

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas**

Análisis y diseño de un modelo de inventario para incrementar la productividad y mejorar el flujo de efectivo de una empresa farmacéutica

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

### **Ingeniero Comercial y Empresarial**

Presentado por:

Adrián Alexander Barchi Semper

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2020

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto está dedicado a mis padres, quienes siempre soñaron con verme convertido en un profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres, enamorada y demás personas que me brindaron su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria. También a mis perritos, quienes supieron reconfortarme en todo momento.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; **Adrián Alexander Barchi Semper** doy mi consentimiento para que la ESPOOL 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”

---

Adrián Alexander  
Barchi Semper

# EVALUADOR

VICTOR  
HUGO  
GONZALEZ  
JARAMILLO

Digitally signed by VICTOR  
HUGO GONZALEZ JARAMILLO  
DN: c=EC, o=SECURITY DATA  
S.A. 1, ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE  
INFORMACION,  
serialNumber=271020102917,  
cn=VICTOR HUGO GONZALEZ  
JARAMILLO  
Date: 2021.02.19 00:29:50 -05'00'

---

**Victor Hugo Gonzalez Ph.D.**  
PROFESOR DE LA MATERIA

## RESUMEN

En este proyecto se propone la aplicación de un modelo matemático que establezca cuándo hacer pedidos y en qué cantidad, con el objetivo de aumentar los beneficios, reducir costos y ahorrar tiempo a la empresa para promover el crecimiento del negocio. Se realizaron múltiples reuniones con el personal de la farmacia para comprender los procesos de abastecimiento e identificar las oportunidades de mejora. A partir de aquello, se determinó el tipo de demanda y se analizaron distintos modelos de requerimiento de materiales dando como resultado el diseño de un modelo matemático para la gestión de inventarios. Se configuró un sistema que vincula el modelo con la macros de Excel. Utilizando información histórica de la demanda, se realizaron tablas comparativas de los procesos de reposición con 4 productos en 4 periodos semanales, resultando en la disminución del inventario final en cada periodo, la reducción los costos totales de inventario en un 16,56% y un ahorro de tiempo del 16,93% semanal en los procesos de abastecimiento, aumentando la rentabilidad y aprovechando mejor el espacio de almacenamiento de la empresa. Ante estos resultados, se exhibió la factibilidad del modelo propuesto para satisfacer la demanda y brindar beneficios económicos y prácticos para la empresa.

**Palabras Clave:** modelo matemático, inventario, reposición, reabastecimiento

## **ABSTRACT**

*This project proposes the application of a mathematical model that establishes when to place orders and in what quantity, with the objective of increasing profits, reducing costs and saving time for the company to promote the business growth. Multiple meetings were held with the pharmacy staff to understand the supply processes and identify opportunities for improvement. Based on this, the type of demand was determined and different material requirement models were analyzed, resulting in the design of a mathematical model for inventory management. A system was configured to link the model with Excel macros. Using historical information of the demand, comparative tables of the replenishment processes were made with 4 products in 4 weekly periods, resulting in the decrease of the final inventory in each period, the reduction of the total inventory costs by 16.56% and a weekly time saving of 16.93% in the supply processes, increasing profitability and making better use of the company's storage space. In view of these results, the feasibility of the proposed model to meet the demand and provide economic and practical benefits for the company was shown.*

*Keywords: mathematical model, inventory, replenishment, restocking*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1.....	1
1.    Introducción.....	1
1.1    Descripción del problema.....	3
1.1.1    Diagrama de la problemática.....	3
1.2    Justificación del problema.....	5
1.3    Alcance.....	6
1.4    Objetivos.....	6
1.4.1    Objetivo General.....	6
1.4.2    Objetivos Específicos.....	7
1.5    Matriz de consistencia.....	8
1.5.1    Marco teórico propuesto.....	10
1.6    Marco teórico.....	11
1.6.1    Revisión de la literatura.....	11
1.6.2    Marco Conceptual.....	15
CAPÍTULO 2.....	24
2.    Metodología.....	24
2.1    Técnicas de investigación.....	24
2.2    Información levantada.....	25

2.2.1	Análisis de la información levantada .....	27
2.3	Descripción del modelo propuesto.....	30
2.4	Modelo Matemático .....	31
2.4.1	Desarrollo del modelo propuesto con macros de Excel .....	33
CAPÍTULO 3.....		34
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	34
3.1	Consideraciones .....	34
3.2	Análisis Teórico .....	34
3.3	Análisis de resultados.....	37
3.3.1	Comparación de costos.....	37
3.3.2	Unidades finales de inventario .....	39
3.3.3	Tiempo de procesos logísticos.....	40
3.3.4	Análisis Financiero .....	41
CAPÍTULO 4.....		43
4.	Conclusiones Y RECOMENDACIONES .....	43
4.1	Conclusiones .....	43
4.2	Recomendaciones.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....		45
ANEXOS.....		47

## **ABREVIATURAS**

SKU Stock keeping unit – Unidad de mantenimiento de stock

MRP Material requirements planning – Planificación de requerimientos de materiales.

EOQ Economic Order Quantity – Cantidad económica de pedido.

JIT Just in time – Justo a tiempo

LS Load size – Tamaño del lote

I Inventario del artículo

SL Saldo del local

ST Stock en Tránsito

LT Lead Time – Tiempo de espera

DSS Días de stock de seguridad

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Flujograma del proceso de compras de la farmacia.....	5
Figura 1.2 Marco teórico propuesto .....	10
Figura 1.3 Función de costos .....	18
Figura 1.4 Comportamiento del inventario según el Modelo EOQ .....	19
Figura 2.1 Comparación de ventas totales durante 10 meses .....	28
Figura 2.2 Comparación de utilidad bruta durante 10 meses .....	28
Figura 3.1 Representación comparativa de unidades finales de inventario de la empresa .....	39
Figura 3.2 Representación comparativa de tiempos logísticos de la empresa.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Toyada, componente para el reconocimiento de la raíz de un problema .....	4
Tabla 1.2 Matriz de consistencia.....	9
Tabla 2.1 Productos (SKU's) seleccionados para la realización del proyecto.....	26
Tabla 2.2 Detalle de la información relevante para la realización del modelo .....	26
Tabla 2.3 Clasificación de los productos elegidos por su nivel de utilidad bruta .....	27
Tabla 2.4 Determinación de modelos apropiados según la tendencia de la demanda. .....	29
Tabla 2.5 Cuadro comparativo de las metodologías JIT, MRP 1 y Modelo Propuesto. .....	30
Tabla 3.1 Representación de la reposición real de un producto durante 4 semanas	35
Tabla 3.2 : Representación de la reposición propuesta por el modelo matemático de un producto durante 4 semanas .....	36
Tabla 3.3 Comparación de los resultados sobre la reposición real y propuesta de un producto.....	37
Tabla 3.4 Resumen de los resultados sobre la reposición real y propuesta de 4 de los productos más relevantes en el inventario.....	38
Tabla 3.5 Análisis financiero de los productos analizados .....	41

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios es un tema fundamental que toda empresa debe considerar para poder desarrollarse y crecer en un futuro. Existen varias herramientas que pueden facilitar la gestión del nivel de inventario, por ello es importante que el administrador sepa reconocer cuál se ajusta mejor al giro de su negocio. Un sistema de inventarios propicia la satisfacción y el cumplimiento de las demandas de los consumidores, lo que significa un incremento de las ventas en el corto o mediano plazo [1]. Dentro de los otros beneficios que puede proveer un sistema o herramienta de gestión de inventarios podemos incluir la reducción del inventario existente, lo que representa menores costos de almacenamiento, previene la merma de mercancía y reduce las pérdidas de productos perecederos [1].

Otra de las ventajas que menciona el autor [1] es que los sistemas de inventario no solo reducen errores en la recepción, sino también en los procesos de envío y transferencia. De acuerdo al sistema utilizado, podríamos tener la capacidad de automatizar en cierto nivel varios pasos de estos procesos, lo que sin duda disminuyen las posibilidades de error durante las revisiones.

El objetivo de los procesos de aprovisionamiento colaborativo no sólo es mejorar la exactitud de los indicadores clave de rendimiento, sino gestionar cómo el nivel de inventario o la utilización de productos evoluciona según los diferentes escenarios de simulación. De igual forma, apoya al establecimiento de vínculos entre la información interna y externa para impulsar el rendimiento en la cadena de suministro [2, p. 9].

Algunos de los problemas más frecuentes que pueden presentarse en una empresa son el sobrestock y los quiebres de inventario. Lo interesante de estos inconvenientes, como menciona [3, p. 2] es que ocurren prácticamente en cualquier empresa del sector industrial, comercial o de servicios que manejan, de alguna u otra forma, materias primas, componentes, repuestos, insumos y/o productos terminados, que mantienen en inventario en mayores o menores cantidades. Las fluctuaciones

aleatorias de la demanda y los tiempos de entrega de pedidos forman parte de los motivos principales para mantener inventarios organizados.

Los inventarios también surgen del desfase que existe entre la demanda de los consumidores y la producción o suministro de dichos productos. Sin embargo, se pueden atenuar estas causas mediante estrategias que, en conjunto con un sistema de inventarios, plantean una mejor oportunidad de estabilidad de procesos para la empresa. Algunas de dichas estrategias son:

La clasificación de los productos por medio del método ABC o principio de Pareto, para establecer prioridades de administración y diferenciar los sistemas de control de ítems en cada categoría.

La consideración de aspectos fundamentales tales como el ciclo de vida del producto, la naturaleza del proceso productivo en estudio y los aspectos financieros relacionados con inventarios, como los plazos de pago y sus descuentos asociados.

Otro aspecto importante que nombra el autor es la generación de indicadores de eficiencia que consideren simultáneamente todas las variables de interés. Es un error medir el desempeño de un sistema de control de inventarios por su rotación y querer mejorarlo, incluso a costa del nivel de servicio ofrecido al cliente [3, p. 3].

Lo anteriormente mencionado conduce al objetivo del proyecto, el cual es diseñar un modelo de inventario para mejorar el flujo de efectivo, el proceso de aprovisionamiento de la empresa y a su vez incrementar la productividad de las ventas. Ésto será posible con la implementación de un modelo matemático y la utilización de estrategias de clasificación tomando en cuenta la información de la demanda histórica de la empresa. De este modo, se pretende brindar varios beneficios ya enfatizados en párrafos anteriores que pueden ofrecer el control de inventarios, donde destacan eludir quiebres de stock y sobrestock.

## **1.1 Descripción del problema**

El control de inventario y abastecimiento en una empresa sin duda es indispensable para mantener un balance de existencias preciso, además de tener un papel fundamental en el campo de las ventas y generación de utilidades. Esto permite disponer del conocimiento de la cantidad exacta de stock de cada SKU, lo cual ayuda a optimizar costos, tiempos, nivel de servicio y realizar las operaciones de la manera más eficiente posible.

Éste tema, como se cita en [4, p. 13] afirma que la importancia de los inventarios en los entornos comerciales actuales se ha incrementado, dado su impacto tanto en asegurar la disponibilidad de los productos para los consumidores como en los requerimientos de capital que deben invertir las empresas en sus existencias.

Cuando una empresa que maneja inventario no cuenta con un sistema que permita controlarlo o en su defecto, éste no funciona de forma óptima; puede acarrear una serie de complicaciones que podrían perjudicar a cualquier giro de negocio. Los principales problemas en dichas empresas son el sobrestock o los quiebres de inventario, a los que se les pueden sumar posibles mermas y problemas internos de comunicación, lo cual propiciará el auge de pérdidas económicas para la empresa.

### **1.1.1 Diagrama de la problemática**

En un artículo científico como se cita en [4, p. 12] se menciona que “uno de los principales problemas más complejos que afectan a las empresas comercializadoras es la administración y control de sus inventarios”. La farmacia, como objeto de estudio, presenta problemas de quiebres de stock y en ciertos casos de sobrestock, ocasionados por una planificación inadecuada en el proceso de compras que tiene la empresa, debido a que este se hace de manera empírica por sus trabajadores.

Dicho proceso inicia con los vendedores quienes, en su jornada laboral y de forma manual, se encargan de anotar los productos vendidos y aquellos que están por agotarse. El procedimiento continúa durante cada noche cuando el encargado de la

farmacia realiza inspecciones de las perchas con ayuda de las notas otorgadas por los vendedores y determina, bajo su criterio, el stock de seguridad y cuáles son los productos próximos por agotarse, después procede a elaborar una lista para finalmente seleccionar el proveedor adecuado para realizar el pedido al día siguiente.

Este problema se ha ido desarrollando desde los inicios de la empresa y durante los últimos años se ha identificado una oportunidad de mejora, dado que sus procesos de hacer un pedido de productos no han cambiado. En temas de gestión y análisis de rotación de inventario, tampoco se ha hecho mayor esfuerzo en encontrar una mejora debido a que esto implica inversiones de tiempo y dinero en las demás áreas de negocio de la empresa. En la tabla 1.1 se muestra un análisis causa-efecto por medio de la técnica de “los 5 ¿por qué?” la cual considera la información otorgada por la farmacia y aquella que fue obtenida en reuniones y visitas.

**Diagrama de los 5 ¿Por qué?**

<b>Problema a estudiar</b>	<b>¿Por qué? 1</b>	<b>¿Por qué? 2</b>	<b>¿Por qué? 3</b>	<b>¿Por qué 4</b>	<b>¿Por qué? 5</b>	<b>Resultado del análisis</b>
¿Por qué la farmacia presenta problemas de sobrestock y quiebre de stock?	Porque no realizan pedidos con cantidades óptimas	Porque sus procesos de gestión de inventario no se basan en algún modelo matemático	Porque no se ha propuesto	Porque existe una falta de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento</li> <li>• interés</li> <li>• recursos</li> </ul>	Porque no consideran que dicho tema sea tan importante	Existe una falta de interés por innovar para conseguir una sistematización y estandarización de procesos de inventario

**Tabla 1.1 Toyada, componente para el reconocimiento de la raíz de un problema**

Para complementar dicha tabla, basado en comentarios del encargado de la farmacia y observaciones durante las visitas, aunque no es el enfoque del estudio, otro factor a considerar en la problemática de la gestión de inventarios es la estructura organizacional, la cual debe enfatizar la comunicación interna y promover el involucramiento de trabajo en conjunto entre todas las áreas de negocio para determinar oportunidades de crecimiento y mejorar el ambiente laboral.

En la figura 1.1 se muestra el proceso de compras de la farmacia, de modo que se identifican todas las acciones y actores involucrados en el proceso diario. Se puede observar una deficiente planeación y análisis referente a las cantidades adecuadas de

mantenimiento de stock y compras de nuevos productos; lo mismo que propicia problemas comunes como el sobrestock y desabastecimiento.

### Flujograma del proceso de compras y abastecimiento.

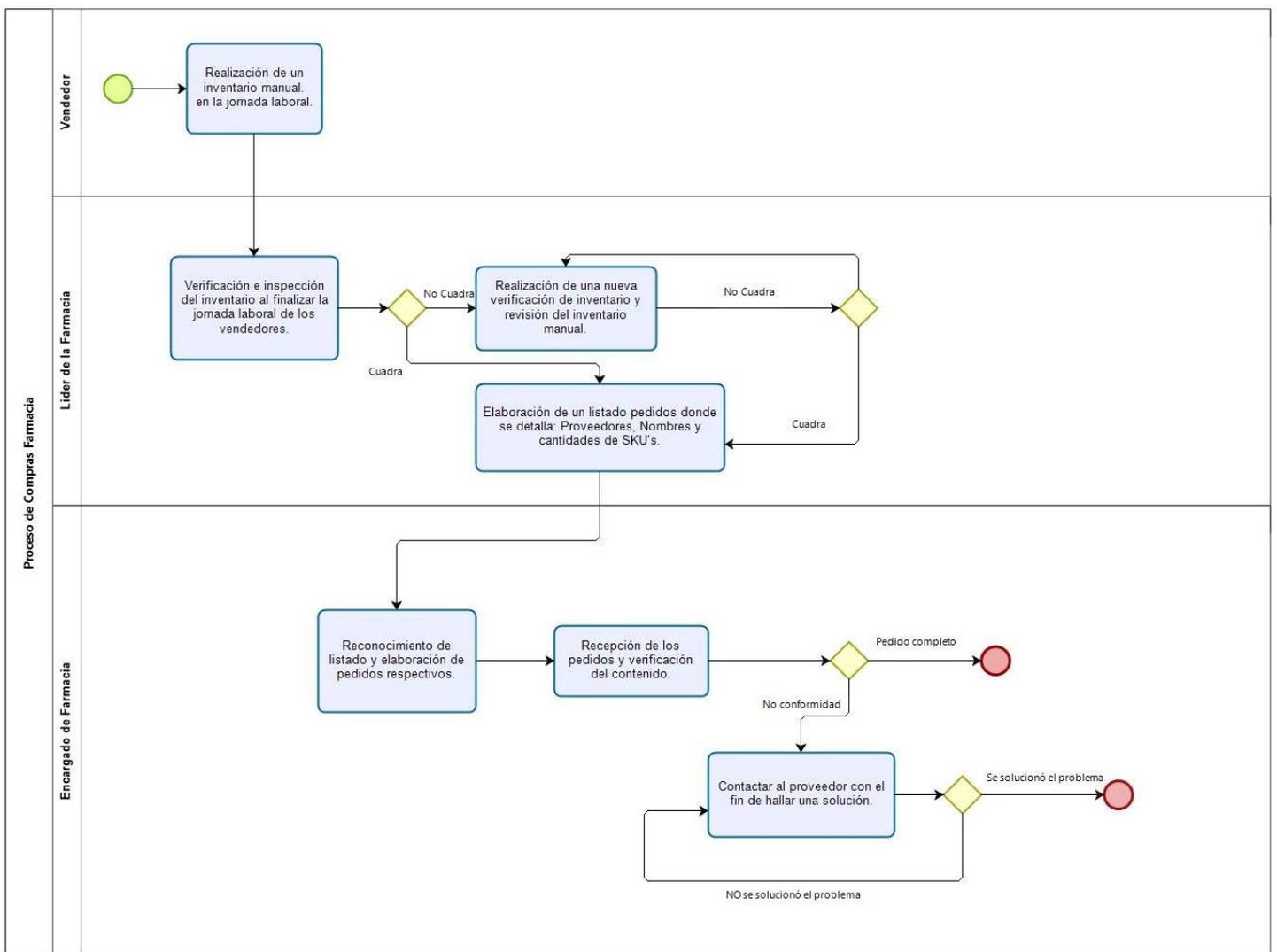


Figura 1.1 Flujograma del proceso de compras de la farmacia

[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

## 1.2 Justificación del problema

Como ya fue mencionado, los sistemas de control de inventario son componentes esenciales para el óptimo funcionamiento de las empresas, debido a ello existen varios

modelos predeterminados que aportan significativamente a la mejora en la gestión de inventarios. Cabe recalcar que su implementación depende del tipo de demanda, productos que se comercializan, lead time de los proveedores y el modelo de negocio en general. El presente proyecto plantea el diseño de un sistema de gestión inventario a partir de un modelo de reposición matemático que servirá para mejorar los procesos de gestión de inventario de una farmacia.

La empresa se encuentra en un proceso de expansión de sus áreas de negocio por lo que optimizar los recursos son factores indispensables para un buen desempeño. El sistema de gestión de inventario propuesto servirá para facilitar y promover la expansión del negocio por medio de una mejora en los procesos internos en temas de compra, logística y del tiempo por medio de la sistematización y estandarización de procesos, con el propósito de aumentar la rentabilidad de la empresa.

### **1.3 Alcance**

Este proyecto tendrá como producto final el diseño de un sistema de inventarios; que se conformará por un modelo matemático basado en un modelo MRP y JIT; el cual se expondrá por medio de macros de Excel con el fin de ser más práctico, atractivo y fácil de entender para los usuarios de cualquier departamento de la empresa. Éste sistema podrá ser aplicado a micro y pequeñas empresas que vendan productos de larga duración.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de inventario aplicable a micro y pequeñas empresas del sector farmacéutico del Ecuador para mejorar el flujo de efectivo y la productividad en el mediano o largo plazo, por medio de una correcta planificación de compras, gestión de inventario y disminución de costos.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar la situación actual de procesos de gestión de inventario que se llevan a cabo dentro de una farmacia por medio de observaciones, reuniones y entrevistas con la persona encargada del negocio para determinar los puntos débiles del proceso y hallar oportunidades de mejora.
2. Clasificar los productos según el nivel de rotación mediante la ley de Pareto para identificar los ítems más significativos para la empresa.
3. Establecer un modelo matemático a partir del tipo de demanda y reconocimiento de las variables para optimizar el nivel de inventario, compra de insumos y tiempos de operación.
4. Realizar la evaluación del desempeño del modelo propuesto y comparar los resultados obtenidos con los datos proporcionados por la farmacia.

## 1.5 Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V. Independiente	Dimensión
¿Cuál es la relación que existe entre la implementación de un sistema de inventario con la planificación de compras y gestión de inventario en una farmacia?	Diseñar un sistema de inventarios aplicable a micro y pequeñas empresas del sector farmacéutico del Ecuador para mejorar el flujo de efectivo y la productividad en el mediano o largo plazo, por medio de una correcta planificación de compras, gestión de inventario y disminución de costos.	Existe una relación significativa entre el diseño de un sistema de inventario con la planificación de compras y gestión de inventario	Tiempo de entrega de proveedores  Rotación de inventarios	Logística  Gestión de reabastecimiento
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	V. Dependiente	Dimensión
1. ¿Cuáles son los procesos de gestión de inventario y oportunidades de mejora que hay dentro de la farmacia?	1. Diagnosticar la situación actual de procesos de gestión de inventario que se llevan a cabo dentro de una farmacia por medio de observaciones, reuniones y entrevistas con la persona encargada del negocio para determinar los puntos débiles del proceso y hallar oportunidades de mejora.	1. Existe una relación significativa entre la aplicación de técnicas de investigación con la obtención de información y determinación de oportunidades de mejora.	Nivel de servicio	Logística
2. ¿Cuáles son los ítems significativos identificados por medio de la clasificación de productos por la ley de Pareto?	2. Clasificar los productos según el nivel de rotación mediante la ley de Pareto para identificar los ítems significativos de la empresa.	2. Existe una relación significativa entre la clasificación de los ítems más relevantes con una mejora en los procesos de abastecimiento de la empresa.	Nivel de consumo	Financiero - Logística

<p>3. ¿Cuál es el modelo matemático que permitirá optimizar el nivel de inventario, compra de insumos y tiempos de operación?</p> <p>4. ¿Qué resultados fueron obtenidos tras la evaluación del sistema de inventario y cómo estos se comparan con la información inicial proporcionada por la farmacia?</p>	<p>3. Identificar el modelo matemático a partir del reconocimiento de las variables para optimizar el nivel de inventario, compra de insumos y tiempos de operación.</p> <p>4. Realizar la evaluación del desempeño del modelo propuesto y comparar los resultados obtenidos en una simulación del modelo con los datos proporcionados por la farmacia.</p>	<p>3. Existe una relación significativa entre la aplicación de un modelo matemático con la optimización del nivel de inventarios, compra de insumos y tiempos de operación.</p> <p>4. Existe una relación significativa entre la implementación el sistema de inventarios con la mejora de la situación financiera de la farmacia.</p>	<p>Costo de hacer los pedidos</p> <p>Costo de almacenamiento</p> <p>Precio de los productos del inventario</p>	<p>Logística – Gestión de reabastecimiento</p> <p>Gestión de reabastecimiento</p> <p>Financiera</p>
--	---	--	--	---

**Tabla 1.2 Matriz de consistencia**  
**[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]**

### 1.5.1 Marco teórico propuesto

Esta sección involucra la estructuración de las hipótesis mostradas en la matriz de consistencia para ilustrar de forma simple el objetivo general del proyecto.

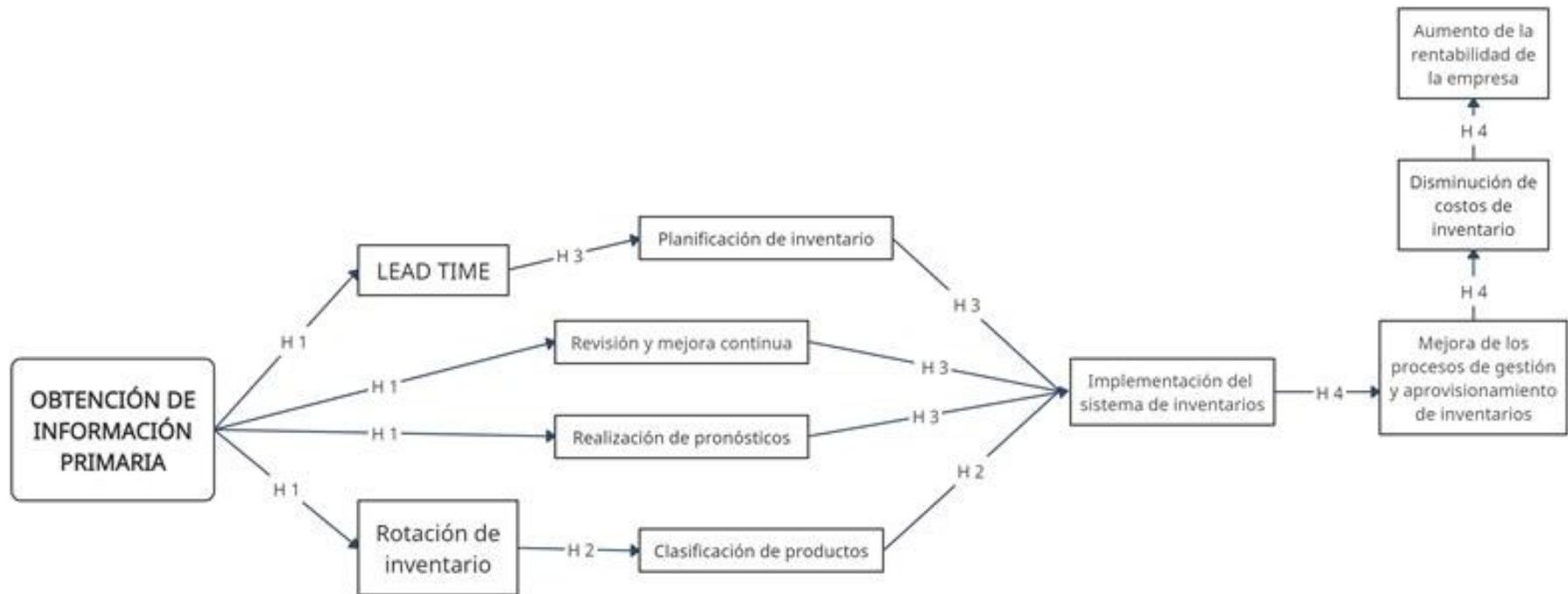


Figura 1.2 Marco teórico propuesto  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

## **1.6 Marco teórico**

### **1.6.1 Revisión de la literatura**

En la presente sección se puntualizan los textos relacionados con la problemática del proyecto. Para lograrlo se realizará un análisis de los métodos de resolución de problemáticas y cumplimiento de objetivos similares por parte de varios autores.

#### **Artículo N.º1**

**Título de publicación:** “La gestión de inventario como factor estratégico en la administración de empresas”,

**Tipo de documento:** Paper académico.

**Autoras:** Irma Yolanda Garrido Bayas, Magda Cejas Martínez

**Referencia No. 1** [5]

**Institución / Universidad:** Escuela Politécnica del Ejército, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador)

**Fecha de publicación:** 2017

#### **Resumen:**

El presente texto tiene como objetivo analizar qué tan efectivo pueden ser ciertos modelos matemáticos y estadísticos referentes al tema de la gestión de inventarios. Las autoras [5] enfatizan la relevancia de las PYMES en la economía ecuatoriana y toman como muestra a 3 empresas del cantón Riobamba. Su investigación se orienta a mostrar e interpretar de todos los costos en los que se puede incurrir durante los procesos logísticos en los diferentes modelos que se tomaron en cuenta.

El desarrollo del proyecto comienza con la clasificación de los tipos y modelos de control de inventarios, destacando sus cualidades y alcance. El siguiente paso consiste establecer características y supuestos inherentes de los 4 modelos objeto de estudio, los cuales son:

- Sistemas de Inventario con Demanda Probabilística: Modelo de revisión continua y periódica.
- Modelo de la Cantidad Económica de Pedidos (EOQ) con descuentos por cantidad.
- El Modelo de Inventario de la Cantidad Económica del Lote de Producción (POP).

Para el cumplimiento de su objetivo principal, las autoras [5] implementan casos de aplicación de los modelos anteriormente mencionados en las 3 empresas que tomaron como muestra. En las resoluciones de los casos se incluyen explicaciones detalladas de los pasos a seguir, gráficos y resultados; donde se logró probar la eficiencia de los procesos estudiados y se concluye que con una gestión de inventarios adecuada y la implementación del modelo correcto, las ventas y el total de activos de las PYMES disfrutarán de incrementos en el corto y largo plazo.

## **Artículo N.º2**

**Título de publicación:** “Modelo de optimización del sistema de inventarios de medicamentos y materiales médico-quirúrgicos de la clínica universitaria bolivariana”

**Tipo de documento:** Tesis de grado.

**Autora:** Maria Isabel Ramírez Daza

**Referencia No. 2** [6]

**Institución / Universidad:** Universidad Pontificia Bolivariana

**Fecha de publicación:** 2013

## **Resumen:**

En este proyecto; la autora [6] tiene la finalidad de presentar una alternativa viable que mejore los procesos de aprovisionamiento de la Clínica Universitaria Bolivariana (CUB). El planteamiento del problema determina que el proceso de reabastecimiento y conteo en los almacenes no son los adecuados por lo que decide optar por la realización de un modelo matemático que sepa resolver dichos problemas. Antes de decidir qué modelo utilizar; se tuvo la necesidad de entender todo lo relacionado a los procesos logísticos hospitalarios y varios conceptos básicos sobre el entendimiento de un sistema de inventarios y técnicas estadísticas.

Tras analizar modelos de inventarios determinísticos y probabilísticos se seleccionó que la opción apropiada es la implementación de un sistema de inventario de demanda probabilística de revisión periódica que se encargará de determinar la cantidad óptima de pedidos durante cada periodo; además se emplea el método de suavizamiento exponencial simple cuyo papel es predecir la demanda futura; también se deciden utilizar macros de Excel para la automatización de procesos a partir de información histórica de la empresa.

Finalmente se efectúa una validación en conjunto con el personal delegado para trabajar en estos procesos dentro de la clínica donde se demuestra que la herramienta desarrollada disminuye los tiempos operativos de planeación de compras; de un promedio de 6 horas ahora solo se requieren 15 minutos. Por último, se proporcionan cuadros comparativos de las demandas de materiales quirúrgicos antes y después de ser empleada la herramienta propuesta.

### **Artículo N.º3**

**Título de publicación:** “Integrated production model in agile manufacturing systems.”

**Autor:** Han Huang

**Institución / Universidad:** NPUST. (National Pingtung University of Science and Technology)

**Referencia No. 3** [7]

**Fecha de publicación:** Septiembre, 2002.

### **Resumen:**

El presente estudio describe los modelos para la producción llamados “push” and “pull” integrados; donde se menciona que tendrían la capacidad de disponer de un entorno de fabricación mejor desenvuelto [7]. La base de distribución de materiales de una planta se conforma por el ya mencionado sistema “push” que contiene cálculos del modelo MRP; mientras que el sistema “pull” trabaja en conjunto con el modelo “just in time”.

De realizar la inclusión de este sistema con el sistema de JIT (“Just in time”) se podrá planificar un adecuado requerimiento de materiales y obtener los productos que satisfagan la demanda de los clientes; considerando todas sus peticiones. El almacén central de distribución es el encargado de ordenar el llenado de almacenes, lo que se define como sistema “push” en distribución. Por otra parte, la forma de operar del sistema “pull” radica en que cada uno de los almacenes tome sus propias decisiones de aprovisionamiento.

En resumen; el sistema “push” es aquel que transmite las órdenes para la fabricación o compra de materiales. El autor, [7], por medio de varios análisis de las características de los modelos y el estudio de un caso de simulación, expone el potencial de algunos de los mayores sistemas de control de producción; el ya mencionado sistema MRP (Planificación de Requerimientos de Materiales) y el sistema OPT (Tecnología de Producción Optimizada). La integración de dichos sistemas supone un nuevo paradigma productivo.

#### **Artículo N.º4**

**Título de publicación:** “Examen de Modelización de Cadenas de Abastecimiento”

**Autor:** Xavier Cabezas

**Institución / Universidad:** ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral)

**Referencia No. 4** [8]

**Fecha de publicación:** 2008

#### **Resumen**

El siguiente documento muestra características, virtudes, consideraciones generales y específicas hechas por el autor [8], además de problemas relacionados a la implementación de los sistemas MRP y MRP 2, complementada por definiciones de componentes inmersos en un proceso de inventario. Se presentan modelos compatibles con los sistemas a analizar y se discute sobre posibles modificaciones a partir de la naturaleza de los mismos modelos. Una de las ideas más importantes que se encuentra en el documento es la posible conveniencia de la implementación de modelos

matemáticos de optimización en vez de optar por los modelos MRP para posteriormente verificar los tipos de restricciones que puedan presentarse.

### **1.6.2 Marco Conceptual**

#### **Lead Time:**

Tiempo que transcurre desde que se emite una orden de pedido a algún proveedor hasta la entrega de la mercadería al cliente.

#### **Sistema Push:**

Sistema de empuje (producción) sobre el cual se fabrican o se compran materiales según la demanda pronosticada.

#### **Sistema Pull:**

Sistema de producción (halado) donde el cliente es el principal factor dentro del sistema de producción, ya que a partir de sus solicitudes se origina la demanda a cubrir, para posteriormente proceder con el proceso productivo.

#### **Inventario físico:**

El inventario físico es la acción de contar manualmente todas las existencias de una empresa; este proceso puede incluir los insumos, productos en proceso, bienes finales e incluso activos fijos de la empresa [9]. Esto permite establecer una coincidencia entre la cantidad real de insumos con los que se muestran en el sistema. Ésta práctica trae múltiples beneficios como la confirmación de las existencias de los productos, reconocimiento de posibles pérdidas por productos perecederos o bienes obsoletos y otorga una constatación del nivel de rotación de los productos.

#### **Pronósticos:**

Un pronóstico es “una predicción de acontecimientos futuros que se utilizan con propósitos de planificación” [6, p. 37]. Los pronósticos se realizan con el objetivo de disminuir la incertidumbre al momento de tomar decisiones de cualquier índole que afecte directa o indirectamente a la empresa.

Los pronósticos pueden clasificarse por:

Marco de tiempo: Incluye el corto, mediano y largo plazo; este último tiene el fin de dirigir el rumbo general de la empresa.

Métodos cuantitativos: Basados en procedimientos matemáticos que toman información histórica para generar resultados, existen varios modelos que cumplen dicha condición como por ejemplo: métodos de regresión, uso de indicadores o el análisis de series temporales.

Métodos cualitativos: Está basada mayormente en el juicio de la persona que realiza el pronóstico, aún así puede verse acompañado de información adicional de parte de cualquier departamento de la empresa que sea conveniente. Algunos ejemplos de este modelo son: el método Delphi, encuestas y evaluaciones de clientes.

## **Macros de Excel**

Las Macros en Excel son un conjunto de acciones que se efectúan de manera secuencial a través de una orden de ejecución. Una macro puede invocar a otras, logrando de esta forma obtener operaciones cada vez más complejas. Las macros se emplean para la automatización de tareas repetitivas, reduciendo el tiempo de trabajo y la tasa de errores en los cálculos de operaciones [10]

### **1.6.2.1 Clasificación ABC**

El enfoque tradicional de la clasificación ABC consiste en organizar todos los productos o SKU's de manera descendente, generalmente en unidades monetarias según distintos criterios aplicables como el de consumo o utilización anual (para materias primas o repuestos) o el criterio de demanda o ventas anuales (para productos terminados) [11, p. 2]. Gracias a este método de clasificación es posible que podamos identificar los productos o SKU's más importantes basado en criterios que podemos escoger a nuestra conveniencia.

La forma habitual de clasificar los ítems es la siguiente:

- Categoría A: El 20% de las referencias representan aproximadamente el 80% del volumen de ventas

- Categoría B: Un 30% de las referencias representan aproximadamente el 15% del volumen de ventas.
- Categoría C: El 50% de las referencias representan sólo el 5% del volumen de ventas [12].

#### **1.6.2.1.1 Criterios de Clasificación**

##### **Criterio de demanda/ventas anuales:**

Se refiere a la cantidad física de unidades del producto que fueron demandadas durante el último año, por lo tanto este criterio solo se emplea para clasificar productos terminados por parte de fabricantes o distribuidores [11, p. 4].

##### **Criterio de consumo/utilización anual:**

Este criterio únicamente se considera útil para clasificar materias primas y repuestos, puesto que está basado en el número total de unidades por productos que fueron solicitadas por el almacén desde el sistema productivo [11, p. 4].

##### **Criterio de costo anual de demanda/ventas:**

Es ampliamente utilizado en la clasificación ABC convencional de productos terminados. Se establece con el producto entre la demanda/ ventas anuales y el costo unitario de cada ítem [11, p. 4].

##### **Costo anual de consumo/utilización**

El costo anual de consumo/utilización es el equivalente al criterio anterior aplicado a materias primas y repuestos, diferenciándose en que se basa en el producto entre el consumo/utilización anual y el costo unitario, este criterio es utilizado frecuentemente para clasificar los ítems que se encuentran como entrada al sistema productivo [11, p. 4].

### 1.6.2.2 Modelos de inventario determinísticos

El autor [13] afirma en su libro que la problemática de un inventario radica en hacerse dos preguntas: “¿Cuánto pedir?” y “¿Cuándo pedir?”. Es necesario tener un balance entre la acción de guardar reservas de los productos para satisfacer la demanda futura y la acción de controlar el exceso de existencias o sobrestock en el inventario.

La base del modelo de inventario es la siguiente función de costo genérica:

$$\left( \begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{total del} \\ \text{inventario} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{compra} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{preparación} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{retención} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{Costo por} \\ \text{escasez} \end{array} \right)$$

Figura 1.3 Función de costos

Fuente: [13, p. 457]

#### 1. Costo de compra:

Corresponde al precio por unidad de un ítem del inventario. Este costo puede variar según varios factores como por ejemplo la existencia de descuentos por volumen.

#### 2. Costo de preparación:

Independientemente de su tamaño, este costo representa el cargo fijo en que incurre la empresa cuando se realiza un pedido.

#### 3. Costo de retención:

Referente al mantenimiento de las existencias de algo relacionado a la mercadería. En esta categoría se tiene el costo del interés sobre el capital, el costo de aprovisionamiento y manejo de inventarios.

#### 4. Costo por escasez:

Representa el costo o penalización en que se incurre cuando se agotan las existencias y por lo tanto contempla las posibles pérdidas de ingresos, la discontinuidad productiva e incluso el costo subjetivo de pérdida de lealtad del cliente.

### 1.6.2.2.1 Rol de la demanda en el desarrollo de modelos de inventario

Los diferentes modelos de inventario existentes tienen un fin común, pero las formas en las que pueden aplicarse depende mucho del tipo de datos que tengamos; esto se esclarece mejor en una párrafo del libro de [13], donde menciona que el factor esencial que establece el nivel de complejidad de los modelos de inventario es el tipo de demanda; esta puede ser determinística o probabilística. La demanda puede ser variable en ambos casos, por lo tanto se generan 4 categorías que son las siguientes:

1. “Determinístico y constante(estático) con el tiempo.
2. Determinístico y variable (dinámico) con el tiempo.
3. Probabilístico y estacionario a lo largo del tiempo.
4. Probabilístico y no estacionario a lo largo del tiempo” [13, p. 458].

### 1.6.2.2.2 El modelo EOQ

Para aplicar esta metodología debidamente, es necesario que conozcamos sus supuestos, donde el autor menciona que “El modelo EOQ contempla los siguientes supuestos:

- La tasa de demanda ( $D$ ) es constante y conocida.
- Los pedidos son de tamaño  $Q$ .
- Los costos dentro del modelo se mantienen constantes.
- El reabastecimiento es inmediato y es completado en una sola entrega.
- El horizonte de tiempo de planeación es infinito.” [14, p. 4]

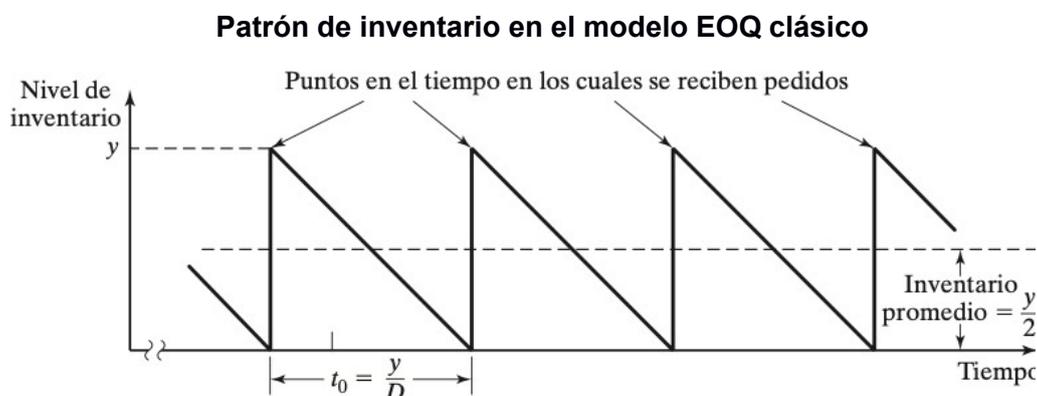


Figura 1.4 Comportamiento del inventario según el Modelo EOQ

Fuente: [13, p. 460]

En la figura 1.3 se observa cómo el nivel de inventario sigue un patrón propio de un modelo clásico. Éste describe que cuando el nivel de inventario llega a cero, inmediatamente se genera un pedido cuyo tamaño es “y”, el cual espera ser recibido al instante, lo que produce la disminución de las existencias a una tasa constante de demanda D durante un ciclo de pedido  $t_0$  [13, p. 460]

El método EOQ busca minimizar el costo total de inventario optimizando las cantidades que se van a ordenar, considerando varios costos que abarcan el pedido de un producto. El método EOQ como se cita en [15, p. 37] es una técnica que permite calcular el tamaño óptimo de pedido para un determinado artículo, optimizando a su vez el costo por hacer pedidos y por mantener inventario. Gracias a esto, el modelo se puede usar en cualquier período temporal con artículos con una demanda constante.

### **1.6.2.3 MRP (Materials Requirement planning)**

El modelo MRP es uno de los principales existentes en el ámbito de la planificación de inventarios. [16, p. 26], en su tesis, hace referencia al propósito y las cualidades de un modelo MRP. Se menciona que este modelo tiene como propósito principal el determinar el momento y las cantidades de materiales necesarios para fabricar o almacenar con el fin de que formen parte del proceso productivo de la empresa o ponerlos a disposición del consumidor

Este método “lleva a cabo una filosofía de sistema *push*, esto es, los productos y componentes deben estar disponibles antes de ser demandados” como se cita en [16, p. 29]. Esta filosofía considera que la empresa es la creadora de necesidades e implica que el consumidor reduzca sus tiempos de espera, es decir, se crean de la fábrica al mercado, y no del mercado a la fábrica, como ocurre con los métodos de naturaleza “*pull*”.

La herramienta MPR, le otorga una ayuda a la empresa para que esta pueda visualizar a futuro las necesidades que pueda tener y en consecuencia, aumentar el nivel de existencias en relación con las necesidades futuras que se puedan satisfacer con claridad.

Para finalizar, el autor hace énfasis en la importancia de las cantidades pronosticadas; menciona que es fundamental que los pronósticos de las necesidades sean realizados de forma precisa con el fin de evitar situaciones de incertidumbre como un desbalance entre las cantidades previstas con número de existencias aprovisionadas; lo cual produciría un problema de sobrestock [16, p. 26].

#### **1.6.2.3.1 Problemas del MRP**

Además de reconocer las características que tiene un modelo y la naturaleza de su metodología, identificar los posibles problemas que puedan presentarse ayudará a estar más preparados al momento de querer utilizar este modelo; en el presente texto el autor [8, p. 4] hace mención a tres problemas los cuales son:

Capacidad infinita: El MRP interpreta que no existen restricciones de capacidad debido a los lead times fijos establecidos que no son afectados por la carga impuesta de la línea de producción.

Lead times planeados de larga duración: El supuesto anterior no es todo lo que los lead times fijos pueden hacer, esto también acarrea la presunción de que siempre son constantes. Sin embargo, este supuesto no es algo que se cumpla el total de las veces en la mayoría de los sistemas manufactureros.

Nerviosismo en el sistema: El MRP se compone por un algoritmo cuya estructura es proclive a la inducción de cambios abruptos con pequeñas variaciones en los requerimientos brutos.

#### **1.6.2.4 JIT (Just in Time)**

Para comprender mejor esta metodología primero hay que conocer a qué tipo de producción está orientada, en su tesis el autor menciona que las economías de escala son temas que pueden ser desarrollados por el modelo JIT, por lo tanto está ligada a la producción en masa. Además de esto, permite la cooperación con estrategias de producción, puesto que está orientada a la reducción de costos [17, p. 5].

En Occidente, la filosofía JIT ha tenido bastante aceptación debido a su maniobrabilidad y facilidad de comprender; a continuación el autor cita “Lo ideal sería producir justo lo necesario y hacerlo justo a tiempo”. Este modelo tiene la característica de poder ajustarse muy bien a procesos industriales de cualquier tipo. A pesar de que es necesaria la aplicación de premisas, prácticas y técnicas japonesas, no es una condición indispensable y el modelo podría ajustarse en el ámbito que deseemos [17, p. 5].

El JIT es la herramienta ideal para disminuir las unidades de stock no necesitadas, a su vez realiza la reducción de costos de mantenimiento y costos por obsolescencia al momento de suprimir residuos. De esta forma se genera un incremento en el nivel de servicio; lo cual está relacionado con el afianzamiento de las relaciones Cliente – Proveedor, para propiciar el beneficio mutuo [17, p. 7].

Lo que modalidad JIT pretende es ser una “fuente única” para cada existencia, es decir, que solo haya un único proveedor para cada artículo, esto representa una relación beneficiosa para ambas partes, donde la continuidad del suministro de productos se ve garantizado por el proveedor, este último otorga un trato exclusivo a la empresa, donde se ve beneficiada por una calidad óptima y stock sin artículos defectuosos [16, p. 29].

Los objetivos del modelo JIT se pueden resumir en la “teoría de los cinco ceros”, donde el autor menciona los siguientes atributos:

- “Cero tiempo al mercado”: Hace referencia a la reducción de los tiempos de espera por parte del consumidor.
- “Cero defectos en los productos”: Como ya se mencionó, esto implica un trato exclusivo de parte de un único proveedor para cada tipo de existencia
- “Cero pérdidas de tiempo”: Denotando la eficiencia de los tiempos operativos.
- “Cero papel de trabajo”: Atributo ligado al punto anterior, puesto que plantea la disminución de actividades burocráticas que propician la demora de los proceso de control de inventario.
- “Cero stock, reducción de los niveles de inventario”: Donde se asume que se mantendrá cero stock o la cantidad más cercana a cero, con el fin de disminuir costos de mantenimiento de inventario.

Estas metas generalmente no llegan a cumplirse a cabalidad durante la aplicación de la metodología Just in time, una de las principales razones son las restricciones prácticas de las empresas que pueden llegar a obstaculizar el proceso continuo de alguno de los objetivos; no obstante, la búsqueda del cumplimiento de dichas metas producirá como resultado, mejoras paulatinas de la gestión de stocks [16, p. 29]

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en primer lugar con la participación de la empresa, cuyo papel fue el de ayudar a la selección de 10 artículos para su estudio, además proporcionar información histórica de la demanda y rotación de inventarios para su posterior análisis. A partir de la revisión de distintos modelos de gestión de inventario y tras examinar los datos obtenidos se diseñó un modelo matemático tomando en cuenta las características más favorables y pertinentes para el tipo de negocio y procesos operativos de la farmacia. El modelo matemático se presenta con macros de Excel para conformar un sistema de inventarios intuitivo. Dentro de los temas tratados en esta sección se encuentra el detalle de las herramientas utilizadas para la identificación de las necesidades, el levantamiento y análisis de los datos esenciales para la elaboración y presentación del modelo, así como la puntualización de los componentes del modelo propuesto y ejemplificaciones del mismo.

### 2.1 Técnicas de investigación

Las técnicas utilizadas para el levantamiento de información se detallan a continuación:

1. Se realizó una visita a la farmacia el 6 de octubre con uno de los encargados, con el objetivo de conocer los procesos de inventario y poder identificar puntos clave de su gestión para que puedan servir de apoyo en la elaboración del modelo de inventarios, entre dichos puntos se incluyen distribuidores, presupuestos y procesos de compras, áreas de negocio de la empresa, estructura organizacional, promociones, entre otros.
2. Se realizó una reunión online por medio de la plataforma virtual Zoom, el 10 de octubre, para profundizar los puntos más relevantes identificados en la primera reunión. Se seleccionaron los SKU's que servirán de prueba para el diseño del modelo, también se pudieron reconocer las variables necesarias para crear e

- identificar un modelo como la rotación de inventarios promedio, ventas, cantidad demandada, costos de hacer pedidos, mantener el inventario, entre otros.
3. A partir del 10 de octubre se mantuvo contacto constante por medio de Whatsapp para aclarar pequeños detalles como el precio de los productos y funciones del personal de la farmacia. También se establecieron las primeras opciones de modelos de inventario que podrían adaptarse al tipo de negocio y mejorar su gestión de inventarios.
  4. Se realizó una visita a la farmacia el 23 de octubre para conseguir información financiera que facilite la obtención de las variables ya identificadas, debido a problemas con el sistema de la empresa se decidió que se me entregaran las facturas de los últimos 10 meses para poder levantar la información requerida para el planteamiento del modelo.
  5. El día 26 de octubre se realizó una sesión por medio de la plataforma Zoom donde se expuso avances sobre la información recopilada y de los modelos considerados, donde se decidió optar por un modelo matemático de reposición, también se solicitó información adicional sobre la demanda mensual e inventarios inicial y final de los SKU's.
  6. Se realizaron sesiones personales cortas con el tutor general, Víctor Gonzalez, Ph.D, donde se expusieron los datos obtenidos y los avances investigativos. A partir de aquello, se supo efectuar una delimitación de las opciones para identificar modelos de inventarios que cumplieron el papel de guía.

## **2.2 Información levantada**

La información levantada abarca desde enero a octubre de 2020, ésta información comprende la demanda semanal, rotación de inventario y el proceso de compra de cada uno de los 10 SKU's escogidos que se presentan en la tabla a continuación

PARACETAMOL (500mg)	DOLORGESIC (600mg)	ANALGAN (1 gr)	MENTOL CHINO (Dyvenpro)	APRONAX (550mg)	SERTAL COMPUESTO (tabletas)	NEUROBION (tabletas)	ZOPICLONA (7,5mg)	BACTRIM (susp oral, 100ml)	GENTAMAX (crema, 15g)
------------------------	-----------------------	-------------------	-------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------------------	--------------------------

**Tabla 2.1 Productos (SKU's) seleccionados para la realización del proyecto.**

**[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]**

Dentro de la información relevante de la gestión de inventario para la elaboración del modelo de reposición se encuentran:

- Número de SKU's por pedido
- Número de unidades de SKU's por pedido
- Número de pedidos semanales
- Lead time promedio de los diferentes distribuidores y laboratorios
- Costo de hacer un pedido
- Días de Stock de Seguridad
- Tiempo de caducidad de los productos
- Días para abastecer

<b>Detalle de la información relevante de la farmacia</b>	
Costo promedio anual de hacer un pedido	\$ 3,38
Cantidad promedio de unidades por SKU por pedido	25
Cantidad estimada de pedidos al año	900
Costo promedio de unidades por SKU anual	\$ 0,14
Lead time promedio de los proveedores	\$ 3,33

**Tabla 2.2 Detalle de la información relevante para la realización del modelo**

**[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]**

## 2.2.1 Análisis de la información levantada

El análisis de las variables y procesos se realizó gracias a la buena disposición del encargado de la farmacia, quien supo proporcionar toda la información requerida y aclarar todos los puntos de incertidumbre. Por medio de Excel se crearon distintas tablas que permitieron visualizar de mejor forma el proceso compras y gestión de inventario.

Es importante mencionar que los productos más significativos a nivel económico para la empresa no necesariamente son aquellos que más se venden, es por eso que se realizó una clasificación de los artículos por medio del método de Pareto; usando como criterio el nivel de utilidad bruta de cada producto. La tabla 2.3 detalla los valores utilizados y la clasificación final de los productos. En las figuras 2.1 y 2.2 se presentan comparaciones de las ventas totales y utilidades brutas respectivamente.

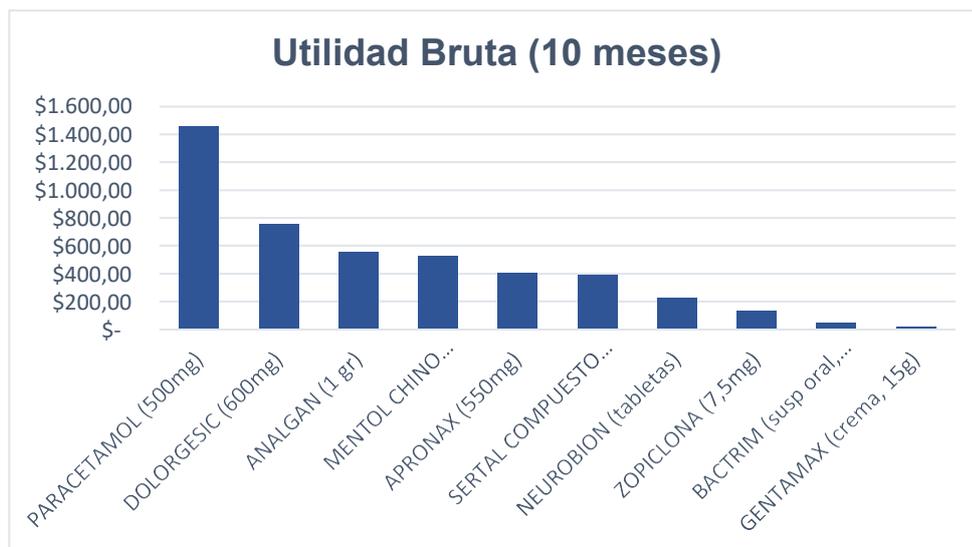
Nombre del Producto	Consumo mensual total (unidades)	Promedio costo de venta	Promedio ventas	Promedio compras	Ventas totales	Utilidad Bruta (10 meses)	%	Pareto	Clasificación
PARACETAMOL (500mg)	537	\$ 2,29	\$ 5,00	\$ 1.229,73	\$ 2.685,00	\$ 1.455,27	32,3%	32,3%	A
DOLORGESIC (600mg)	177	\$ 5,74	\$ 10,00	\$ 1.015,98	\$ 1.770,00	\$ 754,02	16,7%	49,0%	A
ANALGAN (1 gr)	587	\$ 4,06	\$ 5,00	\$ 2.383,22	\$ 2.935,00	\$ 551,78	12,2%	61,3%	B
MENTOL CHINO (Dyvenpro)	175	\$ 6,00	\$ 9,00	\$ 1.050,00	\$ 1.575,00	\$ 525,00	11,7%	72,9%	B
APRONAX (550mg)	140	\$ 4,09	\$ 7,00	\$ 572,60	\$ 980,00	\$ 407,40	9,0%	82,0%	B
SERTAL COMPUESTO (tabletas)	126	\$ 4,90	\$ 8,00	\$ 617,40	\$ 1.008,00	\$ 390,60	8,7%	90,6%	B
NEUROBION (tabletas)	168	\$ 4,06	\$ 5,40	\$ 682,08	\$ 907,20	\$ 225,12	5,0%	95,6%	B
ZOPICLONA (7,5mg)	198	\$ 1,32	\$ 2,00	\$ 261,36	\$ 396,00	\$ 134,64	3,0%	98,6%	C
BACTRIM (susp oral, 100ml)	119	\$ 2,62	\$ 3,00	\$ 311,78	\$ 357,00	\$ 45,22	1,0%	99,6%	C
GENTAMAX (crema, 15g)	106	\$ 0,39	\$ 0,55	\$ 41,34	\$ 58,30	\$ 16,96	0,4%	100,0%	C
					\$ 12.671,50	\$ 4.506,01			

Tabla 2.3 Clasificación de los productos elegidos por su nivel de utilidad bruta  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

Como se puede observar, la clasificación por el método ABC presenta dos productos de clasificación A, cinco productos de clasificación B y tres productos de clasificación C, habiendo una diferencia notable entre cada categoría.



**Figura 2.1 Comparación de ventas totales durante 10 meses**  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]



**Figura 2.2 Comparación de utilidad bruta durante 10 meses**  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

En las figuras 2.1 y 2.2 se expone que el segundo producto más vendido (Paracetamol) tiene una utilidad bruta doblemente mayor al producto más vendido (Analgan) lo que ejemplifica la razón del criterio de clasificación, donde el producto más relevante económicamente no fue del que más unidades se vendieron.

### 2.2.1.1 Análisis de la demanda

La tendencia de la demanda es un factor importante para conocer qué tipo de modelo es adecuado aplicar. Según [13], el coeficiente de variación (que contempla la demanda promedio mensual y la desviación estándar) es el indicador pertinente para determinar dicho factor.

$$CV = \frac{\sigma_{Dm}}{\bar{Dm}} \times 100 \quad (2.1)$$

A continuación en la tabla 2.4 se presentan las condiciones para la determinación de modelos:

Modelo	Variables	
	Coefficiente de variación (Cv)	Demanda promedio mensual
Modelo de demanda determinística y continua	Menor a 20%	Aproximadamente constante
Modelo de demanda determinística y periódica	Menor a 20%	Variable
Modelo de demanda estocástica y continua	Mayor a 20%	Aproximadamente constante
Modelo de demanda estocástica y periódica	Mayor a 20%	Variable

Tabla 2.4 Determinación de modelos apropiados según la tendencia de la demanda.

Fuente: [13, p. 458]

Cabe enfatizar que a pesar de que los autores enunciaron el valor del indicador en 20%, es posible que dicho valor pueda cambiar. El análisis fue realizado sustituyendo los datos aberrantes resultado del gran incremento en el consumo de ciertos productos debido a la pandemia ocurrida por el COVID-19. Tras analizar los datos se pudo observar que los valores del coeficiente de variación convergían en 30%, por dicho motivo se optó por considerar dicho valor al momento de la clasificación; dando como resultado la implementación de un modelo de demanda determinística y continua.

## 2.3 Descripción del modelo propuesto

Cuadro comparativo de las metodologías JIT, MRP 1 y modelo propuesto

Característica	JIT	MRP 1	Modelo propuesto
Metodología de investigación	Orientado al cliente	Orientado a los productos	Orientado a las necesidades de la empresa
Tipo de función	Manual	Estandarizadas y sistematizadas	Combinación equilibrada de funciones manuales y sistemáticas
Periodicidad de revisiones Para comprobar el desempeño del modelo	Frecuentes	Frecuentes	Frecuentes
Tamaño de lote de pedido	Pequeños y medianos	Medianos y grandes	Adaptable a cualquiera
Metodología de proceso	Satisface la demanda y suprime los residuos	Satisface la demanda y genera un plan de acción considerando los recursos y materiales necesarios	Satisface la demanda con base en el consumo promedio, en los inventarios inicial y final por día y por SKU
Tipo estrategia de sistema	"Pull"	"Push"	"Push"
Tipo de flexibilidad	Alta	Baja	Alta
Alcance del modelo	Producción	Cualquier área de la empresa	Reposición
Consideración de restricciones de capacidad	No	No	No
Optimización de costos	No	No	No
Nivel de requerimiento computacional	Bajo	Alto	Alto
Función de las políticas de stocks	Anular	Controlar	Controlar
Permitir la realización de simulaciones	No	Sí	Sí

Tabla 2.5 Cuadro comparativo de las metodologías JIT, MRP 1 y Modelo Propuesto.

[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

En la tabla 2.5 podemos notar que tanto el modelo MRP 1 y JIT, tienen enfoques diferentes como la cantidad por pedido y el sistema de producción, sin embargo, tienen el mismo objetivo de ajustar la producción a la demanda. Puesto que el JIT necesita una mayor supervisión; es natural que los ajustes se hagan de forma diaria, mientras que un

MRP plantea una planificación en el largo y mediano plazo, por este motivo es posible que ambas herramientas puedan trabajar en conjunto con el fin de generar un control superior en la producción. Adicionalmente, debido a la naturaleza del giro de negocio, la mayoría de los productos cuentan con una alta rotación y son productos de larga duración; por lo que el modelo funciona bajo el supuesto de que el tiempo que tome el proceso de almacenamiento que incluye desde la recepción hasta el despacho; siempre será menor al tiempo de caducidad de cada producto.

**2.4 Modelo Matemático**

El modelo matemático de reposición tiene como objetivo hacer pedidos para cubrir una demanda por un periodo de tiempo determinado. Se estableció que está orientado a la reposición diaria debido a las distintas restricciones que presenta la empresa. El funcionamiento del modelo se divide en dos pasos, el primero es el cálculo del saldo antes de tomar alguna decisión y el segundo paso consiste en calcular la necesidad en el periodo solicitado. Si la necesidad es mayor al saldo actual entonces se procede a hacer un pedido con la cantidad que supla la demanda, caso contrario no se hacen pedidos.

El lead time de ciertos productos es igual, pero el de otros varía en una hora aproximadamente, cada pedido es entregado en el mismo día, por lo que se estableció un tiempo de entrega de 1 día aplicable para todos los productos.

Las variables utilizadas en la estructura del modelo son las que se detallan a continuación:

$$\begin{aligned}
 SSSS_i &= SSDDSSnmSS SSSDDDDSS \\
 (SSeSSDDSS qqqqDD eeDDmDD DSS DDDDeeDDeeSSDDDDDeeDDmneeSS DDm DSS DmDDeeDmneeDD DDDDeeqmDDmSS) \\
 SSSS_i &= SSeSSDDSS DDm SSnnánnDDDeeSS \\
 (CCDDmneeDDm DDm PPmSSmqDDeeSS SDDDeeSS ppDDmDD nmDDDeemDDeeqDDmDDDD yy qqqqDD SSSDDLDDmDD SSS eeáDD ppmSSneeSS ppSSDDDeeSSDD) \\
 SSSS &= \text{Lead Time del Proveedor (1 DDm DDDDeeDD DDDDDSS ppDDmDD eeDDmDDm hSSSSllqqmDD)} \\
 DDSSS &= DDíDDDD nmDD DDeeSSDDSS nmDD DDDLLqqmDDmDDm \\
 nm &= NNúeeDDmSS nmDD nmíDDDD \\
 (DDíDDDD ppDDmDD DDeeSSneeDDLLqqDDm SSDD ffDDSSeeDD nmDD DDeeDDDeeDDDDDeeDDDeeDDmneeSS nmDDSS SSSDDDDSS)
 \end{aligned}$$

$NN = NNDDDDDDDDnnDDnn (CCDDmnee\|nnDDnn nnDD ppnnSSnnqqDDeeSS qqqqDD nnDDDDDDDDDeeDD SSDD ffDDmneeDDDDDDDD)$

$PP = PPDDnn\|nnSS (PPDDnn\|nnSS nnDDSS SSSSSS DDSS ppnnSSCCDDDDnnSSm)$

## Pedido de la Farmacia

### 1) Cálculo de Saldo antes de la entrega

$$XX = SSSS + SSSS - \sum_{ii=1}^{nn} \frac{DDDeeDDnnnnDD nnDDDDnnDDDD}{nn} \times SSSS_{PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP} \quad (2.2)$$

$$DDSSnnnnDD SSDD nnDDeeDDnnnnDD DDDDD DDxxppnnDDDDDD DDnn \frac{SSnn\|nnDDnnDDDD}{SS\|DDDeeppSS}$$

### 2) Cálculo de la Necesidad

$$YY = \sum_{ii=1}^{nn} \frac{DDDeeDDnnnnDD nnDDDDnnDDDD}{nn} \times DDSSSS \quad (2.3)$$

### Propiedades del modelo

$$SSDD XX > YY, DDmneeSSnnDDDDDD NN = 0$$

$CCDDDDSS CCSSmneeennDDnn\|SS$

$$NN = YY - XX$$

$$DDmneeSSnnDDDDDD PP = NN$$

Como ya se mencionó en la tabla 2.5, este modelo es una combinación de ciertas características de los modelos JIT y MRP, que están orientadas a las necesidades actuales de la empresa estudiada o aquellas con un giro de negocio similar, donde se permite automatizar los procesos de inventario, de la mano de revisiones periódicas para mejorar su eficiencia. El modelo propuesto brinda la flexibilidad de un JIT pero con la filosofía "PUSH" de un MRP.

### **2.4.1 Desarrollo del modelo propuesto con macros de Excel**

Después de determinar el modelo a utilizar, se tomó en cuenta la forma de su presentación para la farmacia y el tiempo de los procesos de abastecimiento de la empresa. Para la evaluación, se realizaron las siguientes consideraciones:

- Múltiples simulaciones con datos ficticios con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del sistema integrado por el modelo y las macros de Excel.
- Para la simulación, el consumo promedio fue determinado por la información histórica que fue otorgada por la empresa, pero al momento de querer aplicarse en un entorno real, se deberá calcular el consumo promedio de acuerdo a los datos de mínimo una semana anterior. Dichos datos se generarán conforme se llene la base de datos que requiere el modelo. Para facilitar dicho cálculo se generó una pequeña tabla dinámica.
- Se introdujeron datos reales al modelo y se hicieron comparaciones semanales y mensuales entre el escenario real con el de la implementación del modelo matemático.
- El sistema requerirá de la constancia del personal de la empresa, puesto que se deberá usar al principio y al final de la jornada, por lo tanto, una vez se realicen ambos ingresos de información y se hayan respaldado los resultados, las cantidades ingresadas se borrarán para estar disponibles para el siguiente día.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos de la aplicación del modelo matemático de reposición propuesto, descrito en macros de Excel. Tras realizar su diseño, se dispuso a ejecutar simulaciones con variables aleatorias con el fin de comprobar su correcto funcionamiento, posteriormente se hizo una evaluación con datos reales proporcionados por la empresa, donde por medio de tablas y gráficos se estableció un contraste entre los datos reales con los resultados dados por el modelo. A los análisis se incorporan variables como los costos totales de inventario, tiempos de procesos logísticos y costo de oportunidad generados.

### 3.1 Consideraciones

Para la realización del modelo se consideró el supuesto de capacidad infinita que ya fue mencionado en la tabla 2.5, el cual significa que la empresa no tiene restricciones de capacidad. El sistema conformado por macros de Excel junto al modelo matemático están orientados a hacer reposiciones de forma diaria, por lo que se presentarán varias tablas en rangos de tiempo semanal, representando la reposición real de la empresa y la manera propuesta, con el objetivo de comparar los costos implicados y determinar el más conveniente.

### 3.2 Análisis Teórico

En las tablas 3.1 y 3.2 se muestra un panorama de tiempo de 4 semanas durante el mes de agosto de 2020, donde se visualizan los resultados de la reposición real y los obtenidos por medio del modelo propuesto, donde la principal diferencia radicará en el costo total de reposición, conformado por el de mantenimiento y el costo de hacer pedidos. Las fórmulas que se utilizarán en el análisis son las siguientes:

$$CCSSDeeSS \text{ nndD } hDDDDDDm \text{ ppDDmllnnSSDD} = NN\acute{e}eDDnnSS \text{ nndD } nndDppSSDDDDDDSSmDDDD \times CCSSDeeSS \text{ nndD } hDDDDDDm \text{ qqnn ppDDmllnnSS} \quad (3.1)$$

$$CCSSDeeSS \text{ nndD eeDmneeDmDDeeDDmneeSS} = CCSSDeeSS \text{ nndSS ppmSSnqqDDeeSS} \times SSDDDDDD \text{ nndD DSSeeDDDDDDmDDeeDDmneeSS ppmDnmDmDmD} \quad (3.2)$$

$$CCSSDeeSS \text{ eeSSeeDSS nndD nndppSSDDDDDDmD} = CCSSDeeSS \text{ nndD hDDDDDDm ppmDnmDmSSDD} + CCSSDeeSS \text{ nndD DSSeeDDDDDDmDDeeDDmneeSS} \quad (3.3)$$

**Tabla 3.1: Representación de la reposición real de un producto durante 4 semanas**

**Producto: Dolorgesic - Escenario real - Semana 1**

Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	1	3	3	2	4	4	3		
Reposición	3	0	0	2	0	0	0		
Ventas	1	0	1	0	0	1	0	3	
Inventario final	3	3	2	4	4	3	3	22	
Costo de hacer pedido	2	\$ 0,14	=						\$ 0,28
Costo de mantenimiento	22	\$ 0,01	=						\$ 0,30
Costo total de reposición								=	\$ 0,58

**Producto: Dolorgesic - Escenario real - Semana 2**

Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	3	2	4	3	2	4	3		
Reposición	0	2	0	0	2	0	0		
Ventas	1	0	1	1	0	1	0	4	
Inventario final	2	4	3	2	4	3	3	21	
Costo de hacer pedido	2	\$ 0,14	=						\$ 0,28
Costo de mantenimiento	21	\$ 0,01	=						\$ 0,28
Costo total de reposición								=	\$ 0,56

**Producto: Dolorgesic - Escenario real - Semana 3**

Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	3	3	2	3	3	2	4		
Reposición	0	0	2	0	0	2	0		
Ventas	0	1	1	0	1	0	1	4	
Inventario final	3	2	3	3	2	4	3	20	
Costo de hacer pedido	2	\$ 0,14	=						\$ 0,28
Costo de mantenimiento	20	\$ 0,01	=						\$ 0,27
Costo total de reposición								=	\$ 0,55

**Producto: Dolorgesic - Escenario real - Semana 4**

Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	3	3	3	2	4	3	3		
Reposición	0	0	0	2	0	0	0		
Ventas	0	0	1	0	1	0	0	2	
Inventario final	3	3	2	4	3	3	3	21	
Costo de hacer pedido	1	\$ 0,14	=						\$ 0,14
Costo de mantenimiento	21	\$ 0,01	=						\$ 0,28
Costo total de reposición								=	\$ 0,42

**Tabla 3.1 Representación de la reposición real de un producto durante 4 semanas**

[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

En la tabla 3.1 se puede observar que para este producto en particular la empresa repone las unidades suficientes para llegar a un stock final de 4 cuando hay 2 o menos en el inventario inicial, además de hacer más de una reposición a la semana según sea necesario.

**Tabla 3.2: Representación de la reposición propuesta por el modelo matemático de un producto durante 4 semanas**

<b>Producto: Dolorgesic - Modelo matemático - Semana 1</b>									
Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	1	4	4	3	3	3	2		
Reposición	4	0	0	0	0	0	0		
Ventas	1	0	1	0	0	1	0	3	
Inventario final	4	4	3	3	3	2	2	21	
Costo de hacer pedido	1	\$ 0,14	=						\$ 0,14
Costo de mantenimiento	21	\$ 0,01	=						\$ 0,28
Costo total de reposición			=						\$ 0,42

<b>Producto: Dolorgesic - Modelo matemático - Semana 2</b>									
Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	2	5	5	4	3	3	2		
Reposición	4	0	0	0	0	0	0		
Ventas	1	0	1	1	0	1	0	4	
Inventario final	5	5	4	3	3	2	2	24	
Costo de hacer pedido	1	\$ 0,14	=						\$ 0,14
Costo de mantenimiento	24	\$ 0,01	=						\$ 0,32
Costo total de reposición			=						\$ 0,46

<b>Producto: Dolorgesic - Modelo matemático - Semana 3</b>									
Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	2	5	4	3	3	2	2		
Reposición	3	0	0	0	0	0	0		
Ventas	0	1	1	0	1	0	1	4	
Inventario final	5	4	3	3	2	2	1	20	
Costo de hacer pedido	1	\$ 0,14	=						\$ 0,14
Costo de mantenimiento	20	\$ 0,01	=						\$ 0,27
Costo total de reposición			=						\$ 0,41

<b>Producto: Dolorgesic - Modelo matemático - Semana 4</b>									
Día	1	2	3	4	5	6	7	total	
Inventario Inicial	1	3	3	2	2	1	1		
Reposición	2	0	0	0	0	0	0		
Ventas	0	0	1	0	1	0	0	2	
Inventario final	3	3	2	2	1	1	1	13	
Costo de hacer pedido	1	\$ 0,14	=						\$ 0,14
Costo de mantenimiento	13	\$ 0,01	=						\$ 0,18
Costo total de reposición			=						\$ 0,32

Tabla 3.2 : Representación de la reposición propuesta por el modelo matemático de un producto durante 4 semanas

[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

En la tabla 3.2 se observa que el modelo propone una sola reposición por semana y de igual manera se cubre la demanda, los datos correspondientes a las ventas son los mismos, lo que produce una pequeña variación en las unidades de inventario final en cada periodo.

### 3.3 Análisis de resultados

#### 3.3.1 Comparación de costos

En las tablas 3.1 y 3.2 se tomaron en cuenta los costos relacionados pueden establecer notables diferencias, donde se evidencia que, con menores unidades repuestas se generan menores costos de almacenamiento y menores unidades finales de inventario. Para poder hacer comparaciones más exactas, es necesario incluir el costo de las unidades almacenadas, de esa forma se podrán contemplar todos los costos relacionados al abastecimiento en la empresa. A continuación, se presentarán las ecuaciones para su cálculo.

$$CCSSDeeSS\ nmDD\ qqm\ l\ m\ n\ D\ m\ D\ D\ D\ D\ D\ D\ S\ e\ e\ D\ D\ D\ D\ D\ m\ n\ D\ m\ D\ D\ D\ D\ D\ =\ CCDDnnee\ l\ m\ n\ D\ n\ n\ m\ D\ D\ qqm\ l\ m\ n\ D\ m\ D\ D\ D\ D\ D\ D\ n\ n\ q\ q\ q\ l\ m\ l\ m\ n\ D\ D\ D\ D\ D\ \times\ CCSSDeeSS\ n\ n\ D\ S\ s\ n\ n\ q\ q\ D\ D\ e\ e\ S\ S\ \tag{3.4}$$

$$CCSSDeeSS\ S\ S\ S\ S\ e\ e\ D\ D\ S\ s\ n\ n\ D\ D\ D\ m\ C\ C\ D\ D\ m\ n\ e\ e\ D\ m\ l\ l\ S\ S\ =\ CCSSDeeSS\ e\ e\ S\ S\ e\ e\ D\ D\ S\ s\ n\ n\ D\ D\ m\ D\ p\ p\ S\ S\ D\ D\ D\ D\ D\ D\ S\ m\ n\ D\ D\ D\ D\ +\ CCSSDeeSS\ n\ m\ D\ D\ qqm\ D\ m\ n\ D\ m\ n\ D\ D\ D\ D\ D\ S\ e\ e\ D\ D\ D\ D\ D\ m\ n\ D\ m\ n\ D\ D\ D\ D\ \tag{3.5}$$

**Tabla 3.3: Comparación de los resultados sobre la reposición real y propuesta de un producto.**

**Producto: Dolorgesic - periodo de 4 semanas**

	Escenario Real	Modelo Matemático	Costo de Oportunidad	Reducción
<b>Costo de hacer pedidos</b>	\$ 0,98	\$ 0,56	\$ 0,42	42,86%
<b>Costo de unidades almacenadas</b>	\$ 86,70	\$ 75,14	\$ 11,56	13,33%
<b>Costo de mantenimiento</b>	\$ 1,13	\$ 1,05	\$ 0,08	7,14%
<b>Costo Total</b>	\$ 88,81	\$ 76,75	\$ 12,06	<b>13,58%</b>

Tabla 3.3 Comparación de los resultados sobre la reposición real y propuesta de un producto  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

La tabla 3.3 realiza una comparación de los costos totales incurridos en el proceso de abastecimiento. Durante el mes analizado, en el panorama real se hicieron 7 reposiciones con un total de 15 unidades, mientras que el modelo solamente efectuó 4, obteniendo la suma de 13 unidades. En consecuencia se obtuvieron menores costos y se generó un costo de oportunidad de \$12,06, equivalente a una reducción del 13,58% en los costos totales.

**Tabla 3.4: Resumen de los resultados sobre la reposición real y propuesta de 4 de los productos más relevantes en el inventario.**

<b>Periodo de 4 semanas</b>									
	<b>Número de reposiciones (Real)</b>	<b>Número de reposiciones (Modelo)</b>	<b>Unidades repuestas (Real)</b>	<b>Unidades repuestas (Modelo)</b>	<b>Costos de unidades (Real)</b>	<b>Costos de unidades (Modelo)</b>	<b>Costos total de reposición (Real)</b>	<b>Costos total de reposición (Modelo)</b>	<b>Costo de oportunidad</b>
<b>Paracetamol</b>	4	4	31	25	\$ 48,36	\$ 39,00	\$ 4,49	\$ 4,54	\$ 9,31
<b>Dolorgesic</b>	7	4	15	13	\$ 87,68	\$ 75,70	\$ 1,13	\$ 1,05	\$ 12,06
<b>Apronax</b>	4	4	24	18	\$ 101,28	\$ 75,96	\$ 5,28	\$ 5,01	\$ 25,59
<b>Mentol Chino</b>	8	4	17	15	\$ 102,85	\$ 90,75	\$ 5,09	\$ 5,15	\$ 12,04
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>87</b>	<b>71</b>	<b>\$ 340,17</b>	<b>\$ 281,41</b>	<b>\$ 15,99</b>	<b>\$ 15,75</b>	<b>\$ 59,00</b>
<b>Reducción</b>	30,43%		18,39%		17,27%		1,47%		

**Tabla 3.4 Resumen de los resultados sobre la reposición real y propuesta de 4 de los productos más relevantes en el inventario.**

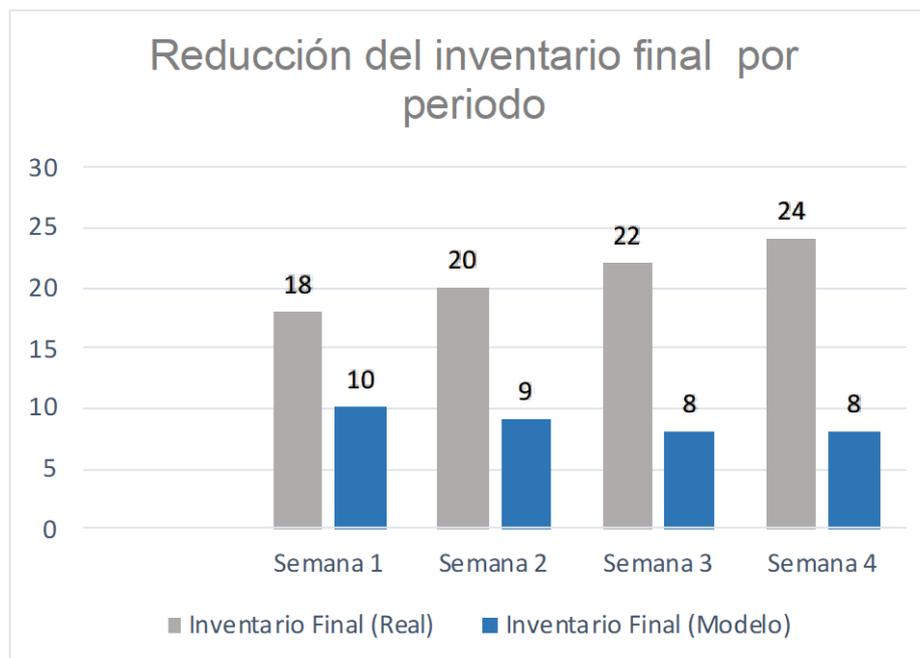
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

La tabla 3.4 resume los resultados de 4 productos a los cuales se les fue aplicado el mismo proceso detallado en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3. Con la aplicación del modelo matemático, el número de reposiciones disminuyó en 2 de los 4 productos, mientras que los restantes se mantuvieron constantes; sin embargo se puede observar que existe una reducción de todos los valores totales de las costos y variables analizadas, dando como resultado una disminución de los costos totales de inventario del 16,56%.

Puede concluirse que el modelo matemático es beneficioso para la empresa porque satisface la demanda y genera costos de oportunidad, donde dicha cantidad monetaria podría ser invertida en la compra de otros insumos o en otras áreas de la empresa, contribuyendo así a su proceso de expansión de áreas de negocio mencionado en el apartado 1.2 en la justificación del proyecto.

### 3.3.2 Unidades finales de inventario

Las unidades finales de inventario representan la mercadería restante que no fue vendida durante un periodo de tiempo determinado. A continuación se muestra un gráfico comparativo de las cantidades finales de inventario en 4 semanas.



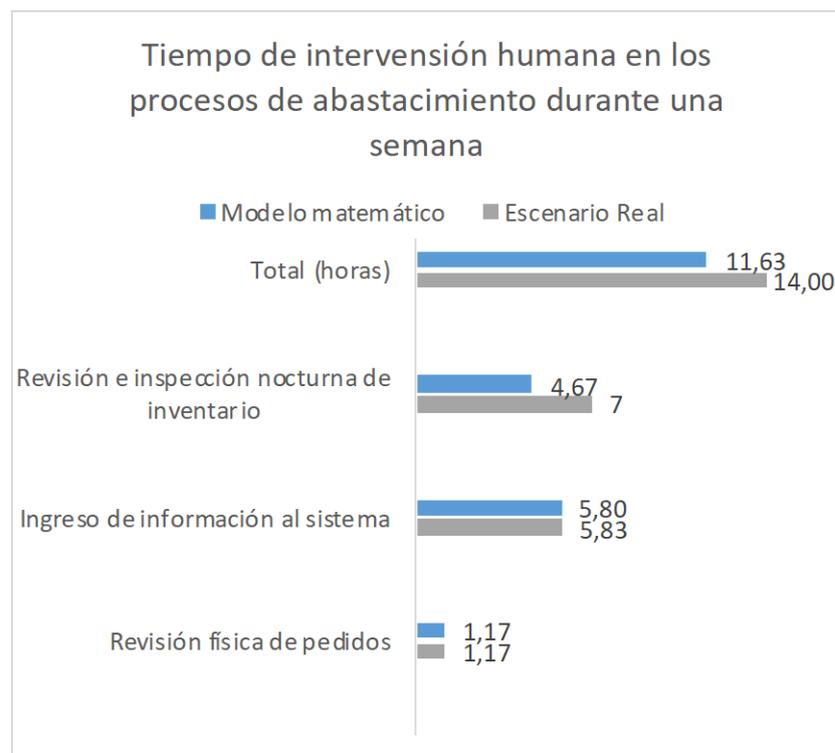
**Figura 3.1 Representación comparativa de unidades finales de inventario de la empresa**  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

La figura 3.1 muestra la suma de las cantidades finales de inventario por semana de los 4 SKU's estudiados. Se observa una clara disminución en cada periodo, teniendo como promedio mensual una reducción del 57,44% de las existencias finales. Estos resultados indican una mejor disposición del espacio de almacenamiento de la empresa.

### 3.3.3 Tiempo de procesos logísticos

Los procesos logísticos de abastecimiento de la empresa, son totalmente manuales, se invierten muchas horas semanales y se realizan incluso fuera del horario de atención.

Por dicho motivo, se presentará una comparación de los tiempos logísticos incurridos por la empresa en el panorama real y en el planteado por el modelo.



**Figura 3.2 Representación comparativa de tiempos logísticos de la empresa**  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

La figura 3.2 muestra un contraste de las horas invertidas por el personal de la empresa en temas de gestión de inventario. Se puede contemplar que el modelo matemático emplea 16,93% menos horas que los procesos actuales de la empresa, ahorrando un equivalente de 2 horas con 22 minutos a la semana.

### 3.3.4 Análisis Financiero

El análisis a continuación involucra la estimación de costos relacionados al desarrollo y diseño del sistema de inventarios, así como los beneficios que se podrían obtener con su implementación. La empresa cuenta con más de 3000 artículos, pero solo se tomarán en cuenta solo 4 productos.

**Tabla 3.5: Análisis financiero de los productos analizados**

Análisis Financiero				
TMAR (Tasa de descuento)		Indicador		Criterios de aprobación
Tasa efectiva anual	3,83%	<b>VAN</b>	\$ 160,89	<b>VAN &gt;1</b> → El proyecto es viable
Tasa efectiva mensual	0,31%	<b>TIR</b>	25%	<b>TIR &gt; 0,31%</b> → El proyecto es viable
Tasa efectiva semanal	0,08%	<b>B/C</b>	1,85	<b>B/C &gt;1</b> → El proyecto es recomendable

Mes	Costos	Ingresos	Ganancia
<b>0</b>	159,56		-159,56
<b>1</b>	5	59,00	54,00
<b>2</b>	5	59,00	54,00
<b>3</b>	5	59,00	54,00
<b>4</b>	5	59,00	54,00
<b>5</b>	5	59,00	54,00
<b>6</b>	5	59,00	54,00
<b>VAN</b>	\$189,23	\$350,12	<b>\$160,89</b>

**Tabla 3.5 Análisis financiero de los productos analizados**  
[Elaborado por Adrián Barchi, 2020]

La tabla 3.5 muestra el análisis financiero de los SKU's estudiados en la tabla 3.4 en un horizonte de tiempo de 6 meses. Para demostrar la viabilidad del proyecto se utilizaron los indicadores financieros: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y B/C (Análisis Costo - Beneficio), a los cuales se les fueron establecidos criterios de aprobación. En el mes 0 se consideran los costos de los recursos empleados para el diseño del modelo, donde abarcan los servicios de luz e internet, además del costo hora/hombre invertido, dando como resultado un valor de \$159,56. Se estimó un costo fijo de \$5 equivalente al trabajo necesario para utilizar el sistema.

Para el cálculo de los ingresos mensuales, se tomó como valor referencial al costo de oportunidad generado con la aplicación del sistema enfocado en 4 productos, debido a que la demanda de los artículos es continua como ya fue referido en la tabla 2.4.

De esa forma, a los 3 meses, la empresa ya habría recuperado su inversión, y al completar el semestre se producirían ganancias de \$160,89, según el valor actual neto.

Como este proyecto no necesitó de recursos ajenos, la tasa de descuento fue calculada considerando el costo de oportunidad de la inversión (costo de recursos propios), la inflación presente en diciembre de 2020 y la prima de riesgo que toma como referencia a los bonos del tesoro de Estados Unidos.

Tras comprobar los parámetros de viabilidad de los indicadores seleccionados, se puede evidenciar la aprobación en cada uno de ellos. El VAN, al ser mayor que 0, refleja que el proyecto es viable y crea valor, sucede lo mismo al observar que la TIR es ampliamente mayor a la TMAR y el análisis Costo – Beneficio al ser mayor a 1, revela que los beneficios económicos obtenidos superan a los costos en los que se incurre.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber analizado los resultados comparativos del escenario real con el del modelo matemático, a continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones identificadas para el entendimiento y futuro desarrollo del proyecto.

### 4.1 Conclusiones

Para resolver la problemática de la empresa, aumentar la productividad y mejorar el flujo de efectivo, la solución desarrollada fue con un modelo matemático que determine cuándo hacer pedidos (orientado de forma diaria) y en qué cantidad.

- Con la aplicación del modelo en los 4 SKU's seleccionados, se pudo evidenciar la reducción de los costos totales de inventario en un 16,56%, que incluyen los costos de mantenimiento de inventario, de realización de pedidos y los costos de las unidades adquiridas.
- La reducción de los costos de unidades adquiridas para la satisfacción de la demanda, implica una disminución del inventario final promedio del 57,44% mensual, de esta forma se logra aprovechar de mejor manera el espacio de almacenamiento.
- El modelo matemático produce una reducción del tiempo del 16,93% en los procesos de abastecimiento de la empresa durante una semana.
- El tiempo y dinero ahorrados por la utilización del modelo estimulará el crecimiento de la empresa, puesto que en los últimos años, se ha visto envuelta en la creación de nuevas áreas de negocio y buscado mejorar sus procesos de administración actuales.

### 4.2 Recomendaciones

- Antes de la implementación del modelo, se recomienda realizar una clasificación pertinente de los artículos más representativos económicamente para la empresa con el fin de saber en cuáles SKU's es más importante enfocarse.

- Se recomienda que la demanda promedio diaria, necesaria para el funcionamiento del modelo, se calcule tomando en cuenta las 3 semanas anteriores a la fecha de determinar la cantidad de pedido.
- La planificación de los días a cubrir depende de la capacidad de almacenamiento de la empresa y del número de productos a los que se aplique el modelo, por dicho motivo y dado que la farmacia no cuenta con grandes bodegas, se recomienda que la reposición esté orientada de forma diaria, enfocada en cubrir máximo 3 días de stock. Cuando la empresa tenga una mayor capacidad de almacenamiento, sería factible orientar al modelo a reposiciones entre periodos de tiempo más largos.
- Se recomienda que todo el personal relacionado a los procesos de abastecimiento en la empresa aprendan a utilizar el sistema para que puedan entender e interpretar los resultados.
- Para poder ampliar la base de datos generada automáticamente, se recomienda realizar un respaldo adicional en una nueva hoja de Excel con los datos de las variables empleadas por el modelo para el cálculo de las unidades a reponer.
- Según sea necesario para comodidad o conveniencia de la empresa, se recomienda eliminar o agregar celdas informativas que no afecten a los cálculos hechos por el modelo.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. ERP, “¿Cuáles son los beneficios de tener un software de inventarios?”, 2020. <https://blog.bind.com.mx/cuales-son-los-beneficios-de-tener-un-software-de-inventarios> (consultado dic. 08, 2020).
- [2] F. J. F. Jorge E. Hernández, Josefa Mula, Raúl Poler, “Un modelo conceptual para el aprovisionamiento descentralizado en cadenas de suministro”, 2010, Consultado: dic. 08, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://adingores.sserver.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/SUPPLY\\_NETWORK\\_MANAGEMENT/1838-1848.pdf](https://adingores.sserver.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/SUPPLY_NETWORK_MANAGEMENT/1838-1848.pdf).
- [3] C. A. Osorio, “Modelos para el control de inventarios en las pymes”, *PANORAMA*, vol. 2, núm. 6, pp. 2–3, jun. 2013, doi: 10.15765/pnrm.v2i6.241.
- [4] V. C. Sánchez Cuenca, “El control de los inventarios y su aporte en los estados financieros de la empresa”, 2016.
- [5] I. Y. Garrido y M. Cejas, “Inventory Management as a Strategic Factor in Business Administration.”, *Sci. e-journal Manag. Sci.*, vol. 12, núm. 37, 2017, [En línea]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=124589377&lang=es>.
- [6] M. I. Ramírez Daza, “Modelo de optimización del sistema de inventarios de medicamentos y materiales médico-quirúrgicos de la clínica universitaria bolivariana”, 2013.
- [7] H. H. Huang, “Integrated production model in agile manufacturing systems”, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 20, núm. 7, 2002, doi: 10.1007/s001700200185.
- [8] X. Cabezas, “Examen de Modelización de Cadenas de Abastecimiento”, p. 4, 2008.
- [9] G. Westreicher, “Inventario físico - Qué es, definición y concepto | Economipedia”, 2020. <https://economipedia.com/definiciones/inventario-fisico.html> (consultado dic. 23, 2020).
- [10] E. Avanzado, “¿Qué son las Macros en Excel? «Excel Avanzado””. <https://www.excel-avanzado.com/que-son-las-macros-en-excel> (consultado dic. 23, 2020).
- [11] C. A. Zuluaga, Castro, M. C. Velez Gallego, y J. A. Catro Urrego, “Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y efectos en la asignación de pesos”, *Iteckne*, vol. 8, núm. 2, 2011, doi: 10.15332/iteckne.v8i2.35.
- [12] J. Rosas, “Clasificación ABC de inventario”, 2019. <http://www.joserosas.com.co/clasificacion-abc-de-inventarios/> (consultado ene. 20, 2019).
- [13] H. A. Taha, *Investigación de Operaciones*. 2012.
- [14] E. Pacheco, “Un modelo para la optimización de políticas de inventario conjuntas en cadenas de suministro”, *Inge Cuc*, vol. 9, núm. 1, p. 4, 2013.
- [15] L. R. Juan Carlos Morales, Diana Almeida, Diana Lesmes, Gustavo Navarro, Milena Hastamorrir, *Gestión de Inventarios: Principales modelos aplicados a casos prácticos*. 2020.
- [16] Fernando García, “Una aplicación práctica al sector hostelero: El caso del restaurante Casa Goyo.”, 2016.
- [17] A. M. Cano, “Implementar política just in time con proveedores no just in time implementing jit methodology for providers not jit”, Universidad Militar Nueva

Granada, jul. 2014. Consultado: dic. 12, 2020. [En línea]. Disponible en:  
<http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11868>.

# ANEXOS

Hojas de excel que conforman el sistema de inventario.

## 1) Registro de productos

### Registro de Productos

Autocompletar

IR A BASE DE DATOS

PRODUCTO  FECHA DE SISTEMA

CANTIDAD  HORA DE SISTEMA

ID PRODUCTO  MOVIMIENTOS

ELIMINAR LIMPIAR GUARDAR

## 2) Base de datos

### Base de datos



Ir a Registro

ID Producto	Producto	Cantidad	Fecha de sistem	Hora de sistem	Movimiento
SKU10	DOLORGESIC	1	1/19/2021	19:10:45	Salida
SKU9	BACTRIM	0,25	1/19/2021	19:10:26	Salida
SKU8	MENTOL CHINO	0,5	1/19/2021	19:10:08	Salida
SKU7	GENTAMAX	0,4	1/19/2021	19:09:52	Salida
SKU6	ANALGAN	1	1/19/2021	19:09:34	Salida
SKU5	SERTAL COMPUESTO	1	1/19/2021	19:09:13	Salida

### 3) Cálculo de la demanda promedio y detalle de los artículos

Fecha de ingreso	ID	Nombre del producto	Descripción	P.V.P.	Stock inicial	Stock saliente	Stock final de la jornada	Consumo promedio diario	LT (Días)	Promedios semanales	
28/01/2021	SKU1	PARACETAMOL	Analgésico y an	\$ 5,00	0	0	0	0,86	1	ID Producto	SKU1
28/01/2021	SKU2	APRONAX	Analgésico que	\$ 7,00	0	0	0	0,53	1	Movimiento	Salida
28/01/2021	SKU3	NEUROBION	Complemento	\$ 5,40	0	0	0	0,54	1	Fecha de sistema	(Todas)
28/01/2021	SKU4	ZOPICLONA	Hipnótico y sea	\$ 2,00	0	0	0	0,47	1	Prom. De cantidad	
28/01/2021	SKU5	SERTAL COMPUESTO	Antiespasmódi	\$ 8,00	0	0	0	0,40	1	0,83	
28/01/2021	SKU6	ANALGAN	Comprimido de	\$ 5,00	0	0	0	1,29	1		
28/01/2021	SKU7	GENTAMAX	Antibiótico par	\$ 0,55	0	0	0	0,27	1		
28/01/2021	SKU8	MENTOL CHINO	Ungüento útil p	\$ 9,00	0	0	0	0,25	1		
28/01/2021	SKU9	BACTRIM	Se usa para tra	\$ 3,00	0	0	0	0,46	1		
28/01/2021	SKU10	DOLORGESIC	Comprimido de	\$ 10,00	0	0	0	1,00	1		

### 4) Aplicación del modelo matemático

ID	Nombre del producto	X (Saldo antes de entrega)	Y (Necesidad)	Alarma	Pedido	DS	Costo de productos	Cantidad a invertir	Cantidad inicial en el sig periodo
SKU1	PARACETAMOL	(0,86)	1,71	Hacer Pedido	2	2,33	\$ 2,29	\$ 4,58	2
SKU2	APRONAX	(0,53)	1,06	Hacer Pedido	1	1,89	\$ 4,09	\$ 4,09	1
SKU3	NEUROBION	(0,54)	1,09	Hacer Pedido	1	1,84	\$ 4,06	\$ 4,06	1
SKU4	ZOPICLONA	(0,47)	0,94	Hacer Pedido	1	2,12	\$ 1,32	\$ 1,32	1
SKU5	SERTAL COMPUESTO	(0,40)	0,80	Hacer Pedido	1	2,50	\$ 4,90	\$ 4,90	1
SKU6	ANALGAN	(1,29)	2,57	Hacer Pedido	3	2,33	\$ 4,06	\$ 12,18	3
SKU7	GENTAMAX	(0,27)	0,54	Hacer Pedido	0	-	\$ 0,39	\$ -	0
SKU8	MENTOL CHINO	(0,25)	0,50	Hacer Pedido	0	-	\$ 6,00	\$ -	0
SKU9	BACTRIM	(0,46)	0,91	Hacer Pedido	1	2,19	\$ 2,62	\$ 2,62	1
SKU10	DOLORGESIC	(1,00)	2,00	Hacer Pedido	3	3,00	\$ 5,74	\$ 17,22	3