



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ingeniería
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

Propuesta de reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestría en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:

Joana Ariadna García Camacho

Asesor:

Dr. Roberto Sarmiento Rebeles

San Luis Potosí, S. L. P.

Marzo de 2019



Dedicatoria

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y fortaleza para lograr mis objetivos.

A mi esposo Wadith Jorge.

Por su apoyo incondicional, por tus consejos, por la motivación constante, por alentarme a llegar a la meta, pero más que nada, por su amor.

A mi papá Juan García y mi mamá María de Jesús Camacho.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan, por ser el pilar en todo lo que soy: en la vida y en toda mi educación académica, por su apoyo incondicional, por apoyar todos mis sueños que poco a poco se hacen realidad pero sobre todo gracias por creer en mí.

A mis hijas Sophie y Andrea.

Por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder otorgarles un mejor futuro.

A mis hermanos Jessica, Jenny y Juan Manuel.

Por estar siempre conmigo y apoyarme, los quiero mucho.

Agradecimiento

A mi asesor Dr. Roberto Sarmiento Rebeles.

Por su apoyo y motivación para poder culminar la tesis.

Resumen

La presión intensa que las empresas manufactureras y de servicio enfrentan tanto a nivel nacional como internacional las han obligado a explorar y desarrollar capacidades distintas a las tradicionales (ej., costo, calidad) que les permitan obtener alguna ventaja sobre sus competidores. Una de esas capacidades es la habilidad de hacer entregas a tiempo de los productos y/o servicios que se ofrecen a los clientes. La falta de materia prima es una de las causas que influyen negativamente en las entregas a tiempo. A su vez, los siguientes son ejemplos de variables que pueden ocasionar faltantes de materia prima: retrabajos constantes, diferencias de inventario, atrasos en las entregas de proveedores, clasificación inadecuada de artículos de inventario, entre otras.

Tomando en cuenta lo anterior, el objetivo de este estudio es la reclasificación de artículos de inventario en una empresa manufacturera con operaciones en el estado de San Luis Potosí, México. Esto con el fin de reducir las probabilidades de que ocurran faltantes de materia prima. La reclasificación estará basada en criterios múltiples, y además se utilizará la metodología conocida como el proceso de análisis jerárquico (AHP por sus siglas en el idioma inglés) para obtener la reclasificación final para cada uno de los artículos de inventario existentes en la empresa.

De manera más específica, el estudio pretende dar solución a estas preguntas de investigación:

1. Al reclasificar los artículos de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿qué efectos se observarán en todos los artículos que forman parte en la empresa de manufactura?

2. Una vez que se realice la reclasificación de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿qué efectos se observaran en los artículos que han sido identificados como causa de incumplimientos de compromisos con los clientes?
3. Al momento de reclasificar a los artículos de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿qué efectos se observarán en los niveles de inventario de la empresa?

Los diferentes análisis dieron como resultado las siguientes respuestas:

1. La reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples causó que el 32% de los artículos incrementaran su clasificación ABC, 12% bajaron su clasificación y 56% conservaran su clasificación ABC. Es decir, el 44% de los artículos cambiaron su nivel de importancia y su nivel de servicio.
2. La reclasificación de los artículos identificados como causa de incumplimientos de compromisos de los clientes permitió que 77% de los artículos incrementaran su clasificación ABC. En consecuencia, el nivel de servicio se incrementó, reduciendo la probabilidad de caer en incumplimientos.
3. La nueva clasificación de los artículos de inventario generó una disminución de 3% en el costo general del inventario.

Además, se puede decir que la reclasificación de los artículos ayudó a balancear el nivel de inventario en la empresa. Y esto es porque, mientras que la clasificación tradicional ABC se basa en un sólo criterio, la nueva metodología basada en criterios múltiples permite tomar en cuenta otros aspectos importantes para una administración más adecuada del inventario en la empresa.

Como futura línea de investigación, se recomienda la realización de un estudio complementario que use la metodología híbrida propuesta por Lolli (2014). Esa propuesta combina la metodología AHP con un algoritmo de prioridades, lo que en teoría dará como resultado una mejor segmentación y la eliminación de la subjetividad que es inherente a la metodología AHP.

Abstract

The intense pressure that manufacturing and service firms face both at the national and international levels, has forced them to explore and develop capabilities different from traditional ones (e.g., cost, quality) that can allow them to attain an edge over their competitors. One of those capabilities is the ability to make on-time deliveries of finished goods and/or services to their customers. Raw material stockouts is one of the causes that negatively effect on-time deliveries. At the same time, the following are examples of variables that can result in raw material stockouts: constant rework of finished goods, inventory differences, delays in deliveries from suppliers, inadequate classification of inventory items, amongst others.

Taking the preceding discussion into consideration, the aim of this study is the reclassification of inventory items in a manufacturing firm with operations in the state of San Luis Potosi, Mexico. This is done in order to reduce the possibility of raw material stockout occurrences. The reclassification will be based on multiple criteria, and the methodology known as the analytic hierarchy process (AHP) will be utilized to obtain the final reclassification for each inventory item in the firm.

More specifically, this study seeks to address these research questions:

- I. After the inventory items have been reclassified using a methodology that accounts for multiple criteria, what effects will be observed vis-à-vis all items that partake in the structure of the manufacturing firm?
- II. Once the inventory reclassification has been performed, what effects will be observed on items that have been identified as a cause of late deliveries to customers?
- III. After the inventory items have been reclassified, what effects will be observed on the firm's inventory levels?

The different analyses yielded the following answers:

- I. The reclassification of items resulted in an increased ABC classification in 32%, a decrease in ABC in 12% and 56% of the items conserved their ABC classification. Meaning 44% of the items changed their importance and service level.
- II. The reclassification of items that caused late deliveries to customers resulted in an increased ABC classification in 77% of them. Thus, the service level will increase reducing the possibility of late deliveries.
- III. The new classification of inventory items did decrease on 3% the overall cost of inventory.

Furthermore, it can be said that the reclassification of items has helped to balance the firm's inventory levels. And this is because, while the traditional ABC classification is based on just one criterion, the new multi-criteria methodology takes into account other important aspects that will allow the firm to manage its inventory more adequately.

As a future line of research, it is recommended that a complementary study using a hybrid methodology proposed by Lolli (2014) be performed. This approach combines the AHP methodology with an algorithm of priorities, which in theory will result in a better segmentation and in the elimination of the subjectivity inherent to the AHP methodology.

Índice general

Introducción.....	1
1. Problemática en las entregas a tiempo.....	3
1.1 <i>Problematización.....</i>	3
1.2 <i>Delimitación del problema.....</i>	7
1.3 <i>Enunciado formal del problema.....</i>	8
1.4 <i>Justificación de la investigación.....</i>	8
1.5 <i>Objetivo General.....</i>	13
1.6 <i>Objetivos Específicos.....</i>	14
1.7 <i>Alcance.....</i>	14
1.8 <i>Limitaciones.....</i>	14
2. Conceptos y definiciones de la cadena de suministro.....	15
2.2 <i>Introducción.....</i>	15
2.3 <i>Antecedentes del concepto de la cadena de suministro.....</i>	15
2.4 <i>Concepto actual de la cadena de suministro.....</i>	18
2.5 <i>Funciones de la Cadena de Suministro.....</i>	20
2.6 <i>Concepto de Costos y Costeo.....</i>	22
2.6.1 <i>Costos relevantes, no relevantes y costos de oportunidad.....</i>	23
2.6.2 <i>Costos directos, indirectos.....</i>	23
2.6.3 <i>Costos fijos y variables.....</i>	24
2.6.4 <i>Costos intangibles.....</i>	24
2.6.5 <i>Clasificación de costos de acuerdo con el proceso.....</i>	24
2.6.6 <i>Costos ABC en la gestión logística.....</i>	24
2.6.7 <i>Costos de la Cadena de Suministro.....</i>	26
2.7 <i>Medición de la Cadena de Suministro.....</i>	27
2.8 <i>Conflictos en la Cadena de Suministro.....</i>	29
2.9 <i>Administración de Materiales.....</i>	30
2.9.1 <i>Antecedentes de la Administración de Materiales.....</i>	30
2.9.2 <i>Definición de Administración de Materiales.....</i>	32
2.9.3 <i>Justificación para mantener el inventario.....</i>	33
2.10 <i>Clasificación del inventario.....</i>	34
2.11 <i>Funciones del Inventario.....</i>	35
2.12 <i>Costos del Inventario.....</i>	36
2.13 <i>Métodos de valoración del inventario.....</i>	38
2.14 <i>Administración del inventario.....</i>	39
2.15 <i>Objetivos de la administración de inventarios.....</i>	39
2.16 <i>Nivel de Servicio.....</i>	41

2.17.	<i>Medición del Nivel de servicio</i>	42
2.18.	<i>Inventario de Seguridad</i>	42
2.19.	<i>Métodos de Análisis de Inventario</i>	44
2.20.	<i>Análisis ABC</i>	45
2.21.	<i>Análisis de inventario en base a criterios múltiples</i>	47
3.	Hipótesis del problema	50
4.	Implementación de la propuesta de reclasificación de inventario	51
4.1.	<i>Tipo de investigación</i>	51
4.2.	<i>Diseño de la Investigación</i>	51
4.3.	<i>Unidad de análisis</i>	52
4.4.	<i>Población</i>	52
4.5.	<i>Muestra</i>	52
4.6.	<i>Técnica e instrumentos para la recolección de datos</i>	52
4.7.	<i>Técnicas para el procesamiento y Análisis de datos</i>	52
4.8.	<i>Fases de la investigación</i>	53
4.9.	<i>Resultados esperados</i>	55
4.10.	<i>Resultados</i>	55
4.10.1.	<i>Etapa 1: Revisión de la situación actual</i>	55
4.10.2.	<i>Etapa 2: Reclasificación Inventario en base a criterios múltiples</i>	58
4.10.3.	<i>Etapa 3: Materiales identificados como causa de incumplimiento</i>	69
4.10.4.	<i>Etapa 4: Comparación de inventario actual basado en la clasificación de inventarios tradicional contra el nivel de inventario basado en reclasificación de inventarios por criterios múltiples</i>	71
4.10.5.	<i>Etapa 5: Respuestas a las hipótesis de investigación</i>	73
	Conclusiones	75
	Recomendaciones	76
	Referencias	77

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Valor de las ventas no realizadas	5
Ilustración 2. Porcentaje de cumplimiento de las órdenes de compra de clientes	6
Ilustración 3. Causas que impactan a las entregas a tiempo de producto terminado	7
Ilustración 4. Niveles de inventario de seguridad de la planta de cuidados del hogar ...	13
Ilustración 5. Funciones principales y adicionales de la Cadena de Suministro	20
Ilustración 6 Funciones de la Cadena de suministro.....	22
Ilustración 7. Optimización de costos y nivel de servicio.....	26
Ilustración 8. Dimensiones de los Costos logísticos.....	27
Ilustración 9. Proceso del modelo de la cadena de suministro	28
Ilustración 10. Metas de Producción	40
Ilustración 11. Fases de la investigación.....	53
Ilustración 12. Clasificación de los artículos de inventario de la empresa de acuerdo con la metodología ABC tradicional	57
Ilustración 13. Diagrama de múltiples variables	59
Ilustración 14. Resultado comparación de pares primer nivel.....	61
Ilustración 15. Resultado comparación de pares segundo nivel.	62
Ilustración 16. ABC basado en Criterios Múltiples.	68
Ilustración 17. Reclasificación de materiales identificados como faltantes	70
Ilustración 18. Comparación del valor de Inventario de Seguridad.....	71
Ilustración 19. Valor de Inventario tradicional vs Múltiples.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los productos según el código de selectivo integral	10
Tabla 2. Resultados al utilizar la matriz de costo de adquisición/índice de rotación.....	11
Tabla 3. Reducción de Inventario	12
Tabla 4. Fórmulas medición de servicio	42
Tabla 5. Relación entre Servicio deseado y Factor de servicio.....	44
Tabla 6. Metodologías para el análisis de inventario basado en un enfoque multicriterio.	48
Tabla 7. Política de Inventario de seguridad por clasificación ABC	56
Tabla 8. Clasificación ABC tradicional.....	57
Tabla 9. Escala de comparación.	60
Tabla 10. Ejemplo valores de criterios para reclasificación.....	63
Tabla 11. Ejemplo sustitución de fórmula de Clasificación	65
Tabla 12. Distribución de clasificación ABC.	66
Tabla 13. Reclasificación de inventario	67

1
1

Introducción

Las organizaciones mantienen inventarios y estos se encuentran constituidos por: Materias primas, sus productos en proceso, los suministros que se utilizan en sus operaciones y los productos terminados.

Müller (2011) menciona que el control de inventarios es un tema fundamental para las empresas y este puede ser tan simple o complejo dependiendo del tipo de industria de la que estemos hablando. En consecuencia, es muy común escuchar a gerentes, financieros, analistas y participantes de la cadena de suministro decir que la administración del inventario es uno de los principales problemas al que se enfrentan. Algunos ejemplos son: excesos y/o faltantes de inventario, diferencias físicas y/o en el sistema, entre otros. Estos a su vez tienen consecuencias en otras áreas de la organización, tales como, los costos financieros y el nivel de servicio al cliente.

La administración del inventario se puede definir como: la planeación y control del inventario desde la compra de la materia prima hasta la entrega al cliente de producto terminado, por lo tanto, se deben de establecer reglas de decisión acerca de los inventarios para que el personal a cargo pueda hacer su trabajo de manera eficiente (Arnold, 2008).

Con estos antecedentes se decidió realizar el presente proyecto en una empresa manufacturera de equipo de protección personal ubicada en San Luis Potosí, y en específico del sector de protección auditiva. Esta es una empresa global que continuamente presenta cambios y enfrenta nuevos retos de competencia interna y externa.

En consecuencia, es importante que la organización cuente con una adecuada administración que le permita cumplir con sus objetivos de ser una empresa de clase mundial.

1. Problemática en las entregas a tiempo

1.1 Problematización

Las empresas de manufactura pueden competir de diferentes formas en el mercado. Dos de ellas es mediante la entrega a tiempo y forma de los productos que ofrecen a los consumidores (Skinner, 1996). Es importante mencionar que las entregas a tiempo y forma dependen de una serie de factores o variables entre los que se encuentran: los procesos productivos, calidad de materias primas y producto terminado, eficiencia de los medios de transporte, procesos de exportación/importación y procedimientos internos; además de estos factores, la falta de materiales también puede ocasionar problemas que impidan la fabricación de los productos en tiempo y forma.

Esto a la vez puede tener como consecuencia el incumplimiento con las fechas de entrega de los productos, lo cual puede provocar la insatisfacción del cliente con todos los riesgos que esto implica.

En la empresa a estudiar, mediante el registro diario durante un año se encontraron las siguientes variables sobre las causas del incumplimiento en las fecha de entrega:

1. Cambios en la demanda: incremento drástico en la demanda de uno o varios productos.
2. Diferencias de inventarios.
3. Proveedores:
 - (1) Entregas tardías de los proveedores.
 - (2) Problemas de calidad con proveedores externos e internos, lo cual se ve reflejado con rechazos y material puesto en cuarentena.

4. Tiempo de entrega: el tiempo de entrega de los proveedores en promedio es 50 días debido a que el 90% de las compras de materia prima provienen de proveedores localizados en Estados Unidos.

Otra variable importante que interviene en este tipo de problema tiene que ver con la clasificación de la materia prima para su control. Es una práctica común en las empresas el uso del sistema de clasificación tradicional denominado como "ABC", el cual, está basado en el valor de consumo anual.

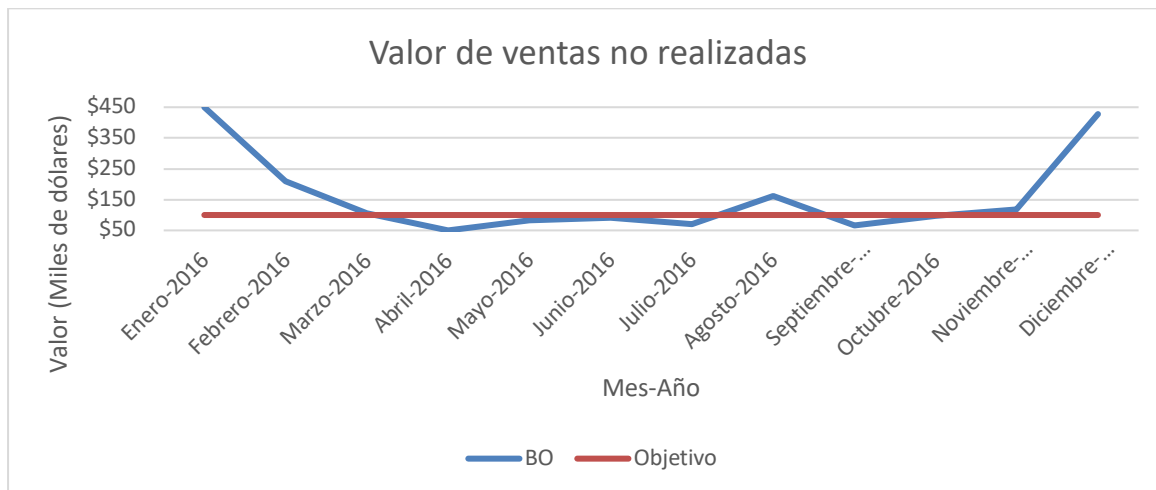
Estudiosos en el tema como Guvenir y Erel (1998), Huiskonen (2001), Partovi y Anandarajan (2002) reconocen que la clasificación tradicional tiene limitaciones serias, ya que esta se basa solamente en el costo monetario del inventario. Tomando en cuenta esta limitación, diversos métodos de clasificación de inventario que están basados en criterios múltiples han sido propuestos por algunos autores, tales como, Flores y Whybark (1986-1987), Cohen y Ernst (1988), Flores et al. (1992), Partovi y Burton (1993), Reynolds (1994), Guvenir y Erel (1998), Puente et al. (2002), Partovi y Anandarajan (2002), Ramanathan (2006); Zhou y Fan (2007), Rezaei (2007); Caki y Canbolat (2008), Bhattacharya et al. (2007) y Chen et al. (2008). En estos métodos, además de variables que reflejan los costos financieros (ej., costo unitario por artículo), también se toman en cuenta otros aspectos importantes tales como procesos de las industrias, futuro, metas de optimización, atributos de los materiales por mencionar algunos.

Uno de los objetivos de la clasificación de inventarios basada en criterios múltiples es que una materia prima independientemente de su valor o costo financiero pueda ser también clasificada en base a la importancia que tiene para la fabricación de uno o más productos, en otras palabras, el artículo también puede ser clasificado de acuerdo con su "criticidad", tal como lo propone Benito E. Flores, (1992).

En la empresa a estudiar se han tenido problemas de falta de inventario (material stockout) en un grupo de artículos que han sido identificados. Estos faltantes de inventario han tenido como consecuencia el incumplimiento de entregas, es decir, no se ha entregado al cliente de acuerdo con la fecha requerida. Como consecuencia los indicadores de servicio al cliente no han mostrado resultados favorecedores, el servicio al cliente se mide con dos indicadores:

1. “Backorder” (Valor de las ventas no realizadas por falta de inventario en el centro de distribución ubicado en Estados Unidos). El objetivo de la empresa es de \$100,000 dólares. En la ilustración 1 se puede apreciar que hay seis meses en el año en los que no se cumple el objetivo de cien mil dólares.

Ilustración 1. Valor de las ventas no realizadas



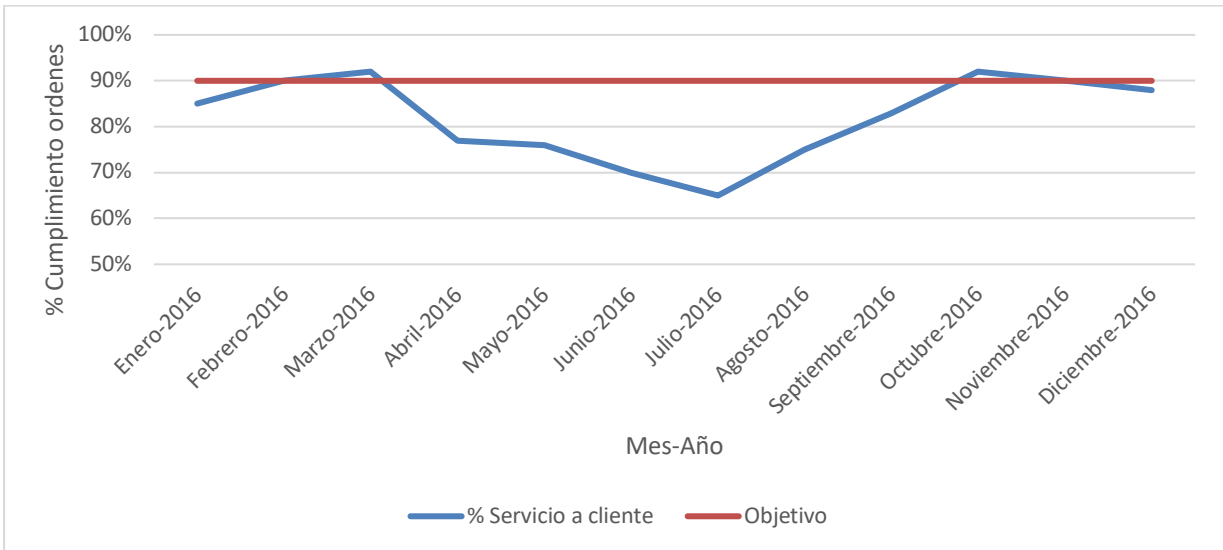
Fuente: Registros de la empresa

Elaboración: Propia

2. Porcentaje de cumplimiento en ordenes. Este indicador ayuda a determinar si la organización embarca de acuerdo con las fechas requeridas con los clientes. Se obtiene al dividir las ordenes en tiempo entre el total de las ordenes abiertas. El

objetivo es el 90% y como se puede ver en la ilustración 2 se encuentra fuera de objetivo desde octubre 2016.

Ilustración 2. Porcentaje de cumplimiento de las órdenes de compra de clientes



Fuente: Registros de la empresa

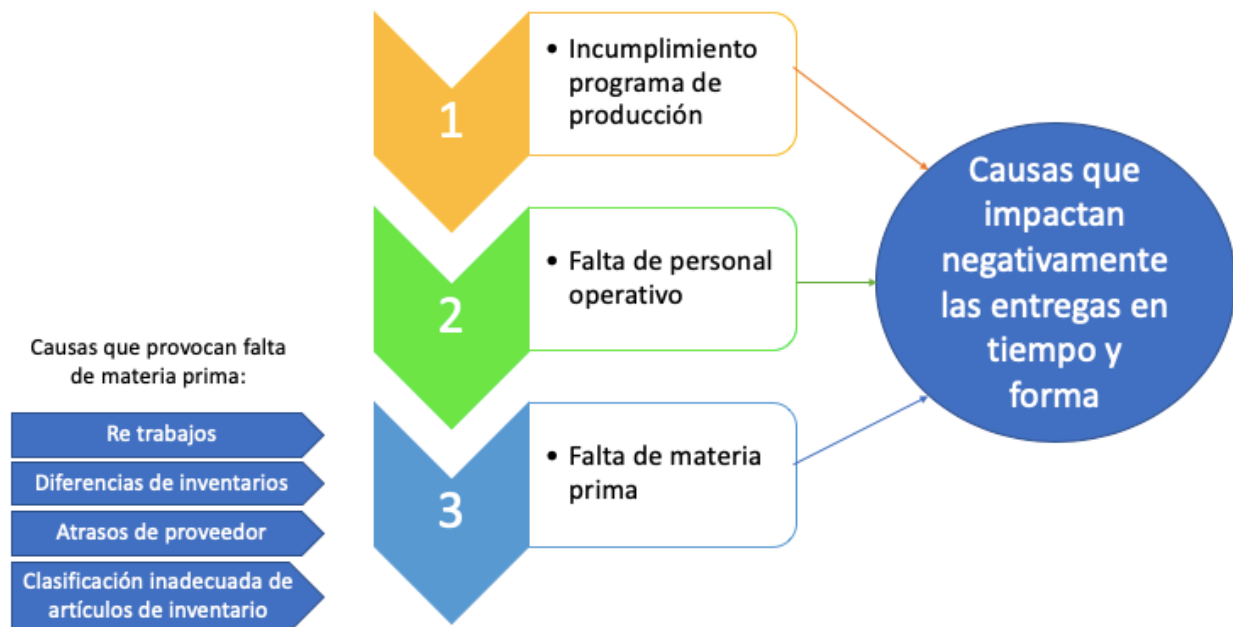
Elaboración: Propia

Debido a que la empresa utiliza el método de clasificación tradicional “ABC”, es posible que el cambiar a un sistema de clasificación basado en criterios múltiples pueda ayudar a solucionar el problema de faltante de materia prima de los artículos anteriormente mencionados, en otras palabras, es posible que al reclasificar los artículos tomando en cuenta no solo el valor monetario sino su importancia (criticidad), el sistema automatizado de manejo de inventarios de la empresa va a requerir una compra adicional además de incrementar el nivel de inventario sugerido.

Esto llevará a reducir la posibilidad de que se tengan incumplimiento de entregas de productos en tiempo y forma por falta de materia prima (stockout).

La ilustración 3 muestra el problema de investigación listando las causas que impactan negativamente en las entregas a tiempo y mostrando que provoca la falta de materia prima; siendo este el objeto de la investigación.

Ilustración 3. Causas que impactan a las entregas a tiempo de producto terminado



Fuente: Elaboración propia

1.2. Delimitación del problema

El presente trabajo se concentrará en proponer una reclasificación de inventario por medio de los criterios múltiples. Otras variables que provocan faltantes de inventario tales como, re trabajos, diferencias de inventario y atrasos de proveedor no serán objeto de estudio.

Tampoco se investigarán variables que pueden incidir en la entrega de producto a clientes tales como incumplimiento al programa de producción y falta de personal operativo.

1.3. Enunciado formal del problema

Al reclasificar los artículos de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿Qué efectos se observarán en todos los artículos que forman parte en la empresa de manufactura?

Una vez que se realice la reclasificación de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿Qué efectos se observaran en los artículos que han sido identificados como causa de incumplimientos de compromisos con los clientes?

Al momento de reclasificar a los artículos de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿Qué efectos se observarán en los niveles de inventario de la empresa?

1.4. Justificación de la investigación

De acuerdo con Chavez (2010) en los últimos años ha estado creciendo la presión de los clientes por el servicio, la velocidad, el bajo costo y la posibilidad de ampliar la elección en la forma de compra.

Ahora los clientes buscan tener todo sin dar nada, y esto se convierte en una complejidad para las organizaciones y sus cadenas de suministro.

Por lo tanto, una gestión adecuada de elementos tales como, flujos de materiales, información, financieros y de retorno desde el origen hasta su destino, debe tener una visión integral con el objetivo de brindar a los clientes internos y externos de la

organización un servicio de calidad en el momento oportuno. Por su parte Gutiérrez (2009) indica que la situación actual dificulta a las organizaciones mantener la ventaja competitiva únicamente con el producto. Ante esta situación, el potencial del servicio al cliente como medio para obtener una diferenciación y ser capaz de seguir compitiendo en el mercado es la opción mas adecuada.

Para Christopher (1994), Prida y Gutiérrez (1996), Levy (1997), Gómez y Acevedo (2000) y Prada (2000), el valor añadido que incorpora la logística en cada uno de los eslabones del sistema logístico constituye un arma competitiva importante. Tal es el caso de la excelencia en el servicio de entrega, el liderazgo en la diferenciación del producto, la gestión con un mínimo costo y el servicio logístico al cliente sobre la base de una eficiente gestión de inventarios de acuerdo con Gutiérrez (2009). Esta consiste en mantener un nivel de inventario que permita, a un mínimo costo, un máximo de servicio a los clientes. Gutiérrez (2009) indica que los complejos problemas han hecho necesario introducir esquemas matemáticos más flexibles y adecuados al entorno empresarial contemporáneo. Estos incluyen modelos de criterios múltiples tales como: la optimización lineal, el análisis matricial, el análisis jerárquico, los árboles de decisión y las reglas heurísticas.

Por ejemplo, Gutiérrez (2009) realizó la reclasificación de inventario con una matriz costo de adquisición/índice de rotación, la cual tiene como objetivo, facilitar la toma de decisiones de inventario teniendo en cuenta el índice de rotación y el costo de adquisición. Esta técnica fue aplicada en un Hotel en Cuba a 125 productos que representaban el 100% de los materiales en existencia al momento de la investigación. El 75.2% del total de los productos esta clasificado como crítico y el 43.5% tiene alto impacto en la imagen de servicio de la organización.

La tabla 1 muestra la clasificación ABC tradicional donde el 21.6% de los productos se clasifico como A y estos representan el 74.6% del valor de consumo total y 86.9% del movimiento esta clasificación deja fuera otros criterios que son importantes para el Hotel.

Tabla 1. Clasificación de los productos según el código de selectivo integral

Clasificación de los productos según el código selectivo integral

Total de productos (125)			Peso específico (%) que representan del			
Zonas	Cantidad	%	Consumo	Movimiento	Inventario medio	Existencia
A	27	21,60	74,45	86,90	69,15	66,66
B	33	26,40	19,13	8,06	22,75	22,98
C	65	52,00	6,42	5,04	8,10	10,36

Fuente: **Gutiérrez (2009)**

Para la aplicación de la metodología, los artículos de inventario se dividieron por familias de productos para así generar cuadrantes de:

1. Productos de alto riesgo
2. Productos estratégicos
3. Productos de poco riesgo
4. Productos preferenciales

Adicionalmente se clasificaron los artículos de acuerdo con su índice de rotación y su costo de adquisición y a su vez se dividieron en alto y bajo. Una vez aplicada toda la metodología, se ubico cada artículo en cada sector de la matriz que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados al utilizar la matriz de costo de adquisición/índice de rotación

Resultados de aplicación de la matriz de costo de adquisición/índice de rotación

Costo de adquisición	Alto	<i>Alto riesgo</i> • Filete de res	<i>Productos estratégicos</i> • Pierna de cerdo asada
	Bajo	<i>Poco riesgo</i> • Filete pescado • Filete de jamón • Pierna de jamón	<i>Productos preferenciales</i> • Filete pescado monte
		Bajo	Alto
		Índice de rotación	

Fuente: **Gutiérrez (2009)**

El resultado obtenido con el método sugiere las siguientes estrategias:

- Controlar productos críticos y de alto impacto.
- Establecer diferentes niveles de servicio, dependiendo de la zona de clasificación.
- Valorar la disminución de los inventarios de los artículos con menor rotación.

El enfoque de criterios múltiples en el método ABC parte de la consideración de varios criterios. Esto permitió clasificar a los artículos en diferentes zonas para proponer estrategias más específicas que lleven un mejor manejo del inventario.

Otro ejemplo de la importancia de una administración adecuada del inventario es el caso de Procter & Gamble. Esta empresa comenzó a usar técnicas de administración de inventarios desde el año 1970, teniendo como resultado una disminución significativa en el total de la inversión en el inventario. (Farasyn Ingrid, 2011).

La empresa inicio con modelos simples diseñados ellos mismos en hojas de cálculo. Actualmente un 60% del negocio se maneja con esta misma herramienta. Los beneficios

de los modelos estadísticos son el reducir el sesgo de inventarios de seguridad excesivamente altos, pero también los inventarios de seguridad muy bajos ya que estos podrían resultar por falta de material.

La tabla 3. Muestra como diversas plantas en diferentes regiones que aplicaron las herramientas experimentaron una reducción de inventario que va desde 10% hasta el 50%, tal es el caso de, la planta de Belleza y Cuidado del hogar de Norte América y esto fue gracias a la implementación de técnicas de administración de inventarios y modelos estadísticos.

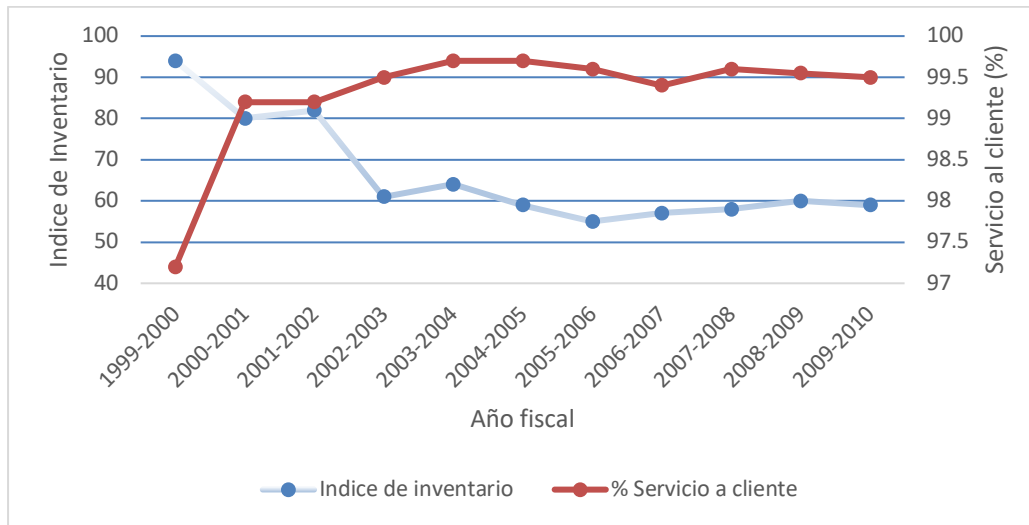
Tabla 3. Reducción de Inventario

Unidad de negocio global	Región	Alcance del modelo	Modelo de inventario	Reducción total de inventario
Belleza y Cuidado del hogar	Norte América	Plantas de Cuidado de la piel	FIM	-50
Cuidado del hogar	Europa Occidental	Planta en Amiens, Francia	XIM	-12
Cuidado del hogar	Europa Occidental	Planta en Mechelen, Bélgica y almacén en Reino Unido	XIM	-30
Múltiple	Europa Central y Oriental	Plantas regionales y almacenes	FIM/XIM	-10
Cuidado del hogar	Europa Central y Oriental	Almacén central en Moscú, Rusia	XIM	-12
Cuidado del hogar	Asia	Pan-Asia Pringles	FIM	-12
Cuidado del hogar	Asia	China Pringles	FIM	-10

Fuente: **Farasyn Ingrid (2011)**

Un caso especial dentro de Procter & Gamble es el de la planta de Tela y Cuidados del hogar ubicada en Europa, la cual además de reducir su nivel de inventario en 36% también logró incrementar su nivel de servicio en más de 98% utilizando los modelos estadísticos como se puede ver en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Niveles de inventario de seguridad de la planta de cuidados del hogar



Fuente: **Farasyn Ingrid (2011)**

Los dos casos anteriores demuestran que una mejor administración de inventarios puede ayudar a aplicar de una forma más eficiente las políticas de inventarios y esto a su vez se traduce en una mejora del nivel de servicio al cliente, reducir el inventario y lograr una ventaja competitiva para mantenerse en el mercado.

1.5. Objetivo General

Reclasificar los artículos de inventario de la empresa en estudio a manera de que se reduzcan las posibilidades de tener faltantes de materia prima (material stockout). Esto a su vez reducirá la posibilidad de incumplir los compromisos de entregas a tiempo y forma de producto terminado a cliente.

1.6. Objetivos Específicos

1. Reclasificar los artículos identificados como materia prima usando un enfoque de criterios múltiples que tiene como base la metodología conocida como proceso de análisis jerárquico (AHP).
2. Una vez realizada la reclasificación de los artículos de inventario, observar y analizar los nuevos requerimientos de los artículos identificados como causa de incumplimiento de entregas a tiempo.
3. Comparar el nivel de inventario de seguridad actual basado en la clasificación tradicional contra el nivel de inventario de seguridad, usando la reclasificación de inventarios por criterios múltiples.

1.7. Alcance

Se espera que los resultados obtenidos en este trabajo puedan ser de interés y utilidad a profesionales y ejecutivos involucrados en áreas como logística, control de inventarios, administración de operaciones y todas aquellas que pudieran tener problemas similares con respecto a entregas a tiempo de producto terminado.

1.8. Limitaciones

Como se mencionó anteriormente, el problema a tratar en este trabajo se limita a la empresa dedicada a fabricar equipo de protección personal en su área de protección auditiva ubicada en San Luis Potosí, con un enfoque particular en el problema de falta de materia prima debido a una posible clasificación inadecuada de los artículos de inventario.

2. Conceptos y definiciones de la cadena de suministro

2.2. Introducción

La cadena de suministro tiene interacciones con múltiples actores, tales como: clientes, fabricantes, proveedores, solo por mencionar algunos. La globalización permite que las compañías extiendan su propia cadena de suministro y establezcan centros de distribución, almacenes, plantas de producción y oficinas de ventas alrededor del mundo.

Como resultado del crecimiento de la cadena de suministro se puede ver un incremento en la complejidad ya que hay más actores involucrados y esto puede generar más errores y una mayor incertidumbre. Hopee (2008) indica que hay dos componentes principales en la administración de materiales: el nivel de servicio y el inventario de seguridad, los cuales dependen del análisis y clasificación del inventario.

La administración de materiales está relacionada con el servicio al cliente por lo que su control y seguimiento es de suma importancia para poder lograr la satisfacción del cliente y a su vez la rentabilidad de la empresa, ya que un buen nivel de servicio se traduce en mayores ventas.

2.3. Antecedentes del concepto de la cadena de suministro

De acuerdo con Arnold (2008) en el pasado, muchos gerentes ponían mayor atención a los problemas internos de su compañía sin dejar de estar atentos al impacto de los proveedores, clientes y distribuidores; pero aquellas unidades eran vistas como entidades del negocio únicamente. Especialistas en compras, ventas y logística eran asignados a “negociar” con entidades externas, frecuentemente a través de contratos

legales que fueron negociados regularmente y con términos a corto plazo. Arnold (2008) dice que el primer cambio de perspectiva inicio con el crecimiento explosivo de Justo a Tiempo, concepto desarrollado originalmente por Toyota y otras compañías japonesas en 1970. Las sociedades establecidas con los proveedores fueron de lo más exitoso en la filosofía Justo a Tiempo.

Arnold (2008) indicó que, con este concepto los vendedores fueron vistos como socios en lugar de adversarios. Se puso gran énfasis en la confianza entre ambos socios y muchos mecanismos de limitación fueron eliminados. Con el tiempo, el grado de cooperación fue mayor y se generaron otros cambios en las relaciones como:

- Análisis en conjunto para la reducción de costos
- Diseño de producto compartido
- En Justo a Tiempo, se redujeron los inventarios en proceso y se incrementó la rapidez de las entregas de acuerdo con las necesidades del cliente. (Arnold, 2008, págs. 5-7).

De acuerdo con Blanchard (2010) en algún momento antes de los años 80's se empezó a cambiar del término distribución, transportación y administración de materiales al de: "Cadena de Suministro". El término apareció por primera vez escrito en 1982 y se le atribuye a Keith Oliver, un consultor en Booz Allen. En todo caso fue en 1985 cuando Michael Porter en su libro "Ventaja Competitiva" ilustra cómo una compañía puede ser más rentable, al analizar estratégicamente los cinco procesos que componen la cadena de suministro que está construida por:

1. Logística de entrada. Estas actividades están relacionadas con el recibo de materiales, almacenaje, manejo de materiales, control de inventario, programación de transportes y retorno a proveedores.
2. Operaciones. Son actividades relacionadas a la transformación de las entradas en el producto final.
3. Logística de Salida. Son actividades relacionadas a la recolección, almacenaje y distribución física a los clientes.
4. Ventas y Mercadotecnia. En el contexto de la Cadena de Suministro, son las actividades que inducen a los clientes a comprar un producto.
5. Servicio. Se refiere a las actividades asociadas a proveer un servicio para ampliar o mantener el valor del producto. (Blanchard, 2010, págs. 6-8)

Arnold (2008), menciona que el concepto de la Cadena de Suministro se ha ido modificando con el paso de los años debido a los cambios que han sucedido en el mundo, por ejemplo:

- El rápido crecimiento de las capacidades de las computadoras junto con el desarrollo de nuevas aplicaciones de software, hace que las compañías puedan acceder a la información más rápido y se ha vuelto una ventaja competitiva o una necesidad para muchas empresas.
- Ha habido un gran crecimiento en la competencia global.
- El crecimiento tecnológico para el desarrollo de los productos y procesos.
- Los cambios impulsados por Justo a Tiempo en los 80's han madurado.

- Como respuesta a los puntos anteriores, más compañías están subcontratando a sus proveedores y manteniendo solo sus principales actividades como internas. (Arnold, 2008).

A pesar de que los términos han cambiado a lo largo de tiempo Blanchard (2010) comenta que los objetivos esenciales se han mantenido constantes:

- Articular exactamente lo que la cadena de suministro es en una empresa y lo que abarca.
- Identificar cuellos de botella que disminuyen el movimiento de información, productos y servicios.
- Tener los procesos adecuados para tener los productos entregados en el lugar y tiempo correcto.
- Dar poder a las personas idóneas que ayuden a lograr los puntos anteriores. (David, 2010).

2.4. Concepto actual de la cadena de suministro

La definición de Cadena de suministro de acuerdo con APICS¹ es:

“La red global que se utiliza para entregar productos y servicios de las materias primas a los clientes finales a través de un flujo de ingeniería de la información, la distribución física, y dinero en efectivo”.

¹ APICS, fundada en 1957 como “The American Production and Inventory Control Society” y ahora llamada “The Association for Operations Managements”, construye excelencia en la administración de operaciones a través de la entrenamiento y educación superior, y es reconocida internacionalmente por sus certificaciones, recursos integrales.

La red no necesariamente debe de ser global, sin embargo, la competencia de mercados, globalización y la creciente complejidad de las condiciones de mercado ha hecho que las empresas cada día se inclinen por tener contacto con el exterior.

Por su parte Sehgal (2009) dice que la cadena de suministro es el “Flujo y administración de recursos a lo largo de compañía con el propósito de mantener la rentabilidad operativa del negocio”. Esta definición es muy genérica, sin embargo, considera la administración de recursos que pueden ser: gente, materiales, información y otros activos; tales como: vehículos y maquinaria; además contempla la rentabilidad de operación a diferencia de APICS.

Para Arnold (2008) las empresas actualmente están adoptando el término de Cadena de Suministro como un conjunto de actividades que comprenden desde la producción de las materias primas hasta la compra del producto terminado y de ahí obtener como resultado un desempeño óptimo del servicio al cliente.

La cadena de suministro debe de tomar en cuenta varios enfoques, pero de acuerdo con Arnold (2008) los tres más críticos son:

1. Flujo de materiales
2. Flujo y difusión de la información y compartir información, siendo la mayor parte por internet.
3. Transferencia de fondos

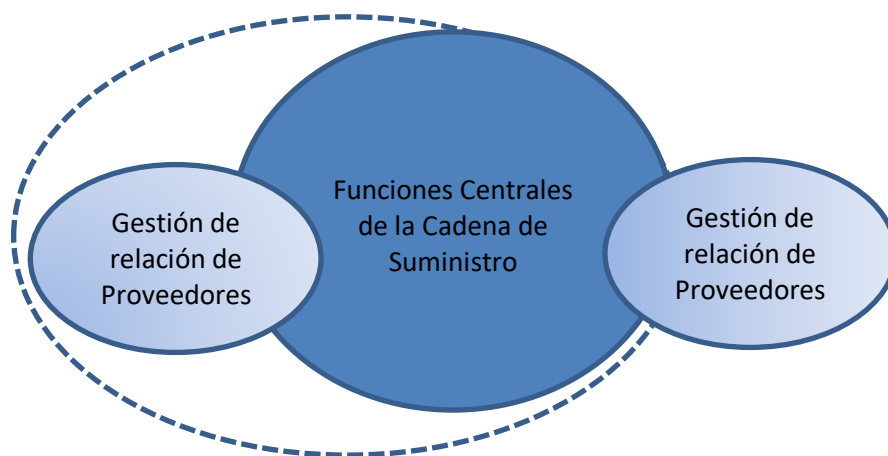
Además de todo esto, se debe tener una nueva tendencia es la gestión de la recuperación, reciclaje, y reutilización de material.

2.5. Funciones de la Cadena de Suministro

Algunas de las funciones principales de la Cadena de Suministro son: planeación de la demanda, planeación del suministro, fabricación, almacenamiento, transportación, visibilidad de la cadena de suministro y optimización de las redes de la cadena de suministro, etc.

Las funciones que complementan los procesos fundamentales de la cadena de suministro de la organización y crean extensiones, ya sea en la demanda o en el suministro las cuales son: Gestión de relación con los proveedores y gestión de la relación con los clientes. (Sehgal, 2009). Estos aspectos se pueden mostrar en la ilustración 5 donde se puede ver la conexión entre la gestión de la relación de proveedores y las funciones de la cadena de suministro.

Ilustración 5. Funciones principales y adicionales de la Cadena de Suministro



Fuente: (Sehgal, Enterprise Supply Chain Management: Integrating Best in class Process, 2009)

De acuerdo con Sehgal (2009), la cadena de suministro se puede dividir en dos etapas: planeación y ejecución. La primera consiste en la planeación a largo plazo con un mayor horizonte y múltiples escenarios, criterios específicos, métricos y planes óptimos. En la segunda etapa por lo general se implementa todos los procesos creados en la planeación.

Las actividades de la planeación de la Cadena de Suministro son:

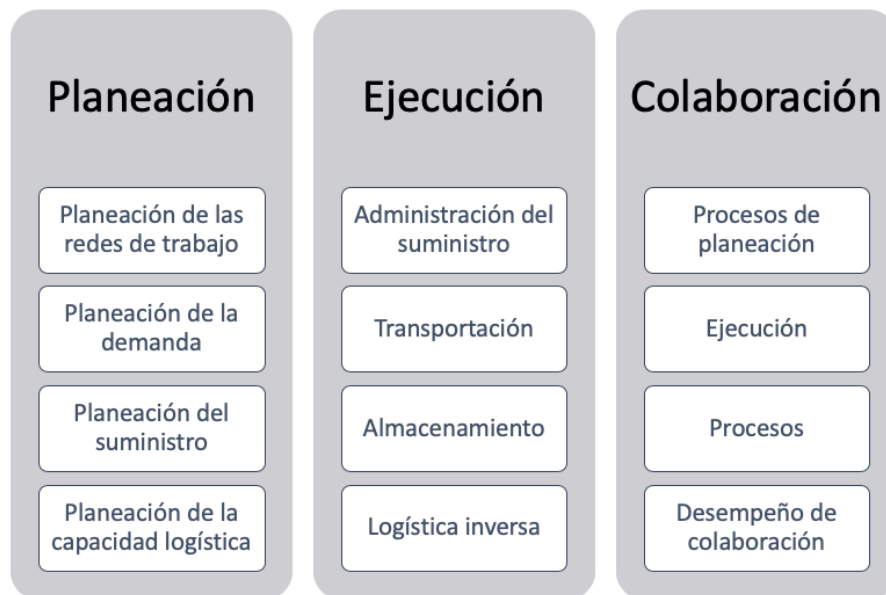
1. Diseño de la red de la cadena de suministro.
2. Planeación de la demanda.
3. Planeación del suministro, la cual se divide en:
 - a) Planeación del inventario.
 - b) Planeación de la reposición de inventario.
 - c) Planeación de la producción.
 - d) Planeación de la capacidad logística.

Las actividades de la ejecución de la cadena de suministro son:

1. Planeación del suministro, subdividida en:
 - a) Abastecimiento estratégico.
 - b) Ejecución de la reposición.
2. Programación de la producción.
3. Administración del desempeño de los proveedores.
4. Administración del comercio global.
5. Administración del transporte.
6. Administración del almacén.
7. Administración de Logística inversa.

La ilustración 6 muestra un ejemplo de la planeación y ejecución en la cadena de suministro y las funciones que se llevan a cabo (Sehgal, Enterprise Supply Chain Management: Integrating Best in class Process, 2009). En esta se pueden identificar tres funciones principales y sus actividades debido a que la Cadena de Suministro ya no solo planea y ejecuta sino que también involucra actividades de colaboración en la planeación, ejecución, procesos y desempeño de la colaboración ampliando así sus funciones principales.

Ilustración 6 Funciones de la Cadena de suministro



Fuente: (Sehgal, Enterprise Supply Chain Management: Integrating Best in class Process, 2009)

2.6. Concepto de Costos y Costeo

Antes de explorar los elementos de esta estructura común, se ofrece una breve explicación de los conceptos de costos y de costeo.

2.6.1. Costos relevantes, no relevantes y costos de oportunidad

Torres (2001) hace mención que los costos se pueden clasificar en función a su relevancia en el proceso de toma de decisiones ya sea en: costos relevantes y costos no relevantes. Los costos relevantes son aquellos que pueden ser influenciados por la toma de una decisión. De acuerdo con Fogarty (2006) algunos ejemplos de estos costos pueden ser: costos de hacer los pedidos, costos de organización y los costos de materiales y mano de obra directa. Los costos no relevantes son aquellos en los que independientemente de la decisión que se tome, el resultado será el mismo.

Torres (2001) indica que el término costo de oportunidad se refiere a aquello que se renuncia por el hecho de elegir una alternativa. El costo de oportunidad no aparece en los libros contables. Para Fogarty (2006) los costos ocultos son los gastos en los que ya se ha incurrido y que no serán afectados por alguna decisión. Estos costos incluyen gastos de capital para equipos, terrenos y costos de capacitación para el nuevo personal. Los gastos para materias primas o para partes compradas recibidas no pueden considerarse como gastos ocultos, debido a que, si los materiales o partes no se utilizan inmediatamente para completar un pedido específico, podrían ser utilizados en un futuro para otro pedido.

2.6.2. Costos directos, indirectos

Costos directos, Fogarty (2006) indica que son aquellos en que se incurren a causa de una orden, tarea o lote de partes que se han producido. Los costos de materiales y mano de obra se incluyen en esta categoría, mientras que los costos indirectos son: aquellos que no se pueden asignar directamente a un artículo específico.

2.6.3. Costos fijos y variables

Fogarty (2006) indica que los costos fijos son aquellos que no cambian con el nivel de producción y costos variables si no que cambian en función de la cantidad producida.

2.6.4. Costos intangibles

Los costos intangibles para Fogarty (2006) son aquellos que son difícil cuantificar, mientras que otros no pueden ser valorados en términos económicos normales. Por ejemplo: el costo de un cliente insatisfecho debido a que no se dispone del inventario requerido, depende de numerosas variables difíciles de medir, tales como el grado de insatisfacción del cliente y el impacto que esto tendrá en futuras compras.

2.6.5. Clasificación de costos de acuerdo con el proceso

Mora García (2008) hace mención de la clasificación de los costos en la cadena de suministro dependiendo del nivel en que se encuentre. A continuación, muestra esta clasificación:

1. Costos de compras y aprovisionamiento
2. Costos de Inventario
3. Costo de almacenamiento

2.6.6. Costos ABC en la gestión logística

De acuerdo con Mora García (2008) el modelo de costos tradicionalmente aplicado a las empresas en los últimos años ha perdido validez, ya que la eficiencia productiva no se refiere únicamente a la maximización de la producción y minimización de los costos. El modelo de cálculo de los costos es de suma importancia, ya que estos son los que

determinan la viabilidad del negocio, por eso, un modelo de costos no puede basarse solamente en asignar los costos sobre un factor determinado.

El sistema de costos basado en las actividades es el conjunto de labores y tareas elementales cuya realización determina los productos finales de la producción. Mora García (2008) dice que el sistema de costos basado en las actividades pretende establecer el conjunto de acciones que tienen por objeto la creación del valor empresarial no solo es un modelo de cálculo, sino que también constituye un instrumento fundamental del análisis y reflexión estratégica tanto de la organización empresarial como del lanzamiento y explotación de nuevos productos.

Los beneficios del modelo ABC son:

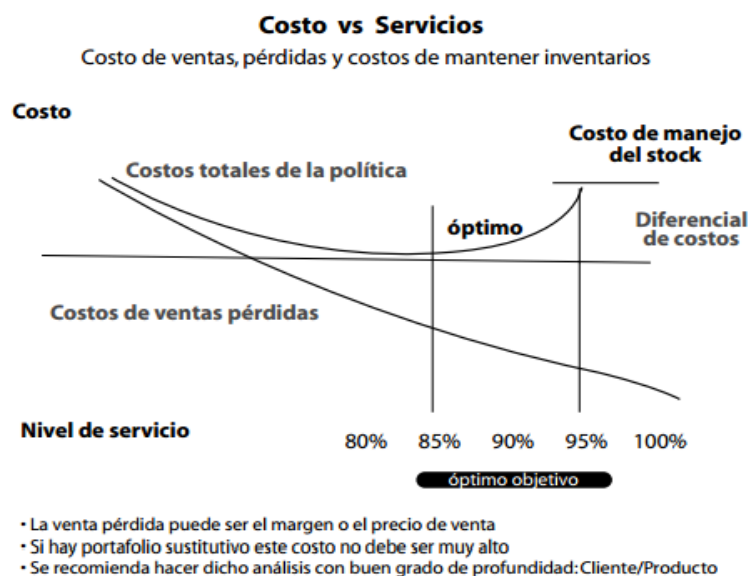
- Facilita el costeo justo por línea de producción.
- Analiza otros objetos del costo además de los productos.
- Indica los costos variables.
- Produce medidas financieras y no financieras, que sirven para la gestión de costos y para la evaluación del rendimiento operacional.
- Ayuda a la identificación y comportamiento de costos y de esta forma tiene el potencial para mejorar la estimación.

Los administradores no deben conformarse sólo con el análisis de costos por proceso, sino que también hacer un costeo por actividades a manera de identificar cada operación logística para poder conocer sus costos y poder ejecutar planes de reducción de estos basados en este análisis.

2.6.7. Costos de la Cadena de Suministro

Mora García (2008) dice que el Fondo Monetario Internacional (FMI) estima que el promedio de los costos de la cadena de suministro es muy cercano al 12% del producto interno bruto mundial. Para las empresas, los costos logísticos tienen un rango desde un 4% hasta un 30% de las ventas. La tendencia hacia una economía mundial integrada está haciendo que las empresas desarrollen estrategias donde sus productos son diseñados para unos mercados globales y producidos donde quiera que se encuentren los costos más bajos de materias primas, componentes y mano de obra. Se debe de mantener un equilibrio entre los costos logísticos y los niveles de servicio para que se aumente la efectividad en las entregas sin tener un aumento exagerado en los costos de servicios. Esta relación se muestra en la ilustración 7 donde las empresas pueden tener un nivel óptimo al tener un nivel de servicio del 85% al 95% y al mismo tiempo bajos costos de manejo de inventarios, ventas perdidas y costo de ventas:

Ilustración 7. Optimización de costos y nivel de servicio



Fuente: **Mora García (2008)**

Mora García (2008) también explica gráficamente las dimensiones de los costos logísticos, se dividen en transporte, almacenamiento, proceso de ordenes, administración e inventario.

Ilustración 8. Dimensiones de los Costos logísticos



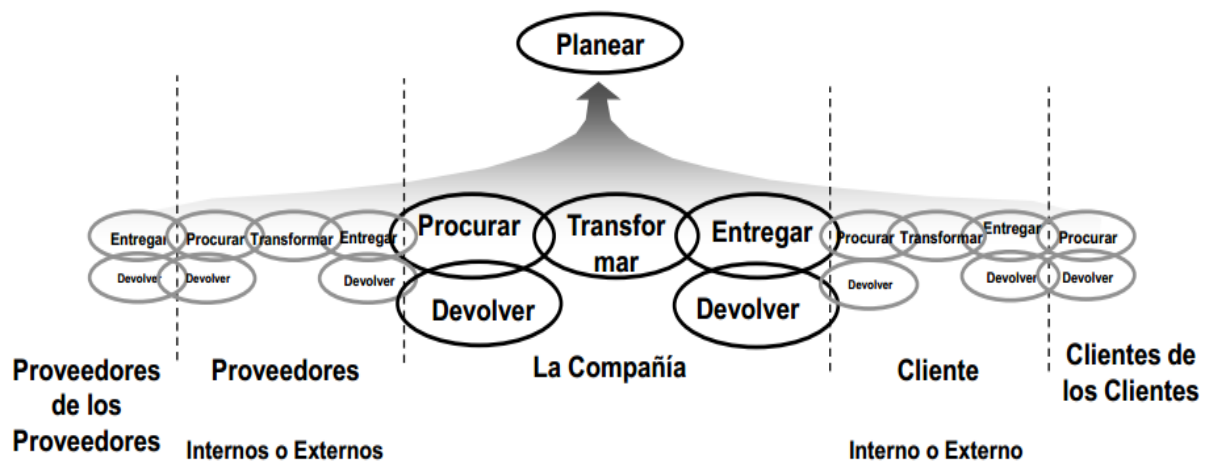
Fuente: **Mora García (2008)**

2.7. Medición de la Cadena de Suministro

Arnold (2008) dice que un métrico es una medida verificable, ya sea en términos cuantitativos o cualitativos definidos con respecto a un punto de referencia. El mejor y más detallado sistema métrico del desempeño de la cadena de suministro es la Referencia de Operaciones de la Cadena de Suministro (Supply Chain Operations Reference model por sus siglas en Inglés SCOR). Fue creado en 1995 y ha sido perfeccionado desde entonces. El modelo SCOR proporciona un estándar para analizar, diseñar e implementar cambios para mejorar el desempeño a través de cinco procesos integrales; planear, procurar, transformar, entregar y devolver.

David (2010) reconoce que el modelo SCOR está alineado con la estrategia operacional de la empresa, materiales, flujos de trabajo e información y muestra los procesos de la cadena de suministro. En la ilustración 9 se encuentran los procesos del modelo SCOR: planear, procurar, transformar, entregar y devolver. Estos mismos procesos se repiten en proveedores de los proveedores y clientes de los clientes.

Ilustración 9. Proceso del modelo de la cadena de suministro



Fuente: **David (2010)**

Los cinco procesos de SCOR abarcan la medición de las siguientes actividades:

1. Plan: Evaluar los recursos del suministro, agregar y priorizar los requerimientos de la demanda; Plan del inventario de distribución, producción y requerimientos de materiales.
2. Procurar: Obtener, recibir, inspeccionar, retener, generar, autorizar el pago de materias primas y la compra de productos terminados.
3. Transformar: Solicitar y recibir el material, fabricación y prueba de producto, empaque, retener o liberar el producto.

4. Entregar: Ejecutar los procesos de administración, generar cotizaciones, configurar el producto, crear y mantener la base de datos de los clientes, mantener la base de datos de producto/precio, gestionar las cuentas por cobrar, créditos, cuentas por cobrar y facturación, ejecutar procesos de almacén, consolidar órdenes, embarcar productos, administrar los procesos de transportación, exportaciones e importaciones y verificar el desempeño.
5. Devolver: Producto defectuoso, garantías, administración de las garantías, recibo y verificación de productos defectuosos, disposición y remplazo del producto.

Uno de los principales roles del modelo SCOR, es proveer métricos consistentes que la compañía puede usar para medir su desempeño a lo largo del tiempo, así como compararse con su competencia.

2.8. Conflictos en la Cadena de Suministro

En el pasado los sistemas de suministro de producción y distribución eran organizadas con funciones diferentes, incluso se encontraban en diferentes departamentos en la compañía. A menudo, las políticas y prácticas de los diferentes departamentos maximizan sus propios objetivos sin considerar el efecto que podría tener en otros departamentos. De acuerdo con Arnold (2008) para que las empresas puedan incrementar sus utilidades, la compañía debe de tener al menos cuatro principales objetivos:

1. Proveer el mejor servicio al cliente.
2. Proveer bajos costos de producción.
3. Proveer baja inversión de inventarios.

4. Proveer bajos costos de distribución.

Para Arnold (2008) estos objetivos entran en conflicto entre sí con los departamentos de ventas, producción y finanzas ya que cada uno de ellos tiene diferentes prioridades. El problema es poder balancear el conflicto de objetivos para minimizar el total de los costos y maximizar el servicio de los clientes de acuerdo con las metas de la organización. Se sugiere que para resolver los conflictos se tendría que hacer una integración de la administración de los materiales o logística para que sea responsable del suministro, producción y distribución. (Arnold, 2008)

2.9. Administración de Materiales

De acuerdo con Arnold (2008) el concepto de tener solo un departamento responsable del flujo de materiales, desde el proveedor hasta que se consume en producción, es relativamente nuevo. Aunque hay muchas compañías que lo han adoptado, todavía existen otras que no lo han hecho, si las compañías quieren minimizar sus costos totales y proveer un mejor nivel de servicio se moverán en esta dirección. El nombre que normalmente se le da a esta función es: la administración de materiales.

Arnold (2008) dice que la administración de materiales es responsable de planeación y control del flujo de materiales. Sus objetivos son:

- Maximizar los recursos de la compañía
- Proveer el nivel requerido de servicio a los clientes.

2.9.1. Antecedentes de la Administración de Materiales

Sheldon (2008) hace referencia de la administración de materiales empezó como parte de la administración de producción. Los administradores debían de conocer la ubicación de los componentes que iban a necesitar.

Henry Ford fue probablemente el primero de los ejecutivos que empezaron a manejar este término con un enfoque de integración vertical, la cual fue una ventaja en esos días. En la década de los 80's, los japoneses dieron cabida a una nueva forma de pensar acerca de la administración de materiales con el concepto de materiales Justo a Tiempo (Just-in-Time, por sus siglas en inglés JIT). El sistema Kanban fue introducido como un método para permitir la rápida comunicación entre proveedores y usuarios/clientes para mover el material y suplir la demanda requerida. Este cambio eliminó el desperdicio creado por inventario de los requerimientos pronosticados.

Sheldon (2008) dice que el concepto de planeación de requerimientos de materiales (MRP por sus siglas en inglés), inventado en 1970, fue evolucionando y desarrollándose en los 80's y se vio influenciado por la planeación del flujo de los materiales y la administración de los materiales. El MRP ayudó a eliminar cantidades enormes de inventario en la mayor parte de las compañías manufactureras. De acuerdo con el manual de producción y control de Inventario de Greene (1987; p.4.2), MRP fue utilizado primero por las compañías J.I. Case, Twin Disc, Black & Decker y Perkins-Elmer. Esta innovación generó un mayor uso de las computadoras y la creación de más controles construidos para los sistemas de planeación. Posteriormente se creó el sistema de planeación de recursos de manufactura (MRP II) y la competencia se volvió más fuerte incluyendo a las compañías japonesas que fueron aprendiendo.

La necesidad de reducir costos y ser más competitivos forzaron a los profesionales de la administración de materiales a buscar métodos más eficientes para planear las entregas de los materiales.

Sheldon (2008) indica que Dr. Shigeo Shingo fue una de las figuras que revolucionó la administración de los inventarios y producción. Con la introducción de SMED (Single Minute Exchange or Die), con métodos de tamaño de lote y cantidad de orden económica (Economic Order Quantity) con sus siglas en inglés EOQ. En el siglo XXI fue plenamente reconocido que no solo es necesario el control de los materiales si no que hay un cambio continuo y las compañías no se pueden quedar igual que la competencia sino que deben de ir más adelante. (Sheldon, 2008, págs. 2-4).

2.9.2. Definición de Administración de Materiales

La definición de APICS es: “La agrupación de funciones administrativas soportando el ciclo completo del flujo de materiales, desde la compra y control interno de la producción de materiales, hasta la planeación y control del material en proceso, almacenamiento, transporte y distribución del producto acabado”. La administración de los materiales es responsable de la planeación y control del flujo de los materiales en el proceso de producción. De acuerdo con Arnold (2008) las principales actividades son:

1. Planeación de la producción. Para ser capaz de cumplir con la demanda del mercado, se deben de establecer prioridades (qué se necesita y cuándo se necesita), hacer un análisis de la capacidad disponible. Esto se logra a través de las etapas:
 - a. Pronósticos
 - b. Planeación Maestra
 - c. Planeación de los requerimientos de materiales
 - d. Planeación de la capacidad

2. Implementación y control. Aquí se realizan las actividades previstas en la etapa de planeación de materiales.

2.9.3. Justificación para mantener el inventario

Como se ha mencionado anteriormente, en la Cadena de Suministro hay muchas partes involucradas, tales como: clientes, fabricantes, proveedores y proveedores de proveedores. El rol de estos actores se ha incrementado debido al grado de especialización que se ha tenido. Al aumentar el número de actores se incrementa el riesgo de que se comentan errores a lo largo de la cadena de suministro.

Arnold (2008) indica que desde el punto de vista de manufactura el inventario sirve como amortiguamiento por las diferencias entre:

- Demanda y suministro
- Demanda del cliente y productos terminados
- Productos terminados y disponibilidad de componentes
- Requerimientos de la operación y la salida de la operación anterior.
- Partes y materiales que empiezan la producción y entrega de materiales

Desde el punto de vista logístico, Hopee (2008) dice que algunas de las razones para tener inventarios son:

- Inventario de producto terminado:
 - o La existencia de inventario es un requisito para llevar a cabo estrategias de make-to-stock (hacer para almacenar).
 - o Sin stock de producto terminado no se puede implementar utilización constante de la capacidad.

- o Producto terminado reduce los costos porque agiliza la respuesta al cliente en caso de tener fluctuaciones en el mercado
- Inventario de componentes:
 - o Ayudan a suavizar la producción y compensar paros de línea.
 - o Incrementar la flexibilidad en la planeación.
 - o Si los costos de transportación representan una alta proporción de los costos, puede resultar útil producir inventarios para optimizar la utilización del transporte.
- Inventario de Materia Prima:
 - o Absorber las fluctuaciones en las entregas de los proveedores.
 - o Inventario de materia prima por compras de volumen alto para generar ahorros en la transportación o descuento de los proveedores.

2.10. Clasificación del inventario

Hay muchas maneras de clasificar el inventario una de las más comunes está relacionada con el flujo que tienen en la organización de acuerdo con Arnold (2008):

1. Inventario para soportar la operación:
 - a) Inventario de materia prima. Son materiales comprados y no han sido ingresados al proceso de producción.
 - b) Inventario de material en proceso. Son materiales que han entrado al proceso de producción y están siendo trabajados o están en espera de ser procesados.
2. Inventario de actividades de soporte:

- a) Inventario de mantenimiento, reparación y suministros de operación.
Son materiales usados en la producción, pero no forman parte del producto.

3. Inventario para servicio al cliente:

- a) Inventario de producto terminado. Son materiales que ya terminaron su proceso de producción.
- b) Inventario de partes de refacción. (Arnold, 2008, págs. 256-257).

Sin embargo, Müller (2011) indica que otros tipos de clasificación pueden ser los consumibles; tales como, focos, toallas, computadoras, materiales de limpieza, pintura, materiales de empaque, entre otros. Estos en algunas ocasiones son tratados como materias primas.

2.11. Funciones del Inventario

Fogarty (2006) y Arnold (2008) coinciden en que los inventarios también se pueden clasificar en base a la función que desempeña.

- Inventarios de anticipación. Permiten a la organización hacer frente, por adelantado, a una emergencia en la demanda.
- Inventarios de fluctuación o inventario de seguridad. Este inventario permite a la empresa poder cubrirse de las fluctuaciones de la demanda o tiempo de entrega.
- Inventarios de transportación. Este inventario existe debido a las necesidades de las empresas de trasladar un material de un lugar a otro.

- Inventario de tamaño de lote. Los productos comprados o fabricados en cantidades mayores a lo requerido de forma automática crean inventario de tamaño de lote. En algunas ocasiones también es llamado inventario de ciclo.
- Inventario de partes de servicio. Son los inventarios de parte de refacción para el equipo de operación y otras necesidades que se consideran parte de servicio. (Fogarty, 2006, págs. 183-188), (Arnold, 2008, págs. 257-259).

Por último, Arnold (2008), hace mención de otro tipo de inventario utilizado para productos minerales y artículos denominados “commodities”, que son artículos comunes. El precio de estos productos puede fluctuar mucho de acuerdo con la oferta y demanda mundial, por lo que sí los compradores esperan un alza en el precio de forma inmediata compran material y se genera un inventario de protección.

2.12. Costos del Inventario

Mora García (2008), Arnold (2008) y Fogarty (2006), hacen mención de los costos relevantes para las decisiones de la administración de inventarios:

1. Costos de ordenar. Los costos de preparación incluyen los costos de todas las actividades que requieren la emisión de una orden una orden de compra o de producción. Incluyen el costo de formular el pedido, preparar las especificaciones, registrar el pedido, hacer el seguimiento de este, procesar las facturas o informes de planta y preparar el pago.
2. Costos de mantenimiento. Son aquellos costos en los que se incurre por el solo hecho de que un artículo está en inventario. Arnold (2008) los subdivide en tres:

1. Costos de Capital. Dinero invertido en inventario y no está disponible, por lo tanto, representa un costo de oportunidad.
2. Costos de almacenaje. El almacenaje requiere espacio, empleados y equipo.
3. Costos de riesgos. Estos costos son:
 - a. Obsolescencia. pérdida del producto resultante de un cambio en el modelo, estilo o mejora tecnológica.
 - b. Daño. Inventario dañado mientras es resguardado o manipulado
 - c. Robo. Productos perdidos, extraviados o perdido.
 - d. Deterioro. Inventario que tienen caducidad.
3. Costos por no tener inventario. Son los costos en los que se incurren si se tiene inventario insuficiente para satisfacer un pedido de reabastecimiento. Si no se dispone de inventario existen dos posibles condiciones, una de pedidos retrasados y la otra de pedidos no retrasados.
4. Costos relacionados con la capacidad. Se incurren en estos costos por la expansión o como resultado de las decisiones de la planeación agregada a mediano o largo plazo. Cuando se incrementa la capacidad los costos aumentan por alguna de las siguientes razones:
 - Contratar y capacitar obreros.
 - Contratar y capacitar supervisores.
 - Agregar personal de servicio en la recepción, bodega y demás áreas.
 - Experiencias de la curva de aprendizaje.
 - Compra de equipo

2.13. Métodos de valoración del inventario

Los métodos de valuación de inventario con fines contables de acuerdo a Arnold (2008), Müller (2011) y Fierro Martínez (2009) son:

1. Primeras entradas, Primeras salidas (PEPS). Este método de valuación asume que los primeros bienes comprados serán los primeros vendidos.
2. Últimas entradas, primeras salidas (UEPS). En esta valuación se asume que los bienes adquiridos o comprados más recientes serán los primeros en ser usados o vendidos.
3. Método del costo promedio. El método identifica el valor del inventario y el costo de ventas calculando el costo de ventas promedio por unidad durante un periodo determinado. Esta valuación asume que el inventario final consiste en todos los bienes disponibles para la venta. Su formula es:
$$\text{Costo promedio} = \frac{\text{*Costo de ventas Total} + \text{*Cantidad total de bienes}}{\text{*Disponibles para ventas.}}$$
4. Método del costo específico (También llamado Método de Costo). Este método asume que la organización puede identificar el costo real de un producto cuando entra, procesa y sale de la organización. Permite que se cargue el costo real a la producción o ventas.
5. Método del Costo estándar. Es utilizado en empresas de manufactura para darle a todos los articulos un valor uniforme a lo largo del año.

Este método es una “estimación” basada en los costos y gastos conocidos tales como: su historial de precios y cambios anticipados. No es utilizado

para calcular las utilidades netas o con fines de impuestos. Es más bien una herramienta de trabajo más que una herramienta contable.

Existen otros métodos de valuación de inventarios: siguientes entrar, próximas en salir (SEPS), pero este método no es recomendado por la Secretaria de Hacienda. El método que se utilice para la valoración de los inventarios de acuerdo con las normas de contabilidad generalmente aceptadas, deberá de aplicarse en la contabilidad de manera uniforme.

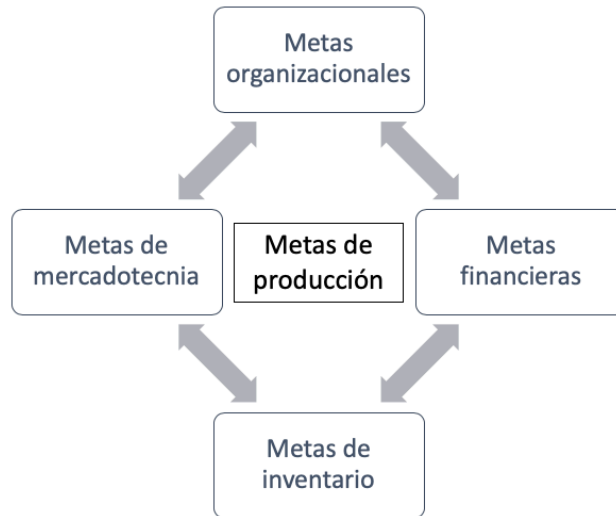
2.14. Administración del inventario

Los inventarios son materiales y suministros que las organizaciones tienen ya sea para la venta o producción. Todas las empresas requieren de inventarios y normalmente estos son una parte importante de sus activos. La función primaria de la administración del inventario es tener artículos disponibles para mantener el flujo de artículos a lo largo del proceso desde la producción hasta su entrega, buscando minimizar la inversión requerida para obtener este servicio. Para lograr este objetivo, la gerencia debe de establecer políticas para que el personal que se encarga de controlar el inventario pueda hacer su trabajo efectivamente.

2.15. Objetivos de la administración de inventarios

En la administración del inventario, los objetivos, las políticas y las decisiones que se tomen deben de ser congruentes con los objetivos generales de la empresa, así como con los objetivos de mercadotecnia, financieros y de fabricación. Esto se muestra la ilustración 10.

Ilustración 10. Metas de Producción



Fuente: Hoffman 2006, pág.180

Las decisiones referentes al inventario están relacionadas con las decisiones de planeación de la capacidad, con las estructuras de planeación a largo, mediano o corto plazo, así como las fases de ejecución y control de la administración de operaciones.

Radasanu (2016) menciona que hay muchos estudios que indican que el principal objetivo de la administración del inventario es minimizar la inversión ya que tiene una relación directa con el retorno de capital invertido.

Sin embargo, este enfoque no es el adecuado ya que el objetivo debe ser el determinar el valor y la mezcla de productos que genera el mayor nivel de servicio a los clientes y maximiza el desempeño financiero de la organización.

Radasanu (2016), agrega que la satisfacción del cliente es el activo más valioso que tienen las organizaciones. Esto hace que la medición del nivel de servicio sea importante y está relacionado a la administración del inventario, ya que puede afectar la relación con

los clientes dependiendo del tipo de negocio también puede impactar en la rentabilidad de este.

Para Radasanu (2016) las acciones para mejorar la administración de los inventarios son:

- Reducir los costos de inventario.
- Retención del cliente y mejora del nivel de servicio.
- Soportar el crecimiento en nuevos canales.
- Ganar mercado a través de un servicio mejor y disponibilidad de producto terminado.

2.16. Nivel de Servicio

La definición de APICS para el nivel de servicio es “porcentaje que indica la satisfacción de la demanda a través del inventario o cumplimiento del programa que satisface los requerimientos de los clientes en tiempo y forma”.

Para Radasanu (2016), el nivel de servicio es la probabilidad esperada de no tener faltantes de materiales (stockout) hasta el próximo reabastecimiento o la probabilidad de no perder ventas. El nivel de servicio en las empresas se determina a través del nivel de inventario. Este debería ser suficiente para cubrir el tiempo de entrega de los proveedores y la demanda de los clientes, pero este no debe de ser excesivo, ya que la organización puede perder dinero debido a los costos de mantener el inventario. Esto debido a las fluctuaciones de la demanda que impiden predecir el futuro.

2.17. Medición del Nivel de servicio

Los esfuerzos de las compañías para mejorar el nivel de servicio deben de ser monitoreados para así trabajar en la mejora continua de los mismos. Radasanu (2016), propone las siguientes fórmulas que se muestran en la tabla 4:

Tabla 4. Fórmulas medición de servicio

Criterio	Formula para nivel de servicio
Nivel de Servicio	$\frac{\text{Número de piezas entregadas en tiempo}}{\text{Cantidad Total de demanda}}$
Material faltante	$\frac{\text{Numero de piezas entregadas}}{\text{Cantidad Total de demanda}}$
Frecuencia de Faltante de material	$\frac{\text{Número de ordenes entregadas}}{\text{Cantidad Total de Ordenes de cliente}}$
Frecuencia de Faltante de material	$\frac{\text{Número de articulos en ordenes entregadas}}{\text{Cantidad Total de articulos en Ordenes de cliente}}$
Ventas perdidas	$\frac{\text{Valor de las ordenes entregas en tiempo}}{\text{Vator total de las ordenes}}$
Periodo de material fantante	$\frac{\text{Número de días con faltante de material}}{\text{Número total de días}}$

Fuente: Radasanu (2016)

2.18. Inventario de Seguridad

Arnold (2008) menciona que las organizaciones mantienen el inventario de seguridad para protegerse de la incertidumbre del suministro y la demanda. Este puede ocurrir de dos formas: cantidad y tiempo.

El inventario de seguridad requerido depende de:

1. Variabilidad en la demanda durante el tiempo de entrega.
2. Frecuencia de las ordenes.
3. Nivel de servicio deseado.
4. Duración del tiempo de entrega.

Radasanu (2016) comenta que el inventario de seguridad es para prevenir falta de materiales y ordenes atrasadas, se requiere para cubrir las desviaciones en las fechas de entrega (tiempo de entrega), variaciones en los requerimientos (el pronóstico es incorrecto), variaciones en las cantidades de entrega (el proveedor no entrega suficientes materiales o la calidad es pobre) y diferencia de inventarios. Dependiendo del comportamiento del producto el inventario de seguridad se puede determinar de dos formas: usando el histórico de la demanda o en el pronóstico de la demanda.

La fórmula estándar es:

Inventario de seguridad= Factor de seguridad* Tiempo promedio de reabastecimiento

La fórmula asume que la demanda tiene una distribución normal durante el tiempo de reabastecimiento.

El factor de seguridad indica cuantas desviaciones estándar corresponden a determinado nivel de servicio, si el inventario tiene un comportamiento normal, este puede ser determinado del factor normal de distribución.

El factor de servicio suele multiplicarse por la desviación estándar para calcular una cantidad específica de nivel de servicio. En la tabla 5 se muestra la relación de nivel de servicio y el factor de servicio.

Tabla 5. Relación entre Servicio deseado y Factor de servicio

Nivel de servicio deseado	Factor de Servicio
50%	0
60%	0.3
70%	0.5
80%	0.8
85%	1.0
90%	1.3
93%	1.5
95%	1.6
97%	1.9
98%	2.1
99%	2.3
99.90%	3.1

Fuente: Elaboración propia

Como se ilustra en la tabla 5 la relación entre el nivel de servicio y el factor de servicio no es lineal, por lo que un mayor nivel de servicio requiere un factor mayor en el inventario de seguridad. Determinar el nivel de servicio es una de las tareas más importantes y difíciles llevadas a cabo para los administradores de materiales, ya que debe de haber un equilibrio entre los costos de inventario y servicio a cliente.

Una clave importante es el cálculo del inventario de seguridad para alcanzar el nivel de servicio deseado.

2.19. Métodos de Análisis de Inventario

Debido a la complejidad de la cadena logística, es necesario tener los instrumentos correctos de medición. Por ejemplo, utilizar el indicador de rotación de inventarios para

medir la administración de inventario sería un error, ya que es muy general debido a que también se deben de considerar otros costos (ejemplo: costos de transportación).

2.20. Análisis ABC

El análisis ABC es una de las herramientas más utilizadas para clasificar los inventarios. Wilfredo Pareto, un renacentista del siglo diecinueve fue el primero en documentar el principio de la administración de materiales tras un estudio de la distribución de los ingresos. En este observó que un gran porcentaje de los ingresos estaba concentrado en un pequeño grupo de la población. Este principio se conoció como la ley de Pareto y establece que “Hay pocos valores críticos y muchos insignificantes. Los recursos deben concentrarse en los valores críticos y no en los insignificantes”.

En 1957, el estadounidense H. Ford Dickie, basándose en el principio de Pareto y sus experiencias prácticas, presentó un método de clasificación que respondía al planteamiento: “En cualquier inventario, una pequeña fracción determinada en términos de elementos representa una fracción mayoritaria en términos de efectos”.

Al aplicarse el método se obtiene una curva donde quedan definidas tres zonas cuyos límites está determinados por los rangos que se le asignen. Las características de cada zona son las siguientes:

- Zona A: agrupa del 10% al 20% del total de los artículos y representa del 60% al 80% del efecto económico total. Estos artículos se califican como A y son los más importantes según el parámetro base considerado.
- Zona B: agrupa del 20% al 30% del total de los artículos y representa del 20% al 30% del efecto económico total. Estos artículos se califican como B y tienen una importancia media según el parámetro base considerado.

- Zona C: agrupa del 50% al 70% del total de los artículos y representa del 5% al 15% del efecto económico total. Estos artículos se califican como C y son los de menos importancia según el parámetro base considerado.

Aunque las experiencias generalizadas suponen para la zona A hasta un 80% de participación en el efecto económico total y para las zonas B y C hasta un 15% y 5% respectivamente.

El procedimiento para la aplicación del método ABC es:

1. Clasificar los artículos sobre la base de su importancia relativa.
2. Establecer el rango de clasificación.
3. Ordenar los productos según los valores de la variable o parámetro base de mayor a menor.
4. Determinar la participación de cada elemento en el valor total. (Frecuencias relativas).
5. Calcular los porcentajes. (Frecuencias acumuladas.)
6. Determinar las diferentes zonas.

Fogarty (2006) dice que los factores que normalmente afectan la importancia de un artículo y que pueden servir como criterios adicionales para la clasificación ABC incluyen:

1. Valor anual en dinero de las transacciones.
2. Costo Unitario.
3. Escasez del material utilizado para la fabricación de ese artículo.
4. Disponibilidad de los recursos, fuerza de trabajo e instalaciones para producir el artículo.

5. Tiempo necesario para su procuración.
6. Requerimientos de almacenamiento para un artículo.
7. Riesgos de robos, vida en estante.
8. Costos de la escasez del diseño de ingeniería.

El sistema ABC es fácil de usar, debido a que los datos ya están disponibles. Se puede usar para analizar: materiales, clientes y proveedores. A través de gráficas se puede tener un rápido panorama de la situación de los materiales. El objetivo es separar los esenciales de los no esenciales y enfocar las actividades en los más rentables (Clasificación A). Cabe decir que este sistema también presenta algunas desventajas ya que es una clasificación muy general y es necesario hacer un análisis más detallado. Un ejemplo es la clasificación X,Y,Z que propone Hoppe (2008) o una evaluación multi-criterios.

2.21. Análisis de inventario en base a criterios múltiples

Autores como Ronen (1983); Everett y Ebert (1991); Bu±±a y Sarin (1992); Schroeder (1992); Chase y Aquilano (1994); Dominguez Machuca, García, Ruiz y Álvarez (1995); Greene (1997); Larrañeta, Onieva y Lozano (1998); Liberman, Helper y Demeester (1999); Krajewski y Ritzman (2000); Heizer y Render (2001), y Companys y Corominas (2003) refieren conceptos básicos de la gestión de inventarios asociados a la cantidad de material que se va a pedir, a la política (estrategia) por seguir y a la determinación de plazos y costos.

Del mismo modo, señalan la dificultad que presenta la gestión de inventario en algunas empresas debido a su elevado número de artículos y la naturaleza de los mismos. Este

hecho sugiere la clasificación de inventarios de forma diferenciada, prestando atención a diferentes criterios que refieren a un enfoque de criterios múltiples.

A continuación, en la tabla 6 se resumen algunos de los modelos que se han propuesto tomando en cuenta un enfoque de criterios múltiples

Tabla 6. Metodologías para el análisis de inventario basado en un enfoque multicriterio.

Autor	Método	Descripción
Flores y Whybark (1986, 1987)	Análisis de Criterios Conjuntos	Introdujeron varios criterios, entre ellos, obsolescencia, tiempos de entrega, sustentabilidad, criticidad y generalidad, a través de su concepto de “Matriz de unión de criterios”, fue desarrollada para dos criterios.
Cohen y Ernst (1988)	Análisis de conglomerados	Los materiales son clasificados en diferentes grupos basados en diferentes criterios. Es un método muy sofisticado y muy vulnerable en la introducción de nuevos criterios.
Flores et al. (1992); Partovi y Burton (1993)	Proceso de jerarquía analítica (AHP)	El método propuesto estaba basado en el análisis de Saaty, con criterios cualitativos y cuantitativos. La principal ventaja es que un sistema multi criterio, pero si el número de criterios incrementa la tasa será muy sensitiva y encontrar un resultado consistente será muy difícil
Reynolds (1994)	Heurístico	El método propone una clasificación de materiales basado en criterios solo aplicables para procesos de la industria.

Guvenir y Erel (1998)	Algoritmo genético (GAMIC)	El método propone un algoritmo para obtener los puntos de quiebre entre AB y BC.
Puente et al. (2002)	Teoría de Conjuntos difusos	Es un método que hace la clasificación tradicional pero también considera el futuro.
Partovi y Anandarajan (2002)	Red neuronal artificial	Se usan dos métodos: Propagación hacia atrás y algoritmo genético.
RAMANATHAN (2006); Zhou y Fan (2007)	Optimización lineal Ponderada	El método da un rango a cada material basado en su meta de optimización.
Rezaei (2007); Caki y Canbolat (2008)	Jerarquía Analítica Difusa	Este método es capaz de clasificar los materiales en diferente número de clases
Bhattacharya et al. (2007)	Técnica para ordenar preferencias en similitudes de soluciones ideales	El método propone una clasificación multi atributos
Chu et al. (2008)	Análisis de clasificación difusa	El método es capaz de aplicar criterios nominales y no-nominales. Es muy difícil usar este método con más de tres clasificaciones.
Chen et al. (2008)	Basado en casos	Este método depende de la configuración de la información, se puede clasificar los materiales solo en tres.

Fuente: (Rezaei & Dowlatshahi, 2010)

3. Hipótesis del problema

1. La reclasificación del inventario por medio de criterios múltiples tendrá como consecuencia que al menos la mayoría de los artículos cambien de clasificación.
2. La segunda hipótesis es: La reclasificación del inventario por medio de criterios múltiples tendrá como consecuencia que al menos la mayoría de los artículos identificados como causa de incumplimiento de entregas a tiempo cambien de clasificación y este cambio sea positivo (ej., artículos con clasificación B incrementen su clasificación a "A" y artículos con clasificación C incrementen su clasificación a "B").
3. Una mayor compra de artículos identificados como causa de faltantes resultará en un aumento en el nivel general de inventario de la empresa.

4. Implementación de la propuesta de reclasificación de inventario

El presente capítulo tiene como finalidad presentar la metodología de trabajo utilizada para dar respuesta a las preguntas de investigación. Se utilizará la metodología propuesta por Flores, Olson y Dorai (1992), la cual se fundamenta en el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) desarrollado originalmente por Tomas Saaty (ej., 1990). La metodología de Flores, Olson y Dorai (1992) hace posible la reclasificación de los números de inventario basado en múltiples criterios.

4.1. Tipo de investigación

La investigación a desarrollar es un enfoque mixto cuantitativo-cualitativo de diseño no experimental, ya que se va a analizar el nivel de las variables en un momento dado. Esto implica la observación y obtención de datos para su posterior análisis y diagnóstico. Se hará un diseño Concurrente debido a que se va a dar la misma prioridad a ambos métodos y se también se van a integrar.

4.2. Diseño de la Investigación

Se realiza una investigación transaccional o transversal descriptiva, para lograr el conocimiento sobre la situación actual de la organización. Se utilizará para abarcar diferentes situaciones, grupos y el estado actual de la organización donde se tratara de abarcar diferentes grupos, situaciones o eventos relacionados con la situación actual.

4.3. Unidad de análisis

El objeto de estudio son los artículos que forman parte del inventario de materia prima y/o producto terminado en una empresa dedicada a la fabricación de equipo de protección personal.

4.4. Población

La población por analizar son los 457 artículos de materia prima en la planta de fabricación de equipo de protección personal ubicada en San Luis Potosí.

4.5. Muestra

Basado en el acceso que se tiene de la población y el número de artículos que lo integran se decidió el estudio de la población objetivo con 457 artículos, por lo que no se extrajo muestra ni se emplearon técnicas de muestreo.

4.6. Técnica e instrumentos para la recolección de datos

Para la realización de la investigación transaccional se utilizaron fuentes primarias de información y se recolectaron datos en un periodo de un año calendario. También se realizó un análisis de contenido cuantitativo.

4.7. Técnicas para el procesamiento y Análisis de datos

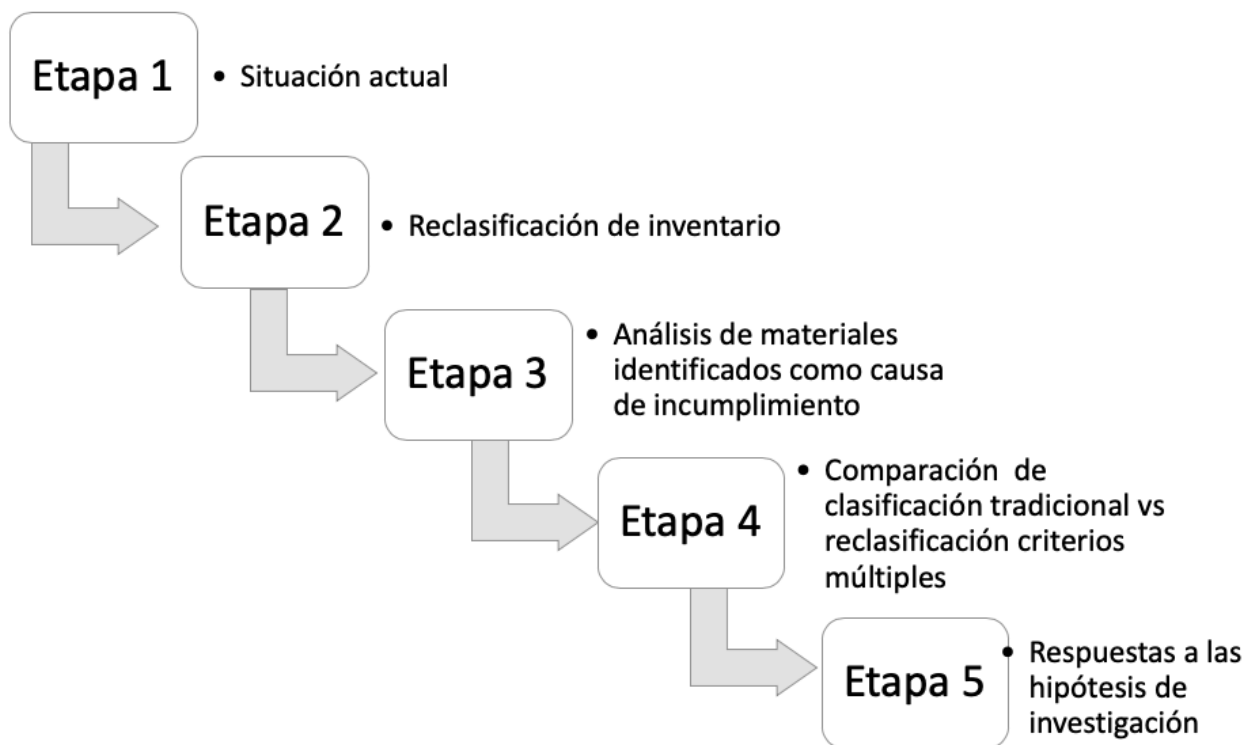
Los datos obtenidos, fueron procesados usando técnicas lógicas de análisis. Se utilizará la metodología propuesta por Flores, Olson y Dorai (1992), la cual se fundamenta

en el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP por sus siglas en inglés) propuesto originalmente por Tomas Saaty (ej., 1990). También se usaron herramientas para la determinación del inventario de seguridad. Las herramientas que se utilizarán para clasificar, organizar, registrar, clasificar y tabular los datos manejados en la investigación serán: tablas y cuadros elaborados en Excel. También se usará un programa para procesar los resultados del proceso de jerarquía analítica denominado “AHP Decisión”.

4.8. Fases de la investigación

La investigación tiene la finalidad de cumplir con los objetivos generales y específicos. A continuación, se muestra en la ilustración 11 un diagrama con cada una las etapas.

Ilustración 11. Fases de la investigación



Fuente: Elaboración propia

Etapa 1: Situación actual

1. Realizar una revisión de la política actual de reabastecimiento de materia prima.
2. Mostrar la clasificación ABC tradicional.

Etapa 2: Reclasificación inventario, la cual incluye:

1. Determinar las variables importantes para la clasificación de inventario.
2. Realizar un diagrama de las variables que impactan las entregas que impactan negativamente al desempeño de las entregas a cliente.
3. Realizar la comparación de los pares de criterios en sistema.
4. Estandarización y sustitución de la fórmula de los valores.
5. Realizar reclasificación de inventario por criterios múltiples con las nuevas calificaciones para cada artículo.

Etapa 3: Materiales identificados como causa de incumplimiento.

Analizar y observar los cambios de clasificación en los materiales identificados como causa de incumplimiento.

Etapa 4: Comparación de inventario actual, basado en la clasificación de inventarios tradicional contra el nivel de inventario basado en reclasificación de inventarios por criterios múltiples.

Etapa 5: Respuestas a las hipótesis de investigación.

4.9. Resultados esperados

El principal resultado que se desea obtener es una reclasificación de inventario a manera que se reduzcan las posibilidades de que existan faltantes de materia prima, lo cual llevará a reducir la posibilidad de que se incumplan los compromisos de entregas a tiempo de producto terminado.

4.10. Resultados

A lo largo de este subcapítulo se describirán cada una de las etapas de la investigación, así como los resultados obtenidos para cada una de las actividades.

4.10.1. Etapa 1: Revisión de la situación actual

Revisión de la política reordenamiento de la empresa.

De acuerdo con Arnold (2008) en la industria hay empresas que tiene fuertes inversiones en inventarios, pero también tiene altos niveles de faltantes de materia prima. Controlar los inventarios requiere involucrar sistemas de reabastecimiento.

Arnold (2008) indica que hay tres sistemas utilizados para determinar cuándo pedir materiales:

1. Punto de reorden
2. Revisiones periódicas del sistema
3. Planeación de requerimientos de materiales (MRP por sus siglas en inglés).

A cualquiera de los tres sistemas la organización puede determinar integrar un inventario de seguridad, por las razones mencionadas en el capítulo 2.

En la empresa a analizar se utiliza el sistema Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP por sus siglas en inglés) y también ha determinado integrar una política de inventario de seguridad con diferentes niveles de servicio dependiendo de la clasificación ABC tradicional que tenga cada artículo. En la tabla 7, se muestra que los artículos con clasificación A son lo que requieren un mayor nivel de servicio, ya que de acuerdo con Pareto son los que tiene mayor importancia.

Tabla 7. Política de Inventario de seguridad por clasificación ABC

Clasificación	Nivel de servicio
A	90%
B	80%
C	70%

Fuente: Registros de la empresa

Elaboración: Propia

Análisis de Clasificación tradicional ABC de inventario

La empresa tiene 457 artículos en su sistema de control de inventarios que se distribuyen de la siguiente forma:

- El 10.5% (47 números de parte) están clasificados como A y estos representan el 70% del valor de consumo anual.
- El 16.4% (75 números de parte) están clasificados como B y estos representan el 20% del valor de consumo anual.
- El 73.1% (335 números de parte) están clasificados como C y estos representan el 10% del valor de consumo anual.

La lista completa e información adicional se encuentran en poder de la autora de este trabajo.

La tabla 8 resume la información anterior:

Tabla 8. Clasificación ABC tradicional.

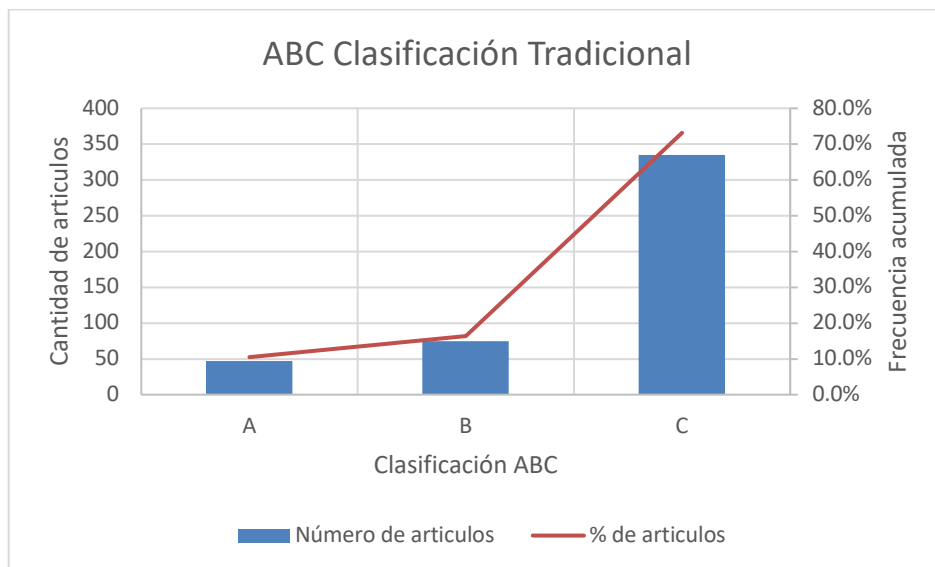
Clasificación ABC tradicional				
Clasificación	A	B	C	Total
Número de artículos	47	75	335	457
% de artículos	10.5%	16.4%	73.1%	100%
Consumo anual	70%	20%	10%	\$ 12,051,362.38
Valor de Inventario de Seguridad				\$ 636,340.15

Fuente: Registros de la empresa

Elaboración: Propia

En la ilustración 12 se muestran las frecuencias acumuladas y los tres segmentos que representan cada una de las clasificaciones ABC. Donde los artículos con clasificación A representa 10% de los materiales, B el 16.4% y los artículos C el 73.1%

Ilustración 12. Clasificación de los artículos de inventario de la empresa de acuerdo con la metodología ABC tradicional



Fuente: Elaboración propia

4.10.2. Etapa 2: Reclasificación Inventario en base a criterios múltiples

Benito E. Flores (1992) indica que el método en Proceso de Jerarquía Analítica de Saaty ayuda a reclasificar el inventario bajo criterios. La metodología de Saaty ayuda tomar decisiones con conjunto finito de alternativas para combinar múltiples objetivos.

Este se puede describir en cuatro pasos:

1. Identificar el grado de importancia de los criterios.
2. Los criterios se acomodan jerárquicamente en uno o más niveles.
3. Se realiza una serie de comparaciones en parejas en cada nodo de la jerarquía, convirtiendo la decisión subjetiva en un peso de importancia relativa.
4. El resultado de los pesos puede ser sintetizada para usar una fórmula que refleje la combinación de todos los elementos jerárquicos.

Determinar las variables importantes para la clasificación de inventario.

Se llevo a cabo una reunión de trabajo con la participaron expertos en la cadena de suministro dentro de la empresa bajo estudio. Con personas de las áreas de planeación de materiales, planeación de producción, producción y almacén. Se determinaron los siguientes criterios para la reclasificación con criterios múltiples:

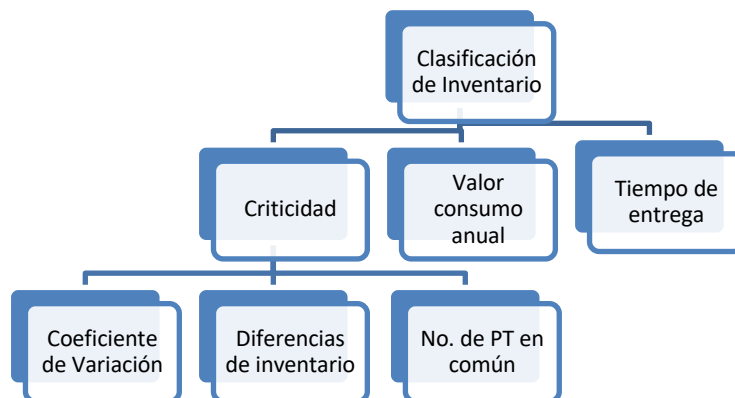
1. Valor de consumo anual. Se eligió debido a que se debe de tomar en cuenta el valor ya que también se tienen indicadores de medición y control.
2. Tiempo de entrega de proveedores. Se integra debido a que el 95% de los materiales son de importación por lo que tienen variaciones en las entregas que impactan al servicio.

3. **Criticidad.** Se definió este concepto para integrar tres criterios, pues son característicos de los materiales y también son importantes en la clasificación del inventario
- a. Coeficiente de Variación, es la variación de la demanda con respecto de la media.
 - b. Diferencias de inventario, son las variaciones de inventario debido a entregas de proveedores o consumos en producción.
 - c. Número de materiales en común, Se identifico que hay una gran cantidad de artículos que se usan en los mismos productos terminados por lo que un faltante de estos puede maximizar el efecto negativo a las entregas.

Realizar un diagrama de las variables o criterios múltiples

El segundo paso es ordenar los criterios de acuerdo con su jerarquía en uno o más niveles. El diagrama que se muestra en la ilustración 13 muestra dos niveles. En el primer nivel se encuentra el tiempo de entrega, valor de consumo anual, y este último se compone de tres criterios adicionales. Estos se listan en el segundo nivel: Coeficiente de variación, diferencias de inventarios y número de productos terminados en común.

Ilustración 13. Diagrama de múltiples variables



Fuente: Elaboración propia

Realizar la comparación de los pares de criterios en sistema

Benito E. Flores (1992) indicó que con la ayuda de un software es posible realizar las comparaciones para cada nodo de la jerarquía, convirtiendo la toma de decisiones de un juicio subjetivo a pesos con importancia relativa. Para este análisis se decidió trabajar con el software AHP Decision.

En la tabla 9 se muestra la escala propuesta por Saaty para hacer la comparación de los nodos donde 1 es igual de importante y 9 hay una absoluta preferencia:

Tabla 9. Escala de comparación.

Escala	Importancia Relativa	Explicación
1	Igual de importante	Ambos factores contribuyen igual
3	Ligeramente mas importantes	La base del factor es ligeramente más importante que el segundo factor
5	Preferente	La base del factor es fuertemente preferencial
7	Preferencia demostrable	Definitiva preferencia por la base del factor
9	Absoluta preferencia	La base del factor es preferencial en el más alto nivel.

Fuente: Traducción propia de la tabla de Benito E. Flores (1992)

En base a la escala propuesta por Saaty se realizó la comparación de cada nodo de acuerdo con la escala antes mencionada y posteriormente se ingresaron los valores en el software AHP Decision como se puede ver en la ilustración 14.

Ilustración 14. Resultado comparación de pares primer nivel.

Items	Tiempo de entreg	Criticalidad	/alor consumo ar	Priority	Items
Tiempo de entrega	1	1	2	0.413	Tiempo de entrega
Criticalidad	1	1	1	0.327	Criticalidad
Valor consumo anual	1/2	1	1	0.260	Valor consumo anual
Consistency Ratio	0.046				

Fuente: Elaboración propia

Esta comparación indica que el tiempo de entrega es más importante que la criticidad, pero mucho más importante que el valor de consumo anual, ya que el peso que tiene el tiempo de entrega es 0.413, criticidad 0.327 y 0.26 el valor de consumo anual.

Las ponderaciones indican que: “criticidad” contribuye con un 32.7%, “valor de consumo anual” con un 26% y “tiempo de entrega” 41.3%. Una herramienta adicional que proporciona el proceso es la evaluación de la consistencia relativa de las comparaciones subjetivas, este provee una medida relativa de la disparidad en las comparaciones son perfectamente consistentes, el índice será cero, por lo que se desea un índice lo mas baja posible. El valor máximo aceptable es 10%.

Posteriormente se realiza la misma evaluación, pero ahora para los criterios de “criticidad”, como se puede ver en la ilustración 15:

Ilustración 15. Resultado comparación de pares segundo nivel.

Items	Diferencias invent	Variacion	No. PT en comun	Priority	Items
Diferencias inventario	1	2	3	0.540	Diferencias inventario
Variacion	1/2	1	2	0.297	Variacion
No. PT en comun	1/3	1/2	1	0.163	No. PT en comun
Consistency Ratio	0.008				

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que las diferencias de inventario son más importantes que las variaciones, pero mucho más importantes que el número de productos terminados en común.

Los pesos implícitos arrojados por el programa son: 54% “Diferencias de inventarios”, 29.7% “Variación del consumo” y 16.3% el “número de productos terminados en común” con un índice de consistencia de 0.008.

Después de haber realizado las comparaciones de todos los nodos se procedió a hacer la sustitución de los pesos relativos del segundo nivel jerárquico en el criterio de criticidad para obtener la fórmula final y evaluar cada uno de los artículos de inventario.

El resultado de la sustitución es la fórmula de clasificación de inventarios. Como se muestra en:

Clasificación de inventario = 0.097 Coeficiente de variación + 0.17 Diferencias de inventario + 0.537 Número de productos terminados en común + 0.26 Valor de consumo anual + 0.413 Tiempo de entrega.

Esta fórmula contiene las ponderaciones de todos los criterios que se identificaron como importantes para clasificación del inventario.

Estandarización y Sustitución de la fórmula de los valores

Una vez obtenida la formula se realiza la sustitución de la misma. En la tabla 10 se muestran un ejemplo de los registros que se recolectaron para cada criterio.

Tabla 10. Ejemplo valores de criterios para reclasificación

No. De articulo	Valor de Consumo anual	Tiempo Entrega	No. Productos terminados en común	Variación	Diferencias de Inventario
S1	\$ 385.91	169	1	2.45	0.01
S10	\$ 129,028.75	55	3	0.40	0.21
S100	\$ 436.56	45	2	2.63	0.00
S101	\$ 25,409.00	40	3	2.39	0.01
S102	\$ 5,066.63	49	7	2.13	0.00
S103	\$ 7,542.65	29	1	0.79	0.10
S104	\$ 26,903.95	40	3	2.64	0.00
S105	\$ 10,535.91	45	1	2.45	0.00
S106	\$ 7,995.00	64	1	0.70	0.00
S107	\$ 129,316.17	45	1	1.17	0.00
S108	\$ 442.86	57	1	1.40	0.00
S109	\$ 6,271.89	44	1	2.50	0.00
S11	\$ 107,920.57	110	4	0.66	0.01
S110	\$ 26,026.20	54	2	1.33	0.00
S111	\$ 100,256.05	45	5	0.54	0.03
S112	\$ 1,572.48	36	1	1.63	0.05
S113	\$ 112,964.10	45	1	1.22	0.00
S114	\$ 8,048.61	45	4	2.28	0.00
S115	\$ 7,915.65	38	20	0.52	0.07
S116	\$ 25,685.37	45	3	2.08	0.00
S117	\$ 111.40	30	1	3.74	0.00
S118	\$ 57.80	30	1	3.74	0.00
S119	\$ 13,278.99	55	1	1.26	0.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se muestran los registros de cada criterio se puede ver que el valor de consumo anual esta valor monetario en dólares, el tiempo de entrega en días, el número de productos terminados en común son la cantidad de productos terminados, variación

de inventario y diferencias de inventario están expresados en porcentaje. Debido a estas diferencias Benito E. Flores (1992) propone estandarizar todas las unidades de los criterios a una escala de 0-1, mediante la sustitución de la siguiente fórmula

$$\frac{F1 - Fmin}{Fmax - Fmin}$$

Donde:

- F es valor de transformación: es el valor para cada uno de los criterios (valor de consumo anual, tiempo de entrega, número de productos en común o porcentaje de variación)
- Factor max es el valor máximo: para cada uno de los criterios (valor de consumo anual, tiempo de entrega, número de productos en común o porcentaje de variación)
- Factor min: es el valor mínimo, para cada uno de los criterios (valor de consumo anual, tiempo de entrega, número de productos en común o porcentaje de variación)

Posteriormente a realizar la estandarización de los valores se realiza la sustitución de la fórmula, al multiplicar cada uno de los valores estandarizados por la ponderación de cada criterio. Con la siguiente fórmula:

0.097 coeficiente de Variación + 0.17 Diferencias de inventario + 0.0537 No. de Productos terminados en común + 0.26 Valor de Consumo Anual + 0.413 Tiempo de entrega.

En la tabla 11 se muestra un ejemplo de la sustitución de la fórmula anteriormente mencionada.

Tabla 11. Ejemplo sustitución de fórmula de Clasificación

No. De articulo	Valor de Consumo anual	Tiempo Entrega	No. PTs en comun	Variación	Diferencias de Inventario
S1	0.00	0.389	0.0000	0.0636	0.007
S2	0.01	0.413	0.0008	0.0192	0.012
S3	0.00134	0.413	0.0003	0.0289	0.000
S4	0.00	0.413	0.0000	0.0285	0.000
S5	0.00	0.413	0.0000	0.0287	0.000
S6	0.00	0.401	0.0000	0.0301	0.000
S7	0.00	0.401	0.0000	0.0301	0.000
S8	0.00	0.401	0.0000	0.0268	0.000
S9	0.26	0.097	0.0018	0.0075	0.004
S10	0.04	0.114	0.0005	0.0105	0.177
S11	0.03	0.242	0.0008	0.0172	0.011
S12	0.15	0.097	0.0028	0.0065	0.034
S13	0.01	0.237	0.0010	0.0139	0.009
S14	0.00191	0.229	0.0010	0.0212	0.007
S15	0.00123	0.237	0.0000	0.0163	0.000
S16	0.00022	0.150	0.0000	0.0965	0.000
S17	0.15	0.082	0.0015	0.0072	0.005
S18	0.06	0.089	0.0010	0.0090	0.083
S19	0.06	0.089	0.0008	0.0125	0.075
S20	0.01	0.210	0.0000	0.0197	0.000

Fuente: Elaboración propia

Después de calcular todas las ponderaciones se ordenaron todos los artículos de mayor a menor ponderación con el objetivo de determinar los artículos de acuerdo a su importancia. Siendo los de mayor ponderación los mas importantes y menor ponderación los menos importantes.

Realizar la reclasificación de inventario por criterios múltiples con las nuevas calificaciones para cada artículo

Una vez que se ordenaron los artículos de mayor a menor ponderación se realizó la reclasificación de inventario ABC basada en criterios múltiples.

Se clasificaron en A,B y C. Donde los artículos A representan el 20% del total de artículos y esto equivale a 91 materiales, los artículos clasificados como B equivalen al 25% del total de artículos y son 114 de los artículos y la clasificación C son el 55% del total de artículos y son 251 artículos.² Como se puede ver en la tabla 12.

Tabla 12. Distribución de clasificación ABC.

Clasificación	% Total de artículos comprados
A	20
B	25
C	55

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra un ejemplo de la comparación de la clasificación ABC tradicional y la reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples. Por ejemplo, el artículo S1 con la clasificación tradicional (basada en el valor de consumo anual) sostenía clasificado como C pero después de llevar a cabo el proceso reclasificación

² La clasificación la división se realizó en base a las recomendaciones de Lolli (2014) propone el uso de una división híbrida, más flexible que se acopla a la distribución de los datos.

basado en criterios múltiples su clasificación cambio A. Por lo que el nivel de inventario de seguridad se deberá ajustar de acuerdo con su nueva clasificación.

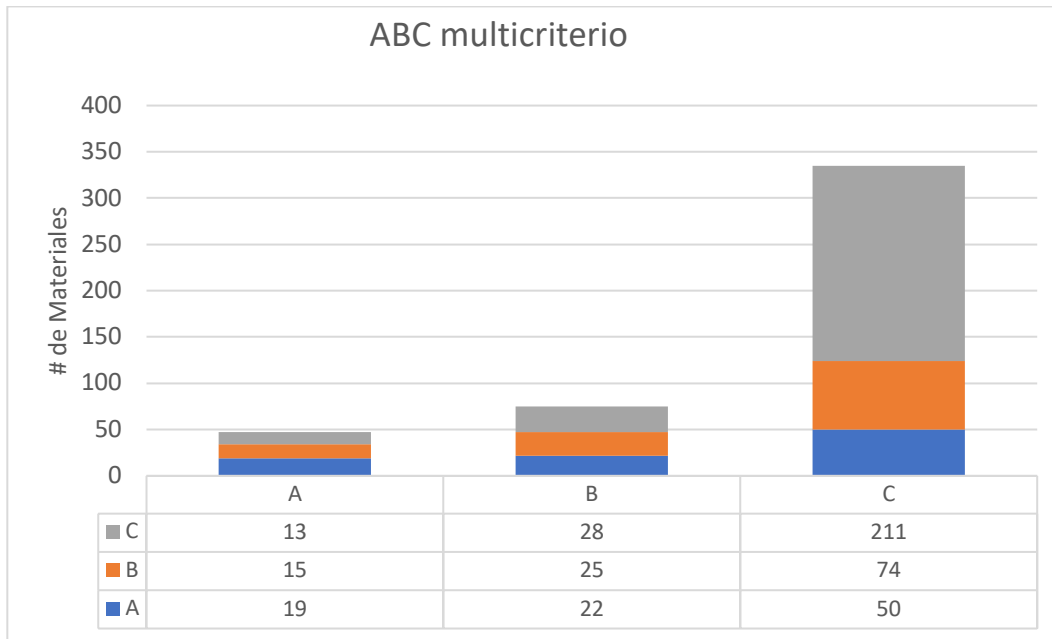
Tabla 13. Reclasificación de inventario

No. De artículo	Peso	Clasificación tradicional	Reclasificación Inventario criterios múltiples
S1	0.459	C	A
S2	0.459	B	A
S3	0.443	C	A
S4	0.442	C	A
S5	0.442	C	A
S6	0.431	C	A
S7	0.431	C	A
S8	0.428	C	A
S9	0.370	A	A
S10	0.336	A	A
S11	0.300	A	A
S12	0.287	A	A
S13	0.270	B	A
S14	0.260	C	A
S15	0.254	C	A
S16	0.246	C	A
S17	0.246	A	A
S18	0.244	A	A
S19	0.241	A	A
S20	0.241	B	A

Fuente: Elaboración propia

Una vez concluida la reclasificación de inventarios podemos observar en la ilustración 16 la reclasificación basada en criterios múltiples.

Ilustración 16. ABC basado en Criterios Múltiples.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la ilustración 16 se lista un resumen de la nueva clasificación:

- 19 artículos A conservaron su clasificación.
- 15 artículos A bajaron su clasificación a B.
- 13 artículos A bajaron su clasificación a C.
- 25 artículos B conservaron su clasificación.
- 28 artículos B bajaron su clasificación a C.
- 22 artículos B subieron su clasificación a A.
- 50 artículos C subieron su clasificación a A.
- 74 artículos C subieron su clasificación a B.

4.10.3. Etapa 3: Materiales identificados como causa de incumplimiento

Analizar y observar los cambios de clasificación en los materiales identificados como causa de incumplimiento

Una vez realizada la reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples para todas las materias primas se tomó la decisión de hacer una revisión detallada de la reclasificación de inventario y el nivel de inventario de los materiales identificados como causa de incumplimiento. El área de planeación generó registros por 12 meses de los artículos que han generado incumplimientos en las entregas a clientes. Se encontraron 61 artículos.

La ilustración 17 muestra la gráfica de los cambios en la clasificación y los niveles de inventario obtenidos, donde:

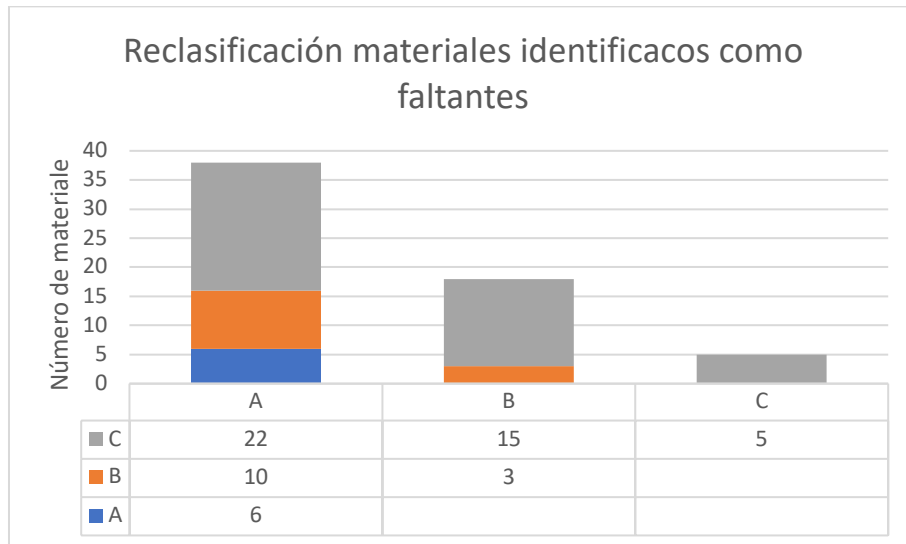
- 14 materiales no cambiaron su clasificación:
 - 6 artículos conservan su clasificación A.
 - 3 artículos conservan su clasificación B.
 - 5 artículos conservan su clasificación C.

Para estos 14 artículos no se realizará ningún cambio en sus niveles de inventario y por consiguiente el nivel de servicio.

- 47 materiales incrementaron su clasificación:
 - 10 artículos cambiaron su clasificación B a A.
 - 22 artículos cambiaron su clasificación C a A.
 - 15 artículos cambiaron su clasificación de C a B.

Los 47 artículos que mostraron cambio en su clasificación sufriran un ajuste en su inventario de seguridad de acuerdo con la política de nivel servicio para cada clasificación A, B o C. La política de la organización da más importancia los artículos A posteriormente los B y por último los C.

Ilustración 17. Reclasificación de materiales identificados como faltantes



Fuente: Elaboración propia

Para efectos del caso en la empresa de análisis se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Inventario de Seguridad} = \text{NL} * \text{Std. Dev} * \text{Raiz Cuadrada (Tiempo de entrega)}$$

Donde:

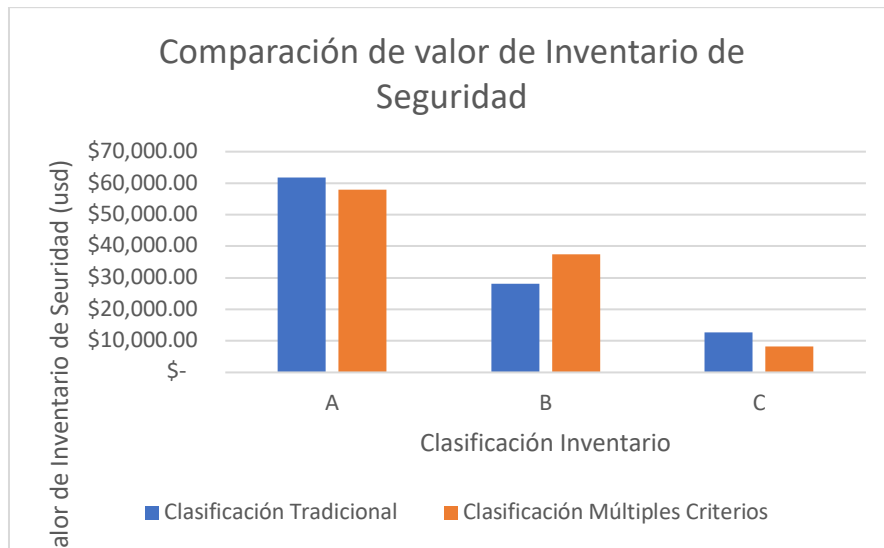
NL: Nivel de servicio

Std. Dev: Desviación Estándar

En la ilustración 18 se muestra la comparación de valor de inventario de seguridad en esta se puede apreciar que un incrementó en el inventario de seguridad en los artículos

con clasificación B, y un decremento en el nivel de inventario de seguridad para los artículos con clasificación A y C.

Ilustración 18. Comparación del valor de Inventario de Seguridad.



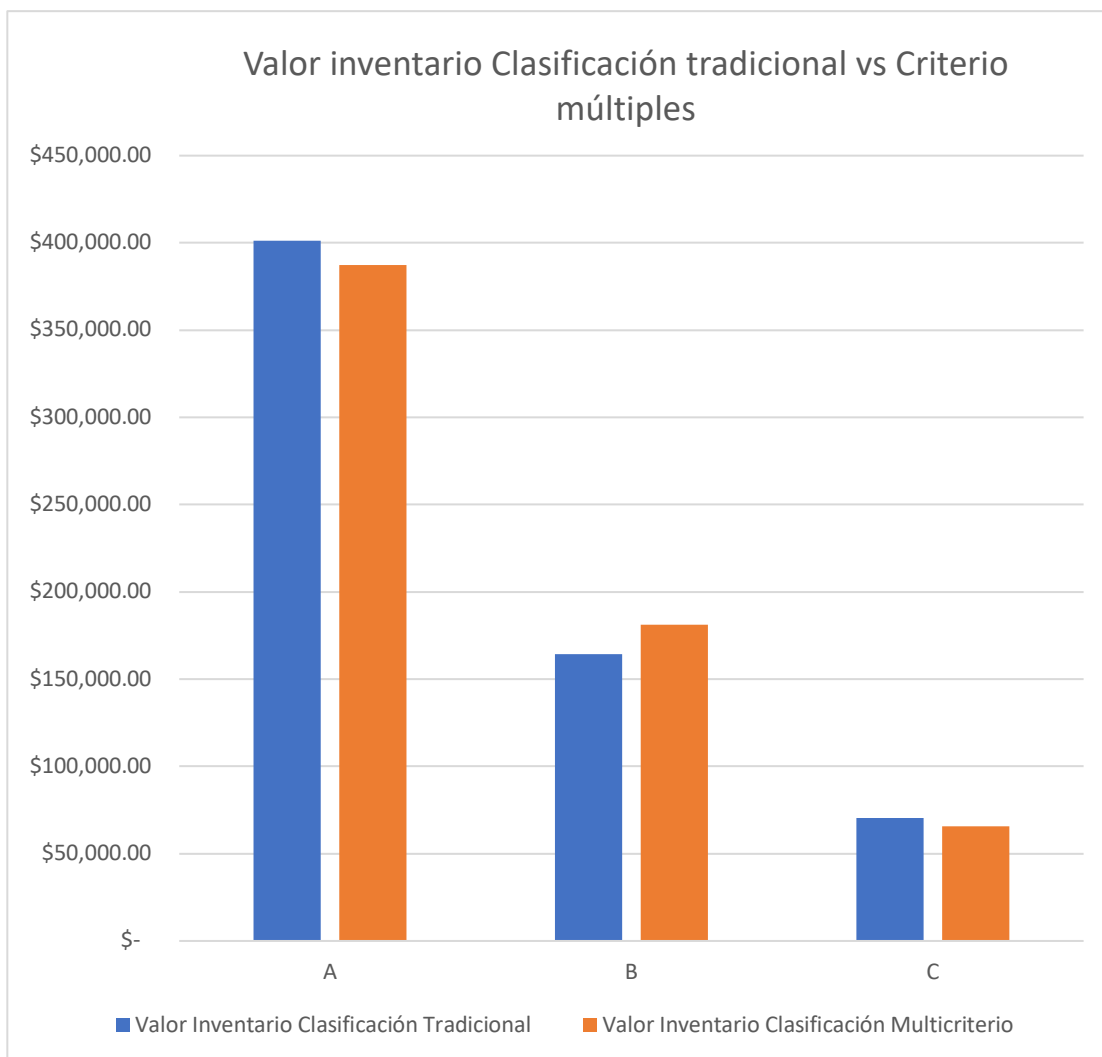
Fuente: Elaboración propia

4.10.4. Etapa 4: Comparación de inventario actual basado en la clasificación de inventarios tradicional contra el nivel de inventario basado en reclasificación de inventarios por criterios múltiples

Además de revisar los cambios en el inventario de seguridad para los artículos identificados como causal de entregas, se realizó el cálculo del inventario de seguridad para la totalidad de las materias primas considerando la nueva reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples. El valor de inventario con la clasificación tradicional es de \$636,340.00 USD mientras que con la reclasificación en base a criterios múltiples el inventario de seguridad es de \$634,219.90 USD. Se puede apreciar una reducción del 3%.

En la ilustración 19 se puede observar que el inventario de seguridad de los artículos clasificados como A son los que tienen una mayor reducción, esta es de \$13,948.00 USD, mientras que el inventario de los artículos clasificados B se incrementó en \$16,747.00 USD. Finalmente, en los artículos C el valor de inventario bajo \$4,919.00 USD.

Ilustración 19. Valor de Inventario tradicional vs Múltiples



Fuente: Elaboración propia

4.10.5. Etapa 5: Respuestas a las hipótesis de investigación

Una vez concluida la reclasificación de inventarios, análisis de materiales identificados como causa de atraso y revisión del nuevo nivel de inventario de todas las materias primas de la empresa, se responden las siguientes preguntas de investigación.

¿Qué efectos se observarán en todos los artículos que forman parte en la empresa de manufactura?

La primera hipótesis es: La reclasificación del inventario por medio de criterios múltiples tendrá como consecuencia que al menos la mayoría de los artículos cambien de clasificación.

La reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples causó que el 32% de los artículos incrementaran su clasificación ABC, 12% bajaron su clasificación y 56% conservaran su clasificación ABC. Es decir, el 44% de los artículos cambiaron su nivel de importancia y su nivel de servicio. De forma general la mayoría de los artículos no cambian su clasificación, por lo que no hay evidencia a favor de la primera hipótesis.

Una vez que se realice la reclasificación de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿Qué efectos se observaran en los artículos que han sido identificados como causa de incumplimientos de compromisos con los clientes?

La segunda hipótesis es: La reclasificación del inventario por medio de criterios múltiples tendrá como consecuencia que al menos la mayoría de los artículos identificados como causa de incumplimiento de entregas a tiempo cambien de clasificación y este cambio

sea positivo (ej., artículos con clasificación B incrementen su clasificación a “A” y artículos con clasificación C incrementen su clasificación a “B”).

Para los artículos identificados como causa de faltantes la reclasificación basada en criterios múltiples permitió que 47 de los 61 incrementaran su clasificación y por consecuencia el nivel de servicio de los mismo aumente, reduciendo así la probabilidad de caer en incumplimientos, ya que de acuerdo con las políticas de administración de inventarios en la organización, los artículos con mayor importancia tienen un mejor nivel de servicio. El sistema de control de la organización solicitará que se incremente la cantidad a comprar ya que se debe asegurar la cobertura del inventario de seguridad. Por lo tanto, se concluye a favor de la segunda hipótesis.

Al momento de reclasificar a los artículos de inventario en base a una metodología de criterios múltiples, ¿Qué efectos se observarán en los niveles de inventario de la empresa?

La tercera hipótesis es: Una mayor compra de artículos identificados como causa de faltantes resultará en un aumento en el nivel general de inventario de la empresa.

Al concluir con la reclasificación y el cálculo de los nuevos inventarios de seguridad se puede observar una reducción del inventario de seguridad del 3%. La reclasificación ayudo a balancear los inventarios para cada clasificación, ya que la clasificación tradicional solo da importancia al criterio monetario pero al introducir otros criterios y hacer el proceso de jerarquía analítica este criterio baja su ponderación de 100%. El resultado obtenido no genero un incremento en el inventario general. Por lo tanto, se concluye que no existe evidencia a favor de la tercera hipótesis.

Conclusiones

La clasificación de inventario ABC tradicional es muy común y fácil de obtener, pero este solo considera un criterio monetario dejando fuera otros factores que pueden influenciar en la administración de materiales, tales como, rechazos de proveedor, tiempo de entrega, número de componentes en común, criticidad, valor de consumo, etc. La utilización de proceso también permitió convertir la comparación subjetiva de los criterios a cuantitativa y de una forma muy sencilla unificar todas las unidades de medición para convertirlos a una fórmula y determinar, identificar y clasificar los materiales de acuerdo con la importancia o impacto que tienen en la organización.

Al realizar una reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples con el Proceso de Jeraquia Analitica permitió al area de administración de los materiales generar un analisis mas complejo para cada uno de los articulos, por lo que se vuelve mas sensible a la situación real de organización. Así las políticas para la administración y control pueden ser mas efectivas y tener un impacto positivo en el nivel de servicio (entregas a clientes), es decir, la reclasificación de inventarios basada en criterios multiples ayudara a la organización a mejorar sus indicadores de servicio e inventarios.

Determinar una apropiada clasificación de inventarios es una tarea muy importante a la que se enfrenta la administración de materiales, esta se puede convertir en una ventaja competitiva y así asegurar la permanencia en el mercado.

Recomendaciones

La clasificación de inventario basada en criterios múltiples requiere un análisis más complejo y detallado para cada número de parte por lo que requiere más tiempo y más información. La administración de la información es un recurso que se puede mejorar y automatizar para hacer más eficiente la aplicación de la metodología de la reclasificación de inventarios.

Adicionalmente una futura investigación sería hacer la medición del impacto de cada artículo en el indicador de las entregas a tiempo de esta forma la administración de materiales sería capaz de establecer políticas más específicas.

Se recomienda, la realización de un estudio complementario, considerando una metodología híbrida de la reclasificación de inventarios basada en criterios múltiples propuesta por F. Lolli (2014), utilizando el proceso de jerarquía analítica y el algoritmo de las prioridades, generando una mejor segmentación y eliminando el factor subjetivo de la metodología de jerarquía analítica.

Referencias

1. Chavez, J. H. (2010). *Supply Chain Management (2a Edición)*. RIL editores.
2. Lesure, M. (2010). *Key Concepts in Operations Management*. Los Angeles: SAGE.
3. Arnold, J. T. (2008). *Introduction to Materials Management*. New Jersey: Prentice Hall.
4. Benito E. Flores, D. L. (1992). Management of Multicriteria Inventory Classification. *Math Comput. Modeling*, 71-82.
5. David, B. (2010). *Supply Chain Management Best Practices*. USA: Wiley Best Practices.
6. Farasyn Ingrid, H. S. (2011). Inventory Optimzation at Procter & Gamble. *Interfaces*, 66-78.
7. Fierro Martinez, A. M. (2009). *Contabilidad de Activos*. Bogota: ECOE Ediciones.
8. Fogarty, D. W. (2006). *Administración de la Producción e Inventarios*. México: Compañía Editorial Continental.
9. Gutiérrez, Ó. P. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Redalyc*, 169-187.
10. Hoffmann, F. B. (2006). *Administración de la producción e inventarios*. MEXICO: Compañía Editorial Continental.
11. Hopee, M. (2008). *Inventory Optimization with SAP*. Boston: Galileo Press.
12. Müller, M. (2011). *Essencial of Inventory Magament*. New York: AMACOM.
13. Mora García, L. A. (2008). *Gestión logística integral : las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos*. Bogota: ECOE Edicones.

14. Radasanu, A. C. (2016). Inventory Management, service level and safety stock. *Journal of Public Administration, Finance and Law*, 145-153.
15. Rezaei, J., & Dowlatshahi, S. (2010). A rule based multi-criteria approach to inventory classification. *International Journal of Production Research*, 7107-7126.
16. Rojo, J. R. (2002). *Cómo y dónde optimizar los costes Logísticos*. España: FC Editorial.
17. Sehgal, V. (2009). *Enterprise Supply Chain Management: Integrating Best in class Process*. N.J.: Wiley.
18. Sehgal, V. (2011). *Supply Chain as Strategic Asset: The Key to Reaching Business Goal*. N.J: Wiley.
19. Sheldon, D. H. (2008). *Lean Materials Planning and Execution: A External Supply Management Excellence*. FL: J. Ross .
20. Skinner, W. (1996). *Manufacturing Strategy on the "S" Curve*. Production and Operation Management.
21. Tejero, J. J. (2011). *Logística Integral*. Madrid: ESIC EDITORIAL.
22. Torres, S. A. (2001). *Contabilidad de costos: análisis para la toma de decisiones*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.