

**PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LA
EMPRESA PRODUCTOS ALIMENTICIOS CARRUSEL**

**DAVID RICARDO PERILLA MORENO
JULIO CESAR BEDOYA VALENCIA**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2019**

**PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LA
EMPRESA PRODUCTOS ALIMENTICIOS CARRUSEL**

**DAVID RICARDO PERILLA MORENO
JULIO CESAR BEDOYA VALENCIA**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Director proyecto
CLAUDIA BIBIANA GIRONZA**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2019**

Contenido

	pág.
<i>Resumen</i>	8
1 Introducción	9
1.1 Contexto, Justificación y Formulación del Problema	10
1.1 Formulación del problema	11
1.2 Justificación	12
2 Objetivos	13
2.1 Objetivo del Proyecto	13
2.2 Objetivos específicos	13
2.3 Entregables	13
3 Marco de Referencia	14
3.1 Antecedentes o Estudios Previos	14
3.2 Marco Teórico	16
Proceso Productivo	16
Producto Perecedero	16
Control de Ítems Perecederos	17
Estacionalidad de Frutas y Verduras	18
Sistema de gestión de Inventarios	18
Sistema de revisión continuo	19
Sistema de revisión periódico	20
Determinación del valor de inventario máximo (S)	21
Nivel de servicio	21
Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ)	21
Punto de Reorden	22
Inventario de Seguridad	23
Coeficiente de Variabilidad VC	24
Pronósticos de series de tiempo	25
Método de Suavización Exponencial Doble	25
Análisis ABC	26
Sistema 5W 2H	27
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto	27
4 Metodología	29

4.1	Primer objetivo:	29
4.2	Segundo objetivo:	30
4.3	Tercer objetivo:	31
5	Resultados	32
5.1.1	Objetivo 1: Realizar un diagnóstico del sistema de control de inventarios actual	32
5.1.2	Objetivo 2: Estructuración de un modelo de gestión de inventarios ajustado a la empresa.	35
5.1.2.1	Evaluación de puntos de control	35
5.1.2.2	Política de conteo por análisis ABC	36
5.1.2.3	Pronósticos	38
5.1.2.4	EOQ	41
5.1.2.5	Indicadores	43
5.2	Conclusiones	47
5.3	Recomendaciones	48
6	Bibliografía	49
	ANEXOS	51

Lista de Figuras

Figura 1: Matriz de Clasificación de alimentos con énfasis en su deterioro y valor al cliente	15
Figura 2: Uso del Inventario en el tiempo	22
Figura 3: Curva del punto de reorden ROP	23
Figura 4: Flujograma de procesos de abastecimiento y producción	32
Figura 5: Layout de áreas productivas y cuartos fríos	36
Figura 6: Clasificación ABC por costos	37
Figura 7: Demanda pronosticada con método de suavización exponencial doble.	40
Figura 8: Errores del Pronóstico	40
Figura 9: Modelo EOQ, punto de reorden y lead time.....	42
Figura 10: Coeficiente de variabilidad VC del proceso	42
Figura 11: Stock de seguridad presentado para el ejemplo	43

Lista de Tablas

Tabla 1: Clasificación ABC de las líneas de productos que ofrece Productos Alimenticios Carrusel	37
Tabla 2: Proyección de tendencia con suavización exponencial doble.....	39
Tabla 3: Variables del proceso para determinar modelo EOQ.....	41

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Cantidad óptima a ordenar	21
Ecuación 2: Punto de reorden de los inventarios.....	22
Ecuación 3: Inventario de Seguridad	24
Ecuación 5: Coeficiente de variabilidad VC	24
Ecuación 6: Tendencia periodo t (Suavización Exponencial simple)	26
Ecuación 7: Pronóstico del Periodo	26
Ecuación 8: Ecuación de Beta (Suavizamiento Exponencial Doble).....	26
Ecuación 9: Coeficiente de variación de la demanda	38
Ecuación 10: Estado de vejez del inventario	43
Ecuación 11: Rotación de mercancías en empresa.....	43
Ecuación 12: Nivel de exactitud en inventarios.....	43

Resumen

Se realizó un estudio cuyo propósito fue el de proponer un sistema de gestión de inventarios que se ajustara a las necesidades de los clientes, se realizó un diagnóstico en el cual se tomaron datos del último año (2018), sobre las ventas registradas en la empresa “Productos Alimenticios Carrusel”, teniendo un aproximado de 1800 datos, los cuales primero fueron separados por producto y clasificados según el análisis ABC, para finalmente calcular sus tendencias y obtener una cantidad óptima de pedidos para poder responder a la demanda de manera dinámica. Se utilizaron herramientas tales como flujogramas para la descripción del proceso y métodos de proyección de tendencia para determinar el comportamiento de los productos a través del tiempo. Los resultados evidencian que la empresa posee un proceso poco estructurado pero sujeto a mejoras, los pronósticos son estacionarios por lo que un método EOQ dinámico es lo más factible, y por último, las referencias son un problema que debe resolverse, debido a que esta falta de diferenciación afecta el funcionamiento del modelo. Por lo tanto se concluye que debe haber un registro riguroso desde que llega la materia prima, y debe bajarse en un 13%, debido a que, a este nivel es más dinámico el inventario en producto terminado.

1 Introducción

El manejo de los productos perecederos es un elemento fundamental para toda empresa que los produce, comercializa o distribuye; es una premisa que rige a toda empresa o negocio que trata elementos de estas características tales como supermercados, restaurantes y empresas que producen derivados de origen vegetal, frutal o animal. Alrededor del mundo muchos de estos tipos de industria han lidiado con el hecho de que estos productos deben estar en constante rotación y renovación, debido a que la percepción de aceptación por parte de los clientes disminuye a través del tiempo. Trabajos realizados previamente que permiten dar una visión o acercamiento a este tema, como por ejemplo el realizado por Amorim, Meyr y Almeder (2011), dan un vistazo sobre la existencia de una relación intrínseca entre el manejo de estos productos, la rotación y movimiento de estos y la relación con el cliente y el servicio que se le brinda. Otra texto académico que fue de gran utilidad para el desarrollo del proyecto fue el libro escrito por el profesor de la Universidad del Valle, Carlos Julio Vidal, “Fundamentos de control y gestión de inventarios” (Vidal, 2010), el cual muestra diversos aspectos y métodos a tener en cuenta para un correcto manejo de inventarios y así saber su comportamiento, su proyección y sus diversas políticas.

Este trabajo se desarrolló en la empresa *Productos Alimenticios Carrusel*, la cual en transforma las frutas que llegan como materia prima en pulpas o trozos para finalmente venderlos, bajo la referencia de “*La Berraquera*” a sus clientes entre los que se encuentran supermercados y autoservicios. Esta es una empresa catalogada como PyMe (Pequeña y Mediana) y es dirigida por la familia Peñuela Rojas; debido al amplio crecimiento que han obtenido en los últimos años han hallado inconsistencias en su proceso, desde la llegada de los frutales en materia prima, que hace que pierdan ventas por no responder completamente a los clientes, hasta que hayan sobreproducciones, y tener pedidos a proveedores que pueden ser excesivos o quedarse cortos por lo que la empresa actualmente toma decisiones de manera empírica para responder a la demanda.

Con el propósito de abordar estas problemáticas vistas por un diagnóstico realizado en este documento, se decide emprender en una solución que sea razonable a lo requerido por la empresa, para que esta pueda responder a sus clientes de forma efectiva y oportuna, decisiones como definir los productos más importantes y que más valor generan a la empresa, revisar el comportamiento de estos productos a través del tiempo y determinar deficiencias en los procesos tras una validación fueron cruciales para obtener soluciones, tomando en cuenta todos los factores involucrados en el asunto tales como el nivel de respuesta al cliente, la estacionalidad de las cosechas de las frutas que compra la empresa a sus proveedores, la cantidad óptima que la empresa debe de ordenar, así como el sistema de revisión a los productos en todas las fases del proceso, con el propósito

de atar todos los cabos posibles para dar una correcta solución y proponer un sistema de gestión de inventarios que fuera un modelo pionero para la empresa.

Todo con el fin de poder obtener resultados como la definición de un inventario de seguridad oportuno y claro para la empresa con el fin de que le permita responder cómodamente ante lo dinámico del mercado al que está expuesto, como el nivel de inventario necesario que se debe tener en cada fase importante del proceso (Materia prima, producto en proceso, producto terminado), entre otros.

Finalmente, al realizar este trabajo, las expectativas iniciales fueron cubiertas en su mayoría debido a que se tiene una propuesta inicial de acuerdo a la información dada por la empresa y los estudios realizados y radicados en este documento; durante este proceso hubo aprendizajes tales como, entender la idea sobre como es el trabajo con este tipo de empresas, con base familiar, debido a que es una estructura muy aglomerada en la información y que debido a la confianza que se posee, no deberían de haber muchos inconvenientes, pero en algunos casos no fue así, también un aprendizaje valioso fue el hecho de trabajar con herramientas vistas a lo largo de la carrera para aplicarlas a la vida real con el fin de apoyar y ayudar al gran crecimiento que tiene proyectado esta empresa.

1.1 Contexto, Justificación y Formulación del Problema

Llevar el control de los inventarios es una tarea fundamental para cualquier compañía dedicada a la comercialización o fabricación de bienes y cuyo objeto principal es obtener ganancias. Tener certeza sobre el lugar y la disponibilidad de los diversos insumos y productos terminados, puede ayudar a reducir costos, agilizar procesos, reducir pérdidas y aumentar la calidad y servicio al cliente.

Fundada en la ciudad de Cali en el año 2007, como emprendimiento de la familia Peñuela Rojas para dar respuesta a una necesidad del mercado alimenticio, Productos Alimenticios Carrusel es una empresa que se dedica a la fabricación y comercialización de pulpas de fruta y zumo de limón con los mejores estándares; la empresa cuenta con personal altamente calificado y maquinaria de punta para garantizar un excelente desarrollo en sus operaciones. La empresa, según la ley 905 de agosto 2 de 2004, califica como 'Pequeña empresa', con activos entre los quinientos uno (501) y los cinco mil (5.000) SMMLV¹, lo que muestra que su producción está en crecimiento constante y que posee pocos trabajadores empleados con respecto a las medianas empresas.

Actualmente cuentan con 15 trabajadores quienes se dividen en las distintas áreas de la empresa y tienen una capacidad de producción de aproximadamente 11 toneladas de fruta mensuales, y 2.000 litros de zumo de limón. La empresa a través de sus decisiones gerenciales ha visto sus operaciones crecer de manera sostenida

¹ SMMLV: Equivalente al Salario Mínimo Mensual Legal Vigente, \$828.116 COP

y, como consecuencia, ha cambiado de domicilio en dos ocasiones. Lo anterior con el propósito de lograr la correcta acomodación de su maquinaria y cuartos fríos.

Este proyecto se enfocará en la evaluación y estructuración de un modelo de gestión de inventarios para la empresa *Productos Alimenticios Carrusel*, que provea soporte al área administrativa y establezca políticas para mantener y controlar los bienes que la empresa comercializa.

1.1 Formulación del problema

La empresa Productos Alimenticios Carrusel no posee un modelo para la gestión de inventarios. Debido a la falta de conocimiento de sus directivos, quienes no son especialistas en planeación y además dedican la mayor parte del tiempo al proceso de ventas, no ha sido posible estructurar un modelo de inventarios que se ajuste a las necesidades de la empresa, lo cual trae como consecuencia inconvenientes como: desviaciones entre lo que se cree tener y lo que realmente hay en la bodega, agotados, mermas y costes de rotura en forma de demandas insatisfechas, pérdidas, pero sobre todo, excesos de inventario que en el caso de los bienes perecederos resulta desfavorable, pues por su vida útil y las exigencias de los clientes, terminan siendo desperdicio.

Esta situación genera la necesidad de estructurar un proceso de control de inventarios, a través de una propuesta de mejoramiento integral, que permita aumentar el nivel de servicio al cliente y llevar un control estricto de la calidad, a la par que facilite los procesos administrativos y mantenga un nivel de inventario mínimo.

Como muestran (Chopra & Meindl, 2008) “La creciente necesidad de las empresas de reducir los costos en sus operaciones diarias e incrementar los beneficios para los accionistas ha generado que vean a las actividades logísticas como un foco para alcanzar estos dos objetivos” (p.552). Esta necesidad surge como respuesta a la alta competitividad del mercado actual, causada en gran parte por la globalización, que, en muchos casos, obliga a las empresas a ofrecer sus productos a menor precio, con mejores características de calidad y con un mayor nivel de servicio al cliente. (Sallenave, 2002) (p.280); (Porter, 1985). Por lo tanto a esta empresa le es de interés estar a la par de su mercado y así con un buen manejo de la logística interna dentro de los procesos poder satisfacer la demanda presentada.

Pregunta problema: ¿De qué manera podría la empresa Productos Alimenticios Carrusel mejorar su sistema de gestión de inventarios, en el área de producción y almacenamiento, de tal modo que se ajuste a las necesidades de los clientes?

1.2 Justificación

Al reconocer que la empresa se encuentra en constante crecimiento y que la manera como han venido manejando sus inventarios no es la ideal, se evidencia que existe una oportunidad de mejora. Es necesario estructurar un modelo de gestión de inventarios dentro de la empresa que le permita reconocer a su logística y cadena de suministros como una variable competitiva que añada valor al cliente, facilite los procesos de la empresa y mejore los costos operativos.

Lo anterior es consecuencia de que, durante su proceso productivo, con el apoyo del proceso contable, la empresa logró identificar que existen mermas relacionadas con la poca estandarización en el proceso y, por lo tanto, se haya decidido pasar de un modelo empírico, el cual es definido netamente solo por lo que muestran los resultados de fabricación, es decir, sin tomar en cuenta estándares, ni fichas que normalicen el proceso, solamente con lo que se hable con la gerencia de la empresa, un modelo creado de manera empírica, a un modelo cuantificado que dé cuenta de los insumos y las salidas de manera más exacta oportuna.

2 Objetivos

2.1 Objetivo del Proyecto

- Proponer un modelo de gestión de inventarios para la empresa *Productos Alimenticios Carrusel*, que contribuya a apoyar el proceso de toma de decisiones y a la disminución de costos.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del sistema de control de inventarios actual.
- Estructurar un modelo de gestión de inventarios ajustado a la empresa.
- Validación y pruebas al modelo estructurado.

2.3 Entregables

- Caracterización del proceso.
- Informe diagnóstico.
- Diagrama de flujo del proceso de fabricación.
- Herramienta para cálculo de pronósticos, cantidades de pedido y cálculo de stock de seguridad.
- Formato para control de inventarios.
- Propuesta de 3 indicadores de gestión.

3 Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

El material revisado para aportar esta investigación constató de: libros, tesis de grado, artículos científicos y modelos matemáticos que se relacionan con el proyecto en diversos aspectos; la mayoría de estudios encontrados contenían como tema principal: diseños de modelos de gestión de inventario en general y diseño de sistemas de gestión enfocados en productos perecederos, con lo cual se asegura su estrecha relación con el objetivo general del proyecto. Lo recogido en estas lecturas, fue útil para enmarcar en contexto el proyecto.

Inicialmente, en la visión general sobre modelo de gestión de inventarios, se han encontrado artículos, libros y tesis de grado de universidades; tomando como ejemplos importantes, el libro “Fundamentos de control y gestión de inventarios” de Carlos Julio Vidal, el cual expone de una manera fácil de interpretar las bases del manejo de los inventarios, así como todos los estilos de materiales que se encuentran en cierta etapa del proceso productivo de una empresa y requieren en algún momento el almacenamiento en bodegas; otro ejemplo encontrado fue una tesis de grado de la Universidad del Valle, en el cual se diseñó un sistema de control de inventarios para una empresa manufacturera de autopartes en la ciudad de Cali, en el documento, (Cortés Hurtado & Morales Bejarano, 2012) toman en cuenta conceptos claves que debe tener un sistema de control de inventarios tales como clasificación ABC, proceso analítico jerárquico, sistemas de pronósticos de demanda, entre otras.

Al buscar información sobre fábricas o lugares donde los productos perecederos son los elementos principales y donde se haya implementado un sistema o política de control de inventarios, tal como supermercados, lo primordial fue la búsqueda de artículos o proyectos que uniesen la gestión de los inventarios con las empresas que tienen como su enfoque la producción y comercialización de productos perecederos. La mayor parte de la literatura consultada se ha enfocado en el desarrollo de gestión de inventarios en minoristas, y como es que éstos manejan su planeación, logística y gestión de inventarios en su entorno; de esta manera, hay una gran relación entre las empresas de producción de productos perecederos.

En los sistemas minoristas o supermercados, se toma en cuenta que las demandas no siempre son determinísticas, sino que el cliente puede ser difícil de descifrar al saber que producto puede elegir, ya que no siempre se ve una metodología LIFO o FIFO², por lo que en negocios como los dedicados a pulpas de fruta o jugos

² FIFO: Sistema de organización de abastecimiento y flujo de productos, en el cual la los primeros productos en entrar son los primeros en salir.

naturales se debe trabajar con demandas dinámicas o movibles con el tiempo: “Se observa que incluso las demandas de esta clase de productos pueden ser aleatorias, y que ante esto el cliente puede decidir que producto elegir, ya que en la gran mayoría se elige al producto fabricado más recientemente, tendiendo a dejar fuera los primeros producidos” (Nahmias, Perry, & Stadje, 2004).

Por el contrario, aunque en este tipo de industria también se trabaja constantemente con inventarios, el cliente no es un usuario directo, por lo que pese a estar relacionado con el manejo de inventarios perecederos, primero el producto llega al mayorista y de ahí al consumidor, este estudio sobre cómo manejar el inventario de estas características particulares también afecta a los mayoristas y a los minoristas, el alcance temporal es una limitación importante para tomar decisiones, que también afecta la percepción del cliente, en otros escritos esto es determinante, pero en el proyecto, pese a que no se trabaja con este factor, es importante tener una clasificación en la cual poder basar las decisiones sobre qué puede ser fijo o qué puede ser considerado como una pérdida al pasar el tiempo útil del producto. Clasificación que se muestra a continuación:

		Límites de Autoridad			
		Fijos		Pérdidas	
Deterioro Físico del Producto	SI	Sangre Humana	Yogurt	Queso, Gasolina	Frutas, Material Radioactivo
	NO	No es realista	Periódicos	No Perecederos	Ropa de temporada
		Constante	Decreciente	Constante	Decreciente
		Valor del Consumidor			

Figura 1: Matriz de Clasificación de alimentos con énfasis en su deterioro y valor al cliente

Esta ilustración contribuye a entender de mejor forma la importancia que tiene esta propiedad en los productos que fabrica la empresa, y los desafíos que han de plantearse para responder a los niveles de servicio al cliente y a los niveles de producción que maneja la empresa, y en general, ayuda a comprender que los productos perecederos están en una gran variedad de procesos en todo tipo de sectores, así como hospitales, mercados y restaurantes.

“Se puede ver que en muchos tipos de industrias, así como las que producen yogur o cerveza, están presentes los productos de este carácter, y pueden estar a través del flujo de manufactura, porque la materia prima o el producto en proceso o bien el producto terminado, usualmente son perecederos; esto pone sobre la mesa una serie de restricciones, de las que se debe prestar mucha atención, ya que así como está en todo el flujo, estas limitaciones pueden afectar la planeación, el manejo del inventario, así como en la distribución” (Amorim, Meyr, Almeder, & Almada-Lobo, 2011)

En materia de modelos de inventarios en relación a estos productos hay modelos de diversa “dificultad”, sin embargo, la complejidad de las demandas planteadas en ellos hace difícil adaptarla al modelo necesario, además, que el deterioro en los inventarios no está bien estipulado en todos los modelos propuestos; la empresa posee demanda determinística, por lo que los pedidos se saben cuándo se van a despachar al cliente, y hay un modelo que se puede acercar a lo requerido en el proyecto, hallado en una revisión de literatura sobre diversos modelos de inventarios con perecederos. Este modelo, revisado en otras literaturas puede servir plenamente, ya que se ajusta a los requerimientos de la empresa, aunque debido a que no hay una estandarización de proceso, puede ser una limitante que traiga dificultades adicionales al planteamiento del modelo.

3.2 Marco Teórico

Este capítulo aborda algunos conceptos que serán útiles al lector para entender elementos claves que se tendrán en el proyecto, como producto perecedero, proceso productivo, estacionalidad de frutas y verduras, sistema de gestión de inventarios, tipos de almacenamiento, diagrama SIPOC, análisis ABC y Sistema 5W 1H.

Proceso Productivo

“Consiste en el conjunto o combinación de factores, tales como medios de producción, mano de obra, insumos, procedimientos y tecnología que va a utilizar la empresa para producir bienes y servicios”. (Villar Fernández & Masa Lorenzo, s.f.). Es de gran utilidad debido a que constituye una gran parte de las funciones de la fábrica: equivalen a todos esos procesos que se encuentran desde el recibimiento de la fruta hasta la distribución de la pulpa que se vende.

Ciclo PHVA

Es una metodología de mejoramiento continuo, desarrollada en la década de 1950, por el profesor Edwards Deming, basándose en los conceptos aprendidos de su mentor Walter Shewhart; cuyo principio fundamental es el mejoramiento continuo de los procesos, por medio de la realización de cuatro acciones fundamentales, las cuales forman el acrónimo (**P**lanear, **H**acer, **V**erificar y **A**ctuar). El proceso generalmente es visto como cíclico.

“Los resultados de la implantación de este ciclo permiten en las organizaciones una mejora integral de la competitividad, de los productos y servicios, mejorando de forma continua la calidad, reduciendo costos, optimizando productividad, reduciendo precios, incrementando la participación del mercado e incrementando la rentabilidad de la organización.” (ISO Tools, 2017)

Cada una de las acciones fundamentales tiene una misión específica para la mejora continua.

- Planear: Se establecen objetivos y metas a cumplir, se identifican los recursos requeridos para la mejora y se determinan los posibles planes de acción.
- Hacer: Implementar lo que fue planificado, determinar y proporcionar correctamente los recursos.
- Verificar: Es la implementación de una serie de pruebas, con el fin de valorar que los cambios realizados según la planeación sean efectivos, se toman indicadores para revisar si lo hecho fue correcto.
- Actuar: Al realizar todas las mediciones posibles, se toman correcciones necesarias para realizar el proceso, en esta etapa se toman decisiones pertinentes para el desarrollo del proyecto.

Producto Perecedero

Lo primero que se debe tener en cuenta es el producto que se va a utilizar en toda la producción, en este caso particular, son productos perecederos todos los frutales que entran al proceso productivo, de acuerdo a lo siguiente:

“Un producto perecedero es aquél que, por su composición, características físico-químicas y biológicas, puede experimentar alteración de diversa naturaleza en un tiempo determinado y que, por lo tanto, exige condiciones especiales de proceso, conservación, almacenamiento, transporte y expendio.” (Noega Systems, 2018).

Control de Ítems Perecederos

Es un tema clave debido al material que se maneja en la empresa, las frutas y posteriormente, las pulpas y trozos de fruta, pierde su valor o frescura con el tiempo: “[los ítems perecederos] son importantes ya que pueden llegar a un alto grado de obsolescencia en tiempos relativamente cortos. En otras palabras, suelen ser productos de muy corto ciclo de vida, como los teléfonos celulares, las calculadoras e, incluso, los computadores.” (Vidal, 2010)

Es de vital utilidad saber cómo se comportan los ítems que tienen corta vida útil, y como obtener un modelo para que lo pedido sea lo justo sin incurrir en sobre costos ni en faltas en pedidos, como ocurre en el problema del vendedor de periódicos (News Vendor Problem) en el que ocurren dos situaciones que afectan a todos los productos del tipo perecedero: “Si los periódicos se agotan antes de tiempo y no se puede satisfacer cierta demanda, se incurre en un costo por “bajo inventario” (understock), generado por la utilidad perdida al no satisfacer la demanda del inventario a la mano.” (Vidal, 2010)

Lo anterior implica que puede haber faltantes en los pedidos, y muchas veces eso representa pérdidas de clientes, la empresa trabaja con supermercados, por lo que una falta en pedidos podría implicar grandes pérdidas monetarias: “Si, por el contrario, al final del día, el vendedor se queda con un cierto número de periódicos sin vender, sólo puede recuperar una parte de su precio de adquisición (lo que se

denomina el valor de salvamento), incurriendo en un costo por “exceso de inventario” (overstock).” (Vidal, 2010)

En caso contrario, si la materia prima excede su vida útil, son pérdidas netas para la empresa, debido a que no se puede realizar pulpa o trozos de alta calidad con frutas pasadas de tiempo, y eso no puede verse como un valor de salvamento, sino como un desecho seguro de la materia prima.

Estacionalidad de Frutas y Verduras

La estacionalidad se puede explicar como: “Una serie temporal que repite el mismo esquema de comportamiento año tras año, lo que concierne a las frutas consiste en el tiempo óptimo de recogida de cada alimento, después de que este se haya desarrollado anteriormente”. (SuperSol, 2016) Es un concepto clave, para entender como es la rotación y venta de las frutas en la empresa, ya que ésta debe afrontar el hecho de que éstas no van a estar como insumo disponible todo el tiempo, por lo que puede afectar las ventas; debido a diversos factores como el clima, la demanda, entre otros. Este es un factor importante que determina que la empresa tiene un componente dinámico en sus ventas y también en su proceso, debido a que no todo el tiempo va a poder contar con la misma cantidad de insumos.

La estacionalidad también puede afectar lo que piden los clientes y la importancia de los productos en un análisis ABC, el no controlar la estacionalidad correctamente podría incurrir también en muchos pedidos no satisfechos.

Sistema de gestión de Inventarios

Un sistema de gestión de inventarios se puede definir como: “Una herramienta fundamental en la administración moderna, ya que ésta permite a las empresas y organizaciones conocer las cantidades existentes de productos disponibles para la venta, en el lugar y tiempo determinado, así como las condiciones de almacenamiento aplicables en las empresas”. (Espinoza, 2011)

Existen muchos tipos de sistemas que manejan los inventarios de las empresas, tales como el EOQ, el cual es el más común de ellos, “es la cantidad de órdenes que minimiza la suma de los costos de ordenar y mantener de los inventarios de la compañía” (Obaidullah, 2019).

Este modelo tiene varios principios entre ellos: la empresa debe tener suficiente inventario para poder responder a la demanda venidera de manera efectiva, sin embargo, no tiene en cuenta la durabilidad de la mercancía con la que trabaja, y esto es fundamental debido a que un mal manejo puede acarrear en costos: “La mayoría de los sistemas que controlan inventarios tienden a asumir que su inventario puede ser almacenado de manera indefinida para responder a las futuras demandas, por lo que poco se interesa en las características internas del producto; como muestra el modelo EOQ, por lo tanto al tener productos perecederos, la vida

del producto tiene que ser tomada en cuenta.” (Damgaard, Nguyen, Hvolby, & Steger-Jensen, 2013)

Debido a esto, para un proyecto como este se puede trabajar con un modelo dinámico, que se ajuste a las necesidades de la empresa, que permita adaptarse a los productos y situaciones que maneja.

El modelo EOQ anteriormente descrito, como mencionan los autores, no llega a satisfacer todas las necesidades que requiere la empresa, por lo que se consultó entre varios escritores y autores sobre modelos expuestos anteriormente para estas situaciones, existen propuestas pioneras que tratan con el tipo de productos que fabrica la empresa, y así poder desarrollar el sistema de gestión dinámico propuesto en este documento, se pueden tener tres tipos de modelos: “Los modelos de basados en el deterioro del inventario pueden ser ampliamente categorizados, debido a que no todos los productos perecederos de la industria se manejan de igual forma, y esto va acorde al tiempo de vida del producto:

1. Tiempo de vida fijo (Fixed Lifetime): Tiempo de vida determinado
2. Tasa de deterioro dependiente de la edad (Age dependent deterioration rate): Tiempo de vida distribuido probabilísticamente.
3. Tiempo o Inventario dependiente de la tasa de deterioro del producto.”
(Bakker, Riezebos, & Teunter, 2012)

Estos modelos son pertinentes debido a que nos marcan una forma de desarrollar la propuesta, debido a que toman en cuenta, en la medida de lo posible, todas las variables que pueden presentarse al momento de operar con productos perecederos y así poder tener un enfoque claro para lo que se va a proponer en este documento.

Sistema de revisión continuo

Según (Cortés Hurtado & Morales Bejarano, 2012) es un sistema que pide una revisión constante con la finalidad de saber cuándo debe de realizarse un pedido, esa revisión se hace cada vez que acontece una transacción. Existen dos modelos que describen este sistema.

- **Sistema (s,Q):** Según (Vidal, 2010), en este sistema, cada vez que el inventario es menor o igual al punto de reorden (s), se ordena una cantidad fija (Q). Se denomina también “sistema de dos cajones” debido a que se puede implementar físicamente con dos cajones de almacenamiento de un ítem.
“La demanda se satisface normalmente del primer cajón, hasta que se agota. Tan pronto sea necesario abrir el segundo cajón, el cual contiene tantas unidades como el punto de reorden s lo indique, se emite una orden por la cantidad fija Q establecida. Cuando llega la orden, el segundo cajón se llena

de nuevo con las unidades equivalentes al punto de reorden s , y el resto de deposita en el primer cajón, iniciándose otro ciclo.” (Vidal, 2010)

- **Sistema (s,S):** En este tipo de sistema, (Vidal, 2010) explica que cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden (s) o por debajo de él, se ordena una cantidad tal que se incremente el inventario efectivo hasta un nivel máximo de inventario (S). La cantidad a ordenar depende del inventario efectivo y del nivel máximo, por lo que puede haber variaciones entre un periodo y otro. Si las demandas son unitarias, este método es igual al (s, Q), sin embargo, en la vida real, la demanda no es unitaria, por lo que la cantidad a ordenar puede ser variable. El nivel de inventario en esta modalidad de sistema permanece entre el máximo (S) y el nivel mínimo o punto de reorden (s).

Sistema de revisión periódico

Según (Cortés Hurtado & Morales Bejarano, 2012) este tipo de sistema radica en la revisión del nivel de inventario de manera periódica, con respecto a un momento específico recurrente o bien una frecuencia en tiempo regular, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad.

- **Sistema (R, S):** Se conoce como ciclo de reposición y está en organizaciones que no utilizan un sistema concreto de inventarios, el inventario se revisa cada (R) unidades de tiempo. Según (Vidal, 2010) este método tiene una ventaja primordial y es la de permitir la gestión coordinada de diversos ítems relacionados entre sí, así sea proporcionado por el mismo proveedor, por compartir un mismo sistema de transporte o por ser producidos en la misma línea manufacturera. De igual forma, el nivel máximo de inventario (S) puede ajustarse fácilmente si el patrón de demanda tiende a cambiar con el tiempo. Con respecto a las desventajas de este sistema, hay una principal que es mencionada, y radica en, que para un nivel de servicio al cliente específico, este modelo de revisión periódico presenta mayores costos de mantener inventario, frente a los sistemas de carácter continuo, ya que es necesario un mayor nivel de inventario de seguridad.
- **Sistema (R,s,S):** Es un combinación entre los sistemas (R,S) y (s,S), se podría considerar como un híbrido entre continuo y periódico. (Vidal, 2010) lo describe de la siguiente manera, este consiste en, cada (R) unidades de tiempo, revisar en inventario efectivo. Si este es menor o igual al punto de reorden (s), se emite un pedido por una cantidad tal que el inventario efectivo se recupere y llegue a su nivel máximo (S). Por otro lado si el nivel de inventario es mayor a (s), no se ordena ninguna cantidad, hasta una próxima revisión periódica.

Este sistema ayuda a comprender empresas como la que se trabaja en este proyecto, debido a que por su crecimiento tiene un sistema estructurado empíricamente que no es el más efectivo en todas las ocasiones.

Determinación del valor de inventario máximo (S)

S es definido como el valor promedio esperado de la demanda durante el periodo actual sometido a revisión, más el periodo de reposición o lead time, más una cantidad adicional en inventario que sirva a la empresa como soporte ante las variaciones de la demanda, llamado *Inventario de Seguridad (ss)*, el cual es expuesto posteriormente. Es importante tomar en cuenta como es la demanda para determinar el valor de S, debido a que para este proyecto funciona cuando la demanda es probabilística y se determina un ss.

Nivel de servicio

El objetivo fundamental y principal de los sistemas de gestión de inventarios es asegurar que el producto (pulpa o trozos) estén en el momento preciso en las bodegas de los clientes y en las cantidades requeridas, por lo que el nivel de servicio se basa en la probabilidad de cumplimiento a partir del inventario que tiene la empresa para responder.

Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

Este modelo es uno de los más tradicionales entre los modelos de inventarios, es una de las técnicas más antiguas y más fáciles de utilizar. Esta técnica es utilizada para el control de inventarios y su fin se centra en minimizar los costos totales de ordenar y mantener.

La formulación utilizada para calcular la cantidad óptima a ordenar en los pedidos es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Ecuación 1: Cantidad óptima a ordenar

Siendo

- D: La demanda anual en unidades
- S: Costo de Ordenar
- H: Costo de Mantener

Según (Heizer & Render, 2009) para realizar un modelo EOQ se necesitan tener ciertos supuestos:

1. La demanda es conocida, constante e independiente

2. El tiempo de entrega, es decir, el tiempo entre colocar y recibir la orden se conoce y es constante
3. La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras, el inventario de una orden llega en un lote al mismo tiempo
4. Los descuentos por cantidad no son posibles
5. Los únicos costos variables son el costo de preparar o colocar una orden (costo de preparación) y el costo de mantener o almacenar inventarios a través del tiempo (costo de mantener o llevar). Estos costos se analizaron en la sección anterior.
6. Los faltantes (inexistencia) se evitan por completo si las órdenes se colocan en el momento correcto.

La gráfica de este modelo tiene como característica que se comporta como diente de sierra.

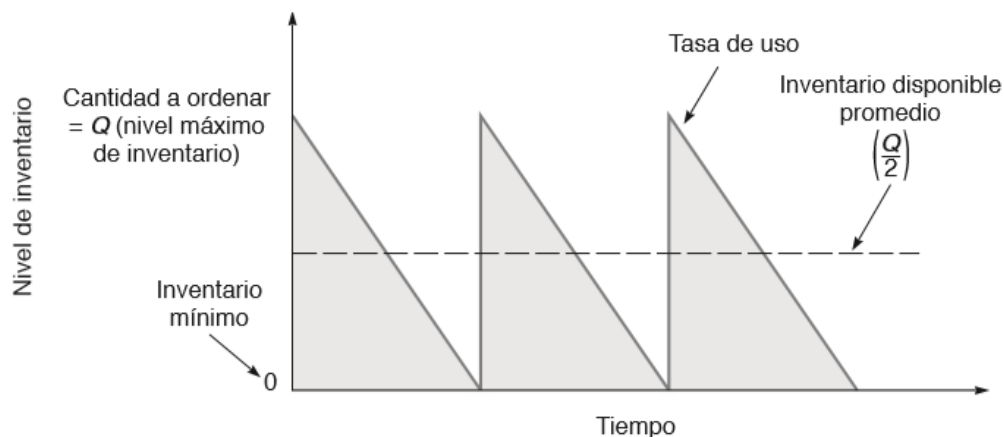


Figura 2: Uso del Inventario en el tiempo (Fuente: Render & Heizer, 2009)

Punto de Reorden

Según (Heizer & Render, 2009) el punto de reorden es el nivel de inventario en el cual se emprenden acciones para reabastecer el proceso productivo; es el nivel o punto en el tiempo en el cual se debe volver a ordenar pedido.

$$\text{Punto de Reorden} = d * L$$

Ecuación 2: Punto de reorden de los inventarios

Siendo d , la demanda diaria y L , el tiempo de entrega o Lead Time para la entrega de la orden.

“En esta ecuación se supone que la demanda durante el tiempo de entrega y el tiempo de entrega en sí son constantes.” (Heizer & Render, 2009)

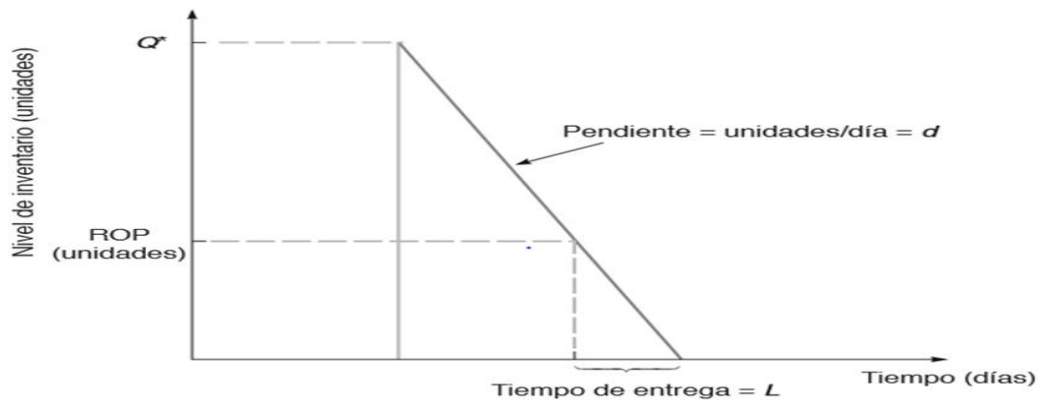


Figura 3: Curva del punto de reorden ROP

Es de mucha utilidad para el proyecto, porque es vital informar a la empresa cuanto debe pedir y en qué momento, para realizar su proceso de forma requerida sin perder pedidos o desechar frutas en el proceso.

En esta figura Q representa la cantidad a ordenar. Si se piden 200 pulpas de fruta, el inventario salta de 0 a 200 pulpas. Debido a que la demanda es constante en el tiempo, se asume que el inventario disminuye de manera proporcional. Cuando el inventario llega a cero, se coloca una nueva orden y el nivel de inventario se eleva a Q unidades.

Inventario de Seguridad

Es un concepto ligado íntimamente con el nivel de servicio de un proceso, el cual debe ser adecuado ante una demanda probabilística incierta, se define como el complemento de la probabilidad de un faltante, y debido a que la demanda no se conoce, el nivel de faltantes puede ser más alto que cuando se tiene un nivel determinado de demanda.

El inventario de seguridad es un método adecuado para poder evitar tener un alto nivel de faltantes y la idea consiste en tener unas unidades de inventario adicionales para responder a posibles desabastecimientos.

Como explican (Heizer & Render, 2009) en su libro, tener un inventario o stock de seguridad implica agregar cierto número adicional de unidades al punto de reorden o ROP como amortiguador.

Este inventario tiene mucha relación con el nivel de servicio de la empresa, la demanda promedio con la que esta actúa y también con el plazo de entrega que tiene pactado la empresa con sus clientes. Siendo esta relación de la siguiente manera.

$$SS = z * \sqrt{P_{medio} * \sigma_d^2 + D_{medio}^2 * \sigma_1^2}$$

Ecuación 3: Inventario de Seguridad

Con inventario de seguridad agregado a la fórmula esta queda de la siguiente manera

$$Punto\ de\ Reorden = d * L + ss$$

Ecuación 4: Punto de reorden considerando el stock de seguridad

Siendo ss, el stock de seguridad.

Además, los autores explican que la cantidad de inventario de seguridad depende del costo de incurrir en un faltante y del costo de mantener el inventario adicional.

El costo anual por faltantes (CAF) se calcula así:

$$CAF = \Sigma(\text{Unidades faltantes para cada nivel de demanda}) \\ * \text{Probabilidad de ese nivel de demanda} * \text{Costo de faltantes por unidad} \\ * \text{Número de órdenes por año}$$

“Cuando resulta difícil o imposible determinar el costo de quedarse sin existencias, el administrador puede decidir seguir la política de mantener un inventario de seguridad suficiente para satisfacer un nivel prescrito de servicio al cliente”. (Heizer & Render, 2009)

Coeficiente de Variabilidad VC

Según (Vidal, 2010) el coeficiente de variabilidad VC, es un indicador que muestra cómo tiende a variar la demanda según el comportamiento registrado, el coeficiente se determina asumiendo que la demanda es una variable aleatoria del tipo discreto sobre el objeto de análisis.

Se expresa con la siguiente fórmula:

$$VC = \frac{(Varianza\ de\ la\ demanda\ por\ período)}{(Cuadrado\ de\ la\ demanda\ promedio\ por\ período)}$$

Ecuación 5: Coeficiente de variabilidad VC

Este tiene la importancia de mostrar que método es recomendable utilizar según el resultado.

Si $VC < 0.2$ entonces se puede utilizar un método basado en el EOQ con demanda promedio, ya que produce buenos resultados.

Si $VC \geq 0.2$ entonces se sugiere utilizar el método heurístico Silver – Meal.

“La aplicación del heurístico de Silver-Meal en casos para los cuales el patrón de demanda decrece rápidamente con el tiempo a través de varios períodos, o cuando existe un gran número de períodos demanda igual a cero.” (Vidal, 2010).

Pronósticos de series de tiempo

Una serie de tiempo es una lista de fechas las cuales tienen asociadas un valor de manera individual. De manera visual conforman una curva que evoluciona con el tiempo. Un ejemplo serían las ventas diarias de una cafetería o el número de productos producidos por una línea de manufactura.

Su importancia radica en que, en el sector manufacturero (entre otros), son las representaciones más apropiadas para representar el flujo de artículos vendidos o producido, porque ayudan a los encargados a visualizar la actividad de su empresa.

Un pronóstico de una serie de tiempo es la extensión de los valores históricos hacia el futuro del cual no se conoce nada. Dichos pronósticos se realizan, entre otras cosas, para optimizar los niveles de inventarios, que es lo relevante a este proyecto de grado.

Para realizar un pronóstico existen principalmente dos variables estructurales:

El **período**, que es el nivel de agregación y generalmente se mide en días, semana, meses, etc.

El **horizonte**, que representa la cantidad de períodos que se van a pronosticar.

Método de Suavización Exponencial Doble

Es uno de los diversos métodos de proyección de tendencia, que en general se ocupan de proveer una mirada a la forma como se va a comportar la demanda en momentos futuros a partir de comportamientos pasados. “tiene en cuenta la posible tendencia (creciente o decreciente) de la demanda.” (Vidal, 2010).

Este en específico, proviene de una serie de métodos de proyección conocidos como “suavización exponencial”, los cuales utilizan estimaciones en porcentaje con respecto a diversas causas, tales como nivel de servicio de la instalación, rendimiento general de maquinaria, estacionalidad de la demanda, entre otros, para determinar la tendencia. Este método en particular utiliza dos estimaciones.

“Ahora se trata de estimar los dos parámetros b_1 y b_2 para poder pronosticar demandas futuras, ya que éstas presentan la componente constante, determinada por b_1 , y la componente de tendencia, determinada por b_2 ” (Vidal, 2010)

La formulación que rige la suavización exponencial desde su primer parámetro es la siguiente:

$$S_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)S_{t-1}$$

Ecuación 6: Tendencia periodo t (Suavización Exponencial simple)

Siendo

t el periodo en el cual se está trabajando

St la tendencia a obtener en el periodo t

St-1 la tendencia pronosticada en el periodo anterior

α como el parámetro del coeficiente de suavización de demanda.

x_t como el pronóstico del periodo t

Al tomar un segundo parámetro (β) el cual se define cómo el coeficiente de suavización para la tendencia, permitiendo saber cómo se comporta la gráfica de la inclinación de la proyección de la demanda.

A partir de la siguiente fórmula se desarrolla el concepto del método con doble parámetro.

$$\text{Pronóstico del periodo } t = x_t = x'_t + T_t$$

Ecuación 7: Pronóstico del Periodo

Indicando como va a ser la tendencia de un próximo periodo t

Al aplicar el segundo parámetro se obtiene la fórmula del estimado de la tendencia.

$$T_t = \beta(X'_t - X'_{t-1}) + [(1 - \beta)(T_{t-1})]$$

Ecuación 8: Ecuación de Beta (Suavizamiento Exponencial Doble)

Obtenido de (Heizer & Render, 2009)

Análisis ABC

Basado en el principio de Pareto, este análisis establece que hay “pocos artículos importantes y muchos triviales” por lo cual divide los artículos en tres tipos según relevancia, estos son inventario tipo A, el cual está conformado por productos de alta rotación en el inventario, no necesariamente son los más costosos de la empresa, pero son los que más ganancias representan, los tipo B, son aquellos que

conforman menos del 80% de los Lo planeado para la empresa consiste en establecer políticas de inventario que centren sus recursos en los pocos artículos importantes del inventario y no en los muchos triviales. Resulta poco realista dar seguimiento a los artículos baratos con el mismo cuidado que a los artículos costosos. (Heizer & Render, 2009).

Diagrama SIPOC

El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers; es una forma de representación gráfica de un proceso. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- Proveedor (supplier): quien aporta los recursos al proceso.
- Recursos (inputs): las entradas del proceso, pueden ser: información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto.
- Cliente (customer): quien recibe las salidas del proceso.

Esto puede ser de gran utilidad, debido a que el SIPOC puede ayudar a normalizar y estandarizar, mostrando en gran detalle, todo lo relacionado al flujo de proceso dentro de la empresa, así como los procesos involucrados, las personas y los indicadores; todo para hacer más productivo el proceso, beneficiando la gestión de inventarios, que con el apoyo de inventarios ABC, se puede tener una mejor organización que permita responder rápido a las demandas y saber a qué tipo de pulpa asignar más tiempo y recursos.

Sistema 5W 2H

Sistema que muestra quién, qué, cómo cuando, donde y por qué para lograr determinar las causas raíces del problema en específico. De mucha utilidad para caracterizar los problemas en la empresa y posteriormente llegar a una solución. En este proyecto esta metodología puede aportar una visión clara sobre cómo está la empresa y determinar cuáles son las causas raíces que son la fuente de los problemas.

3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto

Productos Alimenticios Carrusel tiene como materia prima una gran diversidad de frutas, que tras el proceso productivo, se convierten en pulpa lista para distribuir; no obstante, hay una serie de desafíos que se deben afrontar debido a que cuando ésta se encuentra terminada no va directamente a las manos del cliente, sino que es almacenada para su posterior comercialización, por lo cual una de las primeras

consideraciones que deben tenerse en cuenta es la naturaleza perecedera del producto terminado, ya que uno de los atributos deseables es su frescura.

El aporte de este proyecto tiene varios enfoques relevantes: Primero, busca un modelo pionero que colabore a la mejora del proceso de producción y almacenamiento de la empresa Productos Alimenticios Carrusel. Estandarizar sus prácticas permitirá a la empresa ser más eficiente a la vez que recopila información relevante a su proceso productivo que le permita tomar decisiones y ahorrar en costos relacionados con el inventario. Segundo, lo que se quiere con esta propuesta es lograr que la empresa alcance niveles acordes con su crecimiento. Tercero, que la empresa también pueda confiar y aplicar talento joven para su correcto avance y desarrollo en los próximos años.

Se espera que el proyecto sea beneficioso para la empresa, y que sea compartido como proyecto iniciador de un cambio radical en la empresa, tanto en futuras publicaciones del tema de gestión de inventarios, para crear un impacto positivo en las demás empresas de la industria, debido a que el sector de las pulpas de fruta está en pleno crecimiento y aún hay mucho por hacer; con este proyecto se contribuirá al avance del sector en busca del mejoramiento continuo y, para la empresa, contribuirá como un inicio a nuevas perspectivas de mejora.

Proyectos como estos son aquellos en los que se desempeñan los ingenieros industriales, cuya misión principal radica en pensar de manera holística, para que de esta manera lleguen soluciones que no se toman en cuenta todos los días, en trabajar de maneras que son casi ideales, que siempre van en un proceso de optimización continua, en donde se unen muchos componentes para brindar una solución única que muestre nuevos paradigmas en cada sector de la empresa, y traer nuevas maneras de pensar a la sociedad, haciéndola cada vez mejor.

4 Metodología

A continuación, se mencionarán los pasos seguidos para la recolección y análisis de datos utilizados para construir un modelo de reposición y gestión de inventarios para la empresa Productos Alimenticios Carrusel.

4.1 Primer objetivo:

En primer lugar, se evaluaron las fuentes primarias de información, es decir, se realizó una entrevista con el dueño de la empresa, así como con la persona encargada de supervisar el proceso productivo. De esta manera, una vez estudiado el flujo del mismo y la forma como se da la toma de decisiones en cada punto fue posible establecer diferencias claras entre el deber ser, es decir, como la empresa quisiera funcionar, y la realidad actual.

En segundo lugar, en concordancia con la norma ISO: 9001, y siguiendo como ejemplo lo estipulado en el “Lineamiento para elaborar la caracterización de proceso” (Moreno, Navarrete, & Martínez, 2015) empleado por la secretaría de Salud de la Alcaldía Mayor de Bogotá, se define el proceso en términos de:

- **Actividades:** Que son el conjunto de elementos secuenciales que conforman un proceso.
- **Entradas:** Insumos que dan inicio a una actividad o proceso de transformación.
- **Salidas:** Son el resultado de un proceso o conjunto de procesos.
- **Clientes:** Quienes reciben el resultado de las salidas.
- **Recursos:** Elemento requerido para el inicio de las actividades del proceso. No se transforman, pero son necesarios.
- **Proveedores:** Quienes suministran los elementos para dar inicio al proceso.
- **Líder:** Encargado o responsable de cada proceso.
- **Objetivo:** Lo que quiere lograrse mediante el proceso.
- **Alcance:** Lo comprendido entre el inicio y el fin del proceso, incluidos los extremos.
- **Documentos:** Soporte físico que provee información acerca del proceso.
- **Parámetros de control:** Variables manipuladas para controlar las características de las salidas.

En tercer lugar, se identificaron y midieron algunas variables relevantes, como el sistema de clasificación de artículos actual de la empresa, nivel de servicio, política de reorden, que no es independiente, sino que opera en conjunto con su sistema de facturación. Finalmente se identificaron los potenciales puntos en donde puede establecerse un mecanismo de control; uno para materia prima y otro para producción en proceso. Esto último se logró haciendo observaciones de los recursos

y espacios de los que dispone la empresa, así como también estudiando el flujo del proceso productivo y utilizando la metodología 5W2H. Lo anterior es precisamente una de las cuestiones que este proyecto busca resolver.

Utilizando el ciclo PHVA y la metodología SIPOC, se preparó una propuesta en forma de ficha para la caracterización e identificación de las etapas del proceso productivo de cada uno de los productos de la empresa. Adicionalmente, se realizó un diagrama de flujo general de las labores que realiza la empresa en su cotidianidad en el área productiva que será sujeto a refinamiento una vez se tengan claros todos los procesos involucrados en la fabricación de las pulpas de diferentes frutas.

4.2 Segundo objetivo:

El cual busca construir un modelo para gestionar inventarios de materia prima y producto en proceso para la empresa.

Con el fin de lograr este objetivo se revisó numerosa bibliografía para conocer el estado del arte de los modelos de inventario para productos perecederos, se realizaron observaciones y visitas a la empresa y se recolectaron datos del área de contabilidad, que es la que maneja actualmente el proceso de compras. Las variables que se consideraron relevantes fueron las siguientes:

- Política de conteo de la empresa.
- Variedad, tiempo y cantidad por pedido.
- Costos de mantener, comprar y ordenar.

Con el fin de aproximar un ROP o punto de reorden, se calcularon las probabilidades de ocurrencia de la orden de un producto, así como sus distribuciones de probabilidad y su desviación estándar σ , tabulando los datos suministrados por la empresa en Microsoft Excel y estudiando su forma utilizando el programa Minitab. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Recolección de datos: La cual se realizó de la base de datos de la empresa en unidades de volumen y tiempos.
- Limpieza de datos: Se homogeneizaron los datos con el fin de eliminar las observaciones anormales por temas como demoras o errores en la toma del dato.
- Exploración de los datos: Utilizando estadística descriptiva se tradujeron los datos a gráficos y características que fueran interpretables.
- Análisis de datos: Empleando la estadística de inferencia, se aplicaron pruebas de hipótesis a los conjuntos de datos interanuales obtenidos, para así verificar las distribuciones de probabilidad que siguen, con un nivel de confianza del 90% para dar holgura a los datos.

- Conclusiones: Las cuales se presentarán más adelante en este documento.

Una vez recolectados los datos de venta, a través de la facturación de la empresa, se construyó una serie de tiempo y se procedió a calcular varios pronósticos de ventas para el 2019, utilizando la suavización exponencial doble. La elección de este método, entre los varios que existen, se debe a su facilidad de comprensión y mecanización; así resulta más sencillo mostrar a la empresa la utilidad de conocer de antemano sus niveles esperados de ventas y volúmenes de fruta requeridos, y entrenar a una persona para que los realice periódicamente.

Una vez se tuvieron los resultados de los pronósticos, se procedió a categorizar la demanda de las referencias como erráticas o no erráticas, de acuerdo al comportamiento de las misma, utilizando su coeficiente de variación. Se aplicó un modelo EOQ para demandas variables con demandas no erráticas y se calculó un inventario de seguridad sugerido a la empresa.

Finalmente, se proponen un formato para llevar un registro digital del inventario y el manejo de 4 indicadores que permitirán cuantificar y mejorar el manejo que se le da a las bodegas de materia prima y cuarto frío.

4.3 Tercer objetivo:

La metodología a emplear es la de prueba y error, para formular hipótesis que sean susceptibles de verificación y, garantizando que todo lo demás sigue igual, aislar las variables que presenten un comportamiento inusual. Se espera utilizar el modelo en la referencia de mayor rotación, según el análisis ABC, para validar su correcto funcionamiento y realizar los ajustes necesarios. Los datos para inicializar el pronóstico se recogerán en el semestre 2019-2 entre el 23 de septiembre y el 18 de octubre, debido a lo dispendioso del proceso. Cabe resaltar que la validación de este modelo solamente se realizará a las referencias de mayor rotación, esto debido a que la empresa necesita un modelo pionero, de características básicas y que pueda gestionar y ordenar fácilmente para que no afecte su crecimiento, pero que pueda permitirle organizar sus inventarios de manera efectiva y rápida, además permite una optimización constante que puede amoldarse al continuo crecimiento que la empresa tiene actualmente.

5 Resultados

5.1 Presentación y discusión de resultados

5.1.1 Objetivo 1: Realizar un diagnóstico del sistema de control de inventarios actual

En primer lugar se procedió a caracterizar el proceso productivo de la empresa (**Ver anexo 1: Consolidado único**), dividiendo el proceso por etapas, como se muestra en el flujograma del proceso productivo realizado en Productos Alimenticios Carrusel (figura 1). Se caracterizó lo que ocurre en el proceso mediante la combinación de diagramas SIPOC con el ciclo PHVA, indicando todos sus componentes, responsables, entradas salidas y demás elementos que conforman cada etapa del proceso.

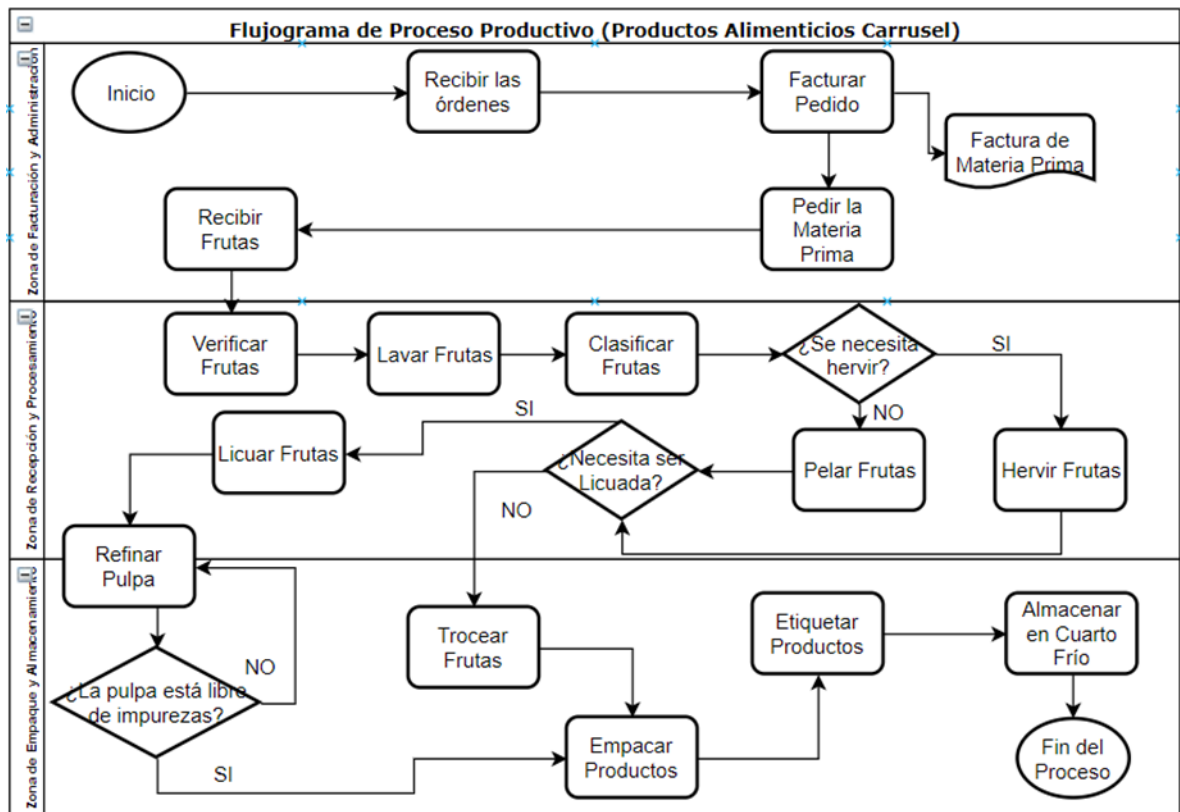


Figura 4: Flujograma de procesos de abastecimiento y producción

Debido a que la empresa considera información sensible mencionar nombres propios, en cada ficha³ se usa un nombre genérico para denominar a los responsables de cada proceso, así como también a los encargados de las tareas.

Teniendo claro el proceso productivo de la empresa (anexo 1), se evaluó el proceso de toma de decisiones por parte de la persona encargada de producción actualmente, quien afirma que: *“en inventario se deben mantener aproximadamente 150 y 200 unidades de cada referencia”*, lo cual es una apreciación personal basada en su experiencia. Se encontró, que existen algunas referencias de escasa rotación y, por lo tanto, tener 200 unidades en inventario de seguridad en dicha referencia es una carga económica para la empresa, la cual, al tratarse de un producto perecedero, termina convirtiéndose en una pérdida.

La oficina administrativa, sin embargo, manifiesta que actualmente opera en un sistema de producción *pull*, más concretamente afirma que *“se inician las operaciones de producción una vez se ha ingresado y aprobado la requisición del cliente, y se produce únicamente lo facturado”*, evidenciando disyuntiva entre el área administrativa y el área de producción, quien fabrica unidades extra bajo su criterio con el fin de tener un stock de seguridad. Claramente existe una ausencia de comunicación y claridad sobre el asunto, en gran parte debido a la falta de documentación común en todas las áreas.

Ante esta situación, se realizó una reunión con los supervisores del proceso productivo y la gerente financiera de la empresa, en donde fue puesto en evidencia el hecho de que la empresa nunca se ha preocupado por las existencias en su bodega porque, mientras el área administrativa asumía que únicamente habían unidades suficientes para cubrir los despachos programados, la persona encargada de producción en cambio producía unidades adicionales debido a varios factores como las unidades enviadas para degustaciones, las *“ñapas”*⁴, mermas y pérdidas por mala manufactura. El déficit monetario que esto produce no era evidente debido a la rotación del dinero que producen las facturas, cada consignación nueva cubre el déficit anterior; en el argot popular esto se conoce como *“Jineteo”*. La segunda razón es que la fórmula de preparación de las pulpas que la empresa utiliza (combinación de polvos y líquidos), se fundamenta en ahorrar y permite hacer rendir la materia prima hasta en un 150%, lo cual se presta para que se manufacturen unidades adicionales con menos materia prima cuando es necesario.

Después de varias discusiones entre los gerentes administrativos de la empresa, se resuelve, a partir de enero de 2019, completar un formato de control de inventarios semanal, y se asigna una persona para que lo digitalice y lo archive. Adicionalmente se aclara a los supervisores de producción y a los operarios que la empresa

³ **Ficha:** Una ficha es un documento en el cual se consigna el procedimiento correcto sobre cómo se debe hacer el proceso.

⁴ **Ñapa.** La palabra *“ñapa”* se origina en una palabra quechua que significa *“ayuda”* o *“aumento”*, según afirma el diccionario de la Real Academia.

empezará a trabajar bajo un modelo *pull flexible a la demanda*, produciendo únicamente las unidades necesarias para cubrir los pedidos facturados, pero manteniendo cantidades de inventario mínimas, considerado como de seguridad, ajustadas a la realidad de la empresa, como se demuestra más adelante

Durante parte de la entrevista al encargado de producción, se logra entrever que es deseo de la empresa operar con un método de compras basado en el modelo EOQ, es decir, comprando lotes económicos, pero esto no ha sido posible debido a limitación de capacidad de almacenamiento de las bodegas para materia prima adicional, debido a que al aplicar EOQ, para cubrir posibles desabastos, sería necesario tener material adicional para responder; la presente realidad Colombiana carece de cultivos escalonados⁵, por lo cual el proceso de compra se hace complejo debido a la gran cantidad de proveedores que son necesarios para cubrir una sola cuota de volumen requerido, además de la estacionalidad en la cosecha de las frutas, esto es, en vez de disponer de 1 solo vendedor que pueda proveer 900 kilos de fruta, se tienen 3 de 300 kilos con frutas de diferentes cosechas. Lo anterior encarece el precio de la materia prima pero además es un tema a tratar por aparte pues cubre un enfoque es distinto al de este trabajo, porque es un enfoque profundo al manejo de proveedores de la empresa.

Por lo tanto, es posible evidenciar que existen varios procesos que presentan irregularidades y pueden ser sujetos a mejora. En primer lugar, es claro que la empresa carece de controles para el manejo de su inventario. No existen registros que evidencien un conteo, revisión o evaluación por parte del área administrativa. Tampoco es claro si emplean o no alguna herramienta (Clasificación ABC, diagrama de Pareto, etc.) que permita la identificación de la relevancia jerárquica de sus productos, en otras palabras, cuáles dejan mejor margen bruto y son más importantes. Lo anterior es necesario para desarrollar una política de inventarios, basada en un método numérico, que se adapte a la necesidad actual de la empresa, facilite su proceso administrativo y que logre que este proceso no sea una carga financiera. También, el hecho de producir a partir de la facturación, sin un plan previo, genera dudas sobre el proceso de planificación de la empresa. Es importante que la empresa pueda planear su producción con al menos una semana de antelación para así poder contrarrestar eventualidades como la escasez de fruta o paradas por daños.

Con respecto a la pregunta problema planteada al inicio del documento, en el momento de desarrollar este diagnóstico se ha referido a un contexto particular para resolver la pregunta, y también provee elementos para poder resolverla, al saber cómo se encuentra la empresa, los problemas que afronta y qué ha venido haciendo

⁵ Cultivos escalonados: A través de la siembra varias veces al año, su propósito es lograr mayores rendimientos productivos con la menor cantidad de recursos y produciendo todo el año, a través del reemplazo de cultivos a medida que se van cosechando.

para mitigar los riesgos, se ve la necesidad de la generación de un sistema de gestión de los inventarios.

Al revisar la caracterización del proceso, es válido este resultado tomando en cuenta el contexto general de la empresa, que cuenta con pocos procesos estandarizados para lograr producciones de alto nivel, que se encuentra en formación para un crecimiento importante. Debido a que pueden ocurrir complicaciones como la comunicación poco efectiva, las estrategias financieras que afectan la empresa, entre otras aclaradas en este diagnóstico. En las empresas grandes o estandarizadas es poco probable que pase, debido a que ya conocen su mercado, sus capacidades y todo está validado desde hace mucho tiempo, siguiendo normas internacionales.

5.1.2 Objetivo 2: Estructuración de un modelo de gestión de inventarios ajustado a la empresa.

5.1.2.1 Evaluación de puntos de control

Inicialmente se identificaron y acordaron, entre la persona encargada de producción y los operarios, tres puntos críticos en donde, quiere hacerse seguimiento al inventario que circula por el proceso productivo, deben llevarse registros diarios debidamente planillados. Como se señala en la figura 5, los puntos 1, 2 y 3 corresponden al ingreso de materia prima, cuarto frío de materia prima en proceso y cuarto frío de producto terminado, respectivamente.

En el punto 1 es necesario hacer uso de la balanza disponible para comenzar a medir el ingreso de materia prima a la empresa y llevar a diario un control sobre lo que está ingresando. La misma se encuentra disponible físicamente pero no ha sido calibrada y por esto no es usada.

En el cuarto frío de materia prima en proceso (Punto 2), se almacenan en contenedores plásticos las pulpas de las frutas que posteriormente van a ser empacadas. Aquí es importante llevar un registro de los kilos de fruta, horas, fechas y personas que ingresan y retiran producto.

En el punto 3 se almacenan a temperaturas bajo cero las unidades empacadas y listas para su comercialización, este lugar es quizá el más importante pues es el punto de partida del repartidor para armar las distintas configuraciones de pedidos diarias.

Una concesión importante que debe hacer la empresa en pro de su tecnificación es estandarizar su unidad de movimiento de materiales y pasar del uso de términos como “tibungos”, “canastas” y unidades de frutas (1 lulo, 3 mangos, 4 moras, etc.) a kilos, litros y metros cúbicos, lo anterior con el fin de calcular relaciones que faciliten la planificación de indicadores estandarizados, que permitan medir de forma objetiva los sucesos diarios, semanales, mensuales y a largo plazo de la empresa.

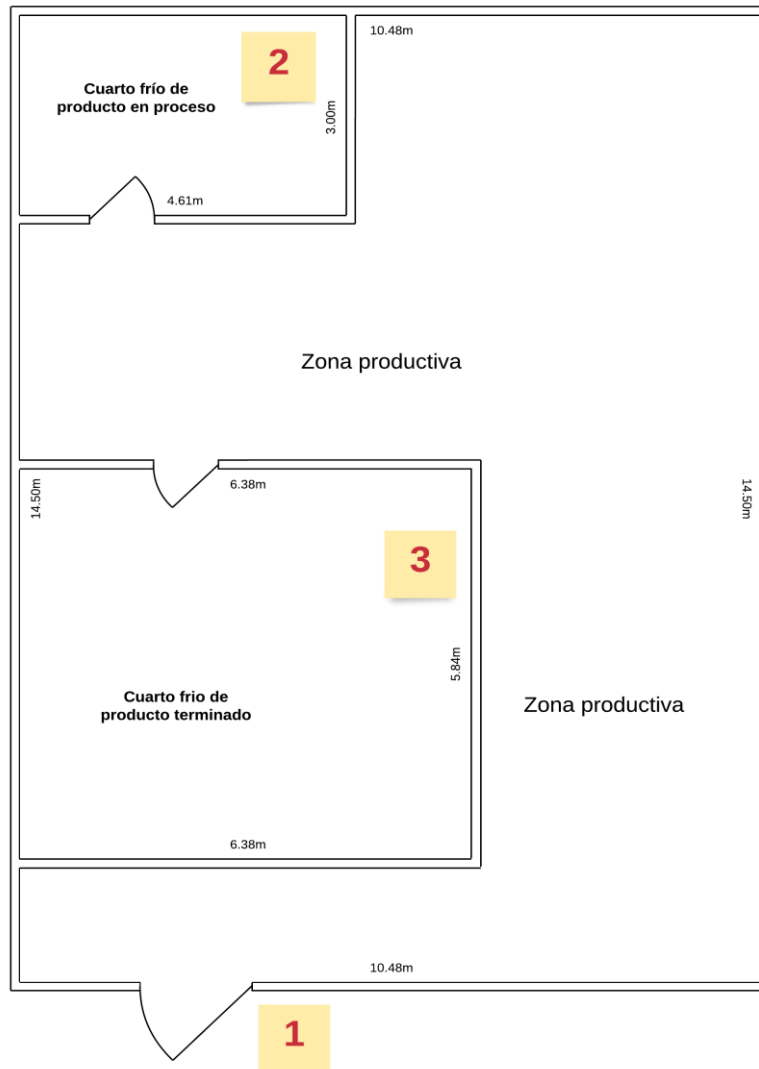


Figura 5: Layout de áreas productivas y cuartos fríos

5.1.2.2 Política de conteo por análisis ABC

Este es el método comúnmente más aceptado en la industria y por tanto el utilizado en este trabajo para calcular una política de conteo. A continuación, se detalla a grandes rasgos el análisis ABC y los resultados obtenidos de los datos suministrados por la empresa:

EAN	Presentación	Precio Unitario	Unidades Vendidas	Valor Vendido	Participación	Participación acumulada	Clasificación
FRESCA EN TROZOS 500	500	2700	38198	\$ 103.134.600	9,9%	9,9%	A
Maracuya 500	500	2700	32346	\$ 87.334.200	8,4%	18,4%	A
Lulo 500	500	2700	31350	\$ 84.645.000	8,2%	26,5%	A
FRESCA EN TROZOS 400	400	2500	32835	\$ 82.087.500	7,9%	34,4%	A
Fresa 500	500	2700	29114	\$ 78.607.800	7,6%	42,0%	A
Mora 500	500	2700	27752	\$ 74.930.400	7,2%	49,2%	A
Uva 500	500	2700	26333	\$ 71.099.100	6,9%	56,1%	A
Guanabana 300	300	2750	21338	\$ 58.679.500	5,7%	61,7%	A
Lulo 300	300	1800	28922	\$ 52.059.600	5,0%	66,7%	A
FRESCA EN TROZOS 300	300	1850	26803	\$ 49.585.550	4,8%	71,5%	A
Sabila 500	500	2700	18000	\$ 48.600.000	4,7%	76,2%	A
Guanabana 500	500	1700	26295	\$ 44.701.500	4,3%	80,5%	B
Mango 500	500	2700	16302	\$ 44.015.400	4,2%	84,8%	B
Piña 500	500	2300	19014	\$ 43.732.200	4,2%	89,0%	B
Borojo 500	500	2700	15548	\$ 41.979.600	4,0%	93,0%	B
Mora 300	300	1400	20412	\$ 28.576.800	2,8%	95,8%	B
Mango 300	300	1600	14614	\$ 23.382.400	2,3%	98,0%	C
FRESCA EN TROZOS 200	200	850	20614	\$ 17.521.900	1,7%	99,7%	C
Guayaba Coronilla 500	500	2700	668	\$ 1.803.600	0,2%	99,9%	C
Guayaba Pera 500	500	2700	425	\$ 1.147.500	0,1%	100,0%	C

Clasificación	Participación estimada	n	Participación de n	ventas	participación de ventas
A	0%-80%	11	55%	790763250	76%
B	81%-95%	5	56%	203005500	82%
C	96%-100%	4	100%	43855400	100%

Tabla 1: Clasificación ABC de las líneas de productos que ofrece Productos Alimenticios Carrusel

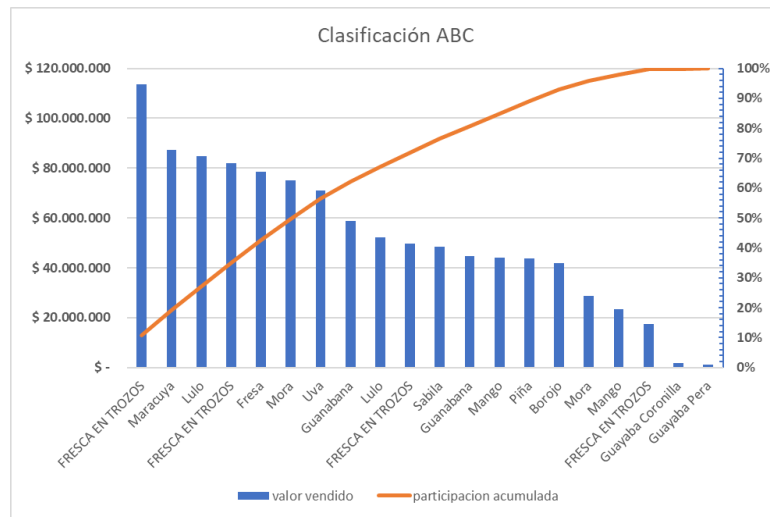


Figura 6: Clasificación ABC por ventas

La clasificación ABC se realizó utilizando el método de valoración por dinero, basándose en la demanda anual del año 2018. El archivo de Excel detallado se encuentra en la sección de anexos como Anexo 1: *Consolidado único*. La decisión de realizar dicha clasificación utilizando la valoración por dinero, se debe a la necesidad de explicar a la empresa la relevancia de sus productos en términos monetarios, facilitando la toma de decisiones sobre cuáles referencias mantener

con más inventario porque presentan una mayor demanda y, por lo tanto, teniendo en cuenta su precio de venta, generan más ingresos.

Una vez realizada la clasificación ABC, se determinó el comportamiento de la demanda con el fin de contribuir a la selección del sistema de pronóstico que mejor se adapte mediante el cálculo del coeficiente de variación de la demanda:

$$CVd = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda}}{\text{Demanda promedio}}$$

Ecuación 9: Coeficiente de variación de la demanda

Si el coeficiente de variación es mayor o igual que 1 (100%), la demanda puede catalogarse como errática. En caso contrario, la demanda puede considerarse estacionaria o perpetua. (Vidal, 2010).

De acuerdo con el coeficiente de variación, ninguno de los ítems presenta una demanda errática para los de clase A, que son en los que haremos énfasis pues representan la mayor fuente de ingresos de la empresa.

Ejemplo con el producto: Fruta fresca en trozos x500grs

Coeficiente de variación		
Demanda promedio	Desviación estándar de la demanda	CVd
3183,166667	538,2494915	0,169092463

5.1.2.3 Pronósticos

Como se mencionó anteriormente, los sistemas de pronósticos son una forma de emitir un juicio sobre lo que es más probable que ocurra en el futuro cercano, basándose en el análisis matemático y las consideraciones del experto. Su importancia radica en que permiten obtener conocimiento sobre eventos inciertos que pueden influir la toma de decisiones.

Para el caso de estudio abordado, el método elegido fue la suavización exponencial doble por varias razones: Es un método que pronostica tendencias lineales con facilidad, es sencillo de programar y por lo tanto de explicar los interesados dentro de la empresa, por último, es un buen punto de partida para probar otros métodos más avanzados como los autorregresivos o la programación lineal entera-mixta. una vez se tengan más datos. En cuanto a los errores para el pronóstico, se eligió trabajar con el error porcentual medio absoluto (MAPE), debido a que expresar el error como una medida porcentual es fácil de asimilar y de interpretar con relación a los demás tipos de error existentes. Los datos analizados corresponden al periodo de enero – diciembre del año 2018 (12 meses).

Ejemplo con el producto: Fruta fresca en trozos x500grs.

Se utilizó un $n=1$ (igual a la demanda del periodo 1) para inicializar el método. La tendencia suavizada inicial se calcula como la pendiente de la línea de tendencia de la demanda.

β	0,01	FRESCA EN TROZOS 500			
α	0,47				
Periodo	Demanda	Pronóstico suavizado	Tendencia suavizada	Pronóstico con tendencia	
1,00	3.208,00	3.208,00	-	42,85	3.165,15
2,00	2.714,00	3.185,07	-	42,65	3.142,42
3,00	3.503,00	2.943,19	-	44,66	2.898,53
4,00	3.119,00	3.179,63	-	41,83	3.137,80
5,00	3.630,00	3.129,06	-	41,92	3.087,14
6,00	3.489,00	3.339,59	-	39,37	3.300,21
7,00	3.513,00	3.388,01	-	38,49	3.349,52
8,00	4.296,00	3.425,54	-	37,72	3.387,82
9,00	2.829,00	3.810,15	-	33,47	3.776,68
10,00	2.717,00	3.335,98	-	37,91	3.298,07
11,00	2.296,00	3.027,85	-	40,63	2.987,22
12,00	2.884,00	2.665,78	-	43,87	2.621,92
13,00		2.743,79	-	42,64	2.701,15

Tabla 2: Proyección de tendencia con suavización exponencial doble

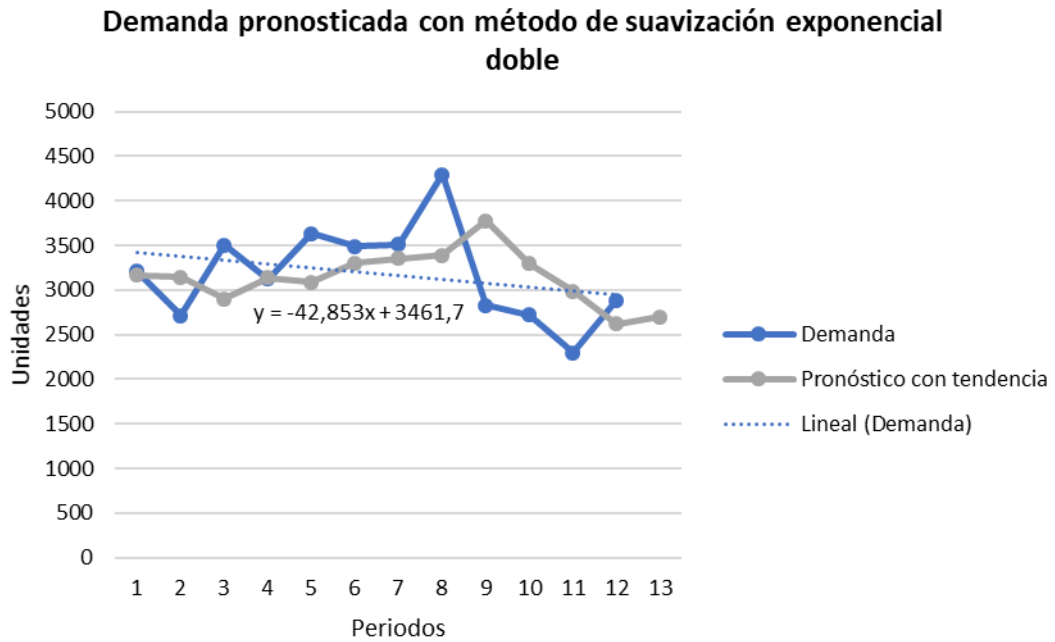


Figura 7: Demanda pronosticada con método de suavización exponencial doble

Lo valores de α y β que minimizan el MAPE en la tabla 2, se calcularon utilizando Minitab 2019. A continuación, se muestra una tabla con los errores calculados:

Periodo	Demanda	Pronóstico	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (MSE)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
1,00	3.208,00	3.165,15	42,85	42,85	1.836,39	0,01
2,00	2.714,00	3.142,42	428,42	428,42	183.545,77	0,16
3,00	3.503,00	2.898,53	604,47	604,47	365.379,14	0,17
4,00	3.119,00	3.137,80	18,80	18,80	353,49	0,01
5,00	3.630,00	3.087,14	542,86	542,86	294.694,80	0,15
6,00	3.489,00	3.300,21	188,79	188,79	35.640,23	0,05
7,00	3.513,00	3.349,52	163,48	163,48	26.727,25	0,05
8,00	4.296,00	3.387,82	908,18	908,18	824.797,47	0,21
9,00	2.829,00	3.776,68	947,68	947,68	898.094,46	0,33
10,00	2.717,00	3.298,07	581,07	581,07	337.641,51	0,21
11,00	2.296,00	2.987,22	691,22	691,22	477.790,17	0,30
12,00	2.884,00	2.621,92	262,08	262,08	68.688,05	0,09
Suma de errores			45,52	5.379,91	3.515.188,73	1,75

Figura 8: Errores del Pronóstico

Este mismo método se repite para todas las referencias y es posible sacar conclusiones sobre cada una de ellas por separado, seleccionándolas del cuadro amarillo en la página correspondiente del archivo consolidado adjunto a este trabajo.

5.1.2.4 EOQ

Para construir el EOQ se utilizaron datos adicionales suministrados por la empresa tales como el costo de colocación de una orden y el costo total unitario. Como se muestra a continuación, se realiza el ejemplo con el producto: Fruta fresca en trozos x500grs.

CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ) con demanda variable		
Fruta	FRESCA EN TROZOS 500	
(D) Tasa de demanda	38198	Unidades/año
(S) Costo de colocación de una orden	\$ 300,00	unidades monetarias / unidad
(C) Costo total unitario	\$ 600,00	unidades monetarias / unidad
(i) Tasa de mantenimiento	2,00%	Porcentaje anual
(H) Costo anual de mantenimiento	\$ 12,00	unidades monetarias/unidad
Días laborales por año	246	Días/año
(L) Lead time del proveedor	2	Días
EOQ Cantidad Económica de Pedido	1382	unidades / pedido
Costo anual de colocar ordenes	\$ 8.291,95	unidades monetarias/año
Costo anual de mantenimiento del inventario	\$ 8.291,95	unidades monetarias/año
(TRC) Costo Total Relevante	\$ 16.583,90	unidades monetarias/año
(N) Número de ordenes colocadas al año	28	Ordenes/año
(T) Tiempo entre cada orden	9	Días
(R) Punto de reorden	796	unidades
Periodo de consumo del EOQ	9	Días

Tabla 3: Variables del proceso para determinar modelo EOQ

La tasa de mantenimiento $i\%$ se calculó utilizando la relación que existe entre los costos de mantener la bodega y el costo promedio del inventario. El *lead time* de los proveedores es relativamente corto dada la cercanía de la empresa con los mismos, los días laborales se calcularon utilizando la calculadora de días laborales disponible en https://colombia.workingdays.org/dias_laborables_feriados_2019.htm.

El modelo matemático para construir el EOQ se encuentra detallado en el marco teórico en el capítulo correspondiente, la herramienta construida con dicho modelo se encuentra anexa en el archivo *Consolidado único*. Las filas en color gris son parametrizadas manualmente mientras que las que están en color rojo son los resultados arrojados por el modelo.

El resultado arrojado por este análisis contrasta con el deseo de la empresa de mantener una cantidad mínima de producto en bodega. Según el cálculo realizado para la referencia ejemplo, el EOQ se consume cada nueve días y va en línea con

la forma en que produce la empresa esta referencia en particular; generalmente se dedican dos días a la semana para una misma fruta alternando horarios entre limpieza, procesado, almacenado y empacado. Según este resultado, se tienen 9 días para la producción de un nuevo lote, durante los cuales, si quiere mantenerse un nivel de servicio de 0,9 (90%), la responsabilidad que se tiene es la de producir un nuevo EOQ a la velocidad requerida. Por otro lado, el punto de reorden calculado (ROP) se encuentra por debajo del EOQ lo que significa que para el *Lead time* dado, la empresa siempre tendrá una pequeña cantidad de producto en su bodega. La proyección gráfica del inventario se vería así:

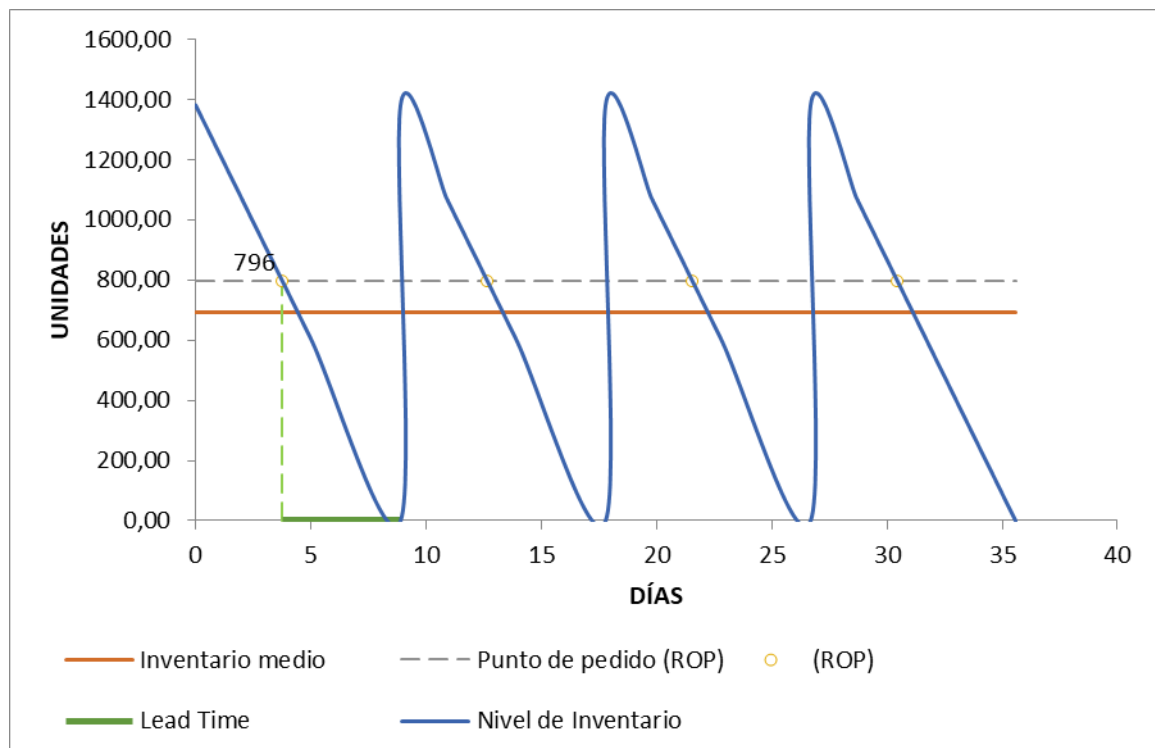


Figura 9: Modelo EOQ, punto de reorden y lead time

Para validar que el modelo EOQ es el adecuado para la serie de datos se calculó el coeficiente de variabilidad (VC). De acuerdo con (Vidal, 2010) cuando el coeficiente de variabilidad calculado es menor a 0,2 puede utilizarse una variación del EOQ. Para la referencia en cuestión el resultado fue como se muestra a continuación:

Coeficiente de variabilidad			
Varianza de la demanda por periodo	Cuadrado de la demanda por prom. Por	VC	Decisión
289712,5152	10132550,03	0,028592261	EOQ

Figura 10: Coeficiente de variabilidad VC del proceso

Finalmente, se calculó un stock de seguridad adaptando el recurso proveído por *Vermorel, 2007* en la página web www.lokad.com. Dicha adaptación sigue el modelo matemático de (Vidal, 2010), descrito en el capítulo del marco teórico, y se encuentra en el anexo *Consolidado único*.

Desviación estándar de la demanda	Factor de servicio	Factor lead time	Inventario de seguridad:	l time (Meses):	Nivel de servicio:
538,2494915	1,281551566	0,25819889	178,1041685	0,066667	0,9

Figura 11: Stock de seguridad presentado para el ejemplo

El cálculo del inventario de seguridad se realizó multiplicando la desviación estándar x el factor de servicio x el factor del Lead time y arrojó un valor de aproximadamente 178 unidades para el ítem del ejemplo, que es un valor esperado entre las 150 y 200 unidades que tiene como política la empresa, esto sin embargo es un ahorro pues el intervalo puede reducirse a entre 150 y 178 unidades en primera instancia.

Es importante aclarar dos cosas: la primera es que se está trabando con un nivel de servicio de 0.9, que es relativamente alto e implica la mantención de mayores niveles de inventario. La segunda es que el modelo construido aplica si, solo si, para demanda variable con lead time constante.

5.1.2.5 Indicadores

Para medir el desempeño de la empresa, se proponen 3 indicadores a la empresa PAC como se muestran a continuación:

$$1. \text{ Vejez del inventario} = \frac{\text{Unidades averiadas+obsoletas+vencidas}}{\text{Unidades disponibles en el inventario}}$$

Ecuación 10: Estado de vejez del inventario

$$2. \text{ Rotación de mercancías} = \frac{\text{Ventas acumuladas}}{\text{Inventario promedio}}$$

Ecuación 11: Rotación de mercancías en empresa

$$3. \text{ Exactitud en inventarios} = \frac{\text{Valor diferencia (\$)}}{\text{Valor total inventarios}} * 100$$

Ecuación 12: Nivel de exactitud en inventarios

$$4. \text{ Pérdida por unidades vencidas (\$)} = \frac{\text{Valor unidades vencidas (\$)}}{\text{Valor total del inventario (\$)}}$$

El indicador 1 tiene el propósito de medir qué tan reciente o antiguo es el inventario, lo cual es importante al tratarse de un producto perecedero. El indicador 2 es útil para saber a qué velocidad la empresa realiza sus ventas y por lo tanto complementar el EOQ a la hora de tomar decisiones como aumentar o disminuir el inventario, a partir de la cifra señalada por el modelo matemático. Mediante el

indicador 3 se espera calcular las pérdidas, en términos monetarios, que suceden al interior de la empresa.

El cuarto indicador indica la cantidad de dinero que la empresa pierde por unidades vencidas debido a la mala rotación ya sea de manera general o específico por cada referencia.

Se espera poder evaluar el uso de los cuatro indicadores a partir del año 2020 iniciando desde cero, llevando un archivo digital que de cuenta de la evolución del proceso. En este momento se está realizando un recuento manual de las existencias totales en los cuartos fríos, con el fin de calcular el primer y cuarto indicadores; la vejez del inventario actual y la pérdida monetaria que esto implica en caso de haber averías o productos vencidos.

Finalmente, en el anexo *consolidado único* se propone un formato para llevar el control de los inventarios en el cuarto frío, el cual calcula el valor del inventario y si es necesario o no realizar un pedido nuevo en función de los valores que se ingresen en las casillas de nivel de pedido, cantidad del pedido nuevo y días para el nuevo pedido.

Los resultados obtenidos en estos objetivos permiten plantear varias perspectivas que cubrirá la implementación de este modelo, primero, el espacio donde se va a trabajar, el layout de la planta permite tener una visión de cómo son los movimientos que se realizan dentro de la empresa entre las diferentes bodegas; segundo, el análisis ABC realizado permite saber que productos son primeros que se deben abordar y probar el modelo, y como sus demandas no son erráticas, permite tener una visión extrapolada de lo que puede pasar con todos los demás productos de la empresa en la aplicación de la propuesta; tercero, se estudian los pronósticos a los que se pueden ajustar los productos, lo cual es la parte más importante de este objetivo, porque permite encaminar y dar respuesta a la pregunta problemática planteada al inicio del documento, ya que brinda un punto claro de partida para la toma de decisiones sobre el método que la empresa necesita para conseguir lo que quiere la propuesta, estos pronósticos hallados son el insumo principal que determina el comportamiento de la demanda de los productos y por ende lo que debe asumir la empresa en futuros casos y por esta razón fue utilizado el método de pronósticos elegido, además que abre la puerta a métodos dinámicos que dan herramientas de gran valor para estructurar la propuesta entre los cuales están el ARIMA y el Holt – Winters.

5.1.3 Objetivo 3: Validación y pruebas del modelo estructurado

Durante la validación del modelo de inventarios propuesto en este trabajo se encontraron inconsistencias entre los resultados reales y los valores teóricos calculados, en lo que respecta al cálculo de pronósticos y el EOQ para todos los

ítems. El principal desafío radica en la suposición inicial de una demanda no errática, lo cual distó de lo que sucedió en realidad. Existen fechas posteriores en donde se presentaron picos muy altos de demanda, seguidos de valles con demanda regular lo cual indica que los coeficientes de variabilidad son indicadores dinámicos y no estáticos, por lo tanto, se hace necesaria una constante vigilancia de las dinámicas del mercado.

El segundo fue que, aunque se tuviera un inventario de seguridad, el mismo no fue restaurado con la rapidez necesaria en algunas ocasiones debido a la aparición de órdenes extraordinarias que dilataban y/o cambiaban los órdenes de producción. Gracias a las negociaciones adelantadas por el área comercial, las ventas del primer trimestre del 2019 fueron considerablemente más altas que las del primer trimestre del 2018, lo cual indica una tendencia interanual y por lo tanto hace necesario el cálculo de un stock de seguridad dinámico, en vez de uno estático.

El tercero fue que se asumió que el costo de colocación de una orden es el mismo para todas las frutas, sin embargo, debido a la diversidad de proveedores y el tipo de negociaciones logradas entre el área de compras y los mismos, dicho costo varía entre las órdenes de distintas frutas e incluso dentro de una misma fruta.

Una revisión adicional de los SKU arroja como resultado que existen retos adicionales por resolver: El primero es que las referencias “Fruta fresca en trozos” fueron tratadas como ítems individuales cuando en realidad se trata de una mezcla diversa de todas las demás frutas, es decir, en un pedido de 100 unidades de “Fruta fresca en trozos” puede ir, por ejemplo, un porcentaje de mango, mora y uva, dicha proporción es desconocida por la empresa debido a la falta de un registro, por lo tanto, las cantidades requeridas de materia prima cambian haciendo necesario un trabajo adicional sobre todos los indicadores y pronósticos. El segundo tiene que ver con las proporciones de fruta–mezcla que utiliza la empresa cuando hay escasez de materia prima. Debido a que la mezcla es flexible, las concentraciones de fruta pueden variar de un bache a otro, por lo tanto, aunque el pronóstico de demanda no varíe, el cálculo del EOQ para el área de compras sí lo hace.

Por lo anterior, es necesario implementar un registro sobre la proporción de fruta despachada en cada envío combinado, así como desplegar un plan para contabilizar la proporción de fruta - mezcla que contiene cada lote. De esta manera es posible planear de antemano la cantidad de materia prima requerida para la producción de la empresa. Para gestionar las materias primas, el modelo debe ajustarse con las cantidades reales antes de producir y no después, con el fin de separar la cantidad bruta requerida de fruta del resto de los ingredientes.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo explicando las ventajas que representa tener implementados los indicadores sugeridos en el capítulo de indicadores

Cuadro comparativo de indicadores				
Nombre	Indicador	Antes	Después	Ventaja
Vejez del inventario	$\frac{\textit{Unidades averiadas + obsoletas + vencidas}}{\textit{Unidades disponibles en el inventario}}$	Ninguno.	Se estima la vejez del inventario.	Estima un nivel de mercancía no disponible para despachos con el fin de tomar acciones correctivas y que no afecten el costo del inventario almacenado.
Rotación de las mercancías	$\frac{\textit{Ventas acumuladas}}{\textit{Inventario promedio}}$	Ninguno.	Se calcula la velocidad de rotación del inventario.	Tener claro en todo momento el índice de rotación de cada producto facilita la toma de decisiones sobre cuáles productos almacenar y cuáles mantener con un modelo pull.
Exactitud de los inventarios	$\frac{\textit{Valor diferencia ($)}}{\textit{Valor total inventarios}} * 100$	Ninguno.	Se calcula la exactitud con la que se está realizando el conteo.	Permite conocer qué referencias representan mayores costos para la empresa debido a su merma o descuadres con respecto al costo total de los inventarios.
Perdida por unidades vencidas	$\frac{\textit{Valor unidades vencidas ($)}}{\textit{Valor total del inventario ($)}}$	Ninguno.	Se estima la pérdida incurrida por productos vencidos.	Estima la pérdida monetaria que sucede debido a la obsolescencia de los productos de baja rotación.

5.2 Conclusiones

- El registro que debe llevarse sobre el inventario de materia prima y su movimiento debe ser riguroso, si quieren mantenerse el nivel de inventario y un control sobre el mismo. Debido a que el número de ítems de clase A no es muy grande, el control puede hacerse utilizando un sistema manual basado en hojas electrónicas, lo cual constituye una ventaja económica para Productos Alimenticios Carrusel, al tratarse de una PYME.
- No es necesariamente cierto que deba tenerse un stock de seguridad de entre 150 y 200 unidades de cada referencia, las que presentan demanda errática, por ejemplo, pueden trabajarse con niveles de stock mínimos, como se muestra en el cálculo de stock de seguridad. Las referencias de Guayaba presentan un valor unitario significativo, pero son de movimiento muy lento por lo tanto la empresa puede trabajarlas con pull sin un inventario de seguridad.
- Durante el análisis de los patrones de demanda se encontraron ítems con demanda errática, que requieren de la formulación de un modelo heurístico, distinto al utilizado para los ítems de clase A, con tendencia y demanda continua.
- No todas las referencias de la empresa Productos Alimenticios Carrusel presentan un patrón de demanda estable para el año 2018, por lo cual, se hace necesario el uso de una combinación de pronósticos diferentes que se ajusten mejor a la demanda. El brusco cambio que se produce trimestre a trimestre del 2018 con relación al 2019 indica que la demanda tiene una tendencia o comportamiento cíclico interanual que debe contemplarse con un método de pronóstico más avanzado.
- Como resultado del estudio realizado, se determina que el nivel de inventario de producto terminado puede reducirse inicialmente en un 13%, pasando de 4000 mil unidades a 3463, lo cual representa una oportunidad de ahorro para la empresa. Este porcentaje puede reducirse aún más si se elimina el stock de seguridad para las referencias de escasa rotación que pueden trabajarse exclusivamente bajo pull.

5.3 Recomendaciones

- Es crítico que la empresa lleve registros mensuales digitalizados de su demanda, la recolección de dichos registros es beneficiosa para la inicialización de los métodos de pronóstico, por lo tanto, entre más registros se tengan, más precisos son los cálculos.
- Llevar un registro del Lead Time real por proveedor hace que los cálculos del EOQ cambien y sean más precisos, por lo tanto, se recomienda llevar un control manual sobre los mismos.
- Debido a la estacionalidad de las frutas, el sistema de clasificación ABC debe revisarse frecuentemente, porque la jerarquía cambia en función del precio de venta, que a su vez varía de acuerdo a la estacionalidad de la materia prima.
- Capacitar a los operarios de la empresa, según los procesos especificados en este documento, para así crear manuales para el funcionamiento correcto y eficaz del proceso.
- La política construida en este trabajo funciona únicamente para los ítems de clase A. Para los ítems de clase B y C, debido al carácter errático de su demanda, es necesario implementar el uso de técnicas de pronóstico y políticas de inventario adicionales.
- Existen productos cuya demanda no es representativa, por lo tanto, se sugiere a la empresa no mantener un stock permanente de estos productos, dado que representan una carga económica antes que una fuente de ingresos.

6 Bibliografía

- Amorim, P., Meyr, H., Almeder, C., & Almada-Lobo, B. (8 de Noviembre de 2011). Managing perishability in production-distribution planning: a discussion and review. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, págs. 389-413.
- Bakker, M., Riezebos, J., & Teunter, R. (2012). Review of inventory systems with deterioration since 2001. *European Journal of Operational Research*, 275-284. Recuperado el 27 de Marzo de 2019
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, Planeación y Operación* (Tercera ed.). Ciudad de México, México: Pearson Prentice Hall.
- Cortés Hurtado, B. E., & Morales Bejarano, L. V. (2012). *Diseño de un sistema de control de inventarios de repuestos en una empresa manufacturera de la ciudad de Cali*. Universidad del Valle, Valle del Cauca. Cali: Escuela de Ingeniería Industrial.
- Damgaard, C., Nguyen, V., Hvolby, H.-H., & Steger-Jensen, K. (2013). Perishable Inventory Challenges. En A. University, *Perishable Inventory Challenges* (págs. 670-677). Aalborg: Springer.
- Espinoza, O. (2011). *La administración eficiente de los inventarios* (Vol. I). Madrid, España: La Ensenada.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Karakaya, E., Tozan, H., Karataz, M., & Bartolacci, M. (2017). Scenario - based Cycle Time Comparison of Cellular Transport Systems with Conventional Warehouse Systems. *Global Journal of Researches in Engineering: G Industrial Engineering*, 1-8. Obtenido de Engineering Research.
- Martínez, J., Yáñez, A., & Palacio, Ó. (2010). *Google Scholar*. Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de Universidad Militar Nueva Granada: http://www.umng.edu.co/documents/10162/745279/V2N2_7.pdf
- Moreno, M., Navarrete, G., & Martínez, L. (2015). *Lineamiento para elaborar la caracterización de procesos*. Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Nahmias, S., Perry, D., & Stadje, W. (2004). Perishable inventory systems with variable input and demand rates. *Mathematical Methods of Operations Research*, 155-162.
- Obaidullah, J. (7 de Abril de 2019). *Xplained*. Obtenido de <https://xplained.com/333007/economic-order-quantity>

- Organización Internacional de Normalización - ISO. (2011). *ISO 50001 - 2011*. Ginebra: Secretaría Central de ISO.
- Pérez, F., & Torres, F. (2014). Modelos de inventarios con productos perecederos: revisión de literatura. *Ingeniería*, 19(2), 9-40.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage*. New York, USA: Free Press.
- Sallenave, J. P. (2002). *La gerencia Integral. ¡No le tema a la competencia, témale a la incompetencia!* Bogotá: Norma.
- Shah, B., & Khanzode, V. (7 de January de 2017). A Comprehensive Review of Warehouse Operational Issues. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 2-31.
- SuperSol. (11 de Noviembre de 2016). *Todos los días sale el Sol*. Obtenido de <http://todoslosdiasalelSol.com/frescos/la-estacionalidad-por-que-consumir-hortalizas-de-temporada/>
- Universidad Industrial de Santander. (2008). *Guía de Almacenamiento Seco, Refrigerado y Congelado*. Departamento de Proceso Bienestar Estudiantil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/guías/GBE.27.pdf
- Vidal, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Villar Fernández, N., & Masa Lorenzo, C. (s.f.). *Wolters Kluwer España*. Obtenido de http://diccionarioempresarial.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNTYxNLtbLUouLM_DxblwMDS0NDQ3OQQGZapUt-ckhIQaptWmJOcSoAOhZnpTUAAAA=WKE

ANEXOS

Anexo 1: *Consolidado Único.*