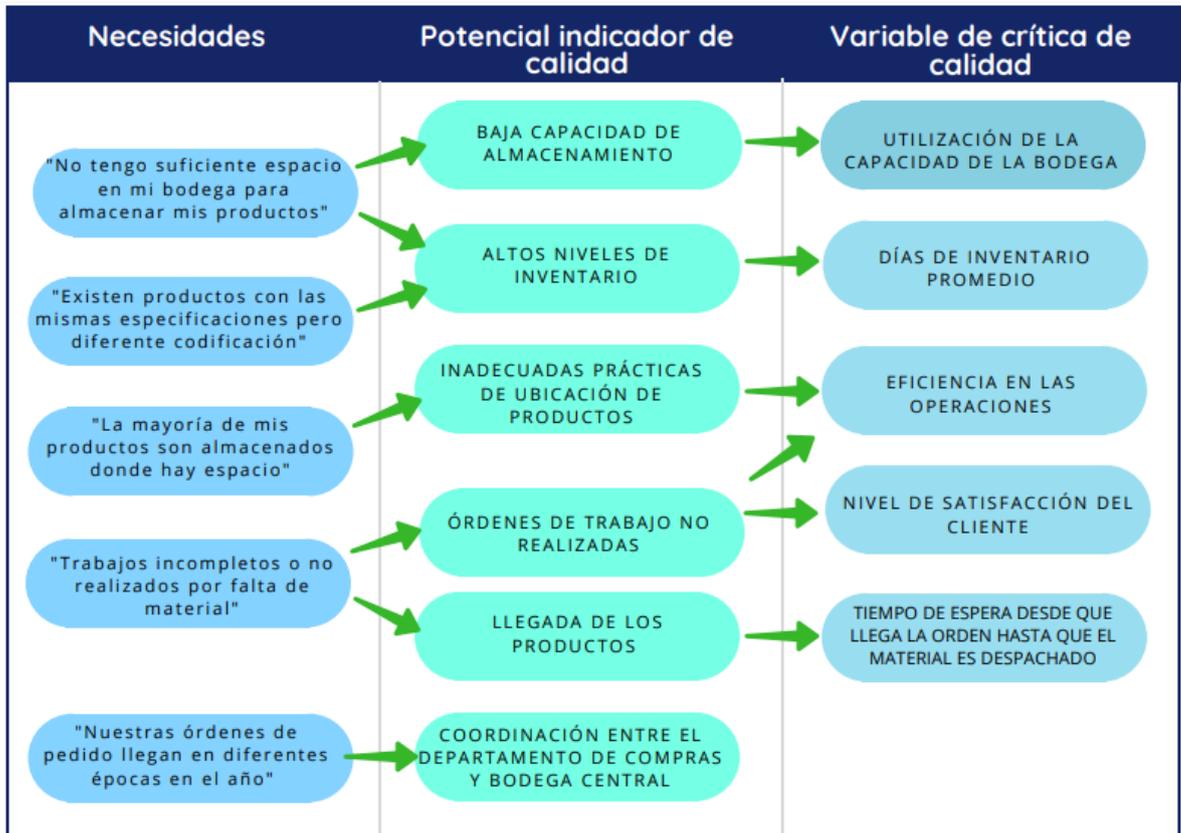
Figura 2.3 Voz del Cliente

Elaboración Propia

### 2.2.2 Árbol de variables críticas

Una vez obtenidos los puntos de vista de los clientes sobre la situación actual, se procedió a utilizar una de las herramientas que traducen los requerimientos del cliente en variables medibles conocido como árbol de

variables críticas de la calidad o por sus siglas en inglés Critical-To-Quality (CTQ) como se puede observar en la figura 2.4



**Figura 2.4 Diagrama CTQ**

Elaboración Propia

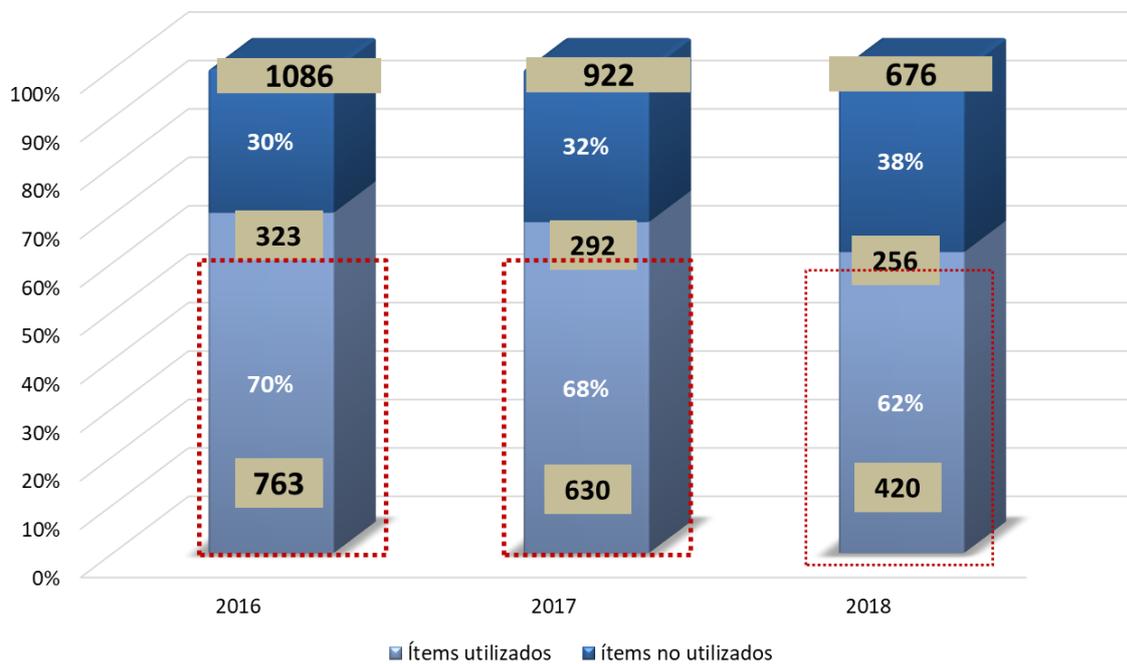
Luego de identificar las variables críticas para cada requerimiento, se hace énfasis en la sección 1.4 que corresponde al alcance donde según el SIPOC se trabajará sobre el proceso de almacenamiento. Las variables críticas que se incluyen en este proceso son:

- Utilización del espacio de la bodega
- Días de inventario promedio
- Eficiencia en las operaciones

Se estableció como variable de respuesta "Días de inventario" de los productos de la bodega, el cual detalla de mejor forma el problema crítico percibido por el personal del Departamento de Mantenimiento.

### 2.3 Justificación del problema

Los costos en existencias de inventario en la bodega de mantenimiento presentan en promedio \$124 500,84 en el presente año. Un análisis realizado en los registros de movimiento de la bodega, desde enero a diciembre, del presente año registraron 676 SKU's de los cuales sólo el 62% de los mismos han sido utilizados al menos una vez.



**Figura 2.5 Sku's utilizados vs Sku's no utilizados**

Elaboración Propia

En la figura 2.5 se puede observar que desde el año 2016 al presente año este número de ítems han incrementado en un 8%. Al ser una bodega con un número de ítems elevados se procede a realizar un análisis de clasificación de productos ABC desde enero a diciembre del 2018, considerando el 20% de ítems que representan la mayor cantidad de dinero en existencias de la bodega. Como resultado, los productos tipo A de la bodega tienen en promedio 353 días de inventario. Por lo tanto, se propone una política de inventario que se ajuste a las necesidades de la bodega de mantenimiento, y que a su vez aumente la rotación

de los productos, disminuya la cantidad de dinero existente en la bodega e incremente el nivel de servicio al cliente.

### 2.3.1 5W+1H

Mediante el uso de la herramienta 5W+1H, se define el problema tal como se muestra en la figura 2.6



Figura 2.6 Herramienta 5W+1H

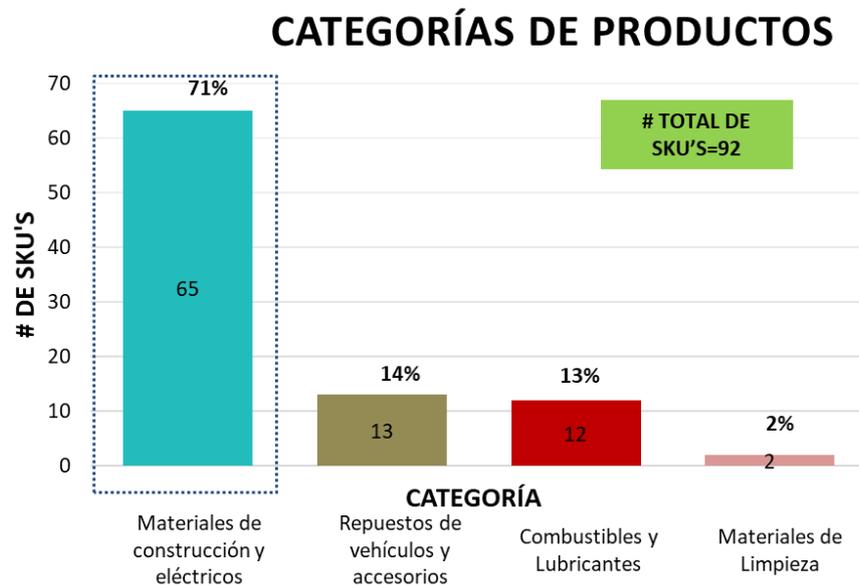
Elaboración Propia

## 2.4 Medición

Durante esta etapa se recolecta información sobre el proceso de la bodega de mantenimiento que abarca desde la recepción de los productos hasta su despacho, así como de las variables de interés que ocasionan que los días de inventario de los productos tipo A sean superiores al esperado.

### 2.4.1 Estratificación

Para la estratificación de datos se analiza las diferentes categorías donde se encuentran los productos tipo A desde enero a diciembre 2018.



**Figura 2.7 Categoría de productos**

Elaboración Propia

Como se puede observar en la figura 2.7, existen 4 tipos de categoría: Materiales de construcción y eléctricos, Repuestos de vehículos y accesorios; Combustibles y lubricantes; y materiales de limpieza. De la clasificación ABC, se obtiene que en total hay 92 SKU's tipo A, luego se aplica el principio de Pareto para encontrar la categoría que más SKU's engloba. Se obtiene que la categoría de Materiales de Construcción y Eléctricos representan aproximadamente el 70% de los productos tipos A.

### 2.4.2 Plan de Recolección de Datos

Para levantar la información requerida de manera estructurada, considerando factores tanto directos como indirectos que afecten a la variable de respuesta, se diseña un plan de recolección de datos, que se muestra en el Apéndice A. El plan detalla la información a recolectar,

cuándo, cómo, dónde se tomarán los datos y quiénes son los responsables.

Las variables a obtener son:

- Disponibilidad de SKU's
- Diferentes formas de compra
- Capacidad de los sistemas de almacenamiento de la bodega
- Número de SKU's repetidos
- Tiempo de reabastecimiento de SKU's
- Número de periodos de egreso del sistema

### 2.4.3 Verificación de datos

Con el objetivo de identificar la confiabilidad de los datos, se valida cada una de las variables mencionadas anteriormente.

#### ***Disponibilidad de SKU's***

Se fue al Gemba a revisar los documentos que contenían los trabajos realizados desde enero a octubre del 2018. En cada documento se buscó la lista de materiales y se verificó si fue completamente despachada la orden y si no, qué porcentaje se despachó. Se tomó una muestra inicial de 30 documentos de órdenes de trabajo realizados, para luego obtener cual sería la muestra representativa de acuerdo a la fórmula 2.1

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 s^2}{\epsilon^2} \quad (2.1)$$

Donde:

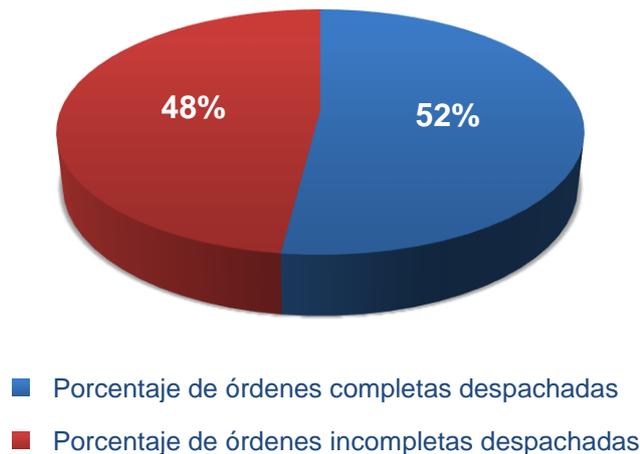
s: representa la desviación estándar de la muestra

$\epsilon$ : representa el error máximo permitido

Con un error del 5%, un intervalo de confianza del 95% y una desviación estándar de la muestra igual a 0.287, se obtiene una muestra representativa de 127 datos. Por tal motivo, se procedió a tomar los 97 datos restantes dando como resultado una confiabilidad del 78% de los datos, es decir 22% hubo stockout en la bodega para las órdenes de

trabajo, adicionalmente de las 127 órdenes que se tomaron solo en el 52% de estas órdenes las listas de materiales se entregaron completos, mientras que al 48% le faltaba al menos un SKU, como se puede observar en la figura 2.8

## ÓRDENES DESPACHADAS



**Figura 2.8 Porcentaje de órdenes completas despachadas vs órdenes incompletas**

Elaboración Propia

### ***Diferentes formas de compra***

Actualmente existen 3 formas de poder comprar un SKU: incluirlo en la planificación anual de compras, a través de caja chica del Departamento de Mantenimiento o por adquisición de la Unidad Académica requirente para la ejecución del servicio. Se tomaron las órdenes realizadas durante el mes de junio del 2018.

En la figura 2.9 se puede observar que el total de órdenes durante el mes de junio fue de 323, de los cuales solo 157 fueron realizadas, es decir solo el 48,6%. De este último porcentaje, aquellas que cuentan con lista de materiales son 48 órdenes de trabajo que se dividen de la siguiente forma: el 85,42% es abastecido por la bodega de mantenimiento, el 8,33% por caja chica y 6,25% por la Unidad Académica Solicitante.



**Figura 2.9 Porcentaje de órdenes al mes de junio, con y sin lista de materiales**

Elaboración Propia

Para la confiabilidad de la data obtenida, se comparó la cantidad de registros de órdenes ingresadas en la base de datos del departamento de mantenimiento con el registro físico de los mismos; obteniendo así una confiabilidad del 90,2% de la data.

**Capacidad de los sistemas de almacenamiento de la bodega**

Se procedió a medir los diferentes sistemas de almacenamiento de la bodega de mantenimiento con un flexómetro cuya precisión es de 1 mm. A continuación, se detalla en la tabla 2.1 las dimensiones de los diferentes sistemas de almacenamiento tomados:

**Tabla 2.1 Dimensiones de los Sistemas de Almacenamiento**

Almacenamiento / Dimensiones	Almacenamiento						
	Rack A	Rack B	Rack C	Rack D	Rack E	Rack F	Rack Nido de Paloma
Altura (m)	2,0	2,0	2,0	1,9	1,5	1,9	2,1
Longitud (m)	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	3,0	5,0
Ancho (m)	0,6	0,3	0,3	0,5	0,4	0,6	2,5
Niveles	5,0	7,0	5,0	4,0	4,0	4,0	6,0
Cantidad	6,0	9,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0

Elaboración Propia

### ***Confiabilidad del sistema de control de inventario de la bodega***

Se fue al Gemba con el documento del control de existencias del departamento de mantenimiento impreso para determinar si efectivamente el inventario que reflejaba el sistema era igual al que se encontraba en la bodega. Si la cantidad de un SKU era la misma, tanto en el sistema como en físico, entonces se registraba un 1, caso contrario 0. Se tomó una muestra inicial de 30 SKU's, para luego obtener cual sería la muestra representativa de acuerdo a la fórmula 2.2

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * (1 - p)}{\varepsilon^2} \quad (2.2)$$

Donde:

p: representa la proporción esperada cuyo inventario físico sea igual al del sistema.

(1-p): proporción esperada cuyo inventario físico no es igual al del sistema.

$\varepsilon$ : representa el error máximo permitido

Con un error del 5%, un intervalo de confianza del 95% y una proporción de datos que sí coincidían del 97%, se obtuvo que la muestra representativa es de 50 datos. Se procedió a revisar los 20 sku's restantes y se obtuvo que, el inventario en físico de 9 de cada 10 SKU's coincide con el inventario disponible en el sistema. Cabe destacar que el bodeguero cuenta con la suficiente experiencia para ubicar cualquier producto de la lista del control de existencias con gran facilidad.

### ***Número de periodos de egreso del sistema***

Los datos fueron tomados desde enero hasta octubre del 2018. El departamento de mantenimiento, antes de realizar un despacho, debe primero realizar el egreso del sistema, lo cual no sucede actualmente. Los documentos de egreso se acumulan hasta que el guardalmacén realiza las salidas del sistema, hasta eso se cuenta con inventario ficticio. La muestra inicial fue de 30 documentos de trabajos realizados en los

que se revisó la fecha que se hizo el despacho de materiales al técnico y la fecha en la que se realizó el egreso del sistema. Si la diferencia entre estas dos fechas es igual o menor a 1 día, entonces el sistema muestra un control de inventario real, de lo contrario un inventario ficticio. A continuación, se muestra el formato utilizado durante la toma de datos de la documentación en la figura 2.10 donde la última columna llamada C es la calificación que puede ser igual a 1, en caso de que la diferencia de días sea menor o igual a 2, caso contrario es cero.

	INICIO	FIN	DIFERENCIA DÍAS	C
1	2/10/2018	3/27/2018	46	0
2	2/1/2018	3/27/2018	55	0
3	1/30/2018	3/27/2018	57	0
4	1/29/2018	3/23/2018	54	0
5	1/26/2018	3/23/2018	57	0
6	1/9/2018	3/13/2018	64	0
7	10/10/2018	10/17/2018	8	0
8	10/9/2018	10/17/2018	9	0
9	10/15/2018	10/17/2018	3	0
10	10/13/2018	10/17/2018	5	0
11	9/6/2018	9/12/2018	7	0
12	9/8/2018	9/14/2018	7	0
13	9/19/2018	9/28/2018	10	0
14	9/12/2018	9/14/2018	3	0
15	9/21/2018	9/28/2018	8	0
16	9/24/2018	9/28/2018	5	0
17	9/3/2018	9/7/2018	5	0
18	10/29/2018	10/30/2018	2	1

**Figura 2.10 Formato de registros de despacho físico vs en el sistema**

Elaboración Propia

*Nota:* La figura 2.10 muestra solo 18 órdenes de las 178 en total.

Para la muestra inicial de 30 órdenes, se obtuvo un 13% de órdenes que fueron egresadas del sistema al mismo tiempo que fueron despachadas. Con el fin de obtener una muestra representativa, se utiliza la fórmula 2.2 usando un intervalo de confianza del 95% y un error del 5%, el número total de datos necesarios son 178 órdenes, que una vez calculados se obtuvo que sólo el 7% de órdenes fueron egresadas del sistema al mismo tiempo que fueron entregadas a los técnicos, tal como se muestra en la figura 2.11



**Figura 2.11 Confiabilidad de la data del tiempo de registro en el sistema**

Elaboración Propia

#### 2.4.4 Proceso detallado

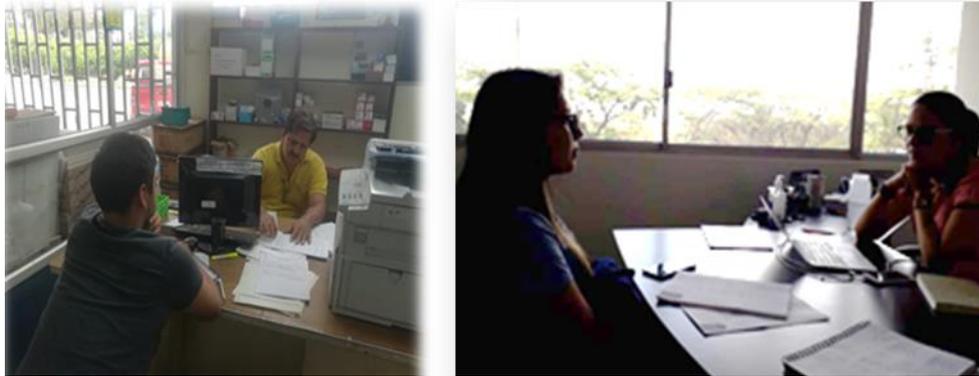
En el Apéndice B se muestra un diagrama de OTIDA de los procesos fundamentales de la bodega de mantenimiento. En este se indican las actividades que agregan y no agregan valor, así como también aquellas que no agregan valor pero que son necesarias.

## 2.5 Análisis

Esta etapa se desarrolla con el fin de encontrar los X críticos, identificar y verificar las causas que afectan a la variable de respuesta mediante herramientas que faciliten el surgimiento de ideas sobre el problema seleccionado para ponderar las causas y determinar las causas raíces a través de la herramienta de los 5 Por qué's.

### 2.5.1 Lluvia de Ideas

Para enlistar la mayor cantidad de posibles causas del problema ya definido previamente, se elaboró una reunión operacional con el personal del Departamento de mantenimiento y la Directora de la Unidad de Adquisiciones y Suministros. La lluvia de ideas fue realizada de forma individual a cada uno de los miembros del equipo para evitar que información fundamental no pueda ser obtenida de forma eficaz, como se muestra en la figura 2.12. La figura 2.13 muestra las posibles causas.



**Figura 2.12 Evidencia fotográfica sobre reunión operacional**

Elaboración Propia



**Figura 2.13 Generación de Lluvia de Ideas**

Elaboración Propia

## 2.5.2 Diagrama de Causa y Efecto

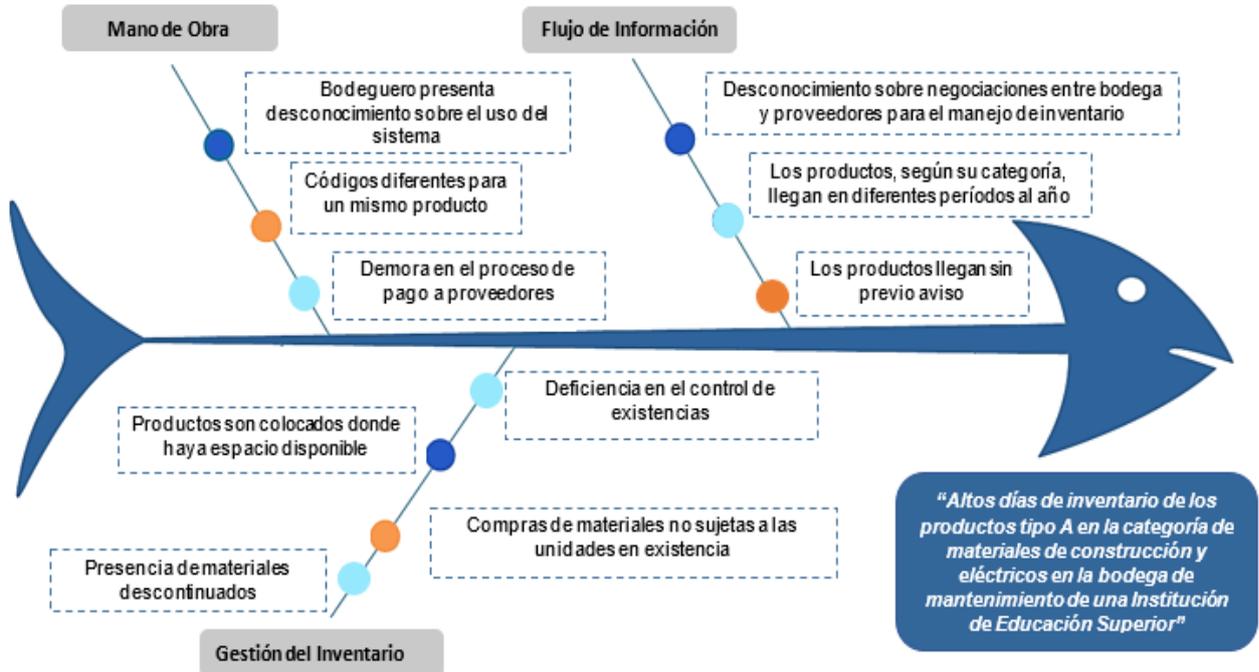
Una vez obtenidas las posibles causas, se estructura el diagrama de causa y efecto o Ishikawa en conjunto con los dueños del proceso, tal como se puede observar en la figura 2.14



**Figura 2.14 Evidencia fotográfica de elaboración de Ishikawa**

Elaboración Propia

La figura 2.15 muestra el diagrama de Ishikawa en el cual, una vez obtenidas todas las posibles causas se unificaron las que son semejantes, la cabeza corresponde a la definición del problema y en sus espinas las posibles causas asignadas a las siguientes categorías: mano de obra, flujo de información y gestión del inventario.



**Figura 2.15 Diagrama de Ishikawa**

Elaboración Propia

### 2.5.3 Matriz de Impacto vs Esfuerzo

Una vez clasificadas las causas potenciales, estas se priorizan en función del impacto que generan a la variable de repuesta y que tan fáciles son de implementar y controlar. La tabla 2.2 muestra la calificación y el impacto para la evaluación de las causas potenciales que se utilizará.

**Tabla 2.2 Calificación para ponderación de causas potenciales**

Calificación	Impacto
0	Ninguno
1	Bajo
3	Medio
9	Alto

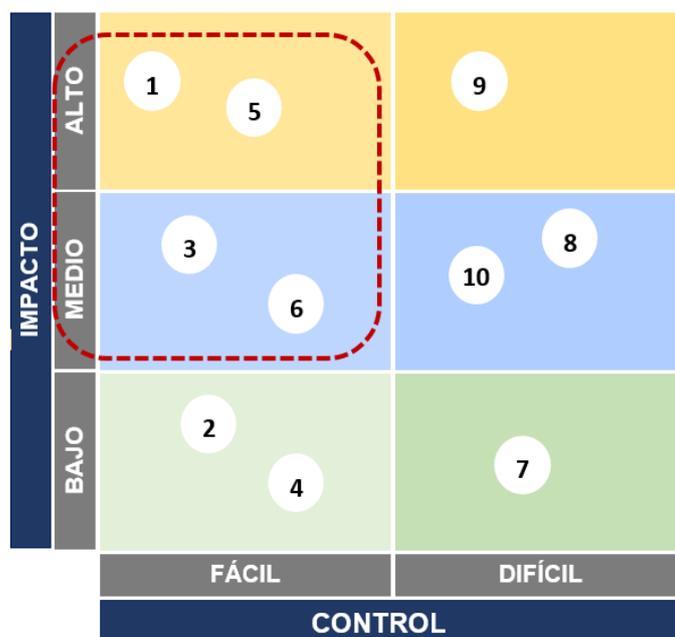
Elaboración Propia

Las ponderaciones sobre el impacto que genera cada causa fueron designadas por el personal de mantenimiento considerando la calificación de la tabla 2.2, mientras que el control es dado por los autores del proyecto. Para determinar el tipo de control a cada causa, se considera la viabilidad de generar soluciones que minimicen el problema, como se muestra en la tabla 2.3

**Tabla 2.3 Ponderación de causas potenciales**

PONDERACIÓN DE CAUSAS POTENCIALES						
No.	CAUSAS	IMPACTO				CONTROL
		1	2	3	MODA	
1	Compras de materiales no sujetas a las unidades en existencia	0	9	9	9	FÁCIL
2	Los productos llegan sin previo aviso	1	9	1	1	FÁCIL
3	Productos son colocados donde haya espacio disponible	1	3	3	3	FÁCIL
4	Bodeguero presenta desconocimiento sobre el uso del sistema	1	3	1	1	FÁCIL
5	Deficiencia en el control de existencias	3	9	9	9	FÁCIL
6	Desconocimiento sobre posibles negociaciones entre bodega y proveedores para el manejo de inventario	3	3	3	3	FÁCIL
7	Los productos ,según su categoría, llegan en diferentes períodos al año	3	1	1	1	DIFÍCIL
8	Presencia de materiales descontinuados que ocupan espacio en la bodega	3	3	3	3	DIFÍCIL
9	Demora en el proceso de pago a proveedores	9	9	9	9	DIFÍCIL
10	Códigos diferentes para un mismo producto	9	3	3	3	DIFÍCIL

Elaboración Propia



**Figura 2.16 Matriz de Esfuerzo vs Impacto**

Elaboración Propia

En la figura 2.16 se puede observar la clasificación de las causas previamente descritas de acuerdo al impacto y el control. El enfoque estará en las causas que son fáciles de controlar y generan un impacto alto y medio. Por lo tanto, las causas potenciales seleccionadas son:

- 1** Compras de materiales no sujetas a las unidades en existencia.
- 5** Deficiencia en el control de inventario.
- 3** Los productos son colocados donde haya espacio disponible.
- 6** Desconocimiento de posibles negociaciones entre los proveedores y la bodega central para la administración del inventario.

#### 2.5.4 Verificación de Causas

Las causas seleccionadas en la matriz anterior deben ser verificadas (por gamba o por estadística) para verificar si efectivamente existen y conocer cómo afectan a la variable de respuesta definida al inicio del proyecto: los días de inventario. La tabla 2.4 muestra el plan de verificación de causas.

**Tabla 2.4 Plan de verificación de causas**

No.	CAUSAS POTENCIALES	TEORÍA ACERCA DEL IMPACTO	MÉTODO DE VALIDACIÓN	STATUS
1	Compras de materiales no sujetas a las unidades en existencia	El realizar una planificación de compras sin considerar el inventario disponible y el comportamiento histórico de la demanda, conlleva a tener un exceso de inventario de productos que no se utilizarán inmediatamente o un stockout de productos que se requieren con frecuencia. Sin duda alguna, los productos estarán más tiempo en la bodega y sus días de inventario aumentarán.	Entrevista al Dpto. de Mantenimiento	Finalizado
3	Productos son colocados donde haya espacio disponible	Al no tener un espacio disponible para los productos que llegan a la bodega, ciertos productos pueden quedar sin visibilidad para ser despachados e incluso poder convertirse en una pérdida ficticia dentro de la bodega y ocasionar una futura compra innecesaria que aumentará los días de inventario de estos productos.	Entrevista con el encargado de bodega/Observación directa	Finalizado
5	Deficiencia en el control de existencias	No conocer el inventario real disponible en bodega puede ocasionar una planificación errónea en la compra de materiales, exceso de inventario si se pidió de más o stockout si no se solicitó lo suficiente. Sin duda alguna, los productos estarán más tiempo en la bodega y sus días de inventario aumentarán.	Observación directa	Finalizado
6	Desconocimiento sobre posibles negociaciones entre bodega y proveedores para el manejo de inventario	El personal de bodega no conoce que se pueden realizar pedidos de menor cantidad y con entregas parciales, por lo que sigue realizando un solo pedido anual de gran proporción lo cual ocasiona tener inventario almacenado durante un largo periodo de tiempo e incluso provocando que la bodega no tenga suficiente espacio de almacenamiento.	Entrevista con la Directora de la Unidad de Suministro	Finalizado

Elaboración propia

### 2.5.5 Análisis de los 5 ¿Por qué's?

Cuando las causas potenciales ya han sido verificadas y validadas, se realiza la técnica de los 5 ¿Por qué's? que se basa en realizar preguntas con el objetivo de explorar las relaciones causa-efecto que generan un problema específico para determinar la causa raíz. La tabla 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 muestra la aplicación de la técnica en cada una de las causas.

**Tabla 2.5 Análisis Causa 1**

1	2	3	4	5
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Compras de materiales no sujetas a las unidades en existencia	La bodega no realiza un seguimiento de los movimientos históricos de los productos			

Elaboración propia

**Tabla 2.6 Análisis Causa 2**

1	2	3	4	5
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
¿ Por qué los productos son colocados donde haya espacio disponible?	Poco espacio de almacenamiento	Inadecuada distribución de productos en los sistemas de almacenamiento	Los productos no son clasificados según su frecuencia de consumo	
		Presencia de productos descontinuados en la bodega	Alto volumen de compras sin considerar avances tecnológicos	Aprovechar descuentos en compras
		Exceso de inventario de productos	Compras de materiales no sujetas a las unidades en existencia	La bodega no realiza un seguimiento de los movimientos históricos de los productos

Elaboración Propia

**Tabla 2.7 Análisis Causa 3**

1	2	3	4	5
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Deficiencia en el control de existencias	Porque el inventario físico no coincide con el inventario en el sistema	Porque no se realiza el despacho inmediato en el sistema	Porque el bodeguero no tiene acceso al sistema	Por restricciones del departamento de auditoría
		El pedido llega a bodega de mantenimiento pero los productos no se encuentran ingresados en el sistema	Bodega central no recibe la documentación completa	Por falta de conocimientos informáticos

Elaboración Propia

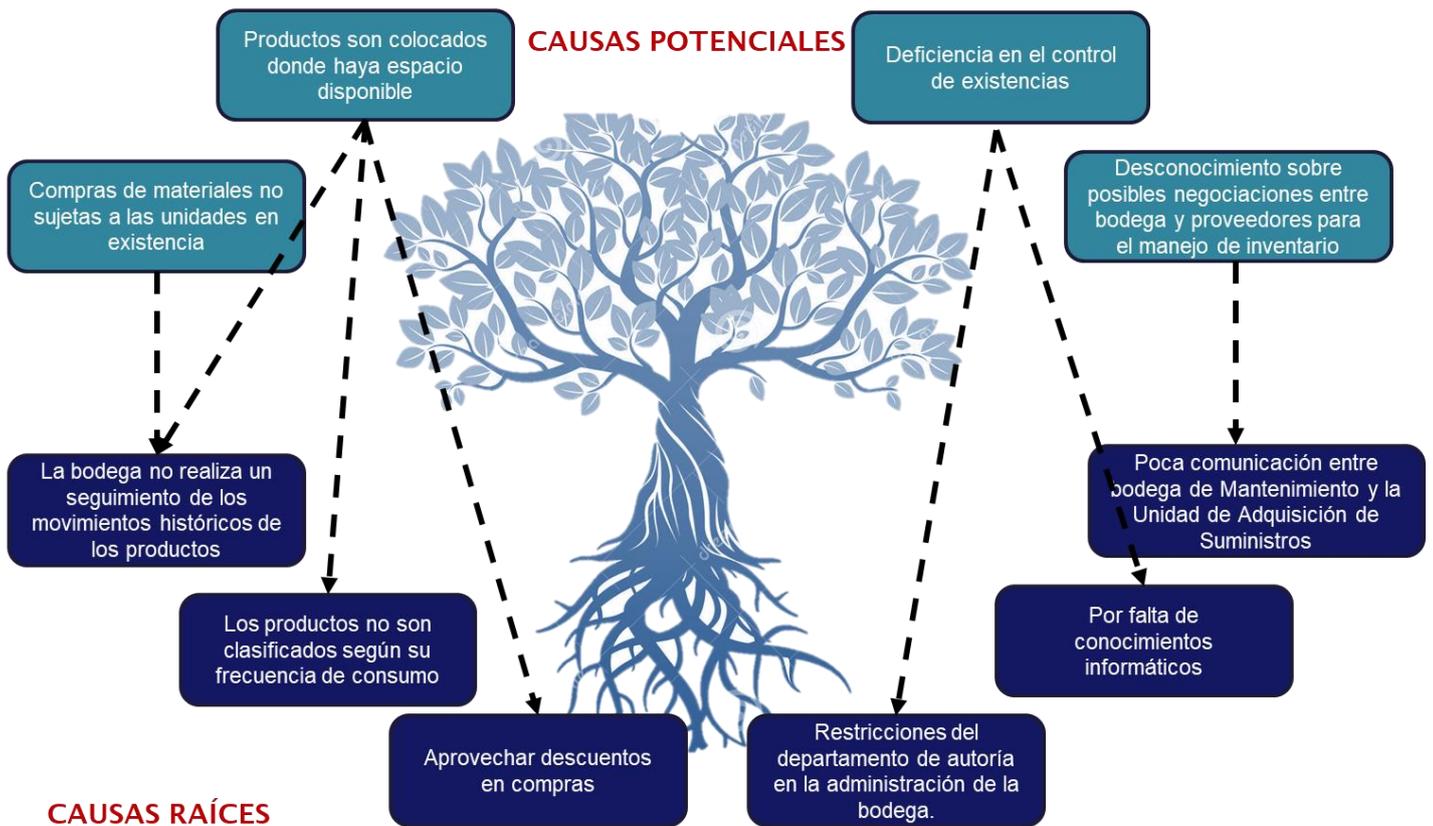
**Tabla 2.8 Análisis Causa 4**

1	2	3	4	5
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Desconocimiento sobre negociaciones entre bodega y proveedores para el manejo de inventario	La bodega de mantenimiento no ha propuesto a la Unidad de Adquisición de Suministros la entrega	El personal de la bodega de mantenimiento desconoce que se pueden realizar pedidos con entregas parciales	Poca comunicación entre bodega de Mantenimiento y la Unidad de Adquisición de Suministros	

Elaboración Propia

### 2.5.6 Causas Raíces

A partir del uso de la herramienta de los 5 ¿Por qué's? se obtuvieron las siguientes causas raíces para cada causa potencial, como se muestra en la figura 2.17



**Figura 2.17 Causas Raíces**

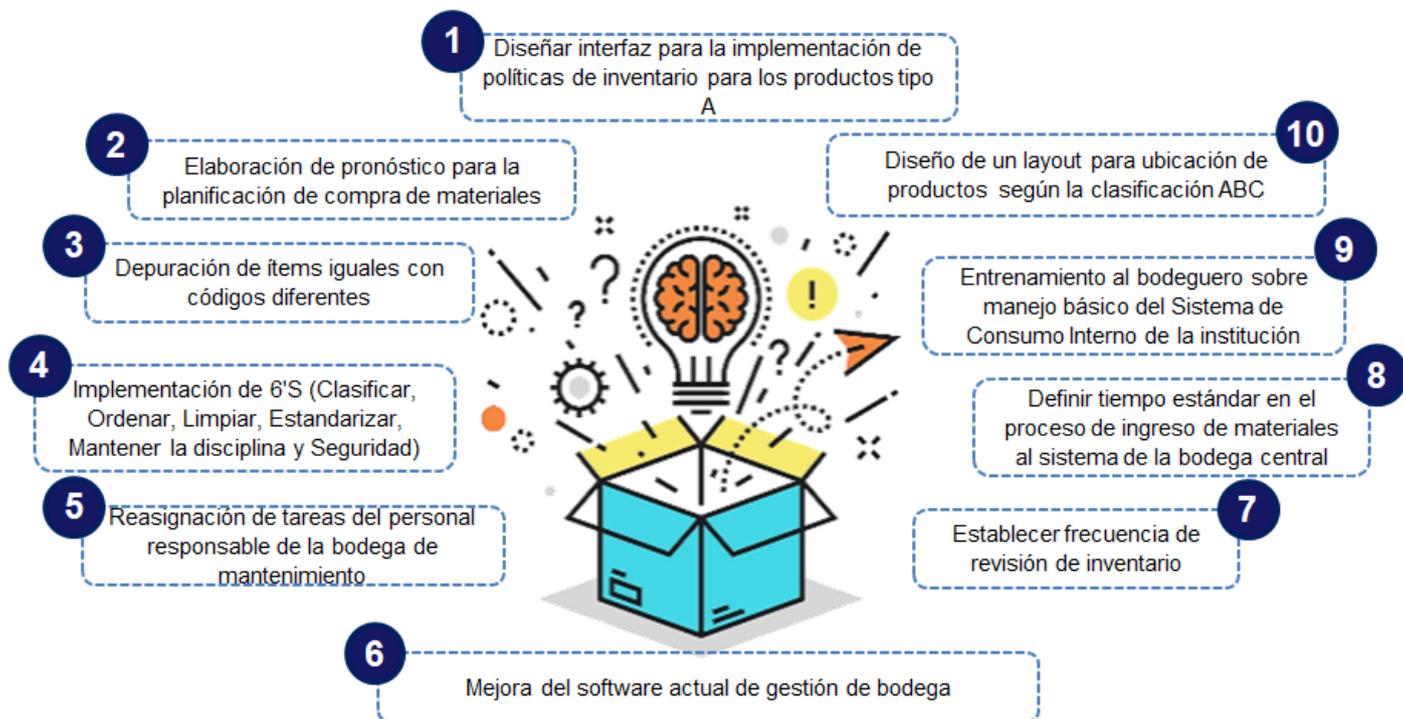
Elaboración Propia

## 2.6 Mejora

Una vez identificadas las causas raíces se utilizan herramientas para generar, seleccionar y priorizar cada una de las soluciones para luego desarrollarlas a través de un plan de implementación.

### 2.6.1 Lluvia de ideas: Soluciones

Las soluciones, para cada causa raíz, fueron generadas junto al asistente de mantenimiento para asegurar que estas satisfacen los requerimientos del cliente. La figura 2.18 muestra las posibles soluciones.



**Figura 2.18 Lluvia de ideas de soluciones**

Elaboración Propia

Para la priorización de las soluciones, se requiere conocer cuál es la ponderación de las causas raíces. Para esto, se relaciona cada una de las causas raíz con cada causa potencial, colocando el impacto de las causas potenciales a la causa raíz correspondiente, como se muestra en la tabla 2.9

La ponderación final de las causas raíces es obtenida de la sumatoria de las puntuaciones de impacto dado para cada causa potencial.

**Tabla 2.9 Resultado de ponderaciones de cada causa raíz vs cada causa potencial**

Impacto de Causas Potenciales	Causas Raíces		Escasa comunicación entre los diferentes departamentos	La compra de material no considera el inventario actual.	Distribución inadecuada de productos en los sistemas de almacenamiento.	El bodeguero carece de conocimientos informáticos.	La Unidad de Adquisición de Suministros quiere aprovechar los descuentos en compras.	El departamento de auditoría define cómo se deben asignar los productos.	La bodega central no recibe la documentación completa para ingresar los productos en el sistema.
	Potenciales								
9	Compras de materiales no sujetas a las unidades en existencia	9		9			9		
3	Productos son colocados donde haya espacio disponible	3		3	3			3	
9	Deficiencia en el control de existencias				9	9		9	9
3	Desconocimiento sobre posibles negociaciones entre bodega y proveedores para el manejo de inventario	3							
		<b>3</b>		<b>12</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>9</b>

Elaboración propia

## 2.6.2 Ponderación para cada una de las causas raíz

Una vez obtenida las ponderaciones de cada causa raíz se asocia cada posible solución a cada causa raíz colocando la ponderación calculada anteriormente, como se observa en la tabla 2.10, dando como resultado la ponderación de las soluciones que corresponde a la sumatoria de todas las ponderaciones dada por las causas raíces.

**Tabla 2.10 Matriz de Soluciones vs Causas Raíces**

No.	CAUSAS RAÍZ							TOTAL
	SOLUCIONES	Escasa comunicación entre los diferentes departamentos	La compra de material no considera el inventario actual.	Distribución inadecuada de productos en los sistemas de almacenamiento.	El bodeguero carece de conocimientos informáticos.	La Unidad de Adquisición de Suministros quiere aprovechar los descuentos en compras.	El departamento de auditoría define cómo se deben asignar los productos.	
1	Elaboración de pronóstico para la planificación de compra de materiales	3	3	3		3		12
2	Implementación de una política de inventario para los productos tipo A	3	12	12		9		36
3	Depuración de ítems iguales con códigos diferentes			12				12
4	Diseño de un layout para ubicación de productos según la clasificación ABC			12			12	24
5	Implementación de 6'S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener la disciplina y Seguridad)		12	12				24
6	Entrenamiento al bodeguero sobre manejo básico del Sistema de Consumo Interno de la institución				9			9
7	Reasignación de tareas del personal responsable de la bodega de mantenimiento	3	12					15
8	Definir tiempo estándar en el proceso de ingreso de materiales al sistema de la bodega central	3					9	12
9	Establecer frecuencia de revisión de inventario			12				12
10	Mejora del software actual de gestión de bodega		12					12

Elaboración propia

En base al total obtenido para cada relación, solución vs causa raíz, se considera una escala con un valor máximo de 36. El resultado se divide en dos partes iguales para obtener rangos de alto y bajo impacto. A continuación, se puede observar la tabla 2.11 con los resultados ordenados de mayor a menor y el impacto que le corresponde.

**Tabla 2.11 Resultado de la matriz Soluciones vs Causas Raíces**

No.	SOLUCIONES	TOTAL	IMPACTO
2	Implementación de una política de inventario para los productos tipo A	36	ALTO
4	Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC	24	ALTO
5	Implementación de 6'S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener la disciplina y Seguridad)	24	ALTO
7	Reasignación de tareas del personal responsable de la bodega de mantenimiento	15	ALTO
1	Elaboración de pronóstico para la planificación de compra de materiales	12	BAJO
3	Depuración de items iguales con códigos diferentes	12	BAJO
8	Definir tiempo estándar en el proceso de ingreso de materiales al sistema de la bodega central	12	BAJO
9	Establecer frecuencia de revisión de inventario	12	BAJO
10	Mejora del software actual de gestión de bodega	12	BAJO
6	Entrenamiento al bodeguero sobre manejo básico del Sistema de Consumo Interno de la institución	9	BAJO

Elaboración Propia

### 2.6.3 Matriz de impacto vs esfuerzo

Luego de clasificar las soluciones de acuerdo a su impacto, se evalúa la factibilidad de cada una de ellas a través de entrevistas al departamento de mantenimiento.

En la entrevista se determina el esfuerzo que genera cada solución de la matriz se consideran tres criterios:

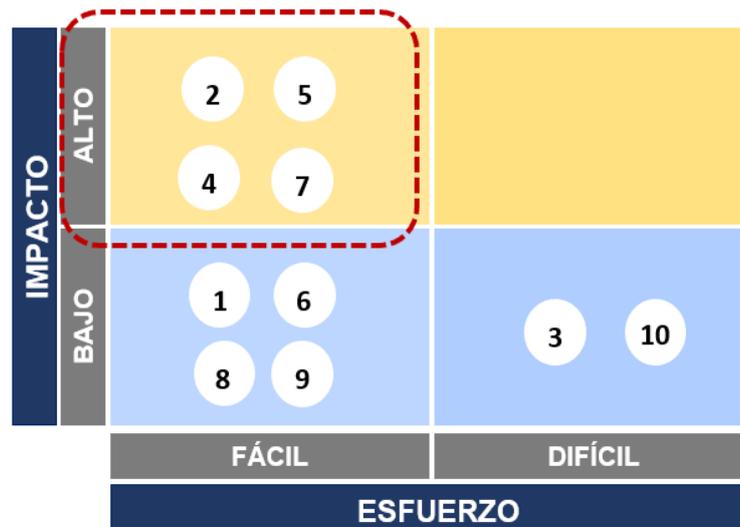
- Si es permitido legalmente por la Institución
- El costo de la implementación
- El horizonte de tiempo en ser aplicado, a corto o largo plazo.

**Tabla 2.12 Resultados Esfuerzo vs Impacto de cada solución**

No.	SOLUCIONES	ESFUERZO	IMPACTO
2	Implementación de una política de inventario para los productos tipo A	FÁCIL	ALTO
4	Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC	FÁCIL	ALTO
5	Implementación de 6'S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener la disciplina y Seguridad)	FÁCIL	ALTO
7	Reasignación de tareas del personal responsable de la bodega de mantenimiento	DIFÍCIL	ALTO
1	Elaboración de pronóstico para la planificación de compra de materiales	FÁCIL	BAJO
3	Depuración de items iguales con códigos diferentes	DIFÍCIL	BAJO
8	Definir tiempo estándar en el proceso de ingreso de materiales al sistema de la bodega central	DIFÍCIL	BAJO
9	Establecer frecuencia de revisión de inventario	FÁCIL	BAJO
10	Mejora del software actual de gestión de bodega	DIFÍCIL	BAJO
6	Entrenamiento al bodeguero sobre manejo básico del Sistema de Consumo Interno de la institución	FÁCIL	BAJO

Elaboración Propia

Una vez obtenido el impacto y el esfuerzo de cada una de las soluciones, como se observa en la tabla 2.12 se realiza la matriz de impacto vs esfuerzo donde se seleccionan aquellas soluciones que tienen alto impacto y bajo esfuerzo, como se observa en la figura 2.19



**Figura 2.19 Matriz impacto vs esfuerzo de las soluciones**

Elaboración Propia

Las soluciones seleccionadas en la matriz de impacto vs esfuerzo son las siguientes:

- 2** Diseño de una interfaz para la implementación de políticas de inventario para los productos tipo A.
- 4** Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC.
- 5** Implementación de 6'S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener la disciplina y Seguridad).
- 7** Reasignación de tareas del personal responsable de la bodega de mantenimiento.

#### 2.6.4 Plan de implementación de soluciones

Una vez seleccionadas las soluciones, se elabora un plan de implementación donde se muestra tiempo de ejecución, recursos necesarios, responsables y donde serán implementados, como se puede observar en el Apéndice C.

## 2.6.5 Implementación de soluciones

### Implementación de una política de inventario para los productos tipo A.

La política de inventario se desarrolla con datos suministrados por la bodega de la institución superior, desde el año 2017 hasta el 2018. Se realiza una clasificación ABC de productos con el criterio de consumo, expresada en unidades monetarias, ordenando los productos de forma descendente. Como resultado de los 92 SKU's que pertenecen a la categoría tipo A, solo en 10 de estos materiales se realiza la prueba piloto para determinar la política de inventario que debe implementarse, como se observa en la tabla 2.13

**Tabla 2.13 Productos prueba piloto**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
M0198	TUBO LED T8 DE 18WATT	\$ 2,86
M0629	ROLLOS CHOVA AL FRIO 10 MTS C/U	\$ 105,22
M1473	TARRO DE POLIBREA DE 20 KILOS	\$ 43,90
M1388	PINTURA DE TRAFICO COLOR BLANCO	\$ 76,40
M1401	CABLE CONCENTRICO 2 X #14 AWG COBRE	\$ 0,86
M0910	FLAPPER C/CADENA	\$ 1,33
M1429	GUANTES DE CUERO CAÑA CORTA	\$ 5,60
M1427	WAPE DE ALGODON	\$ 5,10
M1604	TUBO T8 DE 9W	\$ 2,46
M0161	CABLE FLEXIBLE # 14	\$ 0,57

Elaboración Propia

Los modelos propuestos son:

- Cantidad Económica de Pedido (EOQ por sus siglas en inglés)
- Planificación de requerimiento de Materiales siguiendo la metodología Demand Driven (DDMRP por sus siglas en inglés)

Para la selección del modelo, tanto el nivel de inventario como los días de rotación serán comparados, con el propósito de cumplir

con los objetivos definidos. Para ambas políticas de inventario se plantean los siguientes supuestos:

- El costo de mantener inventario es igual al 20% del valor total.
- El costo de ordenar es el mismo para todos los productos y corresponde a la razón entre la suma total de los sueldos de los trabajadores de la Unidad de Adquisición de Suministros y el total de procesos que realizaron en el año 2018.
- El lead time del proveedor, en el peor de los casos, es de 15 días.
- Se trabaja bajo la modalidad de contratos marco.

**Parámetros para los modelos de política de inventario**

Ambos modelos se diferencian por el manejo de la cantidad de información, como se puede observar en las siguientes tablas 2.14 y 2.15

**Tabla 2.14 Parámetros Política EOQ**

Modelo Parámetro	Cantidad Económica de Pedido
<b>EOQ (Q)</b>	$Q^* = \sqrt{\frac{2 * A * D}{H}}$ <p>Donde:  <i>A: Costo de mantener inventario</i>  <i>H: Costo de ordenar</i>  <i>D: Demanda anual</i></p>
<b>Stock de Seguridad (SS)</b>	$SS = Z_{\alpha} * \sigma * \sqrt{LT}$ <p>Donde:  <i>Z<sub>α</sub>: Estadístico de prueba</i>  <i>σ: Desviación estándar</i>  <i>LT: Lead time</i></p>
<b>Punto de reorden (s)</b>	$s = D * LT + SS$
<b>Máximo nivel de inventario (S)</b>	$S = s + Q^*$

Elaboración Propia

**Tabla 2.15 Parámetros Política Demand Driven**

Modelo Parámetro	Demand Driven
Consumo diario promedio	$CDP = \frac{\text{Consumo anual}}{288}$
Lead time	15 días
% Lead Time	100%
Coefficiente de variación	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$

Elaboración Propia

### **Simulación Cantidad Económica de Pedido**

Es un método de control de inventario estático que consiste en abastecer un producto hasta una cantidad máxima de inventario cuando éste alcanza un nivel de inventario específico, el punto de reorden. Como primer paso, se calcula la demanda anual del 2018 de cada uno de los SKU's de la prueba piloto mediante un cálculo de pronóstico en base a la demanda del 2017.

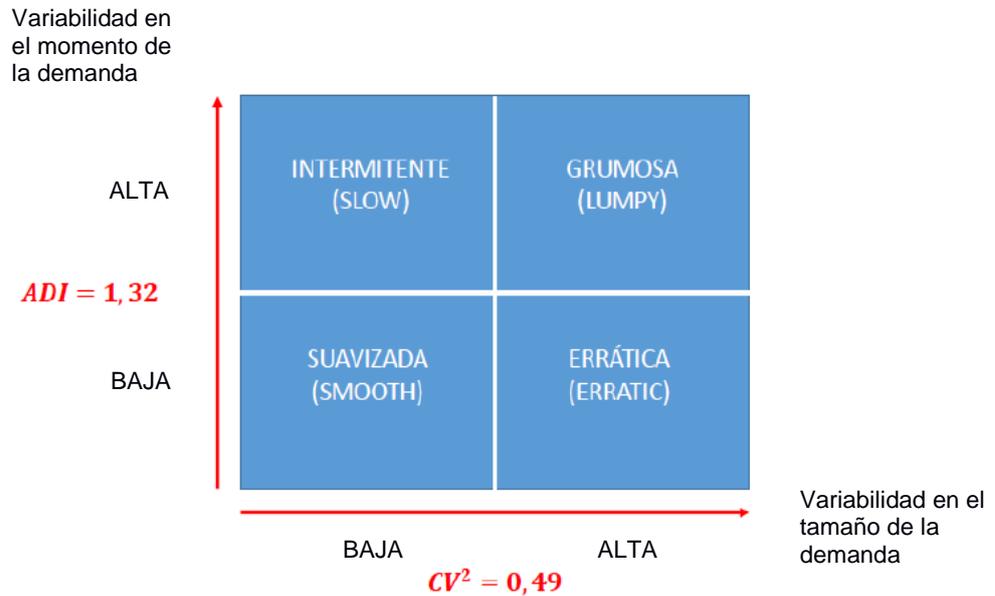
Para realizar el pronóstico de la demanda se determina su comportamiento, el coeficiente de variación y los intervalos promedio de demanda (ADI), como se muestra en la ecuación 2.3 y 2.4

$$CV^2 = \frac{\sigma^2}{\mu^2} \quad (2.3)$$

$$ADI = \frac{\text{Suma de diferencias de intervalos con demanda no cero entre ellos}}{\text{No. de intervalos con demanda entre ellos}} \quad (2.4)$$

Una vez obtenida la demanda, es necesario categorizarla para determinar su comportamiento. La figura 2.20 muestra un esquema de categorización que consiste en agrupar los SKU's según su ADI y coeficiente de variación cuadrático.

**Figura 2.20 Comportamiento de la demanda según CV y ADI**



Elaboración Propia

Una vez que se ha categorizado la demanda para cada uno de los 10 SKU's, como se muestra en la tabla 2.16, se obtiene que el comportamiento de la demanda de los SKU's presentan demanda intermitente o grumosa.

**Tabla 2.16 Clasificación de ítems de acuerdo al comportamiento de la demanda**

Item	TUBO LED T8 DE 18WATT	ROLLOS CHOVA AL FRIO 10 MTS C/U	TARRO DE POLIBREA DE 20 KILOS	PINTURA DE TRAFICO COLOR BLANCO	CABLE CONCENTRICO 2 X #14 AWG COBRE
Promedio	2,67	36,13	6,25	51,00	218,86
Desv. Estándar	1,94	26,20	5,78	51,40	205,21
CV*2	0,53	0,53	0,85	1,02	0,88
Variabilidad en el tamaño de la demanda	ALTA	ALTA	BAJA	ALTA	ALTA
ADI	2,5	4	8	3,5	4
Variabilidad en el momento de la demanda	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
TIPO DE DEMANDA	GRUMOSA	GRUMOSA	INTERMITENTE	GRUMOSA	GRUMOSA

Elaboración propia

**Continuación de la Tabla 2.16 Clasificación de ítems de acuerdo al comportamiento de la demanda**

Item	FLAPPER C/CADENA	GUANTES DE CUERO CAÑA CORTA	WAIFE DE ALGODON	TUBO T8 DE 9W	CABLE FLEXIBLE # 14
Promedio	6,57	83,33	2,20	8,80	21,00
Desv. Estándar	2,64	62,82	1,10	4,21	22,18
CV*2	0,16	0,57	0,25	0,23	1,12
Variabilidad en el tamaño de la demanda	BAJA	ALTA	BAJA	BAJA	ALTA
ADI	3	5	4	9	5
Variabilidad en el momento de la demanda	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
TIPO DE DEMANDA	INTERMITENTE	GRUMOSA	INTERMITENTE	INTERMITENTE	GRUMOSA

Elaboración Propia

Para la selección del pronóstico según el comportamiento de la demanda, los modelos que se aplican serán los siguientes:

- Suavización exponencial simple
- Suavización exponencial doble
- Método de Winters
- Método de Croston

Cabe destacar que el pronóstico a aplicar dependerá del comportamiento de la demanda de cada SKU. Una vez calculado el pronóstico anual, se realiza la comparación entre cada uno de los pronósticos, se selecciona aquel que se ajusta más al modelo y tiene menor error de pronóstico, como se muestra un ejemplo para el SKU cable concéntrico en la tabla 2.17

**Tabla 2.17 Ejemplo de pronóstico**

	<b>Winters multiplicativo</b>	<b>Pronóstico Croston</b>
	55,77	37,46
	59,82	37,46
	57,74	25,64
	61,89	24,88
	59,70	22,95
	63,96	21,46
	61,67	20,14
	66,04	18,98
	63,64	17,95
	68,11	17,03
	65,60	16,21
	70,18	15,46
<b>MAD</b>	683,50	558,56
<b>MSE</b>	45657,59	48257,15
<b>MAPE</b>	12,42	9,76

Elaboración Propia

A través del pronóstico, se obtiene la demanda anual esperada para el año 2018 y puede ingresarse como entrada al modelo de simulación que calculará los parámetros del modelo EOQ, como se muestra la simulación en la siguiente tabla 2.18.

**Tabla 2.18 Simulación**

Escoger producto	CABLE CONCENTRICO 2 X #14 AWG COBRE		
Service level eqq	100,00%	Inventario promedio (unidades)	873,39
Demanda anual promedio	394,52	Consumo (unidades)	500,00
Demanda diaria promedio	1,37	Rotacion (veces)	0,57
Desviación estándar	10,83	Rotacion (días)	637,58
Service level deseado	0,95		
Safety Stock	17,82		
Lead Time (días)	15,00		
Costo de mantener	\$ 0,17		
Costo de pedir	\$ 183,58		
EOQ	916,42		
Punto de reorden	180,31		
Inventario máximo	1096,73		

Elaboración Propia

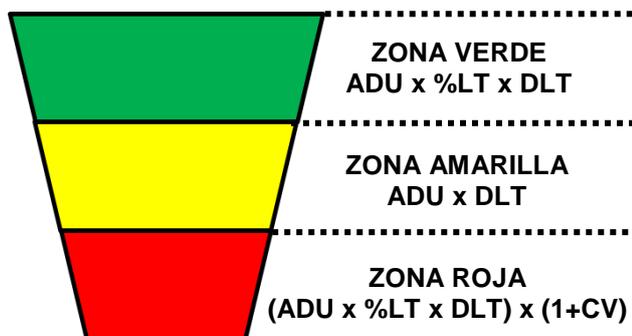
Para el ejemplo mostrado, se observa el modelo de simulación que calcula tanto la cantidad óptima de pedido y su rotación en días, de tal forma que pueda ser comparado con la situación actual y el modelo Demand Driven.

### ***Simulación utilizando la metodología Demand Driven***

Este modelo gira en torno al uso de posiciones de inventario estratégicas llamadas buffers, que se encuentran situados en puntos críticos para cumplir con las siguientes funciones:

- Absorción del choque: al amortiguar la variabilidad del proveedor y de la demanda.
- Compresión del lead time: al segmentar el lead time del proveedor.
- Generación de orden de abastecimiento: toda la información importante sobre la demanda, proveedor e inventario se combinan para desarrollar el buffer.

Los buffers están compuestos por tres zonas: rojo, amarillo y verde. Cada una de ellas tiene un objetivo en específico y diferente tamaño. El color verde representa una posición de inventario que requiere de ninguna acción, el amarillo representa una posición en la que el inventario puede reponerse y el color rojo donde un inventario que está en peligro de quedarse stock out y necesita de atención especial. La fórmula de cada una de las zonas se muestra en la figura 2.21



**Figura 2.21 Zonas de buffer para Demand Driven**

Elaboración Propia

Para el cálculo de la zona roja se requiere un factor de variabilidad, que es calculado a través de los datos tomados de la demanda diaria del 2018. Cada uno de estos factores de variabilidad tiene un valor específico, si la variabilidad es alta entonces su ponderación es de 80%; si la variabilidad es media entonces es del 50% y; si su variabilidad es baja entonces su ponderación es del 30%. En la tabla 2.19 se puede observar un ejemplo para uno de los SKU's de la prueba piloto.

**Tabla 2.19 Factores de variabilidad de acuerdo al SKU**

Código	Descripción	Desviación estándar	Promedio	Coefficiente de variación	Categoría de variabilidad	Factor de variabilidad
M0629	ROLLOS CHOVA AL FRÍO 10 MTS C/U	1,94	2,67	0,73	BAJO	0,3
M0910	FLAPPER C/CADENA	26,20	36,13	0,73	BAJO	0,3
M1427	WAPE DE ALGODÓN	5,78	6,25	0,92	MEDIO	0,5
M0161	CABLE FLEXIBLE # 14	51,40	51,00	1,01	MEDIO	0,5
M0198	TUBO LED T8 DE 18WATT	205,21	218,86	0,94	MEDIO	0,5
M1429	GUANTES DE CUERO CAÑA CORTA	2,64	6,57	0,40	BAJO	0,3
M1401	CABLE CONCÉNTRICO 2 X #14 AWG COBRE	62,82	83,33	0,75	BAJO	0,3
M1388	PINTURA DE TRÁFICO COLOR BLANCO	1,10	2,20	0,50	BAJO	0,3
M1473	TARRO DE POLIBREA DE 20 KILOS	4,21	8,80	0,48	BAJO	0,3
M1604	TUBO T8 DE 9W	22,18	21,00	1,06	MEDIO	0,5

Elaboración Propia

Con el factor de variabilidad calculado para cada producto se procede a calcular cada una de las zonas buffer de los 10 SKU's y luego a través de la simulación obtener su inventario promedio y los días de rotación, como se puede observar en la tabla 2.20

**Tabla 2.20 Data de inventario promedio, consumo y rotación de inventario**

Inventario promedio (unidades)	16,98
Consumo (unidades)	246,87
Rotacion (veces)	14,54
Rotacion (días)	25,10

Elaboración Propia

## Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC.

El primer paso para el diseño del layout fue la clasificación ABC de productos por familia de productos relacionándolos con los tipos de trabajos que realizan los diferentes técnicos del departamento de mantenimiento, las cuales se definieron de la siguiente manera:

- Materiales de gasfitería
- Materiales de construcción
- Materiales eléctricos
- Materiales de Aluminio y vidrio
- Materiales de refrigeración
- Materiales de cerrajería

Una vez definida la familia de productos se realizó el diseño de layout mediante el uso del software Autocad 2D, colocando en la parte central las familias de productos que tienen mayor rotación dentro de la bodega, y en sus extremos aquellos que roten menos según la clasificación ABC, tal como se muestra en la figura 2.22

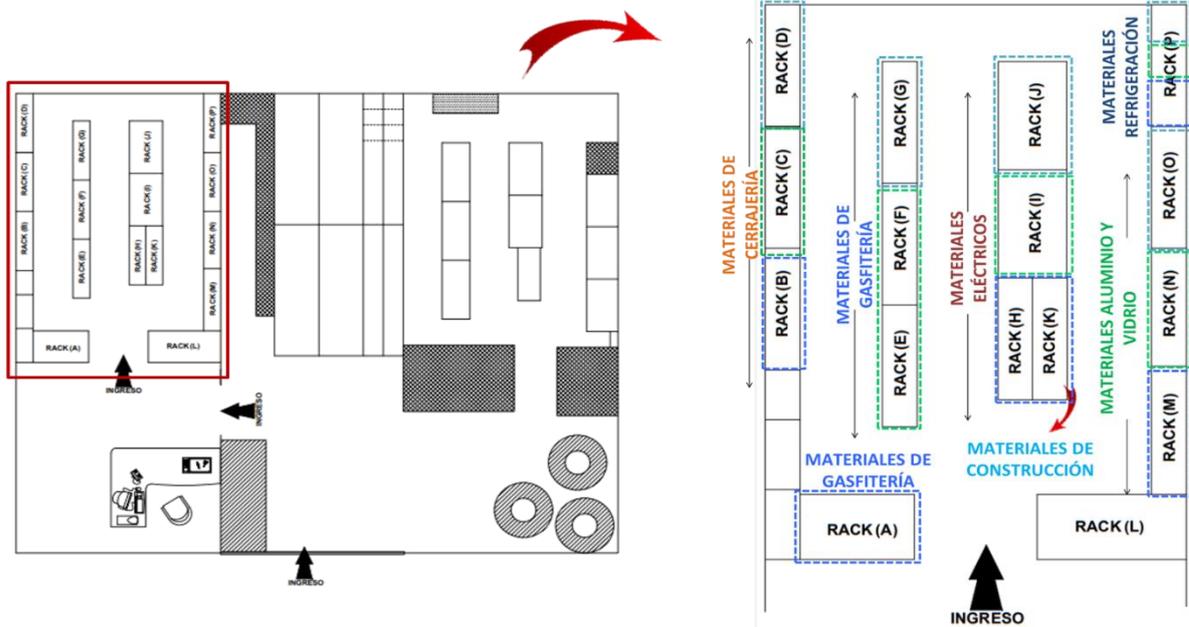


Figura 2.22 Layout por familia y subfamilias de productos según clasificación ABC.

Elaboración Propia

## Implementación de 6'S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener la disciplina y Seguridad).

La metodología 6S permite cambiar no solo el espacio físico de trabajo, sino también la disciplina del personal de la bodega de mantenimiento. Para cada una de las S se establece una función a realizar, tal como se muestra en la figura 2.23

- *Revisión periódica de inventario*
- *Registros de limpieza*
- *Interfaz de ubicación de ítems*



**Figura 2.23 Metodología 6's**

Elaboración Propia

*Clasificar:* Durante esta etapa se separan los materiales obsoletos, peligrosos y de acuerdo a la categoría del material, al nivel y estantería a la cual corresponde, como se muestra en la figura 2.24



**Figura 2.24 Clasificar**

Elaboración propia

*Ordenar:* Una vez clasificados los productos, se colocan niveles intermedios entre los niveles de las estanterías para ubicar productos pequeños y aprovechar el espacio disponible. En total se instalaron 6 niveles y luego se ubicaron dentro de cada categoría según el análisis ABC de productos, como se muestra en la figura 2.25



**Figura 2.25 Ordenar**

Elaboración Propia

*Limpiar:* Cada uno de los materiales y sistemas de almacenamiento son limpiados, se mueve los racks para eliminar las fuentes de suciedad como por ejemplo las polillas o piezas de materiales dañados, como se muestra en la figura 2.26



**Figura 2.26 Limpiar**

Elaboración Propia

*Seguridad:* Los productos inflamables y de gran tamaño fueron reubicados en otra sección de la bodega para mejorar la ergonomía y seguridad del personal de la bodega de mantenimiento.

## **Reasignación de tareas del personal responsable de la bodega de mantenimiento.**

Actualmente, el custodio administrativo de la bodega cumple algunas funciones designadas por el guardalmacén general de la institución superior. Sin embargo, no puede realizar los ingresos ni despachos de materiales del sistema lo que genera que la información en la bodega de mantenimiento no sea precisa ni confiable y exista días de diferencia entre lo que se despacha en el sistema y físicamente.

Para que el custodio administrativo pueda realizar las veces de guardalmacén en la bodega de mantenimiento, es necesario justificar y presentar la necesidad a la gerencia administrativa y a la máxima autoridad de la institución superior. El sustento de esta necesidad se encuentra en el Art. 39 del Reglamento de Administración y Control de Bienes del Sector Público que especifica:

“El Guardalmacén, o **quien haga sus veces**, hará el registro correspondiente en el sistema para el control de bienes, con las especificaciones debidas y la información sobre su ubicación y el nombre del Usuario Final del bien. ”

## **2.7 Control**

Una vez que las soluciones se han implementado, es necesario definir controles que certifiquen que los síntomas del problema no vuelvan a aparecer y evitar soluciones temporales. Se establecerá procedimientos para cada una de las soluciones mencionadas previamente:

### **Implementación de una política de inventario para los productos tipo A.**

El control de esta solución apunta a mejorar la política de inventario cada vez más, con el fin de determinar qué productos son necesarios en la bodega y cada

cuánto tiempo deben de pedirse, en qué cantidad y cómo debe ser abastecido, como se muestra en la tabla 2.21

**Tabla 2.21 Implementación de una política de inventario para los productos tipo A**

POLÍTICA DE INVENTARIO					
¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿POR QUÉ?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?
Registros de demanda actualizados	Registrar la demanda de cada ítem en la interfaz incluso si el ítem no se encuentra en stock.	Bodeguero	Conocer el comportamiento de la demanda	Bodega de Mantenimiento	Permanente
Análisis ABC actualizado	Usando el sistema de mantenimiento para estimar la categoría de cada ítem de acuerdo a la frecuencia de despachos		Separar los ítems que no se necesitan		Mensualmente
Contratos Marco	La Unidad de Adquisición de Suministros debe negociar un contrato a largo plazo con entregas parciales.		Control de ubicación de auditoría		Cuando el departamento de mantenimiento lo requiera

Elaboración propia

Estos controles son:

- Registrar en la interfaz la demanda diaria de cada uno de los ítems, incluso si no hay inventario en la bodega, con el fin de observar el comportamiento de la demanda durante un periodo determinado.
- Realizar una clasificación ABC de los ítems según su rotación, ya que es variable en el tiempo, para conocer qué ítems se necesitan con más prisa en la bodega.
- Establecer contratos marco para que la Unidad de Adquisición de Suministros de la Institución Superior pueda negociar contratos a largo plazo con reabastecimiento parcial.

### **Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC.**

El layout de la bodega debe mantener la eficiencia del proceso, en este caso el de almacenamiento, como se muestra en la tabla 2.22.

**Tabla 2.22 Diseño de layout para ubicación de productos según clasificación ABC**

DISEÑO DE LAYOUT					
¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿POR QUÉ?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?
Actualización de análisis ABC	Usando el sistema de mantenimiento para estimar la categoría de cada ítem de acuerdo a la frecuencia de despachos	Bodeguero	Variación en la rotación de los materiales: No todo lo que se necesita ahora se necesitará en el futuro.	Bodega de Mantenimiento	Mensualmente
Área establecida de almacenamiento para activos fijos	Establecer dos niveles en los racks para activos pequeños en la oficina del bodeguero, mientras que para activos más grandes ubicar en una cabina dentro de la bodega.		Activos fijos ocupan espacio necesario para otros materiales		Permanente
Registro de trabajos de mantenimiento en el sistema de la bodega	Cada vez que un trabajo es realizada, el asistente de mantenimiento debe registrarlo en el sistema y los materiales que fueron solicitados		Re-ubicar secciones en la bodega		Mensualmente
Sugerencias para el registro de códigos	1. Encontrar los mismos ítems que están repetidos en el registro de control de existencias, luego sugerir qué código debe ser asignado para el ingreso y despacho. 2. Cuando se abastece un material, revisar si alguna vez ha estado en inventario, si es así sugerir el código. Si no, sugerir un nuevo código que sea similar a su familia de producto.		Evitar la generación de más códigos		Cuando el proveedor abastezca

Elaboración propia

Los controles recomendados son:

- Realizar una clasificación ABC de los ítems según su rotación, ya que es variable en el tiempo, para conocer qué ítems deben ser colocados en la parte delantera de la bodega y cuáles deben ser ubicadas al final.
- Evitar almacenar activos fijos en los sistemas de almacenamiento, estableciendo un área fija para su almacenamiento.
- Actualizar qué categoría de trabajos de mantenimiento son los más solicitados para reubicar las secciones en la bodega.
- Sugerir el registro de códigos actuales y nuevos, es decir, si el SKU ya ha estado al menos una vez en el sistema de control de existencias, sugerir el código ya definido, caso contrario sugerir un código similar a la familia de ese SKU.

**Implementación de 6'S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener la disciplina y Seguridad).**

*Estandarizar:* Los sistemas de almacenamiento son identificados con letra y número según los niveles que tienen, además cada uno de los productos se identifica con un código ya registrado en el sistema, además aquellos productos que llegaron por contrato y no tienen un código asignado, se sugirió con qué código deben ser subidos al sistema de control de existencias.

*Mantener la disciplina:* Se establecieron registros de limpieza para mantener la bodega limpia de forma constante, además se sugiere una revisión periódica de inventario para identificar a tiempo si existen ítems que ya no rotan o están dañados o su vida útil ya ha expirado.

Por último, con el fin de mantener las ubicaciones asignadas, se sugiere actualizar la ubicación de los productos de acuerdo al nivel y estantería, de esa forma en caso de que una persona externa o el propio bodeguero no conocen donde está ubicado un ítem, pueda encontrarlo rápidamente.

**Tabla 2.23 Implementación 6'S**

IMPLEMENTACIÓN 6S					
¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿POR QUÉ?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?
Estandarizar	Señalización de racks	Bodeguero	Encontrar los ítems rápidamente	Bodega de Mantenimiento	Permanente
Sostener	Revisión periódica de inventario		Separar los ítems que no se necesitan		Mensualmente
	Registros de limpieza		Eliminar fuentes de suciedad		Permanente
	Interfaz de ubicación de ítems		Control de ubicación de auditoría		Permanente

Elaboración propia

### Reasignación de tareas del personal responsable de la bodega de mantenimiento.

- Entrenamiento constante al bodeguero una vez que se apruebe las nuevas funciones, para evitar errores en el registro y asegurar la confiabilidad de los datos del sistema de control de existencias.

**Tabla 2.24 Reasignación de tareas**

RE-ASIGNACIÓN DE TAREAS					
¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿POR QUÉ?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?
Asignación de nuevas funciones al bodeguero	Presentar la evidencia, sobre la necesidad de que el bodeguero tenga nuevas funciones, al gerente administrativo y el rector.	Máxima autoridad de la institución	El bodeguero necesita la autorización para cumplir sus nuevas funciones	Bodega de Mantenimiento	Permanente
Capacitación y entrenamiento sobre el sistema	El asistente de mantenimiento debe estar en la bodega mientras el bodeguero hace los ingresos y despachos.	Asistente de mantenimiento	El bodeguero conoce poco el uso del sistema		Los primeros dos meses desde la implementación

Elaboración propia

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Implementación de una política de inventario para los productos tipo A.

Para conocer si se cumple con el objetivo planteado, se procede a calcular tanto los niveles de inventario como la rotación en días. La política Demand Driven y EOQ son comparados con la situación actual. Como resultado de la comparación, se puede observar en la figura 3.1 que la política Demand Driven logra una mejora tanto en los días de inventario, aproximadamente en una reducción de 284 a solo 72 días. Mientras que, en cuanto a los niveles de inventario, logra una reducción de \$ 6825.00 a solo \$ 1724, como se muestra en la figura 3.2. Con esto se logra cumplir con la meta propuesta de reducir la rotación en días de los productos tipo A hasta al menos 120 días.

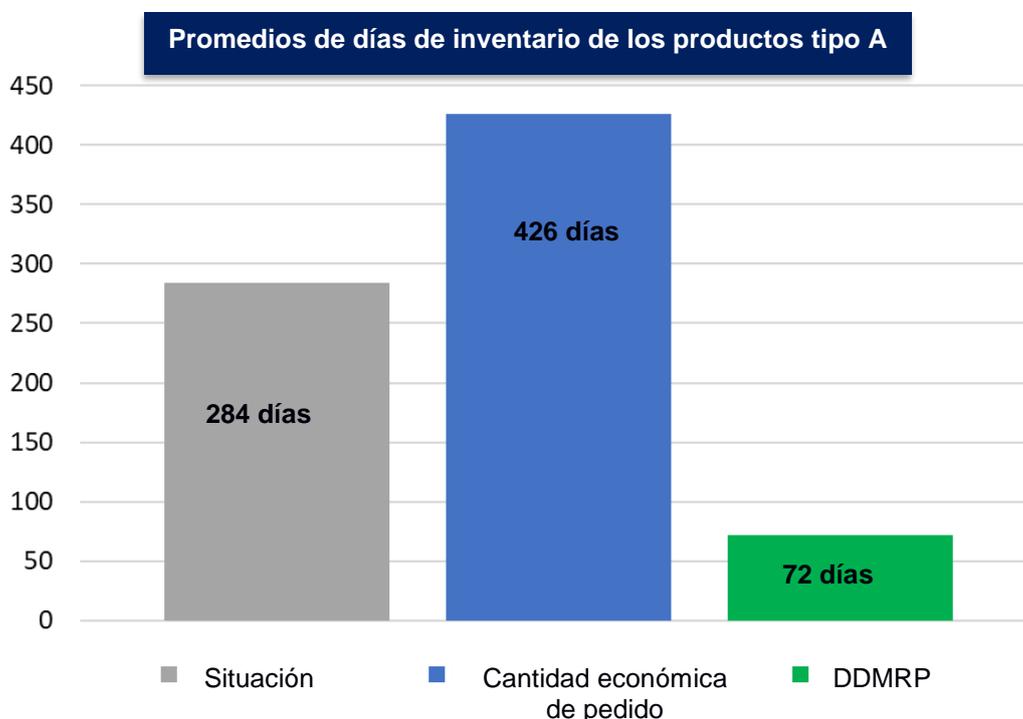
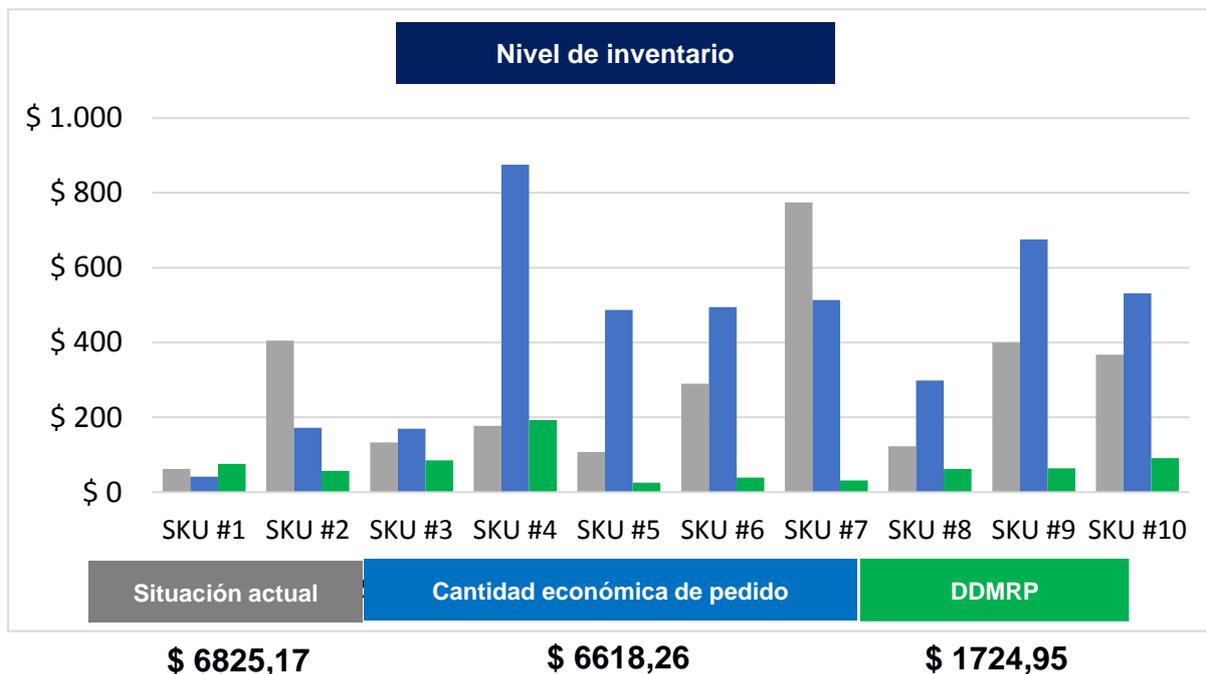


Figura 3.1 Comparación de los días de inventario

Elaboración Propia



**Figura 3.2 Comparación de niveles de inventario**

Elaboración Propia

### 3.2 Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC

Con la implementación de ambas soluciones se logró mejorar la distribución física de los materiales, reducir el tiempo de despacho e incrementar la capacidad de almacenamiento de 210 a 431 SKU's.

Para observar el impacto de esta solución, se toma una muestra de 10 listas de materiales y se realiza una diferencia de medias, con un 95% de intervalo de confianza, para validar que la implementación reduce la distancia recorrida, como se muestra en la figura 3.3

**H<sub>0</sub>**: La distancia real recorrida es igual a la distancia recorrida propuesta

**H<sub>1</sub>**: La distancia real recorrida NO es igual a la distancia recorrida propuesta

**α**: 0,05

**Tamaño de muestra**: n=10

Two-sample T for Tiempo real vs Tiempo con propuesta

	N	Mean	StDev	SE Mean
Tiempo real	10	7,99	2,42	0,77
Tiempo con propuesta	10	4,81	1,75	0,55

Difference =  $\mu$  (Tiempo real) -  $\mu$  (Tiempo con propuesta)

Estimate for difference: 3,176

95% CI for difference: (1,190; 5,162)

T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = 3,36 P-Value = 0,003 DF = 18

Both use Pooled StDev = 2,1139

**Figura 3.3 Diferencia de medias para la distancia recorrida**

Elaboración Propia

Como el valor de p es menor a 0,05 entonces existe suficiente evidencia estadística para concluir que la diferencia de medias es significativa.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Una correcta distribución física de los productos, según su rotación, reduce los movimientos y tiempos de despacho; y mejora el servicio al cliente. Se desarrolló una muestra de 10 pedidos y, como resultado, la distancia recorrida se redujo en un 37% en promedio.
- La implementación de la metodología 6S permitió eliminar las fuentes de suciedad, como bolsas de plástico con agujeros o elementos de difícil acceso; y establecer registros de limpieza; así como distribuir los productos de acuerdo a los trabajos de mantenimiento y ubicarlos de acuerdo a su rotación de inventario.
- La política de inventario que se ajusta a la demanda grumosa e intermitente es la política Demand Driven. Al realizar una prueba piloto, se reduce los días de inventario de 284 días a solo 72 días, por lo que logra cumplir el objetivo propuesto en la Fase de definición, 120 días.
- La política de inventario de Demand Driven reduce el costo de inventario de \$ 6825.17 a \$ 1724.95, una reducción del 76%.

### 4.2 Recomendaciones

- Registrar los ingresos y los despachos en el sistema para que los datos sean confiables y precisos para una mejor administración de inventario y de abastecimiento adecuada.
- Solicitar repisas para los racks actuales en caso de que ingresen productos más pequeños con el fin de para aprovechar el espacio disponible.
- Actualizar periódicamente la ubicación de los productos según su rotación para mantener al mínimo la distancia recorrida dentro de la bodega.

- Revisar periódicamente los registros de limpieza del almacén para identificar las fuentes de contaminación y mantener las instalaciones seguras para el personal.
- Revisar periódicamente el inventario físico para determinar qué productos se usan poco o están a punto de caducar o, finalmente, ya no tendrán ningún uso en el departamento de mantenimiento.
- Para los productos que vienen en bolsas plásticas como la familia de válvulas en la categoría de gasfitería, se recomienda usar un sistema de almacenamiento en la pared a través de un sistema para colgar.
- Revisar periódicamente el comportamiento de la demanda de los SKU's para recalcular los buffers en caso de que haya exceso o falta de inventario.
- Actualización automática del nivel de inventario de los SKU's, en el sistema de control de existencias, para determinar si es necesario pedir o no.

# BIBLIOGRAFÍA

1. [SixSigmaEspanol.com. (2018). DMAIC. 02/12/18, de Capacitación y Certificación Lean Six Sigma Sitio web: <https://www.sixsigmaespanol.com/dmaic-step-one/>]
2. [Cícero Comunicación. (2018). ¿En qué consiste la metodología DMAIC?. 02/12/18, de Cícero Comunicación Sitio web: <https://www.cicerocomunicacion.es/en-que-consiste-la-metodologia-dmaic/>]
3. [Six Sigma DMAIC. (2018). Six Sigma DMAIC. 03/12/18, de Six Sigma DMAIC Sitio web: <https://www.whatissixsigma.net/six-sigma-dmaic/>]
4. [Silvina Fediuk. (2017). La Voz del Cliente y Lean Six Sigma. 04/12/18, de Creativa Consulting Sitio web: <https://creativaconsulting.com.ar/la-voz-del-cliente-y-lean-six-sigma/?v=3fd6b696867d>]
5. [Sheila Shaffie Ed. McGraw Hill. (2017). Los parámetros de calidad críticos (CTQ). 02/12/18, de Innovando.net Sitio web: <http://innovando.net/como-identificamos-a-nuestro-cliente-y-sus-parametros-de-calidad-criticos-ctq/>]
6. [Bryan Antonio Salazar López. (2016). Gestión de Almacenes. 04/12/18, de Jimdo Sitio web: <https://logisticayabastecimiento.jimdo.com/almacenamiento/>]
7. [GEO Tutoriales. (2015). Qué es y cómo se calcula los Días de Inventario. 04/12/18, de Gestión de Operaciones Sitio web: <https://www.gestiondeoperaciones.net/inventarios/que-es-y-como-se-calcula-los-dias-de-inventario/>]
8. [Joffrey Collignon, Joannes Vermorel. (2012). ANÁLISIS ABC (INVENTARIO). 04/12/18, de LOKAD Sitio web: [https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-\(inventario\)](https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-(inventario))]
9. [Changing Minds. (2014). 5W1H. 05/12/18, de Changing Minds Sitio web: <http://changingminds.org/techniques/questioning/5w1h.htm>]
10. [AEC. (2018). Diagrama SIPOC. 06/12/18, de Asociación Española para la Calidad (AEC) Sitio web: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>]
11. [info@progressalean.com. (2017). DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (DIAGRAMA ISHIKAWA). 04/12/18, de Progressa lean LEAN MANUFACTURING, KAIZEN,

KANBAN, LEAN, VSM, 5S. Sitio web: <http://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>]

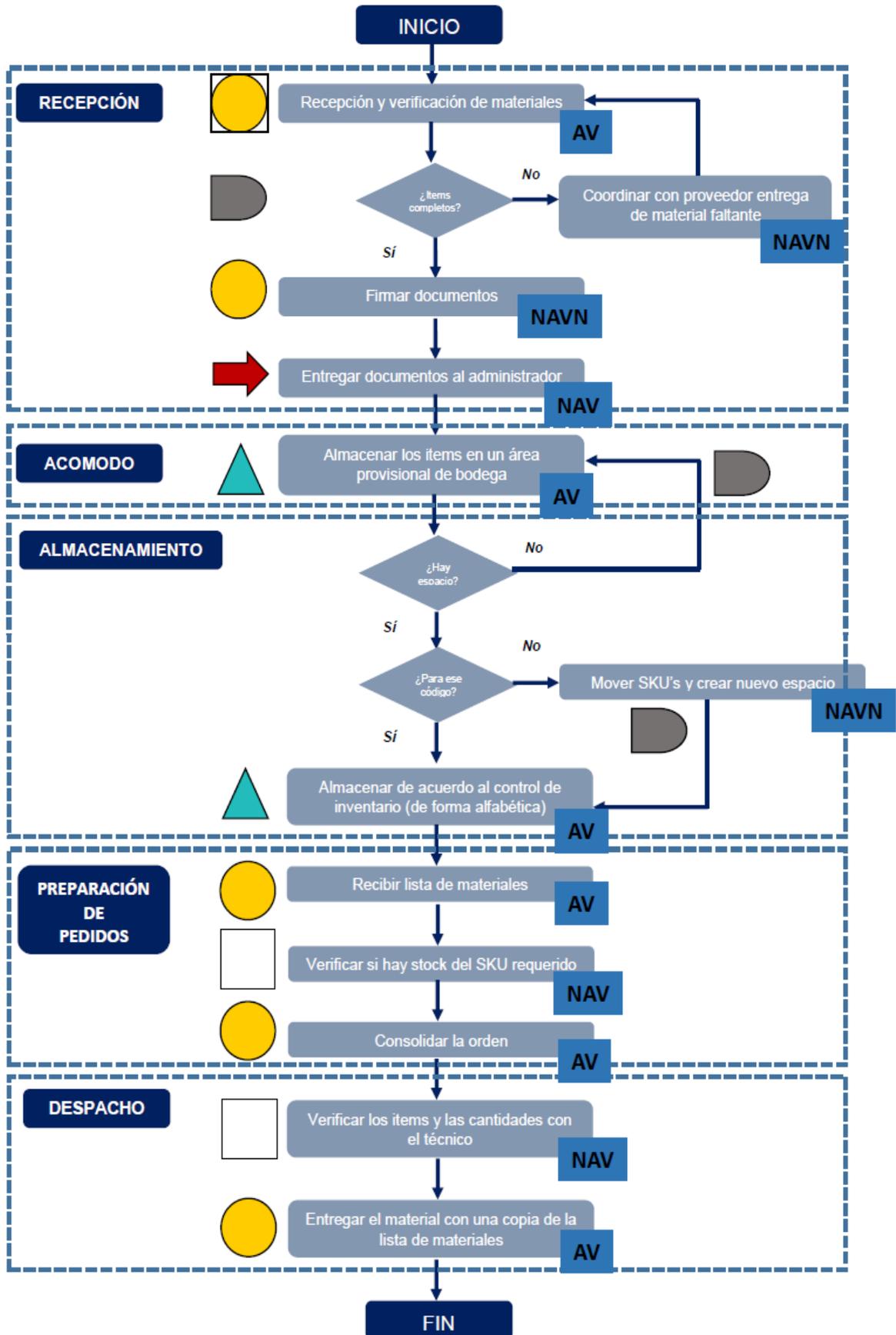
12. [BlackberryCross. (2017). Matriz Esfuerzo vs. Impacto. 04/12/18, de Blackberry & Cross Innovation for Improvement Sitio web: [http://i4is.blackberrycross.com/app/cms/www/index.php?pk\\_articulo=861](http://i4is.blackberrycross.com/app/cms/www/index.php?pk_articulo=861)]

# APÉNDICES

## APÉNDICE A: Plan de recolección de datos

¿QUIÉN?	¿QUÉ?			¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	
	Variables Operacionales	Unidad de la medida	Tipo de dato				Método de Observación	Método de Recolección
Karen M. - Luis G.	Disponibilidad SKU's	-	Cualitativa	Recepción de lista de materiales	Bodega de Mantenimiento	Se debe saber qué SKU's se requieren. Estimar la demanda real para la planificación de compras del siguiente año.	Observación indirecta	Historicos No=30 e=5% CL:95%
Karen M. - Luis G.	Diferentes formas de compra	Unidades	Discreta	Después de la verificación de la disponibilidad del SKU..	Oficina de Mantenimiento	Se debe saber qué SKU's se requieren. Estimar la demanda real para la planificación de compras del siguiente año. Reducir el tiempo de espera de las órdenes.	Observación indirecta	Historicos de ordenes de trabajo realizadas No=30 e=5% CL:95%
Karen M. - Luis G.	Capacidad de los sistemas de almacenamiento de la bodega	Metros cúbicos	Continua	Al inicio de la fase de medición	Bodega de Mantenimiento	Definir una política de ubicación de los SKU's con la finalidad de reducir los tiempos de operación de la bodega e incrementar la capacidad de almacenamiento de la misma. Unificar los códigos de los diferentes SKU's repetidos, con la finalidad de eliminar compras repetidas y ubicar los productos con las mismas especificaciones en el mismo lugar.	Observación Directa	Sistemas de almacenamiento de la bodega medidos con flexómetro
Karen M. - Luis G.	Número de SKU's repetidos	Adimensional	Discreta	Al inicio de la fase de medición	Bodega de Mantenimiento	Conocer cuando los pedidos de compras llegarán a la bodega para evitar la ubicación aleatoria por falta de comunicación o conocimiento.	Observación Directa	Histórico de control de inventario
Karen M. - Luis G.	Tiempo de reabastecimiento de SKU's	Días	Discreta	Al inicio de la fase de medición	Oficina de Mantenimiento		Observación indirecta	Histórico de movimientos mensuales de la bodega No=30 e=5% CL:95%
Karen M. - Luis G.	Número de periodos que se realizan egresos del sistema	Adimensional (frecuencia)	Discreta	Al inicio de la fase de medición	Oficina de Mantenimiento	Para verificar que el inventario físico coincide con el inventario en el Sistema.	Observación indirecta	Historicos de consumo interno

## APÉNDICE B: Proceso detallado



## APÉNDICE C: Plan de Implementación

CAUSA RAÍZ	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN							
	¿QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	¿DÓNDE?	¿QUIÉN?	COSTO	¿CUÁNDO?	ESTADO
3 6	Diseño de layout para ubicación de productos según la clasificación ABC	Reducir los tiempos de almacenamiento y despacho de los items, la distancia recorrida del bodegaero y aprovechar el espacio disponible en la bodega.	Uso de AutoCAD 2D para elaborar layout actual y mejorado. Análisis de Clasificación ABC	Bodega de Mantenimiento	Project Leaders	\$0,00	07/01/2019 - 14/01/2019	En planificación
2 3	Implementación de 6S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener la disciplina y Seguridad)	Eliminar materiales descontinuados y excesos de tiempo en toma física de inventario, obtener espacio adicional, disminuir movimientos innecesarios, eliminar condiciones inseguras, incrementar la vida útil de los materiales y sistemas de almacenamiento.	Ubicar cada ítem en el lugar adecuado Establecer controles visuales para las nuevas ubicaciones Establecer estándares de limpieza: hoja de verificación de inspección y limpieza Tarjetas para identificar y eliminar fuentes de suciedad Instrucciones y procedimientos	Bodega de Mantenimiento	Project Leaders Jimmy Lliguisaca	\$25,00	14/01/2019 - 21/01/2019	En planificación
1 2	Reasignación de tareas del personal responsable de la bodega de mantenimiento.	Ingresar y despachar los materiales del sistema para mantener el control de existencias actualizado	Presentación de veidencia legal de acuerdo al Reglamento de Administración de Bienes e Inventarios del sector público	Bodega de Mantenimiento	Project Leaders	\$0,00	10/01/2019 - 23/01/2019	En planificación
1 2 3 5	Implementación de una política de inventario para los productos tipo A	Conocer cuánto, cómo, cuándo y la cobertura en días de cada una de los items de la bodega de mantenimiento.	Comparar dos modelos de política de inventario con la situación actual para conocer cuál de ellas reduce los días de inventario.	Bodega de Mantenimiento	Project Leaders	\$0,00	21/01/2019 - 31/01/2019	En planificación