

**MEJORA EN EL SISTEMA DE INVENTARIO DEL ALMACÉN DE MATERIALES
DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

**CARLOS ANDRÉS FORERO BONILLA
JUAN DAVID FRANCO ARANA**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
AÑO 2020**

**MEJORA EN EL SISTEMA DE INVENTARIO DEL ALMACÉN DE MATERIALES
DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

**CARLOS ANDRÉS FORERO BONILLA
JUAN DAVID FRANCO ARANA**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Director proyecto
JUAN JOSÉ CARDONA MELO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
AÑO 2020**

Contenido

	pág.
GLOSARIO	8
RESUMEN	9
Introducción	10
1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema	11
1.1 Contexto	11
1.2 Formulación del problema	13
1.3 Justificación	13
2 Objetivos	15
2.1 Objetivo del Proyecto.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
2.3 Entregables.....	15
3 Marco de Referencia	16
3.1 Antecedentes o Estudios Previos	16
3.2 Marco Teórico.....	17
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto.....	24
4 Metodología	25
4.1 Primer objetivo	25
4.2 Segundo objetivo	26
4.3 Tercer objetivo	27
4.4 Cuarto objetivo.....	27
5 Resultados	28
5.1 Presentación y discusión de resultados.....	28
5.1.1 Análisis inicial	28
5.1.2 Base de datos	33
5.1.3 Clasificación ABC.....	34
5.1.4 Aspectos para tener en cuenta	35
5.1.5 Clasificación ABC cruzada	36
5.1.6 Rotación.....	37
5.1.7 Herramienta de pronósticos	38

5.1.8	Validación de la herramienta.....	45
5.1.9	Frecuencia de compra.....	46
5.1.10	Manual de Usuario.....	48
5.2	Conclusiones	48
5.3	Recomendaciones	49
6	BIBLIOGRAFÍA	50
	ANEXOS.....	51

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de la Universidad Icesi	12
Figura 2 Diagrama Ishikawa	31
Figura 3 Gráfico de Pareto.....	33
Figura 4 Rotación - Ítem 2952.....	38
Figura 5 Interfaz de botones 1.	40
Figura 6 Cuadro de opciones.....	40
Figura 7 Ejemplo tabla dinámica.....	41
Figura 8 Cargar datos	41
Figura 9 Periodos de pronóstico	42
Figura 10 Formulario.....	43
Figura 11 Ejemplo de cuadro de control.	43
Figura 12 Consolidado	44

Lista de Tablas

Tabla 1. Sistemas de pronóstico y patrón de demanda	19
Tabla 2 Resultados Diagrama de Pareto	32
Tabla 3 Bodegas.....	34
Tabla 4 Clasificación ABC 30%	35
Tabla 5 Compras específicas.....	36
Tabla 6 Ítems tipo A cruzados.....	37
Tabla 7 Frecuencia de compra	47
Tabla 8 Ejemplo de modalidad de compra.....	47

Lista de Anexos

Anexo 1 Diagrama de Flujo de Control de Inventarios.....	51
Anexo 2 Diagrama de Flujo de Conteo de Inventarios.....	52
Anexo 3 Diagrama de Flujo de Despacho	53
Anexo 4 Diagrama de Flujo de Recepción.....	54
Anexo 5 Encuesta #1	55
Anexo 6 Encuesta #2.....	56
Anexo 7 Encuesta #3.....	57
Anexo 8 Encuesta #4.....	58

GLOSARIO

Pronósticos: Predicción de una demanda en el periodo siguiente.

Frecuencia: Cantidad de veces que se compra un producto.

Política de compras: Es una serie de pautas y controles al momento de realizar una orden de compra. Teniendo en cuenta la clasificación de los ítems y su frecuencia de compra.

Nivel de servicio: Es la probabilidad de satisfacer la demanda.

Demanda: Cantidad de ítems que necesitan los clientes.

Enterprise: Software utilizado para el almacenamiento y registro de entradas y salidas de los insumos del almacén de materiales.

MAD: Es la medición de un error promedio en la elaboración del pronóstico.

MAPE: Es un indicador de desempeño del pronóstico de la demanda que mide el tamaño del error en términos porcentuales.

Eficacia: Mide el rendimiento de la herramienta utilizada en términos porcentuales.

RESUMEN

La gestión de inventarios en los almacenes es una parte fundamental para su correcto funcionamiento interno y afecta directamente su nivel de servicio. El almacén de materiales de la Universidad Icesi presenta problemas con la gestión de inventarios, esto se puede observar debido a que no se tiene una política de compras o control riguroso de entradas y salidas de materiales. Por esto, se realizó una propuesta de mejora que impacte positivamente en los niveles de servicio e inventarios. A partir de la información de la base de datos de compras, se obtuvo la información de los diferentes ítems comprados por el almacén para desarrollar una herramienta de pronósticos que permita mejorar los niveles de inventario. Luego, se validó la aplicación para definir su alcance y efectividad donde se generó un impacto en el almacén de materiales de la Universidad Icesi por reducción de inventarios, cantidad de ordenes realizadas al año y nivel de servicio.

Palabras claves: Nivel de servicio, gestión de inventarios, almacén de materiales, pronósticos y compras.

Introducción

El objetivo de este documento es implementar mejores prácticas en la política de compras para el almacén de materiales de la Universidad Icesi, la cual se encuentra ubicada en Colombia, en la ciudad de Cali (Valle del Cauca). Con esto se busca tener un mejor control de inventarios de los diferentes insumos almacenados y lograr una mejora en el proceso, la cual se verá reflejada a nivel económico y dentro del sistema mismo.

El almacén de materiales del edificio J, se encarga de recibir todas las compras de la Universidad Icesi, a excepción de los productos químicos. La implementación de mejores prácticas en el sistema de compras del almacén traerá consigo la reducción de costos de mantenimiento de inventarios y faltantes. Además, con una herramienta de pronóstico de la demanda se puede mejorar la planeación de las compras y la prestación del servicio en la Universidad a sus clientes internos.

Con este trabajo, se busca aplicar diferentes herramientas y conocimientos sobre la ingeniería industrial con el fin de solucionar la causa raíz de los problemas en los procesos realizados en el almacén. Con base en esto, se obtiene experiencia y aumenta la capacidad de analizar las diferentes problemáticas y sus orígenes que pueden afectar el proceso de forma directa o indirecta. Gracias a la información obtenida, se permitirá proporcionar alternativas de mejora para volver el sistema más eficiente.

1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema

1.1 Contexto

Un almacén es un espacio destinado al depósito de bienes con dos funciones primordiales. El manejo de mercancías y el mantenimiento de inventarios. “El manejo de mercancías comprende todas las actividades de carga y descarga, y el traslado del producto a las diferentes zonas del almacén y a la zona de preparación de pedidos. Por su parte, el almacenamiento es simplemente la acumulación de mercancías durante un periodo de tiempo” (Ballou, 1991).

La mala gestión de inventario constituye un gran riesgo de tener una gran cantidad de inventario para asegurar el cumplimiento de las entregas y pedidos recibidos o una deficiencia de insumos que afecte la realización de la actividad que genera valor. Por lo tanto, saber gestionar los flujos de materiales se convierte en una actividad esencial debido a que afecta la capacidad de almacenamiento y el incremento de sus costos asociados.

Los almacenes de materiales son una estructura clave en la Universidad Icesi porque reciben los insumos necesarios para el correcto funcionamiento de las diferentes instalaciones en la organización. Desde los insumos de ferretería, electricidad, luminarias, mantenimiento, químicos, reactivos, tecnología y cafetería hasta los de papelería y aseo personal que son indispensables para la prestación del servicio dentro de la universidad. La Universidad Icesi cuenta con tres (3) almacenes de materiales, que permiten el correcto funcionamiento de las instalaciones y prestación de servicios.

El primero está ubicado en el edificio L, en el segundo y tercer piso, son dos almacenes que funcionan en conjunto como uno solo. En éste, se guardan los químicos, reactivos, instrumentación y todo lo relacionado con las prácticas de laboratorios que se ejecutan en los laboratorios de química y ciencias. El almacén está organizado con el fin de permitir agilizar la búsqueda y entrega de las solicitudes que realizan los profesores encargados.

El segundo se encuentra en el edificio N, en la zona de ingeniería bioquímica. Este almacén se encarga de manejar todos los reactivos y químicos que se requieren para el funcionamiento de las prácticas de laboratorio, al igual que la instrumentación necesaria para esto. Al igual que el almacén del edificio L, éste se encuentra segmentado y organizado, permitiendo buenos resultados en tiempo de atención.

El tercero se encuentra ubicado en el edificio J, el cual se encarga de recibir todas las compras como los insumos de ferretería, electricidad, mantenimiento, etc. que realiza la Universidad Icesi exceptuando lo relacionado con química. Este almacén tiene diferentes formas de manejo de las necesidades de los clientes, que consisten en recibir solicitudes de parte de externos, préstamo de algunos materiales y compras realizadas por los empleados del almacén que son determinadas a partir de la experiencia con el fin de mantener inventarios necesarios.

Los tres almacenes de la Universidad Icesi están distribuidos de la siguiente manera: Los puntos azules representan la ubicación de los diferentes almacenes dentro de la Universidad como se evidencia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

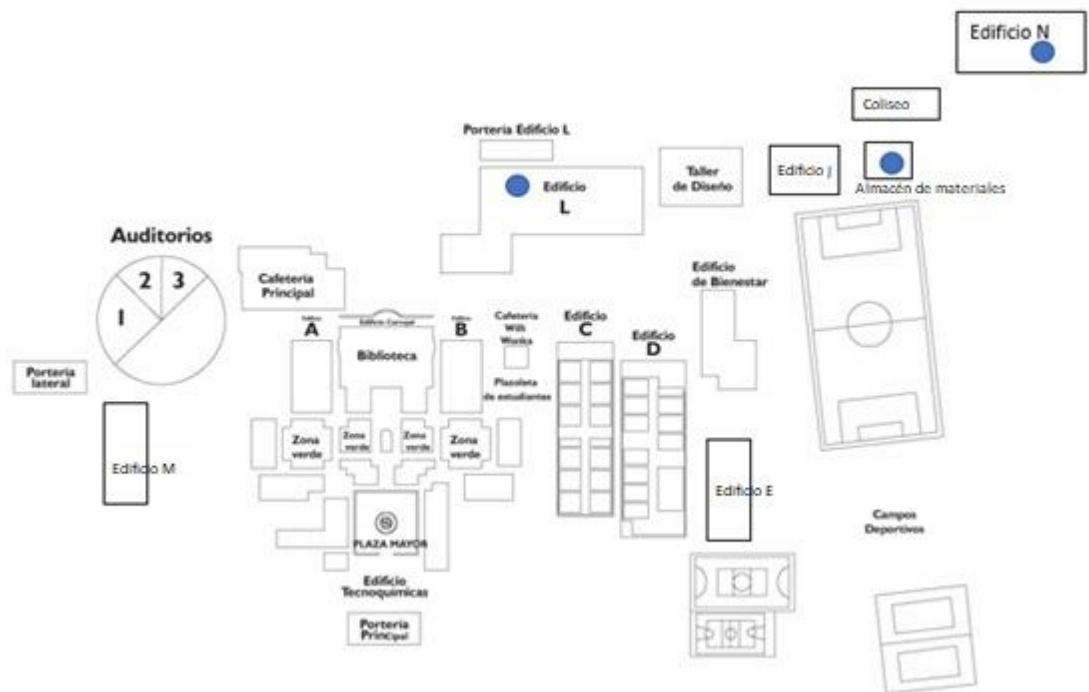


Figura 1 Mapa de la Universidad Icesi

Imagen tomada de www.icesi.edu.co

El almacén que presenta mayor necesidad de mejora es el que se encuentra ubicado en el edificio J. Por esto, se va a trabajar en este proyecto sobre este almacén ya que es necesario centrarse en los problemas principales y de mayor gravedad para encontrarles una oportunidad de mejora en su funcionamiento.

El espacio del almacén de materiales del edificio J de la Universidad Icesi parece ser reducido, por lo que se vuelve complejo manejar una alta variedad de materiales dentro del mismo. Dado que este lugar maneja un alto nivel de rotación debido a que la mayoría de los materiales e insumos llegan y se envían al usuario final, se requiere de un alto nivel de revisión y cuidado para evitar cualquier tipo de faltantes o errores en las entregas que puedan generar devoluciones y a su vez pérdidas de tiempo que se ve reflejado en costos y disminución del nivel de servicio.

El almacén cuenta con una segmentación de materiales e insumos por ciertas áreas, sin embargo, no tienen en cuenta muchos aspectos importantes como la categorización ABC, los puntos de reorden y un método que permita mantener la información actualizada, puesto que en ocasiones no todos los materiales pasan por el sistema de información de la universidad. Por otra parte, cuenta con un software destinado a los procesos que se llevan a cabo dentro del almacén que no utilizan en su máxima capacidad, por lo que desaprovechan la oportunidad de generar una mejor gestión de inventarios que podría verse reflejado en aspectos como el mejoramiento de los indicadores.

Por último, cuenta con la información pertinente para obtener indicadores claves que permiten dar a conocer la situación en la que se presenta el almacén. Sin embargo, no están utilizando esa información, es decir, no calculan los indicadores, sino que, únicamente se basan en la experiencia e información que ellos visualizan y perciben dentro del almacén.

1.2 Formulación del problema

El almacén de materiales del edificio J de la Universidad Icesi presenta insumos almacenados con tiempos promedios altos debido a la poca rotación. Además, las compras que se realizan son de manera frecuente y con cantidades mayores o menores a las necesitadas dependiendo del ítem porque se realizan de manera empírica, lo cual es resultado de un mal ejercicio de pronóstico. Por esto, es interesante saber, ¿Cómo se podría mejorar el proceso de compra y control de inventarios?, y así lograr evidenciar los cambios en la implementación de mejores prácticas en el almacén.

1.3 Justificación

El control de inventarios es un elemento importante para el desarrollo de cualquier empresa u organización porque garantiza la disponibilidad de los bienes a utilizar

en los procesos de producción o los necesarios para la prestación de un servicio. Para las organizaciones se hace necesario la existencia de los inventarios debido a que su base consiste en la compra y venta de bienes y servicios.

En la Universidad Icesi, el depósito de sus insumos es realizado en sus tres almacenes ubicados en los edificios J, L y N. En el almacén de materiales del edificio J es necesaria la implementación de mejores prácticas en su toma de inventarios para reducir sus costos de mantenimiento debido a la mala planeación de las compras. Con esto, se podrá realizar un impacto positivo en los indicadores de rotación y faltantes debido a la correcta planeación de las compras y necesidades para la prestación del servicio en la universidad.

Para nuestra formación profesional es importante poner en práctica los conocimientos y herramientas adquiridas durante la carrera y así resolver la problemática planteada con respecto al almacén de materiales. Con esto, se podrá desarrollar mejores prácticas en los diferentes controles de inventario para adquirir experiencia en la investigación y mejoramiento de procesos realizados en el almacén. Además, la ingeniería industrial es ideal para la resolución de los problemas presentados tanto en almacenes, como en cualquier proceso general de una organización o empresa, debido a que analiza las diferentes causas tanto del proceso como del ambiente en general y las prioriza para alcanzar procesos e indicadores más efectivos y eficientes.

2 Objetivos

2.1 Objetivo del Proyecto

Implementar métodos de pronósticos en el almacén de materiales de la Universidad Icesi que permita ajustar las cifras de compras impactando positivamente en el control de inventarios y en la política de compras.

2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del almacén de materiales para identificar los procesos internos y las referencias con mayor impacto en los inventarios.
- Evaluar las diferentes técnicas de pronósticos que se ajustan a cada una de las referencias seleccionadas.
- Desarrollar una herramienta para calcular los pronósticos de compra adaptados a cualquier referencia que el usuario requiera.
- Proporcionar material explicativo para el uso de la herramienta de pronósticos.

2.3 Entregables

- Informe de diagnóstico representando la situación actual del almacén de materiales.
- Informe detallado de cada una de las referencias seleccionadas.
- Herramienta para calcular los pronósticos para el almacén de materiales.
- Validación de la efectividad de la herramienta con datos históricos.
- Manual de uso explicativo para la herramienta de pronósticos.

3 Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

Las empresas actualmente tienen que coordinarse con toda la cadena de abastecimientos y lograr disminuir la complejidad de las operaciones a causa de información errada o inoportuna. A causa de una buena gestión de ésta, se puede obtener diferentes beneficios que a su vez se convierten en mejor rentabilidad para la compañía.

Uno de los temas que se ven afectados por la gestión de la cadena de abastecimientos, son los inventarios que se mantienen en las bodegas de almacenamiento de las empresas. Por esto, es necesario darle una importancia a la gestión de éstos y obtener una disminución considerable en el nivel de inventarios. Para lograr lo anterior, existen diferentes métodos que permiten lograr una mejora en dicho proceso y lograr disminuir los costos generados por los inventarios. Algunos de los métodos que permiten la gestión de inventarios son la clasificación ABC, mejoras técnicas de pronóstico, punto de reorden y ubicación de los materiales.

En Cali, se elaboró un trabajo de grado con una pyme llamada Betmon Repuestos, la cual se dedica a la distribución mayorista de autopartes en el barrio 7 de agosto, donde se elaboró una propuesta de control de nivel de inventarios y se encontró la oportunidad de disminuir costos al reducir el inventario y así aumentar el flujo de caja. También se demostró el exceso de inventario almacenado por parte de la empresa y con una clasificación ABC se lograron identificar los productos obsoletos, permitió la reubicación de los productos para minimizar recorridos por parte de los trabajadores y se dio la liberación de espacio en las estanterías. Además, la implementación de conteos cíclicos permite el seguimiento de los productos en el inventario y así disminuir las diferentes relativas encontradas entre lo almacenado y registrado (Londoño, 2012).

En Guatemala, se desarrolló un proyecto de grado donde se buscó tener un mejor control de inventarios y manejo de materiales en el instituto tecnológico universitario de Guatemala sur. En primer lugar, se estableció el modelo de inventario económico de pedido EOQ y así el encargado de realizar los pedidos conocerá la cantidad óptima para cada producto. También se aplicó el nivel de reorden para establecer el momento exacto que la persona encargada deba realizar un nuevo pedido. Finalmente se crea un manual de procedimientos para aumentar el control de los artículos que entran y salen del almacén (Rivera, 2016).

En Cuba, abordaron una investigación sobre los manejos de inventarios mediante las políticas de EOQ en donde se logra calcular el punto óptimo para solicitar a los proveedores un nuevo lote de materia prima, permitiendo a las personas tomar decisiones más acertadas y oportunas para las empresas. Por otra parte, se da a conocer la importancia de la información oportuna y en tiempo real de la cadena de suministros, puesto que, con esto se puede apoyar en los métodos de gestión de inventarios y decidir respecto a los problemas o propuestas que se tengan para obtener mejores resultados gracias a la información integrada (José Antonio Díaz, 2012).

En Bogotá, se realizó un trabajo de grado que consistió en diseñar una aplicación tecnológica que implemente una metodología de pronóstico de ventas, apoyándose en los sistemas de información actuales de Arturo Calle, SIS 20-04 y POS donde se logró identificar un método de pronóstico en las ventas y así obtener una mejora para el área de planeación permitiendo disminuir los costos de toda la cadena productiva. (Saavedra, 2010)

3.2 Marco Teórico

Para el desarrollo de este proyecto, es necesario entender y analizar temas importantes y relacionados al tema de investigación como lo es la distribución de un almacén, planeación de los recursos, política de compras por medio de los pronósticos de los diferentes insumos manejados por el almacén.

Los almacenes hacen parte importante de las empresas, puesto que de ellos dependen en muchos casos la posesión de materias primas, insumos, instrumentos y otros materiales que puedan ser necesarios para el buen desempeño de las actividades y procesos de las compañías. Por esto, se requiere tener una buena administración, organización y demás temas que pueden afectar el funcionamiento y rendimiento de éstos.

Los recursos que tienen los almacenes en inventario son factores determinantes para lograr evaluar el rendimiento. Por esta razón, es necesario mantener un sistema de información almacenada con datos históricos que permitan a través de diferentes métodos de pronósticos obtener valores cercanos a las posibles solicitudes de los clientes y con esto, mantener inventarios adecuados que no generen costos elevados pero que a su vez permitan dar respuesta a las solicitudes de los clientes de forma eficiente.

La rotación de inventarios es importante para un almacén porque muestra las veces que está saliendo un ítem al mes. Por lo que ofrece la información sobre que insumos almacenados están rotando más lento o rápido en el almacén. Con esto, se puede identificar el inventario que lleva mucho tiempo almacenado, obsoleto y que solo está ocupando espacio en la bodega y así utilizar este indicador al momento de tomar decisiones (Vidal, 2010). Este indicador se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Ventas al costo periódicas } (\frac{\$}{\text{periodo}})}{\text{Inventario promedio durante el proceso } (\$)}$$

Para el almacén es importante pronosticar los requerimientos de los materiales que requiere la Universidad y sus diferentes áreas para funcionar correctamente. Por esto, se hace necesario pronosticar la demanda de dichos insumos que los clientes van a necesitar. El sistema de pronósticos es un elemento clave para los cumplimientos de los objetivos de la organización y el mejoramiento de su competitividad. La clasificación ABC de ítems es una herramienta muy importante para el control de los inventarios ya que su control y técnicas dependerás si es tipo A, B o C, siendo A, los ítems examinados continua y rutinariamente por los administradores, los B que son manejados de forma automática y los C que en algunas ocasiones no se recomienda ser pronosticados, pero se deben ser cuidados con ellos. (Vidal, 2010)

El análisis de datos históricos de las demandas de los insumos es importante al momento de seleccionar un modelo de pronósticos. Por esto, se necesita representar los datos contra el tiempo para construir los gráficos que representan los datos históricos de demanda ya que a través de la observación se puede identificar el método que mejor se ajusta al patrón de demanda observado en el gráfico. Aunque el gráfico es una buena base para la selección de pronósticos, la decisión final se debe realizar teniendo en cuenta la información adicional en el sistema de estudio. (Vidal, 2010)

Cuando se tienen los datos históricos suficientes, se puede realizar lo que se denomina una simulación del pronóstico, la cual es utilizada para seleccionar el pronóstico mejor se adecua a nuestro patrón de demanda. Las relaciones más comunes entre el sistema de pronósticos y el patrón de demanda se pueden observar en la Tabla 1, cabe resaltar que se trata de una aproximación a la decisión definitivo porque el modelo adecuado de pronóstico va a depender del sistema que se esté analizando. (Vidal, 2010)

Tabla 1. Sistemas de pronóstico y patrón de demanda

Patrón de demanda observado	Sistema de pronóstico recomendado
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto-regresivos (ARIMA)
Errática (Por ejemplo, en ítem clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y magnitud de las transacciones individuales (Método de Croston y relacionados)

(Vidal, 2010)

Los sistemas de pronóstico funcionan cuando son útiles al momento de la toma de decisiones, como pueden ser: la cantidad a comprar, el inventario a mantener, etc. Por esto, los principales indicadores de eficiencia están relacionados con la precisión, el costo, utilidad de los resultados, estabilidad y respuesta del sistema de pronósticos. (Vidal, 2010)

La precisión de un modelo de pronóstico se mide teniendo en cuenta la diferencia entre el valor real observado y su pronóstico.

$$\text{Error del pronóstico } e_t = x_t - \hat{x}_t \quad [3.2.1]$$

Donde:

e_t = Error del pronóstico de la demanda para el periodo t

x_t = Valor real de la demanda en el periodo t

\hat{x}_t = Pronóstico de la demanda para el periodo t

Otro de los errores que han demostrado ser más efectivos que el anterior son el error absoluto y el error cuadrático. Durante el funcionamiento de las industrias se utiliza el error absoluto porcentual APE, el cual se define al tomar el valor absoluto del error porcentual con respecto del valor real de la demanda observada. La ecuación APE' se utiliza el pronóstico de la demanda como referencia para calcular el porcentaje de desviación. Se debe tener en cuenta que ambos pronósticos tienen problemas de estabilidad numérica cuando existen valores de demanda o pronósticos cercanos o iguales a cero, en especial los casos de demanda intermitente. (Vidal, 2010)

$$\text{Error porcentual APE} = 100 * \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right| \quad [3.2.2]$$

$$\text{Error porcentual APE}' = 100 * \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{\hat{x}_t} \right| \quad [3.2.3]$$

Al realizar los diferentes errores nos damos cuenta de que el error del pronóstico para un solo periodo no es útil. Por lo que se hace necesario tener errores absolutos, cuadráticos o porcentuales para n periodos y así obtener el promedio de los errores sobre dichos periodos. Estos índices son denominados: desviación absoluta media (Mean Square Error, MSE) y la desviación porcentual media (Mean Absolute Percentage Error, MAPE o MAD), el MAD se define como el promedio de los errores absolutos sobre un número determinado de periodos, de la siguiente forma donde n es el número de periodos. (Vidal, 2010)

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_t|}{n} \quad [3.2.4]$$

El ECM es el promedio de los errores cuadráticos sobre un número de determinado de periodos

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n} \quad [3.2.5]$$

Finalmente, la desviación absoluta porcentual media MAPE se define de la siguiente manera:

$$MAPE = \frac{100 * \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right|}{n} \quad [3.2.6]$$

$$MAPE' = \frac{100 * \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{\hat{x}_t} \right|}{n} \quad [3.2.7]$$

Uno de los sistemas de pronósticos más simples, pero no menos importante, es el promedio móvil, el cual es adecuado para patrones de demandas estables o perpetuos con poca tendencia. El modelo para este tipo de procesos es el siguiente:

$$x_t = b + e_t \quad [3.2.8]$$

x_t = Valor real u observación de la demanda en el periodo t.

b = Una constante que representa el proceso de demanda uniforme que se lleva a cabo

e_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza positiva desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

El método del promedio móvil estima el valor de b por medio del cálculo del promedio de las últimas N observaciones, mediante la estadística definida como:

$$M_t = \frac{x_T + x_{T-1} + x_{T-2} + \dots + x_{T-N+1}}{N} \quad [3.2.9]$$

T = Representa el periodo actual, a partir del cual se calcula el promedio devolviéndose N periodos, hasta el periodo $T - N + 1$. (Vidal, 2010)

Un aspecto importante es definir la cantidad adecuada de inventario de seguridad, la cual viene de la desviación estándar de los errores del pronóstico donde se denotará como s_1 , la notación de "1" se da porque se estimó en base al sistema de pronósticos que utiliza un periodo básico (día, semana, mes, trimestre, etc.). Por lo tanto, la desviación estándar s_1 se puede estimar mediante la ecuación. (Vidal, 2010)

$$\sigma_1 = \sqrt{ECM} \quad [3.2.10]$$

El promedio móvil simple tiene una desventaja en casos donde se requiera reaccionar rápidamente a un cambio de patrón en la demanda. Por esto, el método de suavización exponencial simple trata de corregir esta situación y se realiza de la misma manera que el modelo anterior que está en el [3.2.1]. En este método se busca estimar el parámetro b y así definir un inventario de seguridad que pueda desenvolverse de manera adecuada a las variaciones aleatorias representadas por el término e_t , ya que esta no se puede pronosticar. En la ecuación se aplica un peso α a la última observación de la demanda y un peso $(1 - \alpha)$ al pronóstico anterior mediante la siguiente operación. (Vidal, 2010)

$$S_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \quad [3.2.11]$$

Donde:

S_t = Pronóstico realizado al final del periodo T .

S_{t-1} = Pronóstico anterior

x_t = Demanda real observada al final del periodo T

α = Constante de suavización (inicialmente definida en el intervalo $0 \leq \alpha \leq 1$)

Los resultados satisfactorios de este modelo pronóstico dependen de la correcta asignación del valor de la constante de suavización α . Por esto, el valor no debe ser muy grande porque respondería muy rápido a cambios aleatorios normales en el proceso dándole un peso muy alto al último valor de la demanda, ni muy pequeño porque no tendría la capacidad de responder a posibles cambios reales. Teniendo en cuenta la experiencia se ha demostrado que los valores entre 0,01 y 0,30 son más adecuados a la hora de utilizar este modelo. (Vidal, 2010)

Otro modelo pronostico existe es el sistema de pronósticos de suavización exponencial doble debido a que tiene en cuenta la posible tendencia creciente o decreciente de la demanda. El modelo esta dado de la siguiente manera:

$$x_t = b_1 + b_2 + e_t \quad [3.2.12]$$

Donde:

x_t = Valor real u observación de la demanda en el periodo t.

b_1 = Una constante que representa la componente fija de la demanda.

b_2 = Una constante que representa la componente de la tendencia de la demanda.

e_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza positiva desconocida, esta variable representa la parte aleatoria del proceso que es imposible de pronosticar.

La primera ecuación de suavización exponencial doble es:

$$\hat{x}_{T+\tau}(T) = \left(2 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right)S_T - \left(1 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right)S_T^{[2]} \quad [3.2.13]$$

Se debe tener en cuenta que existen técnicas de pronósticos basados en regresión directa sobre el conjunto de datos. Los modelos más conocidos es la regresión lineal simple, regresión polinomial, cuadrática, cubica, etc. Para la realización de estos métodos se requiere la determinación de parámetros por medio de mínimos cuadrados o a través de unas fórmulas que en algunos casos son complicadas, lo que limita su aplicación práctica. (Vidal, 2010)

Otro de los sistemas de pronósticos es para demanda estacional donde la demanda de este tipo de productos se caracteriza por presentar picos en ciertos periodos de tiempo y una demanda aproximadamente uniforme en los demás periodos. El modelo más utilizado en demanda estacional es el modelo multiplicativo de Winters, el cual se caracteriza mediante la siguiente expresión:

$$. x_t = (b_1 + b_2 t)c_1 + e_t \quad [3.2.14]$$

Donde:

b_1 = Representa una constante.

b_2 = Representa la tendencia.

E_t = Representa la variación aleatoria

c_1 = Representa un factor estacional multiplicativo.

Para realizar el modelo se debe revisar la estimación del componente permanente como:

$$\hat{a}_1(T) = \alpha \frac{x_T}{\hat{c}_T(T-L)} + (1 - \alpha)[\hat{a}_1(T - 1) + \hat{b}_2(T - 1)] \quad [3.2.15]$$

Después se revisa la estimación de la tendencia de creciente o decreciente por medio de:

$$\hat{b}_2(T) = \beta[\hat{a}_1(T) + \hat{a}_1(T - 1)] + (1 - \beta)\hat{b}_2(T - 1) \quad [3.2.16]$$

Luego se revisa la estimación del factor estacional para el periodo T:

$$\hat{c}_1(T) = Y \frac{x_T}{\hat{a}_T(T)} + (1 - Y)\hat{c}_T(T - L) \quad [3.2.17]$$

Finalmente, para pronosticar la demanda en cualquier periodo futuro $T + \tau$, se utiliza la ecuación del pronóstico:

$$\hat{x}_{T+\tau} = [\hat{a}_1(T) + \tau\hat{b}_2(T)]\hat{c}_{T+\tau}(t + \tau - L) \quad [3.2.18]$$

Para el control de inventarios de ítems de demanda errática y de ítems de demanda errática o ítems nuevos es un problema muy complejo. Por esto, Croston propone un método para pronosticar demandas erráticas donde el método consiste en dividir los eventos de demanda intermitente en dos. Luego se pronostica la probabilidad que ocurra o no una demanda en el periodo siguiente, teniendo en cuenta las observaciones anteriores y así saber el número de periodos con ocurrencias de demanda mayores a cero. Consideremos la siguiente notación:

x_t = Demanda observada en el periodo t

y_t = Variable binaria igual a 1 si ocurre una demanda mayor que cero en el periodo t, igual a cero, de lo contrario.

$z_1 = x_t * y_t$ = Tamaño de la demanda ocurrida en el periodo t.

n_t = Número de períodos transcurridos desde la última demanda mayor que cero, hasta el periodo t.

\hat{n}_1 = Valor estimado de n al final del periodo t.

\hat{z}_t = Valor estimado de z al final del periodo t.

Al final del periodo t, se verifica el valor de x_t . Si $x_t > 0$, cuando ocurre cierta demanda positiva, los estimadores se actualizan teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1} \quad [3.2.19]$$

$$\hat{z}_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)\hat{z}_{t-1} \quad [3.2.20]$$

Finalmente, el pronóstico final del periodo t, para el periodo siguiente y se calcula de la siguiente manera:

$$\hat{X}_{t+1} = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t} \quad [3.2.21]$$

3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto

Con este proyecto se realizará una contribución a la Universidad Icesi en cuanto a la gestión de inventarios que se tiene en el almacén de materiales que se encuentra ubicado en el edificio J de la Universidad. Esto permitirá tener mejores resultados que se vean evidenciados en los indicadores representativos del almacén en cuanto a los clientes internos.

La importancia que tiene este proyecto está basada en ofrecer al almacén una propuesta que permita brindar un mejor servicio a las personas que interactúan con el almacén y disminuir la cantidad de faltantes que puedan generar por distintas causas o errores. Además, disminuir las situaciones en las cuales se dejan materiales almacenados por tiempos extensos, a causa de mal flujo de información en la cadena de abastecimiento, que en este caso sería entre el almacén y usuario final.

Por otra parte, el almacén de materiales de la Universidad Icesi contará con un diagnóstico y priorización de las problemáticas que se presentan actualmente, permitiendo que se establezcan metodologías de mejora en los procesos que se llevan a cabo dentro del lugar. Además, se dará alternativas para el almacén en las políticas de compra con el fin de modificar el flujo de caja y realizar la cantidad de compras óptima en un periodo determinado.

Por último, el proyecto servirá como antecedente de próximos trabajos relacionados al tema y/o el almacén de la Universidad Icesi, para realizar un mejor desarrollo del proyecto que se esté llevando a cabo y conseguir mejores resultados, o por lo menos, contar con una guía para el proyecto.

4 Metodología

Para el desarrollo del proyecto y el cumplimiento del objetivo general del proyecto es necesario cumplir con los diferentes objetivos específicos planteados anteriormente. Esto se logra a partir del seguimiento de una planeación realizada con anterioridad que permite llevar un orden y claridad.

El proyecto cuenta con tres (4) objetivos específicos, los cuales están organizados de tal forma que, se cumplen de forma consecutiva, es decir, en el desarrollo del proyecto se cumplen los objetivos de forma ordenada, por lo cual se propone la siguiente metodología:

4.1 Primer objetivo

El primero objetivo consistió en realizar un diagnóstico de la situación en la cual se encuentra el almacén de materiales, con el fin de reconocer la cadena de valor y las problemáticas presentes en este. También se identificaron productos con alta y baja rotación, y las formas de levantar una orden de compra. Para lograr el cumplimiento de este objetivo, se necesitó identificar los procesos que se realizan en el almacén, los históricos de las compras realizadas y observar con que sistema se lleva el registro de las entradas y salidas para realizar una orden de compra.

En primera instancia, para la identificación de problemáticas, se realizaron entrevistas a los trabajadores y directivos del almacén en las visitas que se llevaron a cabo, en donde se tuvo como objetivo principal, encontrar los problemas que cada uno de ellos evidencia y las políticas de compra implementadas en el almacén. Luego se realizó un diagrama de flujo para poder tener un conocimiento completo sobre las diferentes actividades y procesos que se realizan en el almacén. Después se lograron formar los diagramas de causa – efecto, con el cual se obtuvo una aproximación más real de las causas principales y más significativas que provocan los errores encontrados a partir de las entrevistas con los operadores del almacén.

Con base en esta información, se formularon encuestas que permitieron conocer cuáles de las causas encontradas a través del diagrama causa – efecto eran más impactantes en los procesos del almacén. Por consiguiente, se realizaron éstas a los auxiliares del almacén y algunos directivos de este. Teniendo en cuenta esa información se realizó un diagrama de Pareto, el cual permitió priorizar las causas encontradas para así, lograr definir cuáles son las más importantes y que verdaderamente impactan el buen funcionamiento. Luego de esto, se definieron las

posibles oportunidades de mejora que permitan disminuir o eliminar las causas principales de los errores.

Por otra parte, se tuvo en cuenta si es o no realista la implementación de cada una de las oportunidades de mejora, puesto que, las alternativas que tiene un nivel de dificultad elevado, es decir, que no se tienen los recursos necesarios o no genera un mejoramiento significativo en el funcionamiento del almacén, no se tuvieron en cuenta para el desarrollo del proyecto.

Además, se realizó una clasificación ABC con el fin de conocer cuáles son los ítems más impactantes en el periodo de tiempo validado en la base de datos. Sin embargo, ya que eran dos (2) años los que se encontraban registrados y una gran cantidad de referencias y registros, se planteó una alternativa para tener información más viable para el análisis.

Por lo anterior mencionado, se decidió realizar una gráfica de la clasificación ABC realizada para tener una ayuda visual que permitiera conocer el punto de inflexión para determinar las referencias más importantes. Además, se realizó una nueva clasificación ABC en cada uno de los cuatro (4) semestres abarcados por la base de datos, con el fin de segmentar la información.

Posteriormente, se decidió realizar una clasificación ABC cruzada, en donde se analizarían los semestres en conjunto con un cruce de referencias, es decir, en donde se daba una intersección de ítems tipo A. Con esto, se logró encontrar los productos más importantes que se repetían en cada semestre con el propósito de analizarlos de forma individual.

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo, se realizó un informe con lo mencionado anteriormente, en donde se planteó la información y se añadió información sobre la rotación de las referencias más importantes de la clasificación ABC, permitiendo que se evidencie los productos que tienen alta y baja rotación. Por último, se generaron conclusiones frente al informe para tener en cuenta los puntos más importantes del mismo.

4.2 Segundo objetivo

El segundo objetivo consiste en evaluar las técnicas de pronósticos que se ajustan a las referencias analizadas, por lo que inicialmente se obtuvo la base de datos de compras del almacén, en donde se encuentran datos importantes como los ingresos y salidas de cada ítem en una fecha específica. Con base en esta información, se

realizaron análisis respecto a las referencias existentes a partir de herramientas de Excel como tablas dinámicas y gráficas.

Con esta información se validaron las tendencias de los ítems tipo A de la clasificación ABC cruzada con el fin de evidenciar el modelo de pronóstico que se ajusta de mejor forma al comportamiento de la demanda, la cual fue tomada como las salidas de ítems del almacén.

Con base a esta información, se planteó una tabla en donde se evidencian los ítems, su tendencia y método de pronóstico requeridos consolidados, permitiendo distribuir mejor la información y volverla más fácil de comprender.

4.3 Tercer objetivo

El tercer objetivo consiste en desarrollar una herramienta para calcular los pronósticos de compra adaptados a cualquier referencia. Este objetivo se llevó a cabo por medio de la realización de una aplicación interactiva en Excel, la cual tiene como objetivo realizar los diferentes pronósticos de compra para el almacén. Esto con el fin de permitir al usuario tener una base para ajustarla de ser necesario a partir de la experiencia del encargado.

A parte de lo anterior, se realizó una validación de la herramienta comparando los pronósticos que ofrece al usuario en contra de los datos reales que ofrece la base de datos. Esto con el fin de proporcionar un nivel de fiabilidad aproximado para que se puedan ajustar los pronósticos a partir de la experiencia del encargado de realizar la solicitud de compras.

4.4 Cuarto objetivo

Finalmente, al completar los objetivos anteriormente propuestos se entregó la herramienta realizada al encargado del área de compras, proporcionando un manual instructivo donde se tiene las diferentes recomendaciones y usos de la aplicación para poder ser utilizada por el colaborador encargado de la realización de las compras. Además, se realizó un video explicativo con ejemplos de uso de la herramienta para facilitar el entendimiento de las personas que requieran utilizarla.

5 Resultados

5.1 Presentación y discusión de resultados

5.1.1 Análisis inicial

A partir de entrevistas realizadas a los trabajadores que cuentan con el cargo de auxiliares de almacén, se logró obtener información relevante para el proyecto. En el almacén se presentan algunos fallos y oportunidades de mejora en distintos aspectos, sin embargo, el objeto de estudio del proyecto son los inventarios del almacén de materiales.

Las problemáticas que, según los auxiliares, generan el mayor conflicto con el almacén son el seguimiento de los activos fijos que se compran para la Universidad y los préstamos realizados a los clientes del almacén. Sin embargo, dejan de lado ciertos factores que parecen no percibir como “más relevantes” que están relacionados a los inventarios.

El seguimiento de activos fijos es considerado una problemática muy importante porque cuando otras oficinas modifican el activo fijo de su lugar original, los operadores del almacén deben empezar un proceso de búsqueda para notificar e informar la situación y así, lograr mantener un control. Sin embargo, esa labor, para los auxiliares, no debería ser parte de ellos, dado que dicho seguimiento y reporte debería estar asignado a la oficina de contabilidad.

Por otro lado, se reconoció que los procesos de préstamo de recursos de conserjería que se realizan en el almacén, “son procesos que no aportan valor a los objetivos que tenemos” (Gallego & Vargas, 2020). Por esto, se da a entender mediante la entrevista, que la oficina de conserjería es la que debería encargarse de este proceso, porque ellos tienen un control de cuantos eventos tienen y además una información más amplia sobre éstos, como la fecha, recursos necesarios y demás. Por lo que podría generarse mejores resultados, dado que, al tener toda la información necesaria, se puede saber qué cantidades requieren de cada recurso para evitar faltantes, errores o inconvenientes durante la preparación de estos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evidenció que los problemas que perciben los auxiliares son importantes y tienen un impacto en el proceso. Sin embargo, no tienen en cuenta algunos temas de inventarios que mencionan porque no reconocen como una opción de mejora. Por esto, siguiendo el objeto de estudio del proyecto, nos centramos en el análisis de temas relacionados con los inventarios y compras que se realizan en el almacén.

A partir de las entrevistas, se encontraron dos puntos importantes para tener en cuenta. El primero, consiste en que las compras se realizan de forma empírica, es decir, los auxiliares deciden qué cantidad solicitar con base en la experiencia de ellos, lo cual, no tiene un respaldo numérico que permita validar si están solicitando lo correcto o pueden generarse faltantes. El segundo, está relacionado con el tema de las compras realizadas, puesto que cada semana se genera una orden de compra, incurriendo en costos que podrían ser disminuidos al tener una política de compras que permita realizar menor cantidad de solicitudes con mayor cantidad de materiales para obtener descuentos por parte de los proveedores.

Mediante un diagrama de flujo¹ se logró conocer el proceso que lleva a cabo el almacén y así, tener una visión general y específica de cada proceso ya que además se evidencian las decisiones que deben tomarse en las diferentes estaciones de trabajo. Esto permitió identificar posibles momentos de falla o problemas, a los cuales se les realizó un seguimiento para identificar las causas que generan el inconveniente.

5.1.1.1 Diagrama de flujo

En el almacén de materiales se manejan diferentes procesos como lo son: el control de inventarios, conteo de inventarios, despacho de una orden de compra y la recepción de insumos. Cada uno de estos procesos son vitales para el correcto funcionamiento de las actividades del almacén por esto es necesario conocer específicamente los diferentes subprocesos que son manejados en los procesos descritos.

El proceso de control de inventarios es una actividad realizada por el almacén cada semestre, en la cual se revisa las cantidades de todos los ítems que se tienen depositados en el almacén. En este proceso se identifican los productos que ya no están rotando y que tienen bastante tiempo en el almacén, También se verifica que las cantidades en el almacén concuerden con las mostradas en el software de Enterprise. Ver Anexo 1.

El proceso de conteo de inventarios es una actividad realizada por el almacén cada sábado, donde se revisan las cantidades de ítems y se evalúa la pertinencia de realizar una orden de compra según la experiencia. Este subproceso es realizado de forma empírica ya que no se tiene un estándar de cuantos ítems se necesita para poder realizar una orden. Ver Anexo 2.

¹ El diagrama de flujo permite visualizar todo el proceso que se lleva a cabo y conocer de manera detallada las decisiones que se toman en cada estación de trabajo.

El proceso de despacho de una orden de compra comienza básicamente con identificar el tipo de orden que se va a entregar, las cuales pueden ser físicas o electrónicas. Las físicas son órdenes que se entregan rápidamente debido a que son insumos esenciales para garantizar el correcto funcionamiento de las actividades de la universidad, como lo son papelería y aseo. Por el contrario, las órdenes electrónicas son las que son creadas por los clientes, son ítem que son solicitados y aprobados por compras donde se revisan que la orden del cliente concuerde con la del almacén. Para así preparar, verificar y entregar la orden solicitada. Ver Anexo .

El proceso de la recepción de insumos es verificar la orden de compra con el proveedor y revisar que concuerde con la del almacén. Luego de esto, se debe contar que las cantidades estén completas para así firmar la orden de recibo de mercancía y ubicar en el almacén los diferentes ítems recibidos. Finalmente se debe avisar al departamento de contabilidad que la orden fue aprobada y se puede realizar el pago al proveedor. Ver Anexo .

Posteriormente, con el conocimiento adecuado del proceso se generó un procedimiento a seguir, en el cual se logró definir las acciones para tener en cuenta para ampliar el campo de información gracias a la participación de algunos implicados con el almacén para el análisis y diagnóstico de la situación.

A través de diferentes entrevistas con el encargado de administrar el almacén de materiales y con el personal de apoyo que laboran en el lugar, se logró recolectar información pertinente para continuar con el desarrollo de la investigación y con el fin de reconocer las posibles problemáticas que se presentan. Estos datos se analizaron a través de un diagrama de Ishikawa² con la intención de generar las posibles causas a la problemática de los altos niveles de inventario.

5.1.1.2 Diagrama de Ishikawa

Con base a las entrevistas realizadas en el almacén de materiales y el análisis por observación, se realizó el diagrama causa y efecto que tiene como problema principal la ausencia de control de inventarios en el almacén de materiales (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

² El diagrama de Ishikawa también se conoce como diagrama causa - efecto y tiene la funcionalidad de analizar las causas de un problema y ubicarlas en cada una de las 6M's. Luego se aplica la técnica de los 5 porqués con el fin de obtener las posibles causas que producen la problemática.

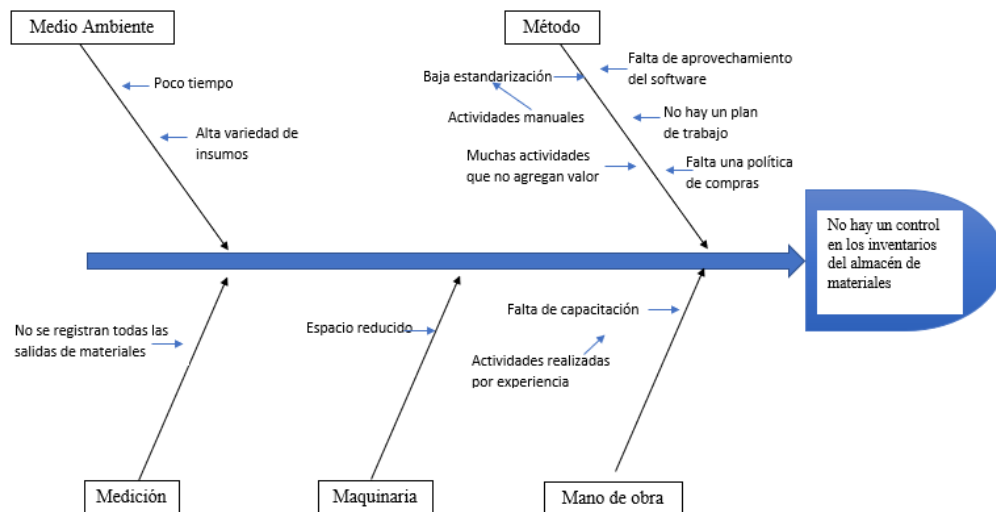


Figura 2 Diagrama Ishikawa

Según los resultados del diagrama se concluye que hay un problema en los inventarios debido algunas actividades realizadas en el almacén, las cuales se hacen por la experiencia, sin embargo, puede provocar algunos problemas como el sobreabastecimiento o la falta de productos al momento de ordenar. Por esto, es necesario establecer una política de compras para lograr estandarizar el proceso y tener un plan de trabajo para minimizar las actividades manuales al momento de realizar una orden de compra. También se percibe que, al momento de recibir clientes como estudiantes, proveedores o colaboradores, no tienen el suficiente tiempo para poder registrar la salida del producto cuando es de vital importancia y requiere atención inmediata, debido a que es un insumo esencial para el funcionamiento de la Universidad, por lo que en ocasiones lo registran en un conteo empírico que llevan y no en el sistema impidiendo ejercer un control completo y provocando en algunos casos tiempos perdidos y errores o sobre procesos.

Teniendo en cuenta la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se evidenció que las posibles causas para la problemática a tratar son la falta de una política de compras, la baja estandarización de algunas actividades realizadas por el almacén y la necesidad de un plan de trabajo. Con esta información se diseñaron encuestas para realizarlas a los trabajadores del almacén y obtener cual se considera que es el nivel de afectación de cada una de las posibles causas raíz evidenciadas a través del diagrama de Ishikawa. Con base en estos resultados, se realizó un diagrama de Pareto³ que permite evidenciar las causas que son más importantes y generan el mayor impacto negativo en el almacén.

³ El diagrama de Pareto permite detectar los problemas con mayor importancia mediante el principio de "pocos vitales, muchos triviales", que se refiere a que la mayoría de los problemas son generados por unos pocos graves.

5.1.1.3 Diagrama de Pareto

A partir del diagrama Ishikawa o bien sea, diagrama de causa y efecto se lograron identificar causas que están afectando el control y nivel de inventarios. Con base a estas, se identificaron las cuatro causas principales que están provocando este problema. Estas causas son la falta de una política de compras, no tener un plan de trabajo específico con respecto a los inventarios del almacén, la baja estandarización de los procesos y poco tiempo para registrar todas las salidas al momento de atender proveedores, colaboradores, estudiantes, etc.

Con estas causas, se elaboró una encuesta (ver Anexo 5 – 8) a los auxiliares del almacén, coordinador de compras y jefe de compras y suministros para el desarrollo del diagrama de Pareto, los resultados de la encuesta se pueden observar a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2 Resultados Diagrama de Pareto

Causas	Ponderación 1	Ponderación 2	Ponderación 3	Ponderación 4	Ponderación Total	Frecuencia	Frecuencia %	Frecuencia a	Frecuencia acumulada %
Baja estandarización de los procesos.	6	6	2	4	18	18	45%	18	45%
No hay un plan de trabajo específico con respecto a los inventarios	1	2	5	1	9	9	23%	27	68%
Falta de una política de compras.	1	1	2	4	8	8	20%	35	88%
Poco tiempo para registrar todas las salidas de productos.	2	1	1	1	5	5	13%	40	100%
Total						40			

Teniendo en cuenta los resultados de las encuestas se elaboró el diagrama de Pareto, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se evidenció que el 68% de las causas se deben a la baja estandarización de los procesos y la falta de un plan de trabajo específico con respecto a los inventarios. Por esto, se parte del teorema de Pareto que dice que el 80% de los problemas se deben al 20% de las causas, por lo cual nos enfocamos en las causas vitales que están afectando el problema a resolver.

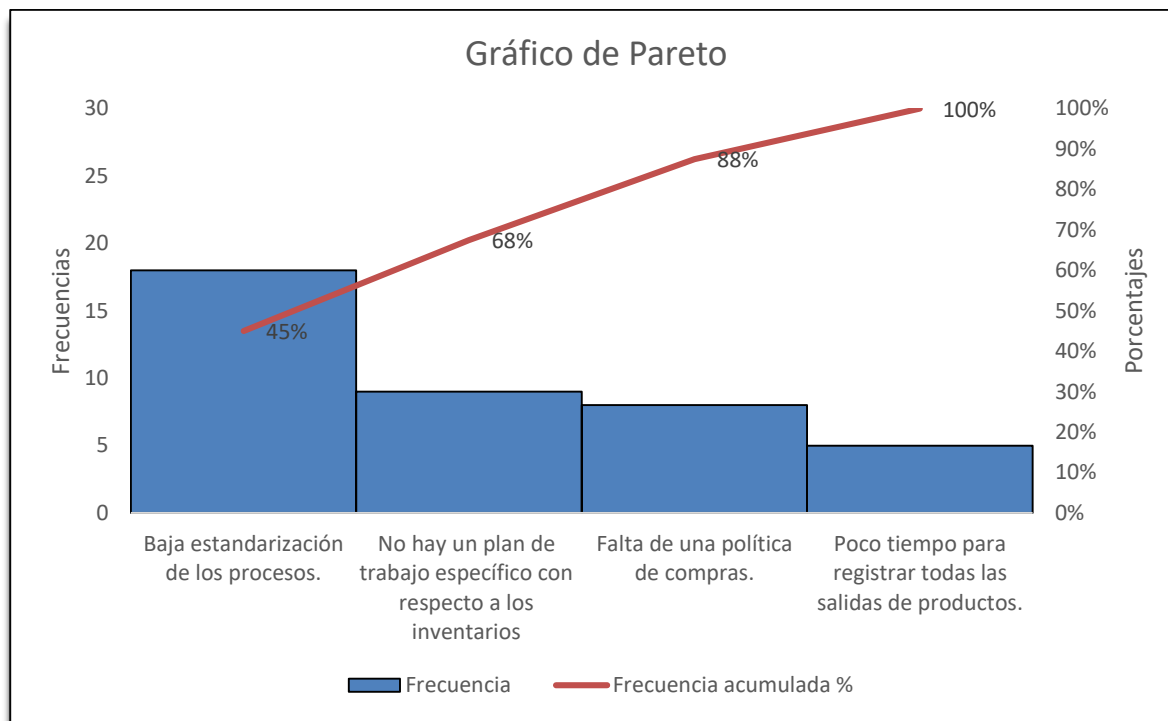


Figura 3 Gráfico de Pareto

Finalmente, luego de evaluar los resultados de las herramientas del diagrama de flujo, diagrama causa–efecto y diagrama de Pareto, se logró evidenciar que la causa raíz para los altos niveles de inventario es la baja estandarización de los procesos. Esto permitió definir que herramientas de la ingeniería industrial se debían utilizar para disminuir el impacto negativo, la cual fue los pronósticos donde se evaluarán los diferentes modelos según el tipo de demanda y clasificación en el almacén. Es decir, se decidió realizar una herramienta de pronósticos que permita definir las cantidades a comprar con base en datos históricos, al igual que su frecuencia de compra con el fin de aportar a esta problemática.

5.1.2 Base de datos

La base de datos que se utilizó para la realización del proyecto cuenta con 56667 datos de transacciones que se recopilaron del sistema Enterprise. Estos datos cuentan con información que permite un análisis completo del almacén gracias a la información amplia que ofrece de cada uno de los grupos de datos. Se encontró que la información se divide en 4 bodegas que se dividen como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Bodegas

Bodega	Descripción de Bodega
BD002	Almacén de Materiales
BD011	SYRI Consumibles
BD012	SYRI Activos Fijos
BD014	Tienda Icesi

A parte de esto, la base de datos cuenta con 2739 ítems diferentes. Sin embargo, es necesario conocer que no se van a considerar todos los ítems para el desarrollo del proyecto debido a que los datos importantes para el objeto de estudio son los del Almacén de Materiales, es decir la BD002. Por esta razón, los datos de las otras bodegas se descartan de la base de datos para evitar confusión.

Además de esto, la base de datos proporciona información que permite saber la cantidad de entradas y salidas de cada proceso que se llevó a cabo con los ítems. Por otra parte, se tiene la fecha en que fue realizada la orden, lo cual es muy importante para lograr tomar decisiones acertadas con respecto a los pronósticos, ya que permite dividir la información en el tiempo que se prefiera y necesite.

A parte de todo esto, se cuenta con los costos de cada compra tanto en unitarios como en totales, lo que permite tener lo necesario para realizar una clasificación ABC que permite definir cuáles son los ítems que se van a tratar dentro del desarrollo del proyecto. Además de lo dicho anteriormente se tiene más información relacionada a las transacciones, aunque no es información relevante para el análisis por lo cual no se tendrá en cuenta.

5.1.3 Clasificación ABC

A partir de la información suministrada por el almacén de materiales se decidió realizar una clasificación ABC. Esto permite evaluar los ítems que generan un mayor gasto para la Universidad y así mismo decidir frente a su manejo. En la clasificación se decidieron los porcentajes que implican que las ventas acumuladas que ocupan el 70% del total general se definen como "A", las que se encuentran entre 70% y 85% serán tomadas como un ítem "B" y por último las restantes, es decir, las mayores a 85% son clasificadas como categoría "C".

Al realizar la clasificación ABC se encontró que 159 ítems son tipo A, 242 son tipo B y 1959 ítems son tipo C. Sin embargo, se logró conocer que tan solo 12 productos abarcan aproximadamente el 30% de todas las compras realizadas para el almacén de la Universidad como se evidencia en la Tabla 4, lo que permite evidenciar que son productos de alto cuidado que deben tener una revisión y control mayor que los demás. Estos productos se tienen en cuenta a causa de tener un porcentaje de participación mayor al 1%.

Tabla 4 Clasificación ABC 30%

ítem	% Sobre el total de compras	% Acumulado	Clasificación
2952	6%	6%	A
2950	5%	10%	A
4154	3%	13%	A
5659	3%	16%	A
2965	3%	19%	A
4843	2%	21%	A
7591	2%	23%	A
7889	2%	24%	A
7067	2%	26%	A
5202	2%	28%	A
11321	1%	29%	A
2927	1%	30%	A

Estos datos tienen en cuenta 2 años de información del almacén de materiales de la Universidad Icesi. Teniendo en cuenta esto, se seleccionaron inicialmente los ítems tipo A y B para evaluar las técnicas de pronósticos que se ajustan a su demanda ya que son lo más importantes en cuestión de gastos generados.

Sin embargo, a pesar de tener esta información de la clasificación ABC se decidió implementar un cambio para obtener mejores resultados y generar información que puede ser más relevante que lo obtenido a partir de la clasificación sencilla o general. Esto teniendo en cuenta que, si analizamos la clasificación realizada, se puede ver que nos genera los ítems más significativos en todos los 2 años de datos analizados, pero es importante tener en cuenta algunos aspectos.

5.1.4 Aspectos para tener en cuenta

Debido a que este proyecto está centrado en la Universidad Icesi, se debe tener cuenta su tiempo de prestación de servicios. Este tiempo se da durante periodos semestrales, por lo cual tener en cuenta una clasificación ABC que tenga presente los ítems de dos (2) años no es muy relevante debido a que en este transcurso de tiempo no se trabaja de la misma forma y hay actividades o situaciones específicas como eventos o similares que afectan directamente el análisis al ser datos atípicos.

Esto se evidencia a partir de la clasificación ABC que se realizó inicialmente, debido a que algunos ítems eran tomados como tipo A, y solo tenían unas compras específicas que no estaban dadas en cada semestre o cada año de funcionamiento de la Universidad. Algunos de estos ítems se evidencian en la Tabla 5.

Tabla 5 Compras específicas

Ítem	Descripción de ítem	Valor unitario promedio
11321	CABEZAL MAGNETICO SIMPLE	\$ 1.294.753
9351	BEBEDERO DE AGUA REF. AC - HTHBHAC8BL	\$ 6.545.000
9353	BEBEDERO DE AGUA REF. AC - HVR8SS	\$ 8.211.000
11325	CABEZAL IMPRES. TERMICA MITANI C/CONECTO	\$ 3.414.467
9350	BEBEDERO DE AGUA REF. AC - HTHBHAC8	\$ 4.641.000

Dentro de las técnicas de pronóstico que se tienen en cuenta están promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, enfoque intuitivo, suavización exponencial simple, suavización exponencial doble y recta de tendencia. Para decidir cual método se ajusta mejor al comportamiento de la demanda de cada ítem seleccionado, se analizaron los datos teniendo en cuenta las cantidades compradas por semestre ya que los periodos académicos son semestrales y en estos periodos es donde más se requiere de un control a causa de las demandas por la cantidad de asistentes a la Universidad.

5.1.5 Clasificación ABC cruzada

Luego del análisis inicial y la clasificación ABC sencilla o general, se planteó una nueva clasificación ABC que permite realizar un mejor análisis con información más relevante. Este análisis consiste cruzar los ítems de las categorías A y B, en donde los periodos a cruzar son semestrales, es decir, se tomaron los ítems A de los semestres abarcados por los 2 años de datos para observar cuáles se mantenían con rango A durante los 4 semestres. Por consiguiente, se realizó el mismo proceso para los productos tipo B y los restantes fueron clasificados en la categoría C.

A partir de lo mencionado anteriormente se logró obtener que son 11 ítems los determinados como tipo A (ver Tabla 6), los cuales hacen referencia a los 4 semestres abarcados por la base de datos. Además, se evidencia su participación en el total de los dos años, logrando ver que solo 5 productos tienen un porcentaje total mayor al 1%.

Tabla 6 Ítems tipo A cruzados

Ítem	Desc. Ítem	% Total	% Promedio
2952	PAPEL HIGIENICO SCOTT ECO 550M PAQ X 4	5,66%	1,41%
2950	JABÓN PARA MANOS KIMCARE	4,56%	1,14%
4154	TOALLA SCOTT HS NATURAL 250 MTS AIRFLEX	3,19%	0,80%
5659	CAFÉ TVC COFFEE	2,83%	0,71%
2965	VASO ICOPOR 4 ONZAS	2,52%	0,63%
1973	CARPETA PORTADOCUMENTOS ICESI LETRAS PLA	0,91%	0,23%
2903	AZÚCAR EN BOLSAS DE 1000 GR	0,87%	0,22%
2742	TELÉFONO MODELO KXTS7716 PANASON. BLANCO	0,73%	0,18%
2964	VINO TINTO PARA EVENTOS BOTELLA	0,71%	0,18%
5299	TÉ HINDÚ FRUTALES VARIOS	0,70%	0,18%
2897	VINO BLANCO PARA EVENTOS BOTELLA	0,57%	0,14%

A partir de la información anterior, específicamente en la descripción de cada ítem se logra ver que la mayoría son insumos utilizados por la Universidad con el fin de prestar un buen servicio. El volumen que se maneja de estos ítems es elevado, ya que, al ser clasificados tipo A durante cada semestre, siendo insumos de un valor bajo a comparación de los activos que pueden generar un gasto de gran medida como lo son bebederos o computadores. Esto deja en claro que, al tener un volumen grande, se requiere de un control específico, ya que el almacén no cuenta con mucho espacio para almacenar grandes cantidades de todos los productos. Por esta razón, se necesita tener pronósticos que permitan realizar las compras en los momentos adecuados y precisos para evitar la saturación de espacio del almacén.

5.1.6 Rotación

Al realizar el análisis de los productos tipos A, de la clasificación ABC cruzada se revisó información relacionada con las entradas, salidas, niveles de rotación, días de inventario e inventario promedio. Esto con el fin de conocer el tiempo en días que se mantiene inventario en el almacén y observar la velocidad de rotación de los ítems.

Durante la realización de los cálculos se tuvo las siguientes consideraciones donde el inventario inicial del mes de enero del 2018 se obtuvo a través de la diferencia de entradas y salidas, suponiendo que el inventario del año inmediatamente anterior era cero.

En los resultados del análisis se notó que algunos ítems como los 2952, 2950 y 4154 se almacenan por tiempos altos, en promedio 20 días en el año 2019. Esta problemática se debe a que las compras en el almacén de materiales en algunos

casos son mayores a las necesitadas. También se observó que el ítem 1973 es un producto estacional debido al pico presentado en el primer mes del año 2019. Con esto, se observa que el almacén necesita adquirir una política de compras más precisa para no generar faltantes y tener un mejor control en los inventarios al momento de realizar una orden de compra. Un ejemplo se puede observar en los datos calculados para la rotación del ítem 2952 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Periodo	Inventario Inicial	Inventario Final	Inventario p	Rotación	Días de Inventario
2018					
Enero	144	0	72	4	8
Febrero	0	40	20	49	1
Marzo	40	80	60	11	3
Abril	80	108	94	9	3
Mayo	108	0	54	15	2
Junio	0	124	62	6	5
Julio	124	108	116	3	9
Agosto	108	102	105	6	5
Septiembre	102	18	60	17	2
Octubre	18	310	164	5	5
Noviembre	310	398	354	1	39
Diciembre	398	141	270	3	12
2019					
Enero	141	320	231	2	15
Febrero	320	220	270	2	15
Marzo	220	412	316	2	14
Abril	412	144	278	3	10
Mayo	144	38	91	4	7
Junio	38	163	101	0	101
Julio	163	248	206	1	32
Agosto	248	240	244	3	10
Septiembre	240	148	194	3	9
Octubre	148	372	260	2	15
Noviembre	372	280	326	2	14
Diciembre	280	304	292	1	50

Figura 4 Rotación - Ítem 2952

5.1.7 Herramienta de pronósticos

5.1.7.1 Funcionalidad

Con el fin de proporcionar los pronósticos al almacén de materiales de la Universidad Icesi, se realizó una herramienta en Excel que permite calcular las cantidades supuestas a entregar en el periodo próximo para suplir una demanda

específica. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los valores suministrados por los pronósticos no son necesariamente lo que se debe comprar, ya que hay que tener en cuenta la frecuencia de compras del ítem para definir si es un periodo mensual, trimestral, semestral o anual. Con el fin de realizar los pronósticos de los ítems se tienen los métodos:

- Enfoque intuitivo.
- Promedio móvil simple.
- Promedio móvil ponderado.
- Suavizamiento exponencial simple.
- Suavizamiento exponencial doble.
- Recta de tendencia.

Además, se plantearon 2 tipos de errores de pronósticos para tener información con el fin de tomar una decisión y seleccionar el mejor método. Estos errores son el error porcentual absoluto medio (MAPE), el cual se encarga de medir que magnitud de error absoluto en términos porcentuales que genera el pronóstico en comparación con los datos de la demanda utilizados para su realización. Además, se tiene otro tipo de error, el cual es la desviación media absoluta (MAD) que se encarga de cuantificar en unidades el error del pronóstico en comparación a la demanda real.

En el MAD es necesario tener en cuenta que la magnitud del error depende ciertamente de la magnitud de los datos. Esto quiere decir que, si un pronóstico genera un MAD de 100 unidades cuando los datos utilizados para su realización son en promedio de 100.000 entradas, entonces el error no es significativo. Sin embargo, si las mismas 100 unidades con comparadas con una demanda de 500 unidades, significa que hay un error de gran magnitud, esto debido al bajo volumen de la demanda con la que se está trabajando.

5.1.7.2 Diseño

5.1.7.2.1 Hoja “Pronósticos”

La herramienta cuenta con una hoja denominada “Pronósticos”, en la cual se realizan todos los cálculos de forma automática a través de macros que pueden ser activadas a través de botones en la misma hoja. Sin embargo, es necesario ingresar algunos datos por parte del usuario. Esto se evidencia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

CUADRO DE CONTROL MANUAL			
Enfoque Intuitivo	Enfoque Intuitivo		
Promedio Movil Simple	Promedio Movil Simple	n	
Promedio Movil Ponderado	Promedio Movil Ponderado		
Suavizamiento Exponencial Simple	Suavizamiento Exponencial Simple	Alpha	
Suavizamiento Exponencial Doble	Suavizamiento Exponencial Doble	Alpha	
		Beta	
		Tendencia	
Recta Tendencia	Recta Tendencia	Corte con el eje y	
		Tendencia	

Figura 5 Interfaz de botones 1.

Por otro lado, cuenta con la posibilidad de solicitar a la herramienta el mejor método de pronósticos dependiendo de la comparación de los errores, es decir, selecciona el pronóstico que genere un error más bajo. Además, tiene la posibilidad de eliminar los datos para dejar y activar todas las macros en conjunto cuando ya se ingresó la información que solicitan los pronósticos (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

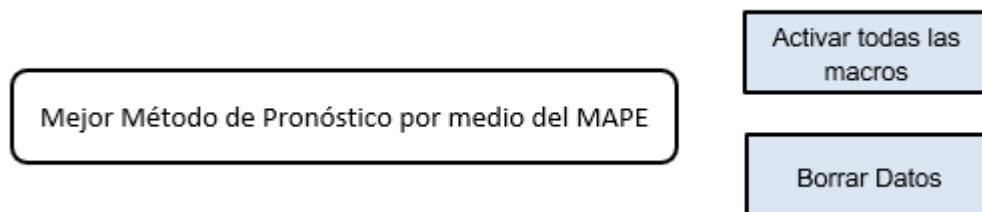


Figura 6 Cuadro de opciones

Por último, se tiene una tabla en donde se evidencian los valores resultantes del MAPE, MAD y pronóstico, en donde el usuario puede ver cada uno de los valores para tomar una decisión. Sin embargo, existe la posibilidad de hacer uso de la herramienta de una forma más ordenada sin necesidad de ver todos los valores y

pronósticos realizados al detalle, es decir, la hoja “pronósticos” sirve para hacer un análisis más detallado por parte de la persona que la está utilizando.

5.1.7.2.2 Hoja “Consolidado”

Ahora bien, se tiene una hoja denominada consolidado en la cual se dan diferentes opciones que de alguna forma son similares a las de la hoja anterior pero cuentan con un orden y accesibilidad más sencillo. Esto se da con el fin de proporcionar en contraste a la hoja pronósticos que permite visualizar información interna de los pronósticos, información consolidada.

Principalmente se cuenta con dos tablas dinámicas en las cuales se tiene la información de cada ítem del año 2018 y 2019 por separado. En las tablas el usuario debe diligenciar el producto al que requiere realizar el pronóstico. Por consiguiente, las tablas dejarán en evidencia el ítem, la bodega y las salidas que se dieron en diferentes periodos de tiempo como se evidencia en un ejemplo en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Desc. ítem	PAPEL KRAFF ROLLO 1 M X 60 GR
Bodega	BD002
Etiquetas de fila	Suma de Salidas (inv.)
3019	55
2018	55
ene	1
abr	51
jun	0
ago	1
sep	2
Total general	55

Figura 7 Ejemplo tabla dinámica

El paso para seguir luego de seleccionar el producto en las tablas dinámicas es cargar los datos (ver Figura 8), para generar la apertura de una nueva interfaz que permitirá diligenciar cierta información necesaria para el cálculo de pronósticos de la herramienta. Los diferentes valores requeridos por el usuario son explicados en el manual de uso como las consideraciones que se debe tener para digitar un valor de alfa y beta correctos al ítem pronosticado.



Figura 8 Cargar datos

A parte de todo esto, se tiene la opción de realizar los pronósticos en diferentes periodos especificados para cada ítem. Con esto hago referencia a que, algunos productos requieren pronósticos de forma mensual debido a su alta rotación, así mismo, otros lo requieren en diferentes periodos de tiempo. Por esta razón, se tienen botones activables que permiten tomar en cuenta los datos de forma anual, semestral, trimestral y mensual para cada producto (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

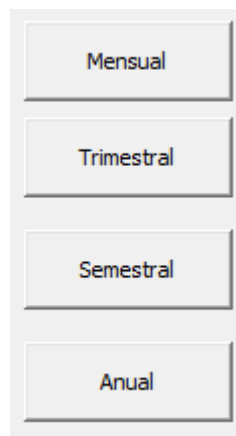


Figura 9 Periodos de pronóstico

Con esto se busca dar al usuario mayor libertad en las decisiones que puede tomar, ya que como mencionaba, no todos los productos pueden tomarse de una misma forma a causa de situaciones específicas, ya sea que el ítem sea necesario en fechas particulares por eventos universitarios o diferentes aspectos que pueden incrementar su consumo.

Además, los métodos de pronósticos suavizamiento exponencial simple, suavizamiento exponencial doble, promedio móvil simple y promedio móvil ponderado requieren que el usuario ingrese algunos datos para funcionar de forma correcta como se mencionó anteriormente. En consecuencia, si no se suministra esta información, que consiste en valores Alpha, beta, periodos a pronosticar, entre otros, la herramienta será incapaz de realizar el pronóstico, generando un error e invalidando los cálculos realizados de forma interna en Excel. Por esta razón, la aplicación es entregada con un manual de uso porque se requiere de un cuidado importante al momento de digitar los datos solicitados.

En la Figura 10 se evidencia el formulario que la herramienta muestra al usuario con el fin de diligenciar la información solicitada.

The screenshot shows a web form titled "Formulario" with a close button (X) in the top right corner. The form is divided into several sections:

- Datos:** A central header for the data input section.
- Suavizamiento Exponencial Simple:** A section with an "Alpha" input field containing the value "0,5".
- Suavizamiento Exponencial Doble:** A section with "Alpha" and "Beta" input fields, both containing the value "0,5".
- Promedio Movil Ponderado:** A section with five input fields labeled "t-5", "t-4", "t-3", "t-2", and "t-1". The "t-5" field contains the value "100".
- Frequency Selector:** A vertical column of four buttons labeled "Mensual", "Trimestral", "Semestral", and "Anual".

Figura 10 Formulario

Ahora bien, en esta hoja se consolida la información de los pronósticos para facilitar al usuario ver lo que necesita sin necesidad de buscarlo de forma manual en la sección de desarrollo de pronósticos. Por esto, se tiene un cuadro de control que permite decidir qué métodos desea visualizar en el consolidado. Esto se puede evidenciar con el ejemplo del ítem 2952 en la Figura 11, donde se evidencia las marcaciones de cada método de pronóstico, en el cual el usuario puede marcar o desmarcar con el fin de visualizar en un consolidado el valor a comprar para el próximo periodo que propone la herramienta, teniendo en cuenta los errores MAPE y MAD.

CUADRO DE CONTROL			
1	<input checked="" type="checkbox"/> Enfoque Intuitivo	4	<input checked="" type="checkbox"/> Suavizamiento Exponencial Simple
2	<input checked="" type="checkbox"/> Promedio Movil Simple	5	<input checked="" type="checkbox"/> Suavizamiento Exponencial Doble
3	<input checked="" type="checkbox"/> Promedio Movil Ponderado	6	<input checked="" type="checkbox"/> Recta de Tendencia

Figura 11 Ejemplo de cuadro de control.

A continuación, en Figura 12 se evidencia un resumen de lo realizado por la herramienta en donde se tienen los modelos de pronóstico y su respectiva demanda pronosticada para el siguiente periodo. Además, se tiene un MAPE y MAD que sirve para evaluar cuál es el método que genera un menor error, esto se obtiene a partir de colores, donde el tono de color verde es el más bajo, el tono de amarillo es el término medio y el rojo el de mayor error.

PAPEL HIGIENICO SCOTT ECO 550M PAQ X 4			
Modelo de Pronostico	Demanda para el siguiente periodo		
		MAPE	MAD
Enfoque intuitivo	176	124%	305
Promedio Movil Simple	461	164%	290
Promedio Movil Ponderado	399	152%	275
Suavizamiento Exponencial Simple	474	136%	274
Suavizamiento Exponencial Doble	436	139%	280
Recta de Tendencia	421	118%	229

Figura 12 Consolidado

Teniendo en cuenta esto, se selecciona el método más adecuado, en este caso recta de tendencia, ya que proporciona la mejor combinación en cuanto a los errores evidenciados.

Ahora bien, es importante tener en cuenta que la herramienta esta creada a partir de macros y algunos cálculos manuales, por lo cual es necesario tener algunas consideraciones que permiten el buen funcionamiento de esta y limitaciones con las que se cuenta.

5.1.7.3 Consideraciones

- La herramienta toma la información inicial de la base de datos de 2 años que se utilizó en el desarrollo del proyecto, es decir, datos del año 2018 y 2019.
- Se tiene una incorrecta exportación hacia Excel por parte del software utilizado en el almacén de materiales, donde la base de datos obtenida de las compras se encuentra con un orden bajo, generando la necesidad de ordenar columnas y filas de dicha base de datos con el fin de poder utilizarlo de forma correcta en la herramienta.

- En la herramienta se debe seleccionar el nombre del producto a pronosticar dos veces, una para la tabla del año 2018 y la otra para la tabla del año 2019 y asegurarse de que el ítem en ambos casos sea el mismo para evitar errores en los resultados.

5.1.7.4 Limitaciones de la herramienta

- La base de datos tiene que ser actualizada constantemente agregando la información sobre las salidas de inventario en la base de datos para realizar correctamente los pronósticos que son proyectados mensualmente.
- El usuario debe digitar todos los datos necesarios para calcular todos los modelos de pronósticos sin importar que él requiera ver solamente el resultado de uno o de algunos de ellos.
- En el cuadro de control, el usuario puede escoger cuáles modelos de pronósticos desea ver, pero si selecciona todos los modelos y luego desea solo ver unos, él debe ocultar los modelos que no quiere teniendo en cuenta el orden descendente establecido. Por ejemplo: Si selecciona los seis modelos de pronósticos y después solo quiere ver el modelo número dos, él deberá eliminarlos de forma descendente, es decir primero el modelo número seis, cinco, cuatro, tres, y el primero.
- La herramienta no proporciona valores de pronósticos adecuados cuando la frecuencia de compra es mayor a la que se desea pronosticar. Por esto, se tiene la opción de clasificar los ítems teniendo en cuenta su frecuencia de compra tanto mensual, trimestral, semestral y anual. Por ejemplo: los ítems pronosticados semestralmente no podrán ser proyectados mensualmente. Por el contrario, un ítem pronosticado mensualmente se puede pronosticar trimestral, semestral o anualmente.
- La herramienta no puede pronosticar más periodos que el seleccionado, es decir si realizas el pronóstico de un producto mensual, la herramienta no te puede pronosticar dos meses ya que no toma como dato el valor de un pronóstico. Por esto, la herramienta solo te proporcionará el valor del dato del mes siguiente teniendo en cuenta la modalidad compra, si es mensual, trimestral, semestral y anual.

5.1.8 Validación de la herramienta

La validación de la herramienta diseñada para calcular la cantidad a comprar y la frecuencia de compra se realizó por medio del resultado del indicador de eficacia, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$Eficacia = \frac{Demanda\ Real * 100}{Demanda\ pronosticada} \quad [5.1.8.1]$$

El resultado obtenido proporciona el nivel de acierto en porcentaje de la herramienta con respecto al valor real, realizando una comparación de los datos pronosticados y los datos reales obtenidos en el almacén de materiales y así conocer su nivel de acierto y error.

Los valores de eficacia se realizaron con respecto a las diferentes modalidades de frecuencia de compra, las cuales son mensual, trimestral, semestral y anual. Para los mensuales se compararon algunos ítems tipo AA pronosticando la demanda del mes de diciembre del 2019 y comparado con el valor real comprado en el almacén. Para la modalidad trimestral se compararon otros ítems tipo AA pronosticando el cuarto trimestre del año 2019 y de la misma manera para la frecuencia semestral se compararon ítems tipo AA pronosticando el segundo semestre del año 2019 y finalmente para la modalidad anual al no tener los datos históricos suficientes se decide no realizar esta medición.

Para cada modalidad el valor del indicador se toma como un promedio de los ítems y después se le da un peso teniendo en cuenta la cantidad de datos históricos presentes. Por esto, se decide asignar un peso al 50% al resultado del indicador mensual un 30% al resultado del indicador trimestral y un 20% al resultado del indicador semestral para así calcular el resultado del indicador general de la herramienta.

El indicador general de la herramienta nos da una eficiencia del 37%, se debe tener en cuenta que los periodos comparados son meses donde la universidad no tiene mucho flujo en sus actividades, en este caso diciembre y enero, lo que ocasiona que la eficiencia de la herramienta se vea afectada por estos cambios de demanda tan repentinos que la herramienta no es capaz de identificar. Sin embargo, logra cumplir ofreciendo una estandarización sobre la modalidad de compra y conocer una cantidad pronosticada de despachos esperados, lo cual por medio de la experticia de los auxiliares del almacén será información pertinente al momento de tomar una decisión con respecto a una nueva política de compra.

5.1.9 Frecuencia de compra

Con el fin de proporcionar una sinergia con la herramienta de pronósticos es necesario tener en cuenta la frecuencia de compra. Esto es debido a que un pronóstico dice cuánto se espera vender o en el caso del almacén, cuanto se espera despachar en el siguiente periodo. Por esta razón, se plantea una regla que, en conjunto con el pronóstico, se logre definir cuando y cuanto comprar para el almacén de materiales de la Universidad Icesi.

La regla se decidió teniendo en cuenta la frecuencia de compra que se trae en los datos históricos. Es decir, dependiendo de la cantidad de veces que se adquiere un ítem, ya sea de 1 a 12 compras en el año, se decide si se realiza una compra mensual, trimestral o semestral. Con base en lo anterior, se define la regla evidenciada en la Tabla 7.

Tabla 7 Frecuencia de compra

Frecuencia de compra al año	Modalidad
8 a 12	Mensuales
5 a 7	Trimestral
3 y 4	Semestral
1 y 2	Anual

Ahora bien, se evidencian algunos ejemplos de ítems que son sugeridos con la regla planteada para frecuencia de compra mensual, trimestral y semestral. Para este ejemplo se seleccionaron dos ítems que proponen una modalidad de compra semestral; dos ítems con modalidad de compra trimestral; cuatro ítems con modalidad de compra mensual. Estos últimos son más, debido a que el principal punto de atención son los ítems mensuales, ya que requieren de un mayor control para mantener la cantidad necesaria en el momento adecuado. Lo anterior se evidencia en la Tabla 8.

Tabla 8 Ejemplo de modalidad de compra.

Nota: Elaboración propia.

Ítem	Modalidad
ALPISTE	Semestral
ADAPTADOR HEMBRA 1 1/2" PVC	Semestral
ADAPTADOR MACHO 3/4" PVC	Trimestral
AMARRAS PLÁSTICAS 6" 15 CM	Trimestral
PAPEL HIGIENICO SCOTT ECO 550M PAQ X 4	Mensual
LIJA DE AGUA # 150 PLIEGO	Mensual
INSECTICIDA EN AEROSOL 440 GR	Mensual
ESPONJA LA MAQUINA GRANDE	Mensual

Ahora bien, a pesar de tener una regla que ofrece al usuario la frecuencia de compra es necesario tener en cuenta que esto es una sugerencia, es decir, no se debe sesgar las decisiones al tener únicamente la opinión de una regla planteada. Por

esto, es necesario que, al tener la frecuencia proporcionada por la regla establecida, se revise, en función a la experiencia del operador, cual es el tamaño que tiene el almacén destinado al ítem que se está planeando solicitar. Esto es debido a que, algunos ítems pueden tener un gran volumen que impida el almacenamiento de este si se realizan pedidos con grandes cantidades y poca frecuencia. Por esto, si un ítem se recomienda en compra semestral pero dicho ítem es de gran tamaño y el almacén no tiene la capacidad necesaria para esto, se debe revisar una frecuencia de compra menor, en este caso trimestral o mensual.

5.1.10 Manual de Usuario

La herramienta desarrollada es entregada con una guía de uso para tener claridad sobre los diferentes valores necesarios para la aplicación de los métodos de pronóstico empleados. También, se redacta una información básica sobre las consideraciones para tener en cuenta al momento de decidir los valores a digitar en los parámetros alfa y beta ya que la efectividad y los verdaderos resultados de la herramienta van a depender del correcto diligenciamiento de los datos requeridos para los pronósticos. Por esto, es importante explicar a los auxiliares del almacén el significado de los valores para así tener un mayor grado de consciencia al momento de utilizar la herramienta y evaluar la frecuencia de compra a utilizar para los diferentes ítems del almacén.

5.2 Conclusiones

Como resultado del diagnóstico del almacén de materiales se logró evidenciar la necesidad de mejores prácticas en el almacén ya que se observó el comportamiento de los diferentes ítems comprados por la Universidad. Por esto, se logra mejorar el proceso de control de inventarios con el uso de la herramienta de pronóstico diseñada y la frecuencia de compra sugerida para cada ítem por medio de la información y análisis entregados, lo cual le ayuda al coordinador de compras del almacén proponer mejores acuerdos con sus proveedores y mantener la cantidad de inventario suficiente para los periodos requeridos.

En conclusión, el almacén de materiales debe generar una política de compras para tener un control de la cantidad necesaria a ordenar y su modalidad de compra. De modo que para lograr ofrecerla se realizaron varios cálculos y análisis de los diferentes ítems teniendo en cuenta aspectos identificados en el diagnóstico con ayuda de las herramientas Ishikawa, Pareto, encuestas, visitas de campo hasta tener acceso a la base de datos donde se realizaron cálculos con respecto a la clasificación ABC, la rotación de inventarios, los días de inventario, los modelos de pronóstico y así proponer una herramienta que sea capaz no solamente de definir una política de compra sino que logra un impacto en los inventarios debido a los análisis de cada ítem.

Con respecto a la teoría de la clasificación ABC se evidenció que es una herramienta vital para el control de los inventarios. Sin embargo, no se debe restringir a lo netamente teórico porque debe ser adaptada a la situación o contexto de trabajo. Por esto, se tomó como base la clasificación ABC teórica y se comprobó lo enunciado en la teoría donde gran parte del impacto se debe a pocos ítems que son vitales, que en el caso del proyecto los ítems tipo A fueron el 6,74% del total de los ítems. Además, esto fue la base para la clasificación ABC cruzada, que permitió un análisis más relevante, en el cual se evidencia a qué ítems se debe dar un mejor manejo y control de inventarios.

5.3 Recomendaciones

Los auxiliares del almacén de materiales definen las cantidades a comprar a partir de su experiencia, por esta razón es recomendable tener un control mayor en la decisión respecto a la cantidad de productos por ítem solicitados. Es decir, se puede utilizar la herramienta desarrollada para evitar decisiones arbitrarias sin apoyo de la teoría.

Sin embargo, puede ser importante que los auxiliares del almacén o el encargado de solicitar las compras pueda hacer uso de la herramienta de pronósticos, en conjunto con la experiencia adquirida a través de los años. Esto con el fin de ajustar los datos a una realidad, ya que la teoría no se ajusta en su totalidad a la realidad.

Por otra parte, se recomienda a los auxiliares del almacén hacer uso adecuado en todo momento del software Enterprise, ya que se encontró mediante entrevistas que no todas las entregas a clientes son ingresadas en el sistema y muchos de esos datos pueden afectar la fiabilidad de los cálculos que sean realizados para los pronósticos.

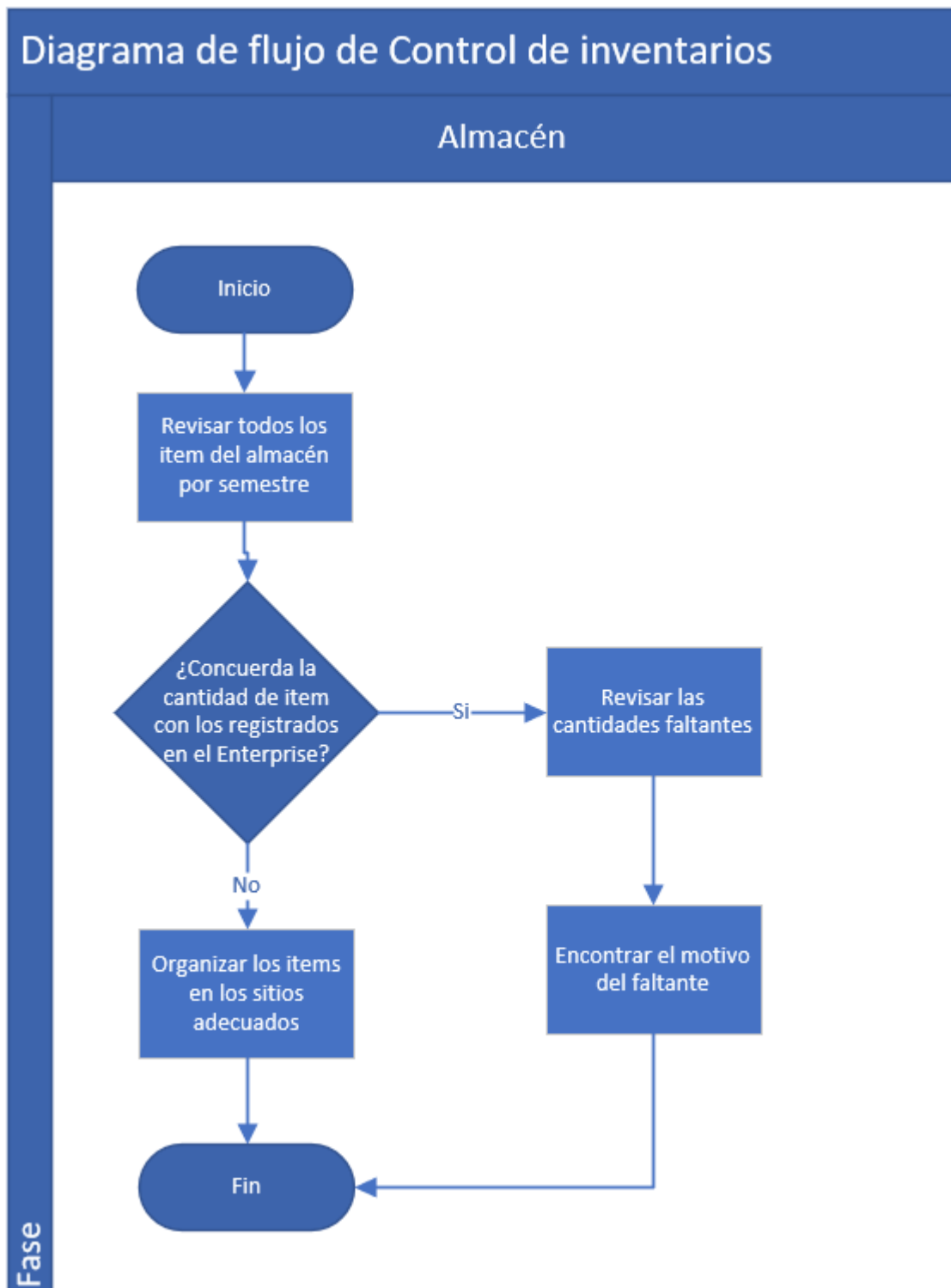
Por último, es importante tener en cuenta que para cargar la información a la herramienta se necesita una base de datos ordenada. Teniendo en cuenta esto, se debería revisar el formato de descarga u otros aspectos similares, ya que no será útil ni eficiente suministrar datos nuevos cada periodo de tiempo en la herramienta si no se tienen los datos ordenados. Esto debido a que ordenar una base de datos con la magnitud de transacciones que maneja el almacén requiere de varias horas de trabajo.

6 BIBLIOGRAFÍA

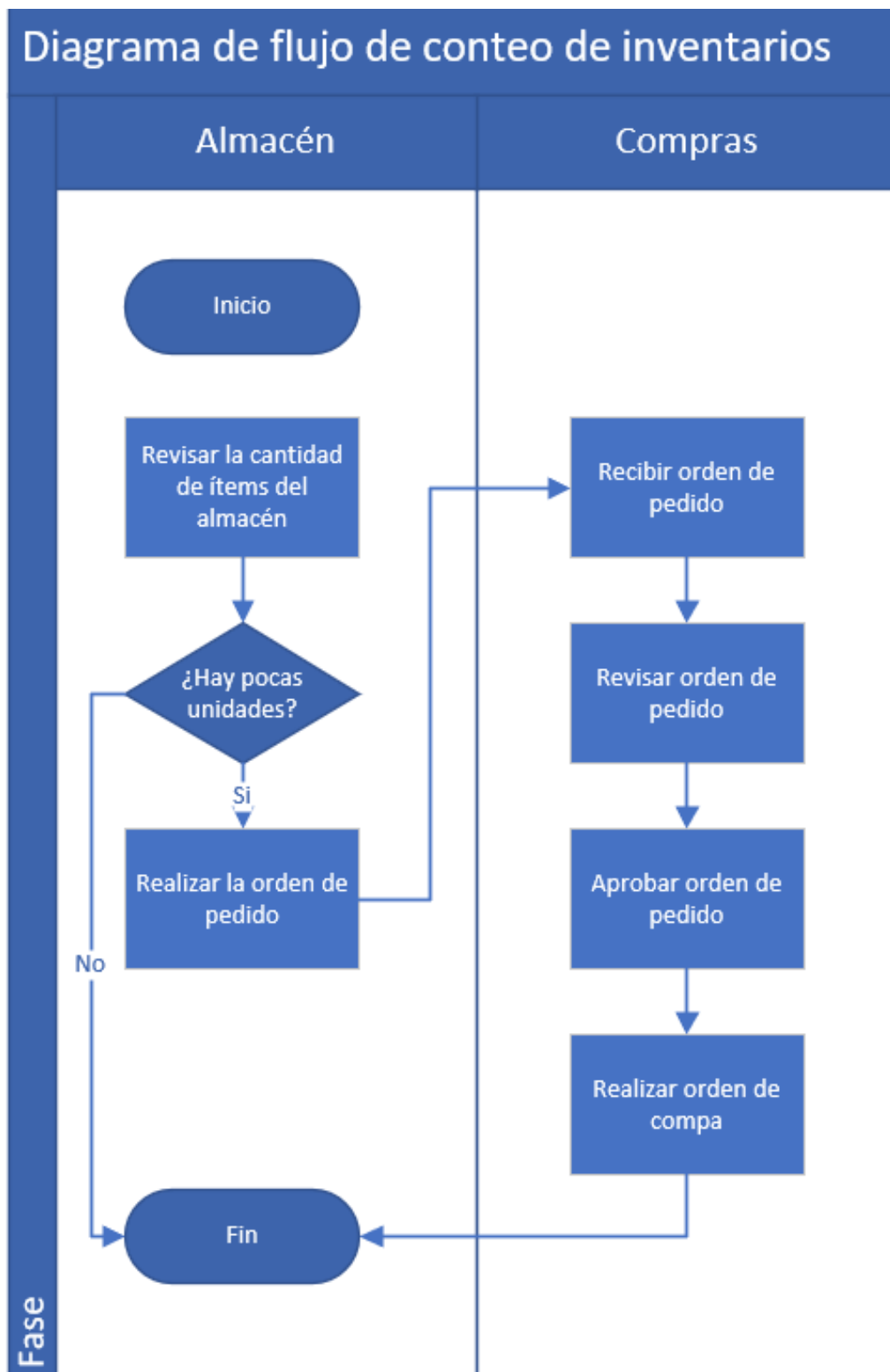
- Ballou, R. (1991). *Logística empresarial: Control y planificación*. Madrid: Díaz de Santos.
- Gallego, J., & Vargas, R. (21 de Febrero de 2020). Diagnóstico del almacén de materiales. (C. Forero, & J. Franco, Entrevistadores)
- José Antonio Díaz, D. P. (2 de Agosto de 2012). Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro.
- Londoño, M. (20 de Mayo de 2012). Propuesta de mejoramiento del sistema de almacenamiento y control de inventarios. Bogotá.
- Rivera, E. (01 de Febrero de 2016). Control de inventarios y manejo de materiales en el almacén del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur. Guatemala.
- Saavedra, M. (Agosto de 2010). Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7375/tesis409.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sayol, I. (25 de Septiembre de 2015). *Ignasi sayol*. Obtenido de <https://ignasisayol.com/es/de-la-logistica-integral-a-la-logistica-colaborativa/>
- Vidal, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2010.
- Gregorio, J. and Posada, A. (2011), "Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, cedis)", *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, Vol. 16 No. 30, pp. 83–96.

ANEXOS

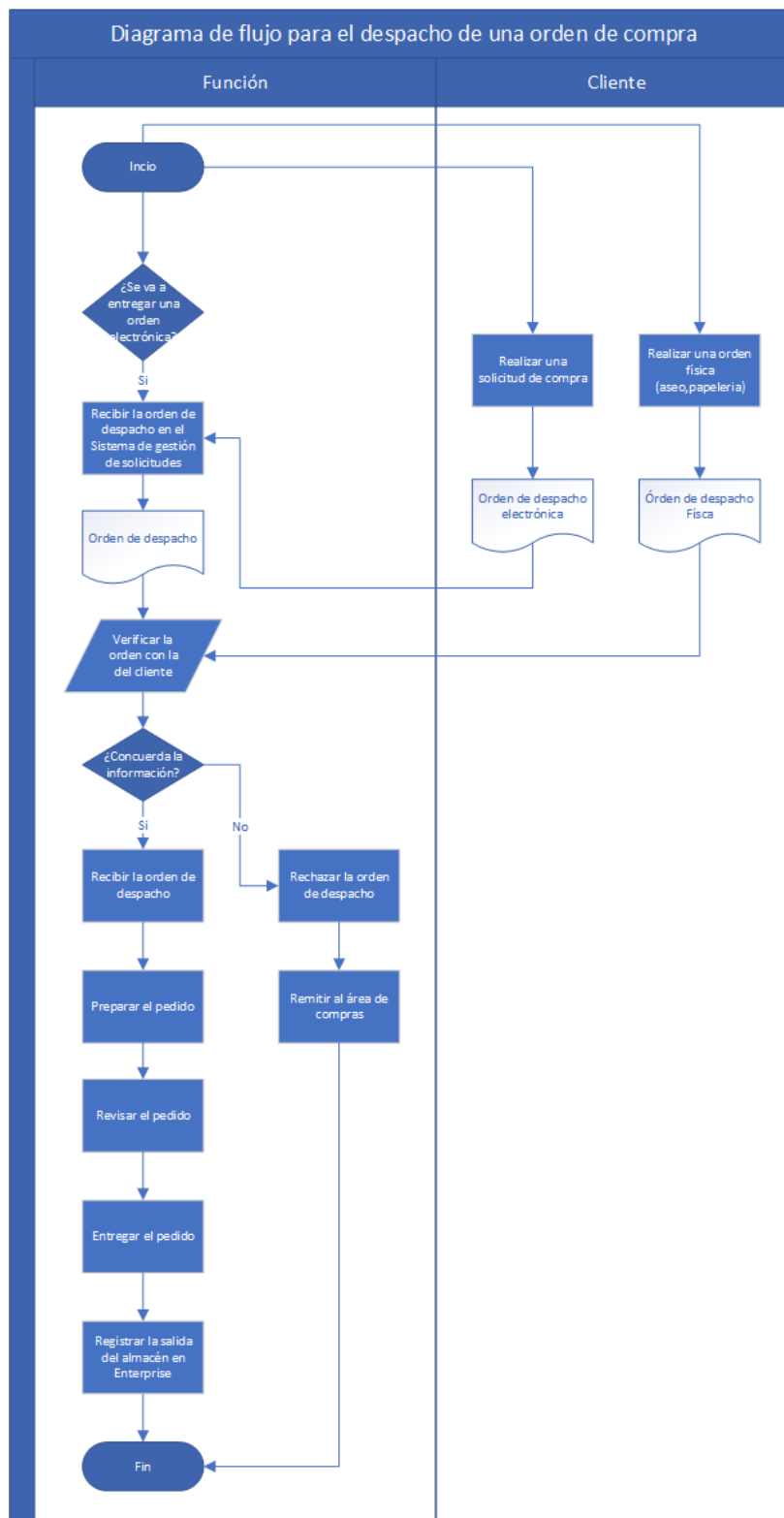
Anexo 1 Diagrama de Flujo de Control de Inventarios



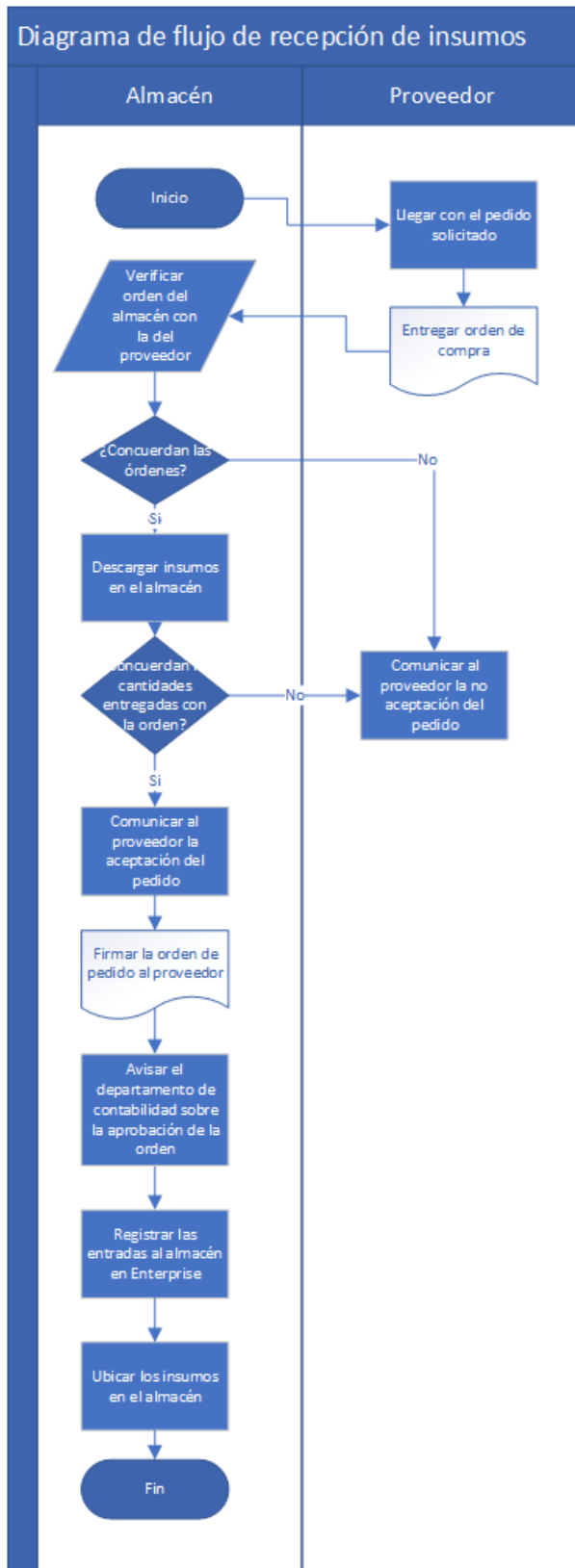
Anexo 2 Diagrama de Flujo de Conteo de Inventarios



Anexo 3 Diagrama de Flujo de Despacho



Anexo 4 Diagrama de Flujo de Recepción



Anexo 5 Encuesta #1

Encuesta para diagnóstico del almacén de materiales

Nombre(s) y Apellidos: Rodrigo Andrés Vargas Fandiño
Cargo: Aux De Oca Almacén de materiales
Encuesta #: 2

Teniendo en cuenta el alcance y objeto de estudio del proyecto se seleccionaron algunas de las causas del problema con respecto al control de inventarios en el almacén de materiales. Por esto, se muestra a continuación las causas seleccionadas para ser analizadas.

Tienes 10 puntos, los cuales debes asignar teniendo en cuenta el impacto que tienen las causas descritas en el almacén de materiales.

Causas	Ponderación
Falta de una política de compras.	1
Poco tiempo para registrar todas las salidas de productos.	1
Baja estandarización de los procesos.	6
No hay un plan de trabajo específico con respecto a los inventarios.	2

Encuesta para diagnóstico del almacén de materiales

Nombre(s) y Apellidos: Oscar Mauricio Cardena Garcia.
 Cargo: Coordinador de Compras.
 Encuesta #: 2

Teniendo en cuenta el alcance y objeto de estudio del proyecto se seleccionaron algunas de las causas del problema con respecto al control de inventarios en el almacén de materiales. Por esto, se muestra a continuación las causas seleccionadas para ser analizadas.

Tienes 10 puntos, los cuales debes asignar teniendo en cuenta el impacto que tienen las causas descritas en el almacén de materiales.

Causas	Ponderación
Falta de una política de compras.	2
Poco tiempo para registrar todas las salidas de productos.	1
Baja estandarización de los procesos.	2
No hay un plan de trabajo específico con respecto a los inventarios.	5

Encuesta para diagnóstico del almacén de materiales

Nombre(s) y Apellidos: John Calleco

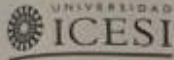
Cargo: Auxiliar Almacén de materiales

Encuesta #: _____

Teniendo en cuenta el alcance y objeto de estudio del proyecto se seleccionaron algunas de las causas del problema con respecto al control de inventarios en el almacén de materiales. Por esto, se muestra a continuación las causas seleccionadas para ser analizadas.

Tienes 10 puntos, los cuales debes asignar teniendo en cuenta el impacto que tienen las causas descritas en el almacén de materiales.

Causas	Ponderación
Falta de una política de compras.	1
Poco tiempo para registrar todas las salidas de productos.	2
Baja estandarización de los procesos.	6
No hay un plan de trabajo específico con respecto a los inventarios.	1



Diagnóstico del almacén de materiales

Encuesta para diagnóstico del almacén de materiales

Nombre(s) y Apellidos: Henry Calero

Cargo: Jefe de Compras y Suministros

Encuesta #: _____

Teniendo en cuenta el alcance y objeto de estudio del proyecto se seleccionaron algunas de las causas del problema con respecto al control de inventarios en el almacén de materiales. Por esto, se muestra a continuación las causas seleccionadas para ser analizadas.

Tienes 10 puntos, los cuales debes asignar teniendo en cuenta el impacto que tienen las causas descritas en el almacén de materiales.

Causas	Ponderación
Falta de una política de compras.	4
Poco tiempo para registrar todas las salidas de productos.	1
Baja estandarización de los procesos.	4
No hay un plan de trabajo específico con respecto a los inventarios.	1