

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR LOS COSTOS ASOCIADOS  
A LOS MODELOS DE INVENTARIO CON DEMANDA INDEPENDIENTE Y  
ÓRDENES REPETITIVAS**

**MARÍA FERNANDA QUIROGA VALENCIA  
DOUGLASS MAURICIO SILVA ARIAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTADA DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECANICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2016**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR LOS COSTOS ASOCIADOS  
A LOS MODELOS DE INVENTARIO CON DEMANDA INDEPENDIENTE Y  
ÓRDENES REPETITIVAS**

**MARÍA FERNANDA QUIROGA VALENCIA  
DOUGLASS MAURICIO SILVA ARIAS**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Industrial**

**Director  
CARLOS EDUARDO DÍAZ BOHÓRQUEZ  
MSC. Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	12
1. TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS .....	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3. METODOLOGÍA .....	17
3.1. TRIANGULACIÓN DE DATOS .....	17
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
4.1. DESARROLLO DE LOS PASOS DEL 1 AL 6 DEL MÉTODO DE TRIANGULACIÓN .....	21
4.2. DESARROLLO DEL PASO 7 DEL MÉTODO DE TRIANGULACIÓN: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LOS COSTOS .....	23
4.3. DESARROLLO DEL PASO 8 DEL MÉTODO DE TRIANGULACIÓN.....	55
5. PROPUESTA METODOLÓGICA.....	59
5.1. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS ASOCIADOS A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS .....	61
6. CONCLUSIONES .....	107
7. RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	111
ANEXOS.....	115

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Enfoque de 8 pasos para la triangulación .....	18
Tabla 2. Resultados obtenidos en las bases de datos.....	22
Tabla 3. Matriz comparativa Costo de Adquisición .....	43
Tabla 4. Matriz comparativa Deterioro del Valor de los Inventarios .....	44
Tabla 5. Resumen de la revisión de literatura.....	54
Tabla 6. Componentes del costo de compra según la revisión de literatura .....	55
Tabla 7. Componentes del costo de ordenar según la revisión de literatura .....	56
Tabla 8. Componentes del costo de mantener según la revisión de literatura.....	57
Tabla 9. Componentes del costo de faltantes según la revisión de literatura .....	58
Tabla 10. Elementos del costo de ordenar .....	68
Tabla 11. Ejemplo Calculo Costo de Capital.....	87

## LISTA DE FIGURAS

**Pág.**

Figura 1. Artículos seleccionados .....	23
Figura 2. Componentes de costo de inventarios según Silver, Pyke y Peterson ...	26
Figura 3. Componentes de costo de inventarios según Ballou .....	28
Figura 4. Componentes de costo de inventarios según Heizer y Render .....	32
Figura 5. Categorías del costo de almacenamiento según Heizer y Render .....	32
Figura 6. Componentes de costo de inventarios según Hiller y Lieberman .....	39
Figura 7. Componentes de costo de inventarios según Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham.....	41
Figura 8 Modelo de costos del proceso de almacenamiento .....	46
Figura 9. Metodología para calcular el costo de almacenar.....	50
Figura 10. Propuesta metodológica. ....	62
Figura 11. Diagrama de flujo.....	71
Figura 12. Costeo ABC para empresa comercializadora .....	80
Figura 13. Costeo ABC para empresa manufacturera .....	81

## RESUMEN

**TITULO:** PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR LOS COSTOS ASOCIADOS A LOS MODELOS DE INVENTARIO CON DEMANDA INDEPENDIENTE Y ÓRDENES REPETITIVAS.<sup>1</sup>

**AUTOR:** MARIA FERNANDA QUIROGA VALENCIA  
DOUGLASS MAURICIO SILVA ARIAS\*\*

**PALABRAS CLAVE:** GESTIÓN DE INVENTARIOS, COSTOS DE INVENTARIOS, COSTO DE MANTENER, COSTO DE ADQUISICIÓN, COSTO DE ORDENAR, COSTO DE FALTANTES.

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto presenta el diseño de una metodología para el cálculo de los parámetros de costos de los modelos de gestión de inventario, es una guía para empresarios y académicos, que permite disminuir la subjetividad a la hora del cálculo, para esto se realiza un análisis de los costos de adquisición, costo de ordenar, costo de almacenar y costo de faltantes.

Para la construcción de la metodología se utiliza como base la fundamentación teórica encontrada en la revisión de literatura, se aplica el método de triangulación, como herramienta para comparar las diferentes teorías y metodologías recopiladas en la revisión de literatura realizada. Permitiendo identificar los elementos que componen cada uno de los costos asociados al inventario.

Como resultado se obtiene una metodología con la caracterización de los costos asociados al inventario y descripción de cada uno de los elementos que los componen, una serie de pasos que orientan al lector durante el cálculo de estos parámetros, por medio de relaciones matemáticas que permiten obtener un valor para cada elemento, reduciendo el grado de subjetividad. La metodología se diseña para dos tipos de empresa: el caso en que la empresa es manufacturera y el caso en que es comercializadora, lo anterior se tiene en cuenta en su estructura para facilitar la comprensión de la misma.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  
Director: Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, Ingeniero Industrial.

## ABSTRACT

**TITLE:** METHODOLOGICAL APPROACH FOR INVENTORY COST FOR MODELS WITH INDEPENDENT DEMAND-REPETITIVE ORDERS.

**AUTHOR:** MARIA FERNANDA QUIROGA VALENCIA  
DOUGLASS MAURICIO SILVA ARIAS\*\*

**KEYWORDS:** INVENTORY MANAGEMENT, INVENTORY COSTS, HOLDING COST, BACKORDER COST, FIXED ORDER COST, PURCHASE COST.

### DESCRIPTION:

This work presents the design of a methodology for calculate the cost parameters of the inventory management models, is a guide for entrepreneurs and academics, which helps to reduce the subjectivity in the calculation, an analysis is performed about purchase cost, fixed order cost, holding cost and backorder cost on inventory models.

For the methodology's construction the theoretical statements found in the literature review is used as the fundamental basis, the triangulation method is applied as a tool to compare and synthesize the different theories and methodologies compiled in the literature review. Allowing identify the different elements that compose each inventory cost.

As a result of the research is obtained a methodology, which characterizes the parameters of inventory costs with the description of each cost's element. Is a series of four steps that guide the reader in the calculation of these parameters, through mathematical equations that allow getting a value for each element, reducing the subjectivity degree. The methodology is designed for two particular types of companies: the case where is a manufacturing company and the case where is a commercialization company, this is taken in the structure of the text to facilitate the understanding and the application of it.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  
Director: Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, Ingeniero Industrial.

## INTRODUCCIÓN

La gestión y control de inventario es un campo que requiere de técnicas y herramientas que permitan a las empresas mantener el nivel de servicio deseado sin arriesgar su rentabilidad e inversión de capital. Estas herramientas son los modelos matemáticos, que ayudan a la creación de políticas de inventario a través de unos parámetros de costos, el problema radica en que los tomadores de decisiones integran subjetividad a los modelos mediante la estimación de estos parámetros, poniendo en riesgo la validez de los datos que se obtienen, conllevando a la creación de políticas de inventario que no son soluciones optimas debido a la infravaloración o sobrestimación de los parámetros de costos.

En este libro se presenta una propuesta metodológica que busca establecer una guía clara para calcular los costos asociados a la gestión de los inventarios y, está estructurado de la siguiente manera: En la primera parte se plantea la problemática en la cual se centra el proyecto de investigación, posteriormente se describe la metodología utilizada para el desarrollo proyecto, realizando una descripción del paso a paso del método de triangulación, luego se presenta la revisión de literatura realizada acerca de las teorías y metodologías existentes sobre los costos asociados a los modelos de la gestión de inventarios, en seguida se muestran los resultados del método de triangulación. Finalmente se presenta la metodología obtenida que permite disminuir la subjetividad en el cálculo de los costos asociados a los modelos de inventarios por parte de los tomadores de decisiones, y termina con las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

## 1. TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO	CUMPLIMIENTO
Realizar una revisión de literatura sobre las metodologías existentes acerca de los costos asociados a los modelos de inventarios con demanda independiente y órdenes repetitivas, para identificar sus estructuras.	<b>Numeral 4.2.</b> Desarrollo del paso 7 del método de triangulación: Fundamentación teórica de los costos.
Identificar los componentes inherentes a los costos de almacenar, costo de comprar, costo de hacer una orden de pedido y costo por faltantes.	<b>Numeral 4.3.</b> Desarrollo del paso 8 del método de triangulación.
Diseñar una metodología para el cálculo de los costos, basada en los resultados de la investigación.	<b>Numeral 5.1</b> Metodología para la estimación de los costos asociados a la gestión de inventarios.
Desarrollar un artículo de carácter publicable sobre los resultados del trabajo de investigación.	<b>Anexo B.</b> Metodología para estimar los costos asociados a los modelos de inventario con demanda independiente y órdenes repetitivas.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una política de inventarios adecuada representa un ahorro significativo de dinero para la organización, que puede ser utilizado para desarrollar estrategias y apoyar procesos en otras áreas de la empresa. Una técnica de administración que permite determinar la política óptima de inventarios son los modelos matemáticos desarrollados desde la academia. El modelo general de inventario propuesto en la literatura es:

$$T = C_{adq}D + \frac{CoD}{Q} + \frac{C_h S^2}{2Q} + \frac{C_f(Q - S)^2}{2Q}$$

En este modelo existen dos variables de decisión ( $S$  y  $Q$ ) y los valores óptimos ( $S^*$  y  $Q^*$ ):

$$S^* = \sqrt{\frac{2CoD}{C_h}} * \sqrt{\frac{C_f}{C_f + C_h}} \quad Q^* = \sqrt{\frac{2CoD}{C_h}} * \sqrt{\frac{C_f + C_h}{C_f}}$$

Del modelo anterior se observa que el cálculo de los valores óptimos depende de los parámetros de costo y la demanda. Como es inherente a todo modelo, la validez de sus resultados va a depender de la calidad que tengan los parámetros con los que se alimente, con lo cual se identifica la existencia de un inconveniente a la hora de calcular los parámetros de costos de los modelos, Carlos Vidal, Julio Londoño y Fernando Contreras (2004)<sup>3</sup> reconocen la dificultad de estimar los

---

<sup>2</sup> HILLER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald. Teoría de inventarios. En: Introducción a la investigación de operaciones. 9 ed. México: McGraw Hill, 2010. p. 772-843.

<sup>3</sup> VIDAL, Carlos; LONDOÑO, Julio y CONTRERAS, Fernando. Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y n puntos de ventas. En: Ingeniería y competitividad. Septiembre, 2004. vol. 6, no. 1, p. 35-52.

costos de mantener, costo de ordenar y costo de faltantes. Otros autores como Daisy Espinoza y Nury Hernández (2013)<sup>4</sup> evidencian que en la actualidad, el cálculo de estos costos se realiza de forma subjetiva ya que no existe una metodología que oriente de forma adecuada al encargado del departamento de producción y logística, lo que conduce a que sean estimados a partir de supuestos que afectan la precisión del valor, reflejándose en los resultados arrojados por el modelo, alejándolos de la solución real.

Por lo anterior, se observa la necesidad de sintetizar la teoría en una metodología que guie a empresarios y académicos, en el proceso de estimación de los costos para obtener valores más exactos, aumentando la fidelidad del modelo matemático.

El proyecto busca contribuir al conocimiento de la gestión de inventarios, ofreciendo una guía con una base teórica sólida, que permite calcular el valor de los costos asociados al inventario, minimizando la subjetividad de los encargados para realizar dicha actividad, permitiendo reducir la incertidumbre asociada a la falta de orientación a la hora de calcular los costos. De esta manera se logra acercar los insumos de los modelos a un valor más real, lo que permite obtener una política de gestión de inventarios más próxima al óptimo.

El conocimiento que quiere generar el proyecto es la identificación de cada uno de los elementos que se encuentra dentro de la estructura de los costos asociados a la gestión de inventarios, dando a las empresas una herramienta para analizar a fondo cada uno de sus costos y brindar soporte para la toma de decisiones acerca del tema, ya sea para su mejoramiento u optimización.

---

<sup>4</sup> ESPINOSA, Daisy y HERNÁNDEZ, Nury. Metodología para la planificación de la inversión en inventarios en la actividad hotelera. En: Retos turísticos, 2013. vol.12, no. 1, p. 23-35.

En conclusión se justifica la realización de este proyecto y elaboración de la propuesta metodológica, con el fin de reducir la subjetividad en el tema e impactar directamente en los dos factores principales que busca satisfacer una política de inventarios (El costo total y el nivel de servicio deseado).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. TRIANGULACIÓN DE DATOS

Según Francisco Cisterna<sup>5</sup>, investigar significa abordar, estudiar, entender, analizar y construir conocimiento a partir de procesos de interpretación, donde la validez y confiabilidad del conocimiento depende de investigador.

Los investigadores son quienes diseñan la investigación, recopilan la información, la organizan y la interpretan. Para esto, existe una amplia variedad de estrategias, métodos y técnicas que orientan al investigador en la construcción de la teoría del problema y facilitan el entendimiento de esta. Estos métodos son herramientas, procedimientos o instrumentos que sirven como guía a los investigadores pero están sujetos a interpretaciones y adaptaciones.

Un procedimiento de investigación es la triangulación, este concepto tiene origen en la navegación donde significa: “Tomar múltiples puntos de referencia para localizar una posición desconocida”<sup>6</sup>. Campbell y Fiske en 1959, trasladaron este concepto a la investigación y diversos autores como Denzin, Cowman y Morse desarrollaron el tema, llegando a la siguiente definición:

“la triangulación en investigación, es la combinación de dos o más teorías, fuentes de datos y/o métodos de investigación, en el estudio de un fenómeno singular,

---

<sup>5</sup> CISTERNA, Francisco. Categorización y triangulación como proceso de validación del conocimiento en investigación cualitativa. En: *Theoria*, 2005. vol. 14, no. 1, p. 61-71.

<sup>6</sup> ARIAS, María. Triangulación metodológica: Sus principios alcances y limitaciones. En: *Investigación y Educación en Enfermería*. Marzo, 2000.vol. XVIII, no. 1, p. 13-26.

usualmente cualitativo y cuantitativo que busca asegurar una aproximación más comprensiva en la solución del problema de investigación.”<sup>7</sup>

Partiendo de este concepto la triangulación es una síntesis o integración de datos, que consiste en recolectar, comparar y combinar información de estudios cualitativos y cuantitativos. Al recolectar primero y luego comparar los conjuntos de múltiples datos, la triangulación ayuda a contrarrestar las amenazas a la validez de cada fuente de datos<sup>8</sup>.

En esta investigación se utiliza el procedimiento de la triangulación para llegar a la interpretación de la información recolectada en la revisión de literatura, esto permite disminuir el riesgo de falsas interpretaciones mediante el uso de múltiples fuentes de información. La aplicación del proceso de triangulación ha sido estructurada con base al enfoque de 12 pasos para la triangulación propuesto por la OMS<sup>9</sup>, este proceso ha sido adaptado para la presente investigación.

**Tabla 1. Enfoque de 8 pasos para la triangulación**

¿QUÉ PARTE DEL PROCESO?	¿QUÉ PASOS COMPRENDE?	CAPITULO
<b>PLANIFICACIÓN DE LA TRIANGULACIÓN</b>	1. Generar la pregunta de investigación. 2. Identificar los términos que sean importantes para desarrollar la investigación 3. Identificar las fuentes de datos de las que se obtendrá la información. 4. Construcción de la ecuación de búsqueda.	2.Fase de inmersión y deducción
<b>CONDUCCIÓN DE LA</b>	5. Recopilación de artículos/libros e información	2.Fase de inmersión y deducción

<sup>7</sup> Ibíd.

<sup>8</sup> OMS. Guía de Recursos para la Triangulación del VIH: síntesis de los resultados de fuentes múltiples de datos para la evaluación y toma de decisiones. Organización mundial de la salud, 2009. 108 p.

<sup>9</sup> Ibíd.

¿QUÉ PARTE DEL PROCESO?	¿QUÉ PASOS COMPRENDE?	CAPITULO
<b>TRIANGULACIÓN</b>	académica. 6. Evaluación de los artículos recopilados	
	7. Anotar los planteamientos y/o aportes de cada uno de los autores.	2.1 Fundamentación teórica de los costos
	8. Realizar un resumen de los resultados y sacar conclusiones.	3. Interpretación de resultados

Fuente: Adaptado de OMS (2009)

En el primer paso de la triangulación, se identifica la pregunta de interés para la investigación, en este caso hace referencia a la identificación de las metodologías, métodos y procedimientos existentes en la literatura para el cálculo de los costos asociados a la gestión de inventarios.

El paso 2, se emplea para identificar los términos y/o palabras claves relacionadas al tema de investigación, y que son adecuadas para la obtención de información a la pregunta seleccionada en el paso anterior.

Para la selección de los términos que se utilizaron en la búsqueda, se realizó un listado de palabras claves, obtenidas a partir de la investigación previa a la ejecución del proyecto. Para cada una de los términos del listado, se buscaron sinónimos en inglés y español, y luego se seleccionaron las palabras que se presentaban con mayor frecuencia dentro de los artículos e investigaciones académicas.

En el paso 3 se identifican las fuentes de datos disponibles y relevantes para el área de interés seleccionada (Investigación de operaciones), y la calidad de los datos presentes en estas, por ello se seleccionaron cuatro bases de datos que

permitieron obtener información académica sobre el tema, Web of Science, EbscoHost, Sciencedirect y Scopus.

Luego de realizar los tres primeros pasos, se puede obtener un mejor entendimiento del tema que se está abordando en el contexto de las fuentes de datos, permitiendo identificar: las deficiencias de información, ya sea en calidad, coherencia y/o aporte y relevancia al tema.

En el paso 4, por medio de prototipos de ecuaciones de búsqueda se inicia la recopilación de información en las bases de datos. A partir del análisis de las deficiencias de la información recolectada se realiza un proceso de refinado y mejora a las ecuaciones prototipo, para llegar a la construcción de la ecuación de búsqueda final.

Los pasos 5 y 6, hacen referencia a la forma como se realizó la revisión de literatura. El éxito del ejercicio de triangulación depende de la rigurosidad que se aplique durante la recopilación de información, por ello es importante hacer una adecuada evaluación y análisis de los artículos, libros e información académica que se encuentre.

El paso 7, consiste en extraer las observaciones, interpretaciones y/o teoría de los autores encontrados en la revisión de literatura. El último paso (paso 8) consiste en resumir los resultados y concluir.

El desarrollo y resultados del método de triangulación se presentan en el capítulo 4. Revisión de literatura.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. DESARROLLO DE LOS PASOS DEL 1 AL 6 DEL MÉTODO DE TRIANGULACIÓN

En la literatura se encuentran diferentes autores que han desarrollado el tema de los costos asociados a la gestión de inventarios con el objetivo de ayudar a estimarlos.

Para identificar los principales fundamentos teóricos, se llevó a cabo una revisión de literatura en las bases de datos de mayor impacto en el tema de investigación: Web of Science, EbscoHost, Sciencedirect y Scopus. En cada una de estas, las palabras *cálculo*, *calculate*, *solve*, *estimación\**, *estimation*, *determinación*, *determination* y *\*measure\** fueron ingresadas junto a las palabras AND *\*cost\**, *parámetros*, *parameters* AND *\*model\**, *teoría*, *theory* AND *inventarios*, *inventory*, *stocks* para obtener coincidencias a nivel de *Title*, *Abstract* y *Keywords*, en un periodo cronológico que inicia en el año 2000 al año 2015.

Es importante definir que los asteriscos (\*\*) se utilizaron con el fin de incluir dentro de la búsqueda todas las palabras que contuvieran la palabra de referencia, es decir: *measure* (*measurement*, *measuring*, etc.), *cost* (*costos*, *costs*, *costo*, *coste*, etc.) y *model* (*models*, *modelo*, *modeling*, etc.). Adicional a esto se refino la búsqueda a través de filtros en: idioma (Español e Inglés), tipo de documento (Publicaciones académicas), tema y materia (Control de inventarios, Business Economy e Investigación de operaciones).

Debido a que el tema de investigación se deriva del tema de gestión de inventarios, el cual es ampliamente tratado en la literatura. Surgió la necesidad de

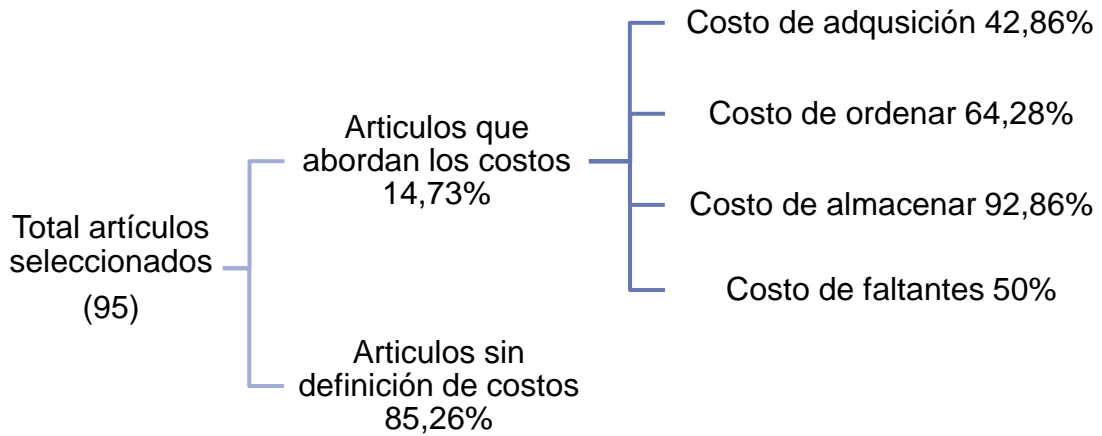
limitar los resultados de búsqueda, seleccionando del listado resultante de palabras claves de las publicaciones académicas, aquellas que fueran más específicas y presentaran mayor relación al tema de investigación.

**Tabla 2. Resultados obtenidos en las bases de datos**

BASE DE DATOS	RESULTADOS	
	Antes de filtros	Después de filtros
EbscoHost	455.726	303
Scopus	297.812	516
Web of Science	187.454	171
Science direct	12.476	454

Los artículos y publicaciones académicas fueron juzgados en primer lugar de acuerdo con el abstract o la introducción para verificar que dentro del texto se abarcaba el tema de gestión de inventarios, posteriormente se seleccionaron los artículos relevantes para la presente revisión de literatura de acuerdo a la información expuesta en el desarrollo del tema, donde se tuvo como prioridad que se abordarán los parámetros de costos de los modelos de inventario (costo de ordenar, costo de almacenar, costo de compra y costo de faltantes) desde una perspectiva cualitativa o cuantitativa, que permitieran dar una caracterización o descripción acerca de los elementos que componen cada uno de estos costos.

**Figura 1. Artículos seleccionados**



La revisión de literatura evidencia que la mayoría de autores se han centrado en abordar el tema de gestión de inventarios a través de los modelos y la optimización de estos, sin embargo han dejado a un lado el estudio de los parámetros de costo. Así mismo de los artículos recopilados se evidencia que los autores que se centran en el estudio de los modelos de gestión de inventarios buscan comparar los resultados de diferentes modelos para realizar el análisis y comparación de los valores óptimos que se obtienen. Debido a la naturaleza del tema, los autores toman los modelos ya planteados y realizan variaciones, lo que les permite adaptar este a las condiciones de su entorno, con el fin de que la solución se aproxime cada vez más al valor óptimo.

#### **4.2. DESARROLLO DEL PASO 7 DEL MÉTODO DE TRIANGULACIÓN: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LOS COSTOS**

Luego de la revisión de literatura se encuentran los siguientes aportes al tema de investigación:

Dave Piasecki (2001)<sup>10</sup> define dos costos en los que se incurre en la gestión de inventario: Costos de ordenar y Costo de mantener.

1. Costo de ordenar: Es la suma de los costos en los que se incurre cada vez que se ordena un artículo, estos costos no son asociados con la cantidad ordenada sino a las actividades requeridas durante el proceso, sin embargo los costos de llamadas telefónicas, faxes, gastos postales y sobres pueden ser incluidos. Para un cálculo preciso se debe multiplicar el porcentaje de tiempo que consumen las actividades específicas a la generación de la orden de pedido con el costo laboral total, para un periodo de tiempo determinado (mensual) y, luego dividir este valor en el número de líneas de productos procesados durante ese mismo periodo de tiempo.

Incluye los costos de lanzar una orden de pedido o requisición, pasos de aprobación, procesamiento, recepción, inspecciones de entrada, procesamiento de factura y el pago a proveedores, en algunos casos también se puede incluir el valor del flete (Solo si este valor es significativo respecto al valor del artículo), tiempo dedicado a la comprobación de la orden recibida, la entrada de la orden, y la realización de otros trámites relacionados en el departamento de recepción, tiempo de inspección de calidad en la entrada. Los costos del departamento de compras que deben incluirse son los asociados al tiempo de creación de la orden de compra, el proceso de aprobación de la orden, el contacto con el vendedor, expedir y la revisión de los informes de orden, tiempo de la creación de nuevos artículos y el tiempo empleado en la negociación con los proveedores.

No debe incluirse: el tiempo invertido al re-empaque de materiales, descarga de los camiones y las entregas a otros departamentos, tiempo del departamento de compras de revisar el pronóstico, el abastecimiento,

---

<sup>10</sup> PIASECKI, Dave. Optimizing Economic Order Quantity. En: IIE Solutions. Enero, 2001. p. 30-39.

obtención de cotizaciones (a menos de que se realicen cotizaciones cada vez que se emita una orden).

En manufactura, los costos de ordenar deben incluir: tiempo para iniciar la orden de trabajo, tiempo asociado con la elección y emisión de los componentes (excluyendo el tiempo asociado con el conteo y manipulación de cantidades específicas), tiempos de programación de producción, tiempo de alistamiento de máquinas y tiempo de inspección, desechos de producción relacionados con el alistamiento de la máquina y desechos de herramientas después de cada ciclo de producción. Estos costos se pueden manipular (aumento o disminución).

2. Costo de mantener: El costo de almacenar es el costo de tener inventario a la mano. Se compone principalmente con los costos asociados con la inversión y almacenamiento del inventario. Incluye los costos de: Intereses, Seguros, Impuestos, Almacenaje, Tiempo y Otros costos.
  - **Intereses:** Si se debe pedir un crédito para adquirir el inventario, la tasa de interés hará parte del costo de almacenar, si se tiene préstamos de otros bienes de capital, la tasa de interés de estos préstamos puede ser utilizada (ya que una reducción en el inventario liberaría dinero que podría ser utilizado para pagar los préstamos), si se encuentra libre de deudas es necesario determinar cuánto podría ganar si el dinero se hubiera invertido.
  - **Almacenaje:** incluye aquellos costos que son variables basados en los niveles de inventario: costos del área de almacenamiento para operaciones de almacenamiento aleatorio, costo de las áreas de almacenamiento de exceso de inventario (incluyendo fletes, costos de mano de obra asociados con el movimiento del material entre los almacenes).

No se debe incluir el costo de áreas de envío/recepción y estantería, y el costo del almacén cuando se tienen ubicaciones fijas para cada elemento y los lugares están dimensionados (almacenamiento dedicado).

- **Tiempo:** Costo del tiempo empleado para contar físicamente, sin incluir el tiempo de papeleo, entrada de datos y viaje entre locaciones.
- **Otros costos:** Incluye los factores asociados con la obsolescencia, daño y robos.

Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson (2003)<sup>11</sup>, definen cinco costos asociados con el control de inventario.

**Figura 2. Componentes de costo de inventarios según Silver, Pyke y Peterson**



Fuente: Adaptado de SILVER, Edward; PYKE, David y PETERSON, Rein. (2003)

1. Costo variable por unidad ( $v$ ): Lo definen como el costo de producir o adquirir una unidad de un ítem, incluyendo el flete. Se expresa en \$/Unidad.
2. Costo de mantener ( $vr$ ): Incluye los costos de oportunidad del dinero invertido, gastos de operación de la bodega, costos de manipulación y conteo, deterioro, obsolescencia, robo, daño, seguros e impuestos, se expresa en \$/año. Para su

<sup>11</sup> SILVER, Edward; PYKE, David y PETERSON, Rein. Sistemas de decisión y planificación de la producción, Citado por CASTRO, Carlos. Una estructura para la selección de modelos de gestión de inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística. En: Tecnura. II semestre, 2003. no. 13, p. 83-93.

cálculo se multiplica el inventario promedio  $I_{prom}$  por el costo variable por unidad  $v$  y un factor  $r$ , que representa el costo en pesos de mantener un peso de inventario por un año,  $r$  es un porcentaje del costo variable del producto.

3. Costo de ordenar o de preparación ( $A$ ): Indica el costo fijo asociado a una orden o preparación, incluye los costos de: digitar la orden, gastos de correo, llamadas telefónicas, autorizaciones, inspección, costos de detención de producción (alistamiento de útiles y herramientas) y costos de puesta en marcha. Se expresa en \$/orden; \$/preparación.
4. Costos por faltantes: Son aquellos en los que incurre la empresa cuando un artículo no está disponible en el momento en el que el cliente lo solicita, involucra penalizaciones impuestas por el cliente, sobrecostos de producción al expedir un pedido, reprogramaciones, costos de transportes mayores a los normalmente utilizados y ventas perdidas. Se expresa de acuerdo al modelo de gestión de inventarios \$/ocasión de agotados; \$/unidad agotada.
5. Costos del sistema de control: Son los asociados a la operación del sistema, incluye los costos de adquisición de datos, almacenamiento de información, mantenimiento y computación y factor humano (entrenamiento e interpretación de resultados).

Ronald Ballou (2004)<sup>12</sup> menciona tres componentes de costos en la gestión de inventarios. (Ver Figura 6)

---

<sup>12</sup> BALLOU, Ronald. Decisiones sobre políticas de inventarios. En: Logística. administración de la cadena de suministro. 5 ed. México: Pearson Educación, 2004. p. 326-424.

**Figura 3. Componentes de costo de inventarios según Ballou**



Fuente: Adaptado de BALLOU, Ronald (2004)

1. Costo de adquisición: Son los asociados a la adquisición de bienes para el reaprovisionamiento del inventario. Esta compuesto por los costos relacionados con el procesamiento, ejecución, transmisión, manejo y compra del pedido, es decir, incluye el precio o costo de manufactura, el costo por establecimiento del proceso de producción; el costo de procesar un pedido a través de los departamentos de contabilidad y compras, el costo transmitir el pedido al punto de suministro, el costo de transportar el pedido cuando los cargos por transportación no están incluidos en el precio de los artículos comprados y el costo de cualquier manejo o procesamiento de materiales de los artículos en el punto de recepción. Otros costos se fijan por orden y no varían con el tamaño de la orden, aunque costos como la transportación, manufactura y costos por manejo de materiales que varían según el tamaño de la orden.

Cuando la empresa se autosumistra sus inventarios de productos terminados, como el caso de reabastecimiento de una fábrica, los costos de adquisición se alteran para reproducir los costos de alistamiento de la producción. Los costos de transporte no son relevantes, si existe una política de fijación de precios donde se incluye el reparto.

2. Costos de mantener inventario: Este costo resulta de guardar o mantener artículos durante un periodo de tiempo y es proporcional a la cantidad

promedio de artículos disponibles. Este incluye: Costos de espacio, costos de capital, costos de servicio de inventario y, costos de riesgo de inventario.

El costo de espacio es el valor por el uso de volumen dentro del edificio de almacenamiento, cuando el espacio es rentado las tasas de almacenamiento se cargan por peso durante un periodo. Si el espacio es propio el costo se determina distribuyendo los costos de operación relacionados con el espacio (como calefacción y luz) y los costos fijos como costos de equipo del edificio y del almacenamiento sobre una base de volumen almacenado. Este costo es despreciable para los inventarios en tránsito.

El costo de capital es el costo del dinero relacionado al inventario, puede representar más del 80% del costo total de mantener inventario. Es el más intangible y subjetivo de todos los elementos del costo ya que el inventario representa una mezcla de activos de corto y largo plazo, por lo cual, el costo de capital puede variar desde la tasa de interés preferencial hasta el costo de oportunidad de capital; Para calcular este valor, se puede utilizar la tasa de superación, que representa la tasa de rendimiento de las inversiones más lucrativas que la empresa.

El costo de servicio de inventarios, está relacionado con los seguros e impuestos de los inventarios. La cobertura del seguro se maneja como una protección frente a pérdidas por incendios, tormentas o robo. Los impuestos de inventario son los cargados a los niveles de inventario hallados el día del cálculo, las tasas de impuestos están disponibles en los registros de contabilidad o públicos.

Costos de riesgo de inventario, son los costos relacionados con deterioro, pérdida (robo), daño y obsolescencia. Puede estimarse como la pérdida directa

del valor del producto, costo de remanufacturar el producto, o costo de suministro desde una ubicación secundaria.

El autor define los siguientes porcentajes relativos a los elementos de costo en el costo de mantener inventario: Seguros (0,25%), Costos de interés y oportunidad (82%), Almacenamiento y manejo (3,25%), Impuestos y seguros de propiedad (0,50%) y, Obsolescencia y depreciación física (14%)<sup>13</sup>.

3. Los costos por falta de existencia: Hace referencia a los costos en los que se incurre cuando se recibe un pedido y este no puede surtir desde el inventario. Existen dos tipos de costos por faltantes, los costos por pérdidas de ventas y costos por pedido pendiente. Cada uno presupone ciertas acciones por parte del cliente, y dada su naturaleza intangible, son difíciles de medir con precisión.

El costo por pérdida de ventas, ocurre cuando el cliente decide cancelar el pedido del producto ante la falta de existencias. El costo es el beneficio que se habría obtenido de esta venta y puede incluir un costo adicional por el efecto negativo que pueda tener en ventas futuras; El costo de pedido pendiente, ocurre cuando el cliente espera a que el pedido sea surtido, por lo cual no se pierde la venta, sino que se retrasa. Este tipo de pedidos puede crear costos adicionales de personal y de ventas por el procesamiento de los pedidos, y costos adicionales de transportación y manejo cuando no se surten a través del canal normal de distribución. También puede producirse el costo intangible de pérdida de ventas futuras.

---

<sup>13</sup> Ibíd.

Peter Berling (2008)<sup>14</sup> realiza un estudio sobre el costo asociado a tener inventario en stock (costo de almacenar) y plantea un método de aproximación simple a partir del costeo basado en actividades, para determinar el costo de almacenamiento unitario por unidad de tiempo:

$$h_k = \sum_{i=1}^M \lambda_{i,k} K_i$$

Donde  $\lambda_{i,k}$  es la cantidad de actividades  $i$  requeridas para guardar una unidad de producto  $k$  y,  $K_i$  es el costo marginal (variable) de la actividad  $i$ .

Es importante que se establezcan las actividades que se encuentran relacionadas con este costo para poder estimar su valor, alguna de las actividades que el autor propone que se tengan en cuenta son: proveer un espacio de almacenamiento adecuado y, proveer el capital y los recursos (personal, equipos) necesarios.

Por otra parte, Berling resalta que tradicionalmente se ha tomado que la mayor parte de este costo está compuesto por el costo de capital y, se ha expresado como un valor en porcentaje del capital invertido para adquirir el inventario en un rango del 12% al 34% dependiendo de la industria.

Heizer y Render (2008)<sup>15</sup> indican que los costos asociados a la gestión de inventarios se dividen en dos tipos.

---

<sup>14</sup> BERLING, Peter. Holding cost determination: An activity-based cost approach. En: International journal of production economics, 2008. no. 112, p. 829-840.

<sup>15</sup> HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Gestión de inventarios. En: Dirección de la producción y de operaciones, Decisiones tácticas. 8 ed. Madrid: Pearson Educación, S.A, 2008. p.62-65.

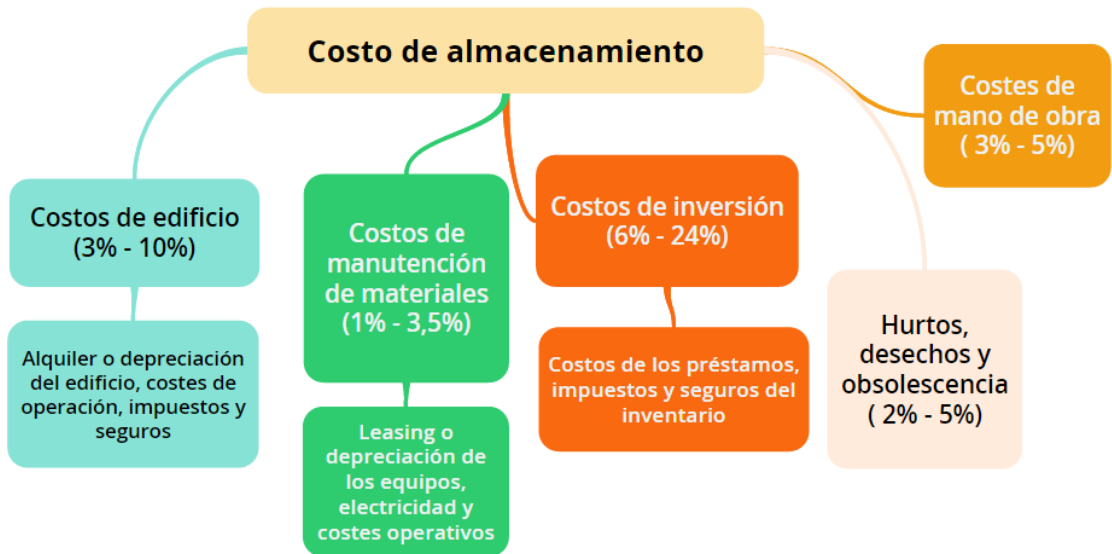
**Figura 4. Componentes de costo de inventarios según Heizer y Render**



Fuente: Adaptado de HEIZER, Jay y RENDER, Barry (2008)

1. Costos de almacenamiento: Son todos aquellos costos asociados a la posesión y mantenimiento de los inventarios a lo largo del tiempo. Los autores determinaron 5 categorías de costes que hay que tener en cuenta para el cálculo.

**Figura 5. Categorías del costo de almacenamiento según Heizer y Render**



Fuente: Adaptado de HEIZER, Jay y RENDER, Barry (2008)

Estas categorías se plantearon con el fin de tener en cuenta todos los componentes del costo de almacenamiento y evitar infravalorar este costo, así mismo, los autores explican que cualquier costo de almacenamiento menor al 15% resulta sospechoso, ya que este costo representa aproximadamente el

40% del valor de los bienes de inventario. Por otro lado, los autores indican que las cifras que se utilizan para calcular estos costos, son aproximadas y pueden variar dependiendo de la naturaleza del negocio, la localización y los tipos de interés vigentes.

2. Costos de lanzamiento: costo del proceso de efectuar un pedido al proveedor, incluye los costes de los suministros, impresos, procesamiento del pedido y soporte administrativo. Cuando la empresa abastece sus propios pedidos el costo adquiere el nombre de costo de preparación, y corresponden a la preparación de una máquina o proceso para comenzar la producción de un pedido, e incluye el tiempo y trabajo necesario para limpiar y cambiar las herramientas o soportes.

Los autores Eimyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello (2009)<sup>16</sup> realizaron una investigación en la cual determinaron los elementos que componen los costos en un sistema de aprovisionamiento (costos de adquisición, costo de emisión del pedido, costos de mantener inventario y costo de ruptura de inventario). El cálculo de estos costos lo plantearon para un periodo de tiempo determinado. A continuación se presentan las ecuaciones propuestas por los autores.

1. Costo total de adquisición del pedido (Cad): Los autores proponen la siguiente expresión para su cálculo:

$$Cad = \sum_{i=1}^n Cad_i * D_i$$

---

<sup>16</sup> RIZO, Eimyn; PABLOS, Geovani y BELLO, Evelin. Costos de aprovisionamiento, un elemento de la cadena logística. En: Innovación tecnológica, 2009. vol. 15, no. 1, p. 3-10.

Donde  $n$  es el número de referencias de productos que se adquieren durante el periodo;  $Cad_i$  es el costo unitario de adquisición de la referencia  $i$  y,  $D_i$  es la cantidad de unidades que se piden de la referencia  $i$ .

$Cad_i$  es el precio que establece el proveedor para el artículo, más un costo por el pago de seguros durante la transportación, impuestos aduanales y fletes.

2. Costo total de emisión del pedido ( $C_e$ ): este costo se manifiesta en la preparación, transmisión y seguimiento del grupo de pedidos correspondientes al periodo que se analiza. Los autores lo expresan como la suma de 8 tipos de costos que deben incluirse:

$$C_e = C_{e1} + C_{e2} + C_{e3} + C_{e4} + C_{e5} + C_{e6} + C_{e7} + C_{e8}$$

$C_{e1}$ , costo de los modelos, impresos y materiales de oficina que se utilizan para la emisión del pedido. (La mayoría de veces este costo es tan bajo que puede llegar a despreciarse)

$C_{e2}$ , costo del combustible gastado durante la transportación de los suministros que realice la empresa y durante la gestión del pedido.

$C_{e3}$ , costo de la energía gastada en la actividad, incluyendo la de iluminación y equipos de procesamiento de información.

$C_{e4}$ , salario de las personas que atiende el proceso de generación de pedidos, de los conductores y los ayudantes de los equipos de transporte de la empresa que realizan el traslado de los suministros.

$C_{e5}$ , valor de la contribución a la seguridad social.

$C_{e6}$ , amortización de los equipos de transporte externo, equipos de procesamiento de la información y equipos de comunicación.

$C_{e7}$ , costos por mermas, pérdidas y deterioros que sufre la mercancía durante el proceso de transportación que son imputables a la organización.

$C_{e8}$ , gastos por comunicaciones, alimentos de conductores, alquiler de equipos de transporte externo, pagos por fletes a la entidad que transporte los suministros (si no se encuentra incluido dentro del costo de adquisición).

Con el objetivo de estimar la proporción que corresponde a cada pedido y a cada artículo se formulan las siguientes expresiones:

Costo de emisión por pedido  $cep$ :

$$cep = \frac{Ce}{\text{Numero de pedidos realizados en el periodo}}$$

El indicador de costo de emisión unitario  $ice$ :

$$ice = \frac{Ce}{Cad}$$

Costo unitario de emisión  $ce$ :

$$ce = cad * ice$$

3. Costo total de mantenimiento de inventario  $Cm$ : En este costo los autores proponen incluir un costo de almacenamiento  $Cal$  y un costo de oportunidad  $Co$ .

$$Cm = Cal + Co$$

El costo unitario de mantenimiento del intervalo es  $cm$ :

$$cm = cal + co$$

El costo de almacenamiento  $Cal$ , está definido por la suma de ocho componentes:

$$Cal = C_{a1} + C_{a2} + C_{a3} + C_{a4} + C_{a5} + C_{a6} + C_{a7} + C_{a8}$$

$C_{a1}$ , costo de materiales de envase, embalaje, y auxiliares de envases y embalajes, además del estimado de los gastos de modelos, impresos, materiales de limpieza de oficina en que incurre el almacén.

$C_{a2}$ , costo estimado por combustible de los equipos de manipulación utilizados en la recepción, despacho y almacenamiento.

$C_{a3}$ , costo de energía gastada en el almacén (iluminación, equipos de climatización, equipos de procesamiento de la información y carga de baterías de equipos de manipulación).

$C_{a4}$ , suma de los salarios de todo el personal que trabaja en el almacén.

$C_{a5}$ , valor de la contribución a la seguridad social.

$C_{a6}$ , amortización de los edificios y redes para la recepción, almacenamiento y despacho, y a los equipos de manipulación, climatización, pesaje, procesamiento de información y medios de almacenamiento.

$C_{a7}$ , costo por mermas, pérdidas, deterioros y obsolescencia que sufren los productos en el periodo de almacenamiento.

$C_{a8}$ , valor por pagos de seguros, impuestos, comunicaciones y alquiler de instalaciones y equipos durante el almacenamiento.

Para calcular el costo unitario de almacenamiento  $cal$  se determina la expresión:

$$cal = (ica * dn) \frac{a'}{a} \qquad ica = \frac{Cal}{CN}$$

$ica$ , indicador de proporción de costo para cada artículo en función del espacio.

$Cal$ , costo total de almacenamiento en el periodo.

$CN$ , capacidad neta del almacén.

$dn$ , demanda neta de almacenamiento del artículo.

$a$ , Intervalo de tiempo que abarca el periodo considerado.

$a'$ , Cantidad promedio de intervalos de tiempo durante los cuales el producto está almacenado.

El costo total de oportunidad  $Co$  se expresa con la siguiente ecuación:

$$Co = V(NI)_{prom} * TI$$
$$V(NI)_{prom} = \sum_{i=1}^n (Cad_i * Ni_{prom i})$$

Donde  $V(NI)_{prom}$  es el valor del inventario promedio que se mantiene durante el periodo,  $TI$  es la tasa de interés empleada por las organizaciones bancarias y  $Ni_{prom i}$  es el inventario medio de la referencia  $i$ .

Para calcular el costo unitario de adquisición  $co$  se tiene:

$$co = cad * Ni_{prom} * TI$$

Donde  $Ni_{prom}$  es el nivel de inventario promedio del artículo en el periodo considerado y  $TI$  es la tasa de interés de las organizaciones bancarias o tasa de impuesto por la solicitud de crédito.

4. Costo total de ruptura de inventario ( $Cr$ ): Se expresa como:

$$Cr = \sum_{i=1}^k Cr_i$$

Donde  $k$  es el número de referencias de productos que provocan ruptura y  $Cr_i$  es el costo de ruptura del producto  $i$  que la causo.

Para los productos que no sufren transformación, es decir se venden igual o aproximadamente igual a como se adquieren, el costo unitario de ruptura se estima como:

$$Cr = Pv - (Cad + Cm + Ce)$$

Donde  $Pv$  es el precio de venta del producto.

Para los artículos que sufren transformaciones y/o son partes o componentes de productos terminados, el costo unitario de ruptura resulta difícil de determinar debido a los múltiples efectos que puede ocasionar la falta de un artículo en el momento en que se requiere. Por esta razón los autores asumen que una vez se ha planificado la producción de un lote de productos terminados, la pérdida en la que se incurre por falta de los artículos es la utilidad que la venta del lote hubiera representado, es decir:

$$Cr = Pvl - Cpl - Cua$$

Donde  $Pvl$  es el precio de venta del lote de productos,  $Cpl$  es el costo de producción del lote y  $Cua$  es el costo unitario de aprovisionamiento del artículo que provoca ruptura.

Frederick Hiller y Gerald Lieberman (2010)<sup>17</sup>, plantean seis componentes de costo básico en los modelos de inventario (Ver Figura 4)

---

<sup>17</sup> HIELLER y LIEBERMAN, Op. cit, p. 772-843

**Figura 6. Componentes de costo de inventarios según Hiller y Lieberman**



Fuente: Adaptado de HILLER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald (2010)

1. Costo de ordenar o fabricar: Este costo los autores lo representan por medio de la función  $c(z)$ :

$$c(z) = K + cz$$

La función se encuentra compuesta por dos partes un término directamente proporcional a la cantidad ordenada o producida  $c$  y, un término constante  $K$  para cualquier cantidad de unidades  $z$ . La constante  $K$  está compuesta por el costo administrativo de ordenar o fabricar y el costo de preparación para poner en marcha la producción.

2. Costo de mantener o almacenar inventario: Incluye todos los costos en los que la empresa incurre hasta el momento de venta o uso del artículo: costo de capital invertido, espacio, seguros y protección e impuestos propios del almacenamiento. Para su cálculo se plantean dos tipos de evaluaciones: continúa o por periodo; Para el primer caso se utiliza la cantidad promedio de inventario en el almacén y para el segundo caso se trabaja con la cantidad de inventario al final el periodo.
3. Costo por faltantes o Costo por demanda insatisfecha: Para estimar este valor los autores proponen dos casos: Con faltantes y Sin faltantes.

En el primer caso, la demanda insatisfecha no se pierde sino que queda pendiente hasta que se pueda satisfacer con el siguiente reabastecimiento. En este caso el costo por faltantes incluirá: costo por pérdida de imagen ante el cliente, costo del ingreso retrasado, costo del trabajo administrativo adicional y costo asociado al retraso en la terminación del proceso de producción.

En el segundo caso, sin faltantes pueden presentarse dos situaciones: 1. El exceso de demanda se satisface por medio de un envío prioritario y 2. No se cumple con la demanda. Para la primera situación el costo está asociado al costo de envío prioritario y para la segunda situación, el costo es la pérdida en la que se incurre por no satisfacer la demanda y el costo de perder negocios futuros.

4. Pérdida de ingreso: Este costo no se incluye dentro del modelo si se supone que: “El mercado establece tanto el precio como la demanda de un producto y por ello ambos factores están fuera del control de la compañía, el rendimiento sobre las ventas (si se cumple la demanda) es independiente de la política de inventarios”<sup>18</sup>. Si esto no se incluye en el modelo, entonces dentro del Costo por faltantes o Costo por demanda insatisfecha, se debe incluir la pérdida del ingreso agregando el costo por retraso del ingreso (En los dos casos “Con faltantes/ Sin faltantes”).
5. Costo de recuperación: Es igual al valor de rescate de un producto, es decir, es el valor de desecho de un producto. Un ejemplo de este costo son las ventas con descuento. Generalmente este costo se incluye dentro del costo de mantener.
6. Tasa de descuento: Es el dinero que la empresa deja de ganar por invertir su capital en inventario y no usarlo para otros fines donde se obtendrían

---

<sup>18</sup> Ibíd.

rendimientos sobre la inversión (Bonos gubernamentales). Cuando se tienen horizontes de planeación cortos esta ganancia se desprecia, pero en casos de horizonte de planeación lejanos debe incluirse el factor de descuento.

Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusanatham (2011)<sup>19</sup> proponen una estructura de cuatro tipos de costos asociados a la gestión de inventarios. (Ver Figura 7)

**Figura 7. Componentes de costo de inventarios según Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham**



Fuente: Adaptado de SCHROEDER, Roger; GOLDSTEIN, Susan y RUNGTUSANTHAM, M.Johnny (2011)

1. Costo del artículo: es el costo de comprar o de producir los productos del inventario, se expresa como un costo por unidad multiplicado por la cantidad adquirida o producida.
2. Costo de ordenamiento o de preparación: hace referencia al costo en que se incurre cuando se ordena un lote, generalmente este no depende del tamaño del lote y se asigna un valor por la totalidad de este. Para este costo se incluyen los costos de creación de orden de compra, el despacho de la orden, los costos de transporte y los costos de recepción. Para el caso en el cual el artículo se fabrique dentro de la empresa se deben incluir costos de

<sup>19</sup> SCHROEDER, Roger; GOLDSTEIN, Susan y RUNGTUSANTHAM, M.Johnny. Inventario. En: Administración de operaciones conceptos y casos contemporáneos. 5 ed. México: McGraw – Hill, 2011. p. 372-431.

preparación (incluye costos de preparar el equipamiento de producción así como los costos de los sistemas de registro), este costo se considera fijo y puede llegar a reducirse al modificar la forma en que se diseñan y administran las operaciones.

3. Costo de mantenimiento: se asocia al hecho de mantener los artículos en el inventario durante un periodo, este costo se carga como un porcentaje del valor por unidad en tiempo, frecuentemente el valor oscila entre el 15% y el 30% por año. Presenta tres componentes: costo de capital (costo de las oportunidades abandonadas a favor de otras inversiones), el costo de almacenamiento (incluye costo variable del espacio, los seguros y los impuestos. Cuando estos costos son fijos no deben incluirse dentro del costo de almacenamiento interno es decir, cuando un almacén no puede utilizarse para otros propósitos o cuando los impuestos y seguros no varían con el nivel de inventario) y costos de obsolescencia, deterioro y pérdida (se asignan a productos que presentan alto riesgo de volverse obsoletos como artículos de moda, tecnología. Los productos perecederos reciben un cargo por costos de deterioro cuando se estropean a lo largo del tiempo. El costo por pérdidas incluye los costos de robos y de mermas que se asocian con el mantenimiento de productos en inventario).
4. Costo de faltantes de inventarios: refleja las consecuencias económicas de quedarse sin inventarios, existen dos escenarios:

En el primer escenario el cliente ordena los artículos y espera hasta que llegue el inventario. En este caso, se puede presentar una pérdida de negocios futuros asociados con cada orden pendiente de cumplir porque el cliente puede decepcionarse por el tiempo de la espera. La pérdida de la oportunidad se considera como el costo de faltantes.

El segundo caso es cuando la venta se pierde si los artículos no están disponibles y su costo será la pérdida de la utilidad proveniente de dicha venta y de las ventas futuras.

Los inventarios son un tema de interés para varias áreas de las organizaciones, por ello, Blanca Soto, Gloria Mesa y Jaqueline Quiros (2013)<sup>20</sup> abordan el tema desde la perspectiva financiera y contable, realizando un análisis comparativo entre los conceptos de inventarios descritos en las normas NIC 2, NIIF Pymes y Decreto 2706.

A continuación se presentan las matrices comparativas resultantes del estudio.

**Tabla 3. Matriz comparativa Costo de Adquisición**

NIC 2	NIIF PYMES (Sección 13)	DECRETO 2706 (Capítulo 8)
Incluye: Precio de compra + aranceles de importación y otros impuestos no recuperables + transporte + almacenamiento + demás costos atribuibles a las mercancías, materiales o servicios – descuentos comerciales, rebajas y otras partidas similares.	Incluye: Precio de compra + aranceles de importación y otros impuestos no recuperables + transporte + almacenamiento + demás costos atribuibles a las mercancías, materiales o servicios – descuentos comerciales, rebajas y otras partidas similares.	Incluye: Precio de compra + impuestos no recuperables (no descontables) + transporte + almacenamiento + demás costos atribuibles a las mercancías, materiales o servicios – descuentos comerciales, rebajas y otras partidas similares.

Fuente: Adaptado de SOTO, Blanca; QUIROS, Jaqueline y MESA, Gloria. (2013)

<sup>20</sup> SOTO, Blanca; QUIROS, Jaqueline y MESA, Gloria. Análisis comparativo del tratamiento contable y financiero de los inventarios entre NIC 2 plena, NIIF Pymes sección 13 y Decreto 2706 capítulo 8. En: Cuadernos de Contabilidad. 2013. vol. 14, no. Especial 2013, p. 903-941.

**Tabla 4. Matriz comparativa Deterioro del Valor de los Inventarios**

NIC 2	NIIF PYMES (Sección 13)	DECRETO 2706 (Capítulo 8)
El valor del inventario debe ser coherente con el valor que se podría obtener por su venta. Este incluye el costo que representa una caída del precio en el mercado, el costo por obsolescencia y el costo por daño parcial o completo.	Para el cálculo de este costo se debe tener en cuenta el costo de terminación y venta para reconocer la pérdida por deterioro del valor.	Para el cálculo de este costo se debe tener en cuenta el costo de terminación y venta para reconocer la pérdida por deterioro del valor.

Fuente: Adaptado de SOTO, Blanca; QUIROS, Jaqueline y MESA, Gloria. (2013)

Caridad Gonzalez, Rosario Garza e Ismelys Trujillo (2013)<sup>21</sup>, establecen que los costos de inventario fundamentales para calcular el costo de inventario son el costo de almacenar y el costo de hacer un pedido.

Para calcular el costo de almacenar estos autores plantean que se debe tener en cuenta: tasa de interés bancaria de crédito a corto plazo, costo por pérdida, costo por inventario promedio y costo de los gastos generales del almacén.

Por otro lado para calcular el costo de realizar un pedido, los autores plantean una relación directa con la cantidad de pedidos realizados a la semana y los gastos por formulación del pedido, seguimiento del pedido y tramites de pago.

María Lambán *et al.* (2013)<sup>22</sup> proponen un modelo para el cálculo del costo de almacenamiento de un producto basados en “Work Breakdown Approach WBS” y teniendo en cuenta factores característicos como el peso y volumen.

<sup>21</sup> GONZÁLEZ, Caridad; GARZA, Rosario y TRUJILLO, Ismelys. Determinación del tamaño del pedido en el almacén de un restaurante. En: Ingeniería Industrial. Septiembre, 2013. vol. 34, no. 3, p. 280-292.

<sup>22</sup> LAMBÁN, María, *et al.* Modelo para el cálculo del costo de almacenamiento de un producto: Caso de estudio en un entorno logístico. En: Dyna. Mayo, 2013. vol. 80, no. 179, p. 23-32.

El modelo que proponen estos autores, se basa en el método de estimación de costos cualitativo analítico. Este método consiste en descomponer en actividades y operaciones un proceso para representar los recursos consumidos, los autores utilizan el sistema TDABC (Time Driven Activity-Based Costing System) que les permite determinar los recursos utilizados mediante el tiempo requerido para llevar a cabo una actividad.

El modelo propuesto consta de cinco niveles (Ver Figura 8), que permiten determinar el costo total y unitario del proceso de almacenamiento de un producto, en un tiempo determinado. Para calcular el costo de un nivel se deben sumar todos los costos de los bloques del siguiente nivel.

Dentro del modelo los autores plantean un inductor, “Inductor logístico  $I_{log i}$ ”, el cual permite prorratear el costo a los diferentes productos. El inductor logístico se debe calcular para cada uno de los  $i$  productos del almacén y la suma de todos debe ser igual a uno. Si dentro del almacén los productos son homogéneos, es decir, no tienen diferencias en los factores de peso y volumen, el inductor logístico será 1 para estos productos.

$$I_{log i} = \alpha I_{pes_i} + \beta I_{vol_i}$$

$$I_{pes_i} = \frac{Pes_{art_i}}{\sum_{j=1}^n Pes_{art_j}}$$

$$I_{vol_i} = \frac{Vol_{art_i}}{\sum_{j=1}^n Vol_{art_j}}$$

$$\alpha + \beta = 1$$

$I_{pes_i}$ , es el índice de peso del producto  $i$ .

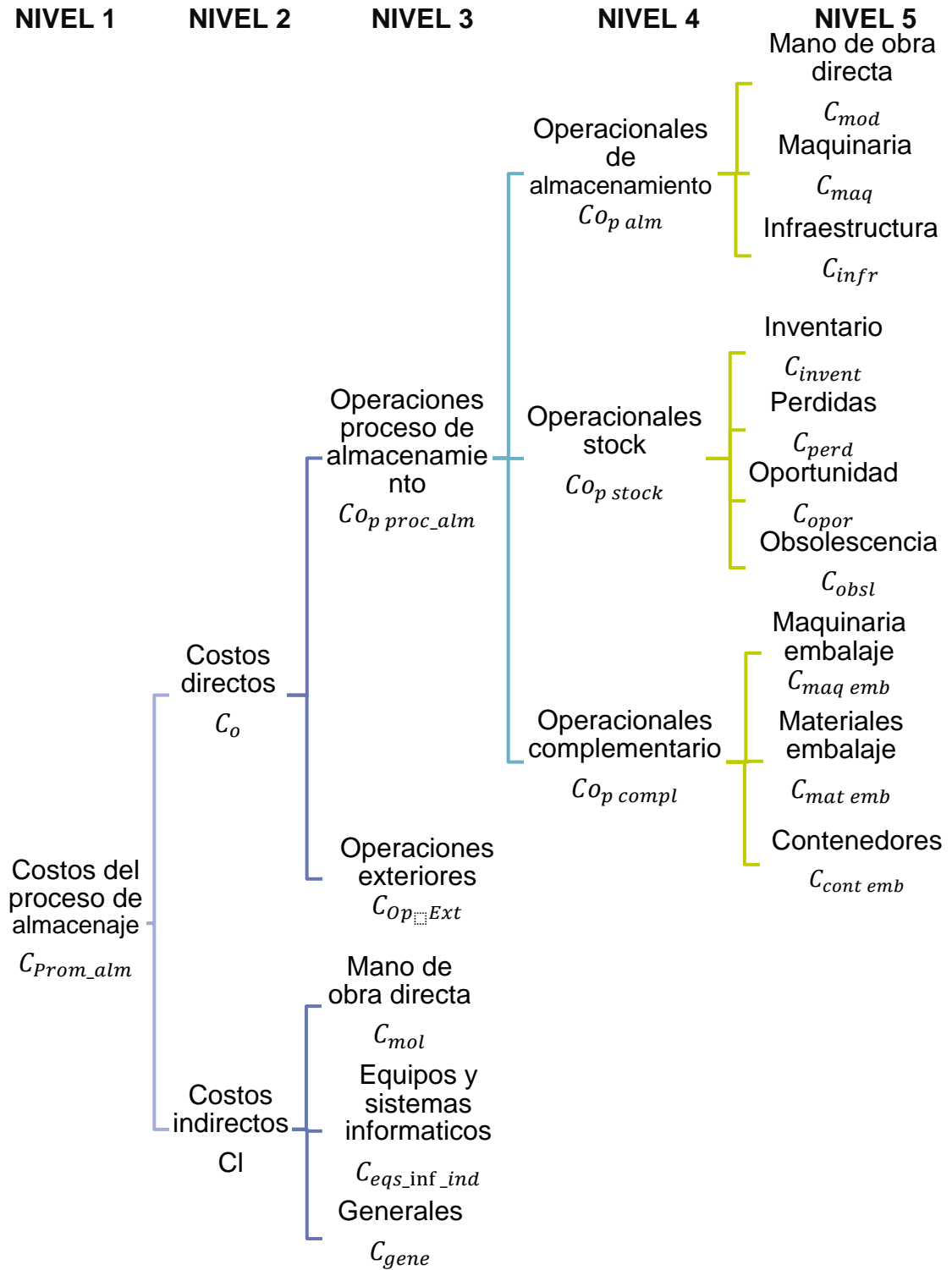
$Pes_{art_j}$ , son los pesos unitarios de todos los productos.

$I_{vol_i}$ , Es el índice de volumen del artículo  $i$ .

$j$ , Es el número de productos en el proceso.

$\alpha, \beta$  son factores de ponderación para los factores indicados (peso y volumen) que se encuentra en un rango entre [0,1].

**Figura 8 Modelo de costos del proceso de almacenamiento**



Fuente: Adaptado de LAMBÁN, María, et al. (2013)

A continuación se presenta la metodología propuesta por los autores, esta inicia con el cálculo de los costos del nivel 5:

1. Calculo del costo de mano de obra directa  $C_{mod}$ , costo de maquinaria  $C_{maq}$ , costo de infraestructura  $C_{infr}$ , costo de maquinaria embalaje  $C_{maq\ emb}$ , costo de materiales embalaje  $C_{mat\ emb}$  y costo de contenedores
2.  $C_{cont\ emb}$ , a partir de la siguiente expresión:

$$C_{mod} = \sum_{k=1}^k \left[ C_M * \frac{I_{logi}}{\sum_{r=1}^R I_{logr} * N_{PMr}} \right]_k$$

Dónde:

$C_{mod}$ , costo de mano de obra directa (\$/artículo i).

$k$ , número de operarios que han manipulado el producto.

$C_M$ , Costo de la mano de obra del operario (\$/periodo)

$I_{logi}$ , Índice logístico del producto  $i$ .

$r$ , Productos manipulados por los operarios en el año, Cada una se verá afectada por el índice logístico correspondiente.

$I_{logr}$ , índice logístico del artículo  $r$ .

$N_{Pi r}$ , número de piezas para un determinado artículo  $r$ , puede ser  $N_{PMr}$ ,  $N_{PAr}$ ,

$N_{PEr}$ .

$N_{PMr}$ , número de piezas manipuladas del artículo  $r$  en el periodo de estudio (se utiliza para el costo mano de obra  $C_{mod}$  y costo de maquina  $C_{maq}$ ).

$N_{PAr}$ , número de piezas almacenadas del artículo  $r$  en el periodo de estudio (se utiliza para el cálculo del costo de infraestructura  $C_{infr}$ )

$N_{PEr}$ , número de piezas embaladas del artículo  $r$  (se utiliza para calcular el costo de maquinaria de embalaje  $C_{maq\ emb}$ , costo de materiales de embalaje  $C_{mat\ emb}$  y costo de contenedores  $C_{cont\ emb}$ ).

3. Cálculo de los costos del nivel 4 ( $C_{o_p alm}$ ,  $C_{o_p compl}$  y  $C_{o_p stock}$ ):

$$C_{o_p alm} = C_{mod} + C_{maq} + C_{infr}$$

$$C_{o_p compl} = C_{maq emb} + C_{mat emb} + C_{cont emb}$$

$$C_{o_p stock} = C_{invent} + C_{perd} + C_{opor} + C_{obsl}$$

Donde  $C_{o_p stock}$  es el costo anual asociado al stock;  $C_{invent}$  es el costo de los productos almacenados;  $C_{perd}$  son los costos anuales generados por caducidad  $C_{cadu}$ , extravíos  $C_{extv}$  y deterioros  $C_{dete}$  de todos los productos;  $C_{opor}$  es el costo de oportunidad anual;  $C_{obsl}$  es el costo de obsolescencia anual debido a obsolescencia tecnológica  $C_{obsl te}$ , de la demanda  $C_{obsl de}$  y de otro tipo de obsolescencia dependiente del tiempo de producto almacenado  $C_{obsl otr}$ .

$$C_{perd} = \sum_{i=1}^N (C_{cadu} + C_{extv} + C_{dete}) \quad C_{obsl} = \sum_{i=1}^N (C_{obsl te} + C_{obsl de} + C_{obsl otr})$$

Donde  $i$  representa cada uno de los productos y  $N$  es el número total de productos almacenados.

$$C_{invent} = C_{prod} + \left[ \frac{C_{esp prod}}{365} \right] * N_{d alm}$$

$$C_{esp prod} = (C_{terr} + C_{acond} + C_{nave t} + C_{mant esp} + C_{seg} + C_{imp} + C_{fin}) * \frac{V_{prod}}{V_{Nav}}$$

$C_{prod}$ , costo del producto a la entrada del almacén.

$N_{d alm}$ , número de días que ha permanecido el producto en inventario.

$C_{esp prod}$ , costo del espacio del producto.

$C_{terr}$ , costo anual del terreno.

$C_{acond}$ , costo anual de acondicionamiento.

$C_{nave\ t}$ , costo de la nave destinada al almacén en el periodo.

$C_{mant\ esp}$ , costos de mantenimiento anual de la instalación.

$C_{seg}$ , costo anual de seguros.

$C_{imp}$ , costo anual de impuestos.

$C_{fin}$ , costos financieros anuales.

$V_{prod}$ , volumen ocupado.

$V_{Nav}$ , volumen total.

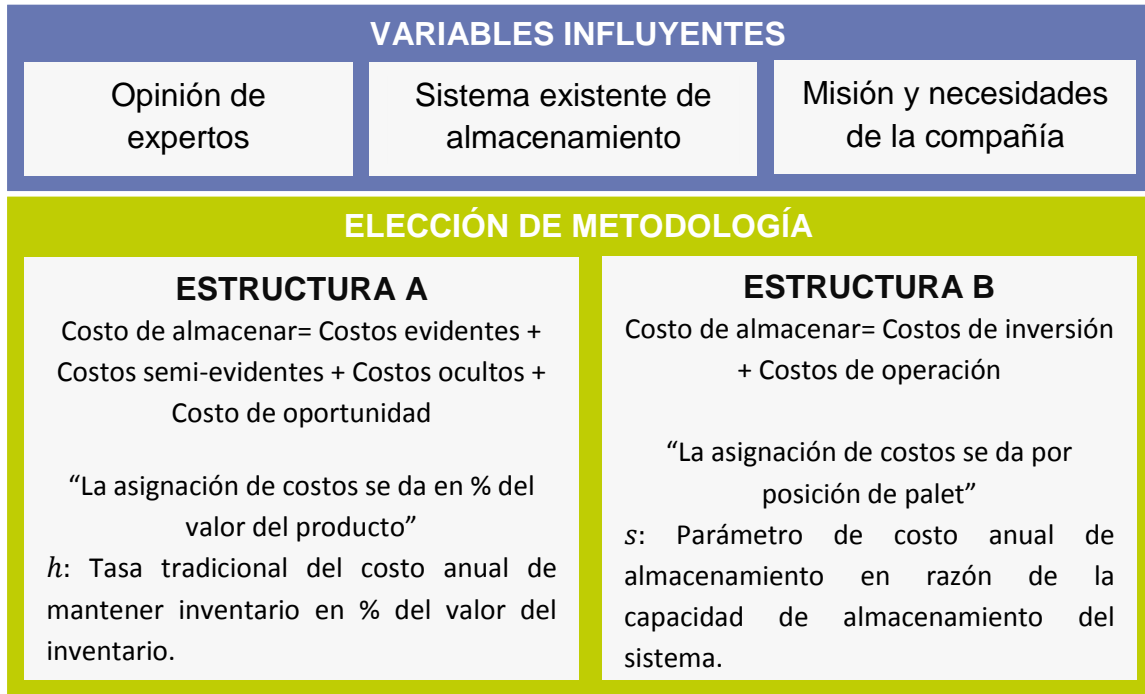
4. Calculo de los costos del nivel 3: El costo  $Co_{p\ proc\_alm}$  se calcula sumando los costos del nivel 4.
5. Calcular los costos del nivel 2, sumando los costos del nivel 3. Dado que las partidas de costos indirectos no se ven influidas por el peso y volumen de las referencias, se considera el número de piezas almacenadas totales como factor para obtener el costo unitario.
6. Calcular el costo del proceso de almacenamiento sumando los costos del nivel 2.

Anna Azzi *et al.* (2014)<sup>23</sup>, realizan la construcción de una metodología para calcular el costo de almacenar, para dos tipos de almacenamiento: tradicional (manual) y automatizado.

---

<sup>23</sup> AZZI, Anna, et al. Inventory holding costs measurement: a multi-case study. En: The international journal of logistics management, 2014. vol. 25, no 1. p. 109-132.

**Figura 9. Metodología para calcular el costo de almacenar**



Fuente: Adaptado de AZZI, Anna, et al. (2014)

La elección de la metodología que se debe emplear para el cálculo del costo dependerá del tipo de almacenamiento que se utilice, es decir, para una empresa con almacenamiento tradicional se deberá utilizar la metodología propuesta en la estructura A y para el almacenamiento automatizado la estructura B.

En el caso de la metodología de estructura A, es importante saber identificar cada uno de los tipos de costos que deben incluirse, por esto los autores establecen un listado de los elementos que componen estos costos:

1. **Costos evidentes:** Amortización anual del edificio; Gasto anual de energía; Costo anual por servicio de limpieza; Costo anual por servicio de vigilancia; Tasa anual de seguros de equipos y edificios; Impuestos anuales de propiedades; Amortización anual de equipos; Amortización de licencias de software; Mantenimientos; Mano de obra directa.

2. **Costos semi-evidentes:** Valor de los productos retirados por obsolescencia; Valor de los productos dañados; Valor de la depreciación de los productos.; Valor de los productos deteriorados o desechados; Mano de obra indirecta y de supervisión.
  
3. **Costos ocultos:** Son todos aquellos costos que se mezclan con otros costos y son difíciles de reconocer, pero que es importante tenerlos en cuenta. Estos son: Costos anual de inspección y conteo de inventario; Costos de re-manufactura; Costo de re-empaque y re-etiquetado; Costos por pérdida de ventas.

Los costos anteriormente mencionados se deben expresar como un porcentaje del valor del inventario, para que al sumarse con el costo de oportunidad pueda calcularse el valor de  $h$ .

Por otro lado, para la metodología de estructura B, definen los siguientes elementos como parte de los costos:

1. **Costos de inversión:** Máquinas; Racks; Sistemas de control; Equipo contra incendios; Licencias de software; Instalación y pruebas de los sistemas; Entrenamiento y/o capacitación; Sistemas de transporte; Edificios y terrenos.
  
2. **Costos de operación:** Mano de obra indirecta; Costos de supervisión, Costos de energía; Costos de mantenimientos, Costos de productos dañados, depreciación y deterioro; Costos por pérdida de ventas.

Los autores Ali Bozorgi, Jennifer Pazour y Dima Nazzal (2014)<sup>24</sup> tratan el tema de inventarios para artículos relacionados a una cadena de frío y consideran las emisiones de camiones refrigerados. Presentan el siguiente modelo para calcular el costo de mantener:

$$HC(Q) = \left[ \frac{Q}{b} \right] * F_h + iCQ$$

$F_h$ : Costo de encender un refrigerador (\$/refrigerador/periodo).

$b$ : Capacidad de cada refrigerador (unidades/refrigerador).

$i$ : Tasa de interés por periodo.

$c$ : Costo de cada unidad.

$Q$ : Cantidad de pedido.

Los autores asumen que el estado del congelador no cambia durante el periodo y todos los embarques ocurren al final del periodo; El costo de oportunidad del capital para el inventario promedio es representado como  $iCQ$  en el modelo.

Juan Izar y Carmen Ynzunza (2015)<sup>25</sup> definen que en el manejo de inventario se incurre en cuatro costos: adquisición de los artículos, colocación de nuevos pedidos, conservación de los artículos en inventario y aparición de faltantes. Los elementos que los componen se muestran a continuación:

1. Costo de adquisición: Incluye el costo de transporte, costo de impuestos y las condiciones de crédito del proveedor. Esto último hace referencia a los descuentos que ofrece el proveedor por hacer pedidos de mayor volumen.

---

<sup>24</sup> BOZORGI, Ali; PAZOUR, Jennifer y NAZZAL, Dima. A new inventory model for cold items that considers costs and emissions. En: International journal of production economics. Enero, 2014. vol. 155, p. 114-125.

<sup>25</sup> IZAR, Juan y YNZUNZA, Carmen. Estimación de las existencias de seguridad para artículos con tiempo de entrega aleatorio y demanda con distribución normal y uniforme. En: Revista investigación operacional, 2015. vol. 36, no. 1, p. 70-84.

2. Costo de colocación de nuevos pedidos: Puede dividirse en dos partes: una fija que es independiente de la cantidad pedida y otra variable que dependerá del volumen del pedido.

Contempla los costos de preparación y emisión de la orden de compra, timbres postales, llamadas telefónicas, rastreo del pedido, recepción de artículos, inspección, revisión de la factura, realizar el pago y la contabilidad del proceso.

3. Costo de conservación de los artículos: Incluye costo de espacios, obsolescencia, deterioro, pérdidas, mermas, refrigeración, iluminación, calefacción, protección contra el sol y la humedad, seguros y el costo de oportunidad por tener una inversión ociosa. Su monto suele variar del 15% al 45% del valor del inventario.
4. Costo de aparición de faltantes: Es el costo de oportunidad por lo que se deja de ganar al no tener disponibles los artículos, la estimación de este costo dependerá del tipo de artículo, en algunos casos se debe tener en cuenta la posible pérdida de las ventas futuras y se puede agregar el efecto negativo por la publicidad boca a boca, en otros, el costo será un costo fijo que representa lo que se deja de ganar por no tener el artículo en existencia. Para este costo los autores proponen la siguiente ecuación:

$$C_f = (1 + \alpha)(P - C_a)$$

Donde  $\alpha$  es el factor del efecto boca a boca por la aparición de faltantes,  $P$  el precio del artículo y  $C_a$  es el costo del cada artículo.

Para poder visualizar la información recolectada, se presenta la siguiente tabla:

**Tabla 5. Resumen de la revisión de literatura**

<b>AUTOR</b>	<b>COSTO DE ADQUISICIÓN</b>	<b>COSTO DE ORDENAR</b>	<b>COSTO DE MANTENER</b>	<b>COSTO DE FALTANTES</b>
<b>PIASECKI (2001)</b>		Cualitativa	Cualitativa	
<b>SILVER, PYKE Y PETERSON (2003)</b>	Cualitativo	Cualitativo	Cualitativo	Cualitativo
<b>BALLOU (2004)</b>	Cualitativo		Cualitativo	Cualitativo
<b>BERLING (2008)</b>			Función	
<b>HEIZER Y RENDER (2008)</b>		Cualitativo	Cualitativo	
<b>RIZO, PABLOS Y BELLO (2009)</b>	Cualitativo	Cualitativo	Función	Función
<b>HILLER Y LIEBERMAN (2010)</b>		Función	Cualitativo	Cualitativo
<b>SCHROEDER, GOLDSTEIN Y RUNGTUSANTHAM (2011)</b>	Cualitativo	Cualitativo	Cualitativo	Cualitativo
<b>SOTO, QUIROS Y MESA (2013)</b>	Cualitativo		Cualitativo	
<b>GONZALEZ, GARZA Y TRUJILLO (2013)</b>		Cualitativo	Cualitativo	
<b>LAMBÁN (2013)</b>			Función	Función
<b>AZZI, <i>et al.</i> (2014)</b>			Cualitativo	
<b>BOZORGI, PAZOUR Y NAZZAL (2014)</b>		Función		
<b>IZAR Y YNZUNZA (2015)</b>	Cualitativo	Cualitativo	Cualitativo	Cualitativo

De la tabla anterior se realiza un análisis enfocado a la trayectoria de los planteamientos realizados en los últimos quince años sobre el tema de los costos asociados al inventario, se puede observar que los autores se han enfocado en describir cada uno de los costos pero poco empeño e investigación se ha dirigido al planteamiento matemático para la estimación de estos. Es importante resaltar que los autores tienen diferentes perspectivas sobre el tema, ya que se

encuentran en diferentes contextos (tipo de industria, modelos, demandas y productos).

#### 4.3. DESARROLLO DEL PASO 8 DEL MÉTODO DE TRIANGULACIÓN

La triangulación trata de construir evidencia sólida que respalde los resultados, prestando especial atención a las tendencias, y teniendo en cuenta tanto los hallazgos de respaldo como los de refutación<sup>26</sup>. Por esto, el último paso (paso 8) consiste en resumir los resultados y concluir.

Para esto es necesario hacer un análisis de las teorías existentes acerca de los costos, identificando los patrones existentes y los vacíos. Este análisis se realizó uniando, agrupando y extrayendo la teoría cuantitativa y cualitativa presente en la literatura de cada costo. Los resultados se presentan en las siguientes tablas.

**Tabla 6. Componentes del costo de compra según la revisión de literatura**

ECUACIONES PROPUESTAS	ELEMENTOS DEL COSTO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo de producir o comprar una unidad.</li> <li>▪ Costo del flete (no se incluye si está dentro del costo del producto)</li> <li>▪ Costo de Alistamiento de la producción</li> <li>▪ Seguros durante el transporte.</li> <li>▪ Impuestos aduaneros (arancel)</li> <li>▪ Impuestos no recuperables</li> <li>▪ Otros costos atribuibles a las mercancías, materiales o servicios</li> <li>▪ (-) Descuentos comerciales o condiciones del crédito del proveedor</li> <li>▪ (-) Rebajas y partidas similares</li> </ul>

<sup>26</sup> Ibíd.

**Tabla 7. Componentes del costo de ordenar según la revisión de literatura**

ECUACIONES PROPUESTAS	ELEMENTOS DEL COSTO
<p style="text-align: center;"><math>c(z) = K + cz</math></p> <p>K: costo fijo de ordenar Z: cantidad de unidades C: costo variable de ordenar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo de llamadas telefónicas</li> <li>▪ Costo de faxes</li> <li>▪ Gastos postales y sobres</li> <li>▪ <math>\frac{\% \text{ del tiempo de la actividad} * \text{costo laboral}}{\text{numero de productos (lineas)}}</math></li> <li>▪ costo de lanzar la orden</li> <li>▪ pasos de aprobación</li> <li>▪ procesamiento</li> <li>▪ recepción</li> <li>▪ inspección de entrada</li> <li>▪ Procesamiento de factura</li> <li>▪ Pago a proveedores</li> <li>▪ Valor del flete</li> <li>▪ Tiempo dedicado a la comprobación de la orden recibida</li> <li>▪ Tiempo de creación de la orden de compra</li> <li>▪ Proceso de aprobación de la orden</li> <li>▪ Contacto con el proveedor</li> <li>▪ Revisión de los informes de ordenes</li> <li>▪ Tiempo de la creación de Nuevos artículos</li> <li>▪ Tiempo empleado en negociación con los proveedores</li> <li>▪ Tiempo de obtención de cotizaciones (si se realizan constantemente)</li> <li>▪ Costo de los suministros</li> <li>▪ Costo de impresos</li> <li>▪ Costo de soporte administrativo ( Salario, seguridad social)</li> <li>▪ Costo de energía (iluminación y equipos)</li> <li>▪ Amortización de los equipos.</li> <li>▪ Costo por perdidas, mermas y deterioros de la mercancía durante el proceso de transportación</li> <li>▪ Seguimiento al pedido.</li> </ul> <p><b>MANUFACTURA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tiempo de iniciar la orden de trabajo</li> <li>▪ Tiempo de elección y emisión de los componentes</li> <li>▪ Tiempo de programación de producción</li> <li>▪ Tiempo de alistamiento de máquinas e inspección</li> <li>▪ Desechos de producción por alistamiento de la máquina.</li> <li>▪ Desechos de herramienta después de cada ciclo de producción.</li> </ul>

**Tabla 8. Componentes del costo de mantener según la revisión de literatura**

ECUACIONES PROPUESTAS	ELEMENTOS DEL COSTO
$C_M = \sum_{i=1}^M \lambda_{i,k} K_i$ <p>Donde <math>\lambda_{i,k}</math> es la cantidad de actividades <math>i</math> requeridas para guardar una unidad de producto <math>k</math> y, <math>K_i</math> es el costo marginal (variable) de la actividad <math>i</math>.</p> $Cm = I_{prom} * V * r$ <p>Donde <math>I_{prom}</math> es el nivel promedio de inventario, <math>V</math> es el costo variable por unidad y <math>r</math> es el porcentaje del costo variable que representa el costo de tener un peso en inventario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo de oportunidad de la inversión (está estrechamente relacionado con la tasa de superación, y la rotación del producto)</li> <li>▪ Gastos de operación de la bodega</li> <li>▪ Costo de manipulación y conteo</li> <li>▪ Costo de deterioro, obsolescencia, robo y daño: valor del producto, costo de remanufacturar o costo de suministro desde otra ubicación, depreciación del producto.</li> <li>▪ Costo de seguros</li> <li>▪ Costo de impuestos (registros de contabilidad)</li> <li>▪ Costo de las actividades de almacenamiento (Cuales?): proveer el almacén, proveer el capital, proveer recursos (personal y equipos)</li> <li>▪ Costo del edificio (según condiciones: renta o propio): alquiler o depreciación del edificio, COSTOS DE OPERACIÓN, impuestos y seguros (del edificio)</li> <li>▪ Costo de manutención: leasing o depreciación de los equipos, costos operativos</li> <li>▪ Costos de inversión: costo de los préstamos, impuestos y seguros del inventario.</li> <li>▪ Intereses bancarios por crédito</li> <li>▪ Mano de obra</li> <li>▪ Equipos y sistemas informáticos (amortización licencia)</li> <li>▪ Operaciones exteriores</li> <li>▪ Vigilancia</li> <li>▪ Limpieza Mano de Obra indirecta y de supervisión</li> <li>▪ Remanufactura, reempaque y reetiquetado</li> <li>▪ Entrenamiento o capacitación</li> <li>▪ Transportes dentro de la bodega             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimiento de las maquinas</li> </ul> </li> <li>▪ Servicios (refrigeración, calefacción, iluminación, etc.)</li> </ul>

**Tabla 9. Componentes del costo de faltantes según la revisión de literatura**

ECUACIONES PROPUESTAS	ELEMENTOS DEL COSTO
<p><math>C_f = (1 + \alpha)(P - C_a)</math>                      Donde <math>\alpha</math> es el factor del efecto boca a boca por la aparición de faltantes, <math>P</math> el precio del artículo y <math>C_a</math> es el costo del cada artículo.</p> <p><math>C_f = P - (C_a + C_m + C_e)</math>                      Donde <math>P</math> es el precio de venta del producto, <math>C_a</math> es el costo de adquisición, <math>C_m</math> es el costo de mantener y <math>C_e</math> es el costo de ordenar.</p> <p><math>C_f = Pvl - Cpl - Cua</math>                      Donde <math>Pvl</math> es el precio de venta del lote de productos, <math>Cpl</math> es el costo de producción del lote y <math>Cua</math> es el costo unitario de aprovisionamiento del artículo que provoca ruptura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Penalizaciones impuestas por el cliente.</li> <li>▪ Sobrecostos de la producción al expeditar un pedido</li> <li>▪ Costo de las reprogramaciones</li> <li>▪ Costos de transporte extras (mayores a los utilizados)</li> <li>▪ Ventas perdidas (utilidad perdida)</li> <li>▪ Efecto negativo en ventas futuras por no tener existencias</li> <li>▪ Pérdida de imagen ante el cliente</li> <li>▪ Trabajo administrativo adicional</li> <li>▪ Costo de envío prioritario (asociado al transporte)</li> <li>▪ Efecto negativo por publicidad boca a boca.</li> </ul>

## 5. PROPUESTA METODOLÓGICA

El término metodología es ampliamente utilizado, sin embargo en algunos casos no es completamente claro el alcance y definición de este. Para la presente investigación se toma el concepto del autor Adalberto Fernández Sotelo (2011)<sup>27</sup>:

“Metodología es el conjunto de elementos que regulados por determinados requerimientos establecen y sustentan la secuencia de actuación a desarrollar y la explicación de cómo proceder, para lograr el conocimiento y/o transformación de un objeto de estudio.”

Adicional a la definición existen rasgos que caracterizan a una metodología como:

1. Es un proceso lógico conformado por etapas y/o pasos interconectados, ordenados de manera particular.
2. Cada etapa incluye un sistema de procedimientos que son condicionantes y dependientes entre sí y que se ordenan lógicamente de una forma específica.
3. Tiene un carácter flexible aunque responde a un ordenamiento lógico.

Para poder plantear una metodología es importante conocer la estructura y los elementos que la componen, para esto se toma la teoría del autor Adalberto Fernández (2011)<sup>28</sup>:

---

<sup>27</sup> FERNÁNDEZ, Adalberto. Obtención de una metodología, como resultado científico, en investigaciones sobre dirección. En: Saber, Ciencia y Libertad. 2011. p. 119-126.

<sup>28</sup> BERMÚDEZ, R. y RODRIGUEZ, M. Metodología de la enseñanza y el aprendizaje. Citado por: FERNÁNDEZ, Op. cit, p.119-126.

La estructura de una metodología se compone de dos partes: Aparato teórico o cognitivo y aparato metodológico o instrumental. La parte teórica o cognitiva, se centra en el proceso, lo que hace referencia a conceptos, normas y requerimientos que se tienen en cuenta en la aplicación de la metodología. La parte instrumental se centra en los resultados, está conformada por los métodos, técnicas, procedimientos y acciones, que se utilizarán para lograr los objetivos para los cuales planteó la metodología. El autor resalta la importancia de integrar estas etapas en la estructura de la metodología.

A partir de los resultados obtenidos de la triangulación de la revisión de literatura, se realiza la propuesta metodológica para la estimación de los costos asociados a la gestión de inventarios. Una vez finalizada la metodología, se realizó la evaluación del contenido de esta mediante el método de juicio de expertos, el cual consiste en solicitar a unas personas la demanda de un juicio hacia un objeto, un instrumento, un material de enseñanza, o su opinión respecto a un aspecto concreto<sup>29</sup>.

Mediante esta técnica se buscó validar la información obtenida de la revisión de literatura y las propuestas realizadas para el cálculo de los costos en la metodología, adicionalmente se midió si el instrumento elaborado realmente servía para el propósito que había sido construido.

Para la elección de los expertos, se opta por un grupo de siete docentes, con experiencia en el tema de gestión de inventarios y costos. Se utilizó el método individual de evaluación, a través de un cuestionario escrito que cada uno de los expertos debía responder, sin que estos estuvieran en contacto.

---

<sup>29</sup> CABRERO, Almenara y LLORENTE, Cejudo. La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información. Citado por ROBLES, Pilar y ROJAS, Manuela, La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en lingüística aplicada. En: Revista Nebrija, 2015. no. 18, p. 16.

Se estructuró el cuestionario con un total de seis preguntas, de las cuales las dos primeras preguntas (Preguntas I y II) correspondían a preguntas a abiertas, que pretendían verificar si los componentes de los costos presentados en la metodología eran los adecuados y si el modo de cálculo propuesto era el apropiado. Desde la pregunta 1 hasta la pregunta 4, se pidió al experto que validara los elementos definidos como componentes de los costos, la metodología de manera general, el grado de pertinencia de esta respecto al problema de investigación planteado, el grado de claridad para la implementación y el uso de un lenguaje adecuado, mediante el uso de la escala de Likert de cinco niveles. (Ver Anexo A. Panel de expertos).

Una vez finalizada la evaluación por parte de los expertos, se tienen en cuenta sus aportes para realizar las modificaciones oportunas a la metodología. Sin embargo, cada aporte fue debidamente analizado, verificando la pertinencia de estos hacia el objetivo para el cual se creó la metodología.

### **5.1. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS ASOCIADOS A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS**

La presente metodología busca definir un método o procedimiento para realizar el cálculo de los costos asociados a la gestión de inventarios: Costo de adquirir un producto, Costo de realizar una orden de pedido, Costo de almacenamiento y Costo por faltantes.

Es una guía que permite entender e identificar la estructura de cada costo; La figura 10. Propuesta metodológica, ilustra los cuatro pasos que componen esta metodología.

Figura 10. Propuesta metodológica.

## PROPUESTA METODOLOGICA

Para el calculo de los  
Costos de Inventario



### PASO 1: Costo de adquisición $C_{adq}$

Es el costo de comprar o de producir los artículos del inventario<sup>30</sup>. Se puede identificar y especificar por unidad de producto. Se expresa en \$/Unid.

<sup>30</sup> SCHROEDER; GOLDSTEIN y RUNGTUSANTHAM, Op. cit, 372-431

Para la presente propuesta metodológica se hace una división del costo de adquisición  $C_{adq}$  para empresas manufactureras<sup>31</sup> y empresas comercializadoras<sup>32</sup>.

Los componentes de este costo se establecen a partir de la información de la revisión de literatura:

### CASO 1: EMPRESA COMERCIALIZADORA

- Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson (2003)<sup>33</sup>: Costo de adquirir una unidad y el flete.
- Ronald Ballou (2004)<sup>34</sup>: Precio del producto, costo de transportar el pedido (si no está incluido en el precio del producto), costo por manejo y procesamiento de los productos en el punto de recepción.
- Eimyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello (2009)<sup>35</sup>: Precio del artículo, costo por pago de seguros durante la transportación, impuestos aduanales y fletes.
- Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusantham (2011)<sup>36</sup>: Costo de compra del producto.
- Blanca Soto, Gloria Mesa y Jaqueline Quiros (2013)<sup>37</sup>: Precio de compra, aranceles de importación, impuestos no recuperables, transportes, descuentos comerciales, y rebajas.

---

<sup>31</sup> **Empresa manufacturera** es aquella empresa que fabrica los productos que hacen parte de sus inventarios.

<sup>32</sup> **Empresa comercializadora** es aquella que compra a un proveedor los artículos de inventario.

<sup>33</sup> SILVER; PYKE y PETERSON, Op. cit, p. 83-93.

<sup>34</sup> BALLOU, Op. cit, p. 326-424

<sup>35</sup> RIZO; PABLOS y BELLO, Op. cit, p. 3-10

<sup>36</sup> SCHROEDER; GOLDSTEIN y RUNGTUSANTHAM, Op. cit, p. 372-431

- Juan Izar y Carmen Ynzunza (2015)<sup>38</sup>: Costo de transporte, costo de impuestos y condiciones de crédito del proveedor.

## CASO 2: EMPRESA MANUFACTURERA

- Ronald Ballou (2004)<sup>39</sup>: Costo de manufactura, costo por establecimiento del proceso de producción, y costos de alistamiento de la producción.
- Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusantham (2011)<sup>40</sup>: Costo de producir los productos.

Para ambos casos, los autores plantean los costos que deben incluirse como elementos del costo de adquisición, sin embargo, no son claros en el cálculo de estos, ya que ninguno de estos autores describe o limita estos componentes. Por ello, en esta propuesta se toman estos elementos y se definen claramente para evitar subjetividad en el momento del cálculo.

Así mismo y partiendo del concepto establecido para el costo de adquirir en esta propuesta, se excluyen algunos elementos encontrados en la literatura, debido a que se considera que estos costos se deben atribuir a los otros costos de inventarios (Ordenar, Almacenar y faltantes).

Con base en lo anterior se obtiene que el costo de compra está dado por:

## CASO 1: EMPRESA COMERCIALIZADORA

$$C_{adq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

---

<sup>37</sup> SOTO; QUIROS y MESA, Op. cit, p. 903-941

<sup>38</sup> IZAR y YNZUNZA, Op. cit, p. 109-132

<sup>39</sup> BALLOU, Op. cit, p. 326-424

<sup>40</sup> SCHROEDER; GOLDSTEIN y RUNGTUSANTHAM, Op. cit, p. 372-431

- Costo del artículo  $C_1$ : Es el valor que se acuerda con el proveedor por la adquisición de una unidad de producto, se expresa en \$/unidad. En esta propuesta metodológica  $C_1$  está dado por el precio de realizar el pago de contado.

En el caso en el que se presente pérdidas, mermas o deterioro de la mercancía durante la entrega del producto, el costo causado por esta naturaleza debe cargarse al valor del artículo. Para ello se debe calcular el porcentaje promedio de pérdidas, mermas y deterioros y, posteriormente recalcular el valor del artículo.

Se plantea la siguiente expresión:

$$C_1 = \frac{\text{Valor de adquisición del producto}}{1 - \% \text{promedio de pérdidas mermas y deterioros}}$$

Nota: Para esta metodología se parte de que la mercancía se compra por el valor de contado, sin embargo en algunos casos este costo se financia mediante cuentas por pagar, el costo de la financiación del capital se incluye en el costo de capital, el cual se encuentra dentro del costo de almacenar. Por lo cual, si el producto se adquiere con algún tipo de crédito o financiación, los costos de financiación generados se cargarán posteriormente en el costo de almacenar y no deben incluirse dentro de  $C_1$ .

- Costo del flete  $C_2$ : Hace referencia al valor del transporte de la mercancía desde el lugar de despacho hasta el almacén. Este costo se tiene en cuenta si y solo si se encuentra en función de la cantidad de unidades (\$/unidad).

Si el valor del flete es fijo, no se debe tener en cuenta para el cálculo de  $C_{adq}$ , sino que se debe cargar al costo de ordenar. Adicionalmente, si dentro de las

negociaciones con el proveedor se encuentra que la entrega de los artículos se realiza directamente en el almacén, es decir, el transporte de la mercancía está a cargo del proveedor, este costo tendrá el valor de cero.

Por ejemplo:

Si la empresa encargada del transporte tiene una tarifa de \$100/unidad.

$$C_2 = 100 \frac{\$}{unid}$$

Sin embargo, si la empresa tiene una tarifa fija de \$100.000 /envío, debido a que la tarifa no depende del número de unidades enviadas, este valor no se incluye en el costo de compra, se debe incluir en el costo de realizar una orden de pedido, debido a que este costo se causa al pedir mercancía independientemente a la cantidad de unidades que se requieran.

$$C_2 = 0 \frac{\$}{unid}$$

- Costo de seguros  $C_3$ : Es el valor que se paga por el seguro de la mercancía durante el transporte, se expresa en (\$/unid). Este costo se tiene en cuenta si el valor está en función de la cantidad de unidades o es un porcentaje del valor de la mercancía. Por el contrario, si el valor es fijo no se debe cargar al costo de compra, sino al costo de ordenar.
- Impuestos no recuperables  $C_4$ : Son aquellos impuestos que no son descontables. Los aranceles que se causan por motivo de la importación del producto. Se deben expresar en (\$/unid).

- Otros costos  $C_5$ : Hace referencia a los valores que no clasifican en ninguno de los elementos mencionados anteriormente, pero que se causan y puede discriminarse como un valor por unidad (\$/unidad).

Ejemplos de estos costos son el re-etiquetado, el re-empaque y, costos por perdidas, mermas y deterioros de la mercancía durante el proceso de transportación. Para las empresas en las que se importe mercancía es necesario revisar el tipo de acuerdo comercial que se tenga con el proveedor (ICOTERMS) y cubrir los costos que correspondan como: el transporte de la mercancía hasta el territorio aduanero nacional, el costo de cargues y descargues, costo de mantener la mercancía en puerto durante los trámites de nacionalización, seguro internacional y demás costos ligados al proceso de nacionalización de la mercancía.

Nota: Todos estos costos se deben establecer por unidad, de lo contrario se incluyen dentro del costo de ordenar.

## CASO 2: EMPRESA MANUFACTURERA

Para las empresas manufactureras el costo de compra  $C_{adq}$  esta dado por el costo de producción de la mercancía. Es decir, el costo de cada artículo al terminar el proceso productivo. Un ejemplo de los elementos que componen este costo son:

$$C_{adq} = C_{mano\ de\ obra\ directa} + C_{maquinaria} + C_{materia\ prima} + CIF$$

Dentro de los CIF (Costos Indirectos de Fabricación) se encuentran todos los costos necesarios para satisfacer ciertas necesidades de la actividad productiva, pero que no se identifican directamente con el producto que se está fabricando<sup>41</sup>.

---

<sup>41</sup> PABÓN, Hernán. Costos indirectos de fabricación. En: Fundamentos de costos. 2 ed. Bucaramanga: Editorial universidad industrial de Santander, 2004. p. 173-212.

Si desea profundizar en este tema se recomienda utilizar el libro Fundamentos de Costos del Ingeniero Hernán Pabón, en el capítulo cuatro. Costos indirectos de fabricación.

Para estimar su valor se debe solicitar el valor del costo del producto al área encargada de la producción.

### **PASO 2: Costo de ordenar $C_o$**

Es la suma de los costos en los que se incurre cada vez que se ordena un artículo, estos costos no son asociados con la cantidad ordenada sino a las actividades requeridas durante el proceso<sup>42</sup>.

Para la presente propuesta, el costo de ordenar son todos los costos fijos en los que se incurre para adquirir un lote de productos y está compuesto por todos los elementos cuyo costo no depende de la cantidad a ordenar. Se expresa en pesos/orden (\$/orden).

De la revisión de literatura realizada se encontró que el costo está conformado por los siguientes elementos:

**Tabla 10. Elementos del costo de ordenar**

<b>ELEMENTOS DEL COSTO DE ORDENAR</b>
<b>EMPRESAS COMERCIALIZADORAS:</b> Costo de llamadas telefónicas, costo de faxes, gastos postales y sobres, costo de lanzar la orden, pasos de aprobación, procesamiento, recepción, inspección de

<sup>42</sup> PIASECKI, Op. cit, p. 30-39.

## ELEMENTOS DEL COSTO DE ORDENAR

entrada, procesamiento de factura, pago a proveedores, valor del flete, tiempo dedicado a la comprobación de la orden recibida, tiempo de creación de la orden de compra, proceso de aprobación de la orden, contacto con el proveedor, revisión de los informes de órdenes, tiempo de la creación de nuevos artículos, tiempo empleado en negociación con los proveedores, tiempo de obtención de cotizaciones (si se realizan constantemente), costo de los suministros, costo de impresos, costo de soporte administrativo (Salario, seguridad social), costo de energía (iluminación y equipos), amortización de los equipos, costo por pérdidas, mermas y deterioros de la mercancía durante el proceso de transportación, seguimiento al pedido.

### **EMPRESAS MANUFACTURERAS:**

Tiempo de iniciar la orden de trabajo, tiempo de elección y emisión de los componentes, tiempo de programación de producción, tiempo de alistamiento de máquinas e inspección, desechos de producción por alistamiento de la máquina, desechos de herramienta después de cada ciclo de producción.

De la información anterior se observa que la mayoría de elementos que componen los costos hacen referencia a actividades que se realizan durante el proceso de generar una orden de pedido. Con base en la información anterior, para la propuesta metodológica se utiliza el costeo ABC para el cálculo del costo de ordenar  $C_o$ , y se realiza una división entre el costo para empresas manufactureras y empresas comercializadoras del mismo modo que en el costo de adquisición  $C_{adq}$ .

El costeo ABC o costeo basado en actividades según Oscar León García (1999)<sup>43</sup> es un método de costeo que consiste en acumular los CIF por centros de costos o actividades. Para esto, se define la actividad como: “Cualquier evento que opera como inductor o promotor de costo, es decir, que actúa como factor causal en la incurrencia de costos en una empresa”<sup>44</sup>.

Este método consiste en cuatro pasos: 1. Análisis de los procesos de valor, 2. Identificación de los centros de actividad, 3. Asociación de los costos con los centros de actividad y 4. Selección de los promotores o inductores de costos.

### **Paso 1: Análisis de los procesos de valor**

Consiste en realizar un diagrama de flujo que detalle el proceso para realizar una orden de pedido. Es importante definir el tiempo que tarda la ejecución de cada actividad.

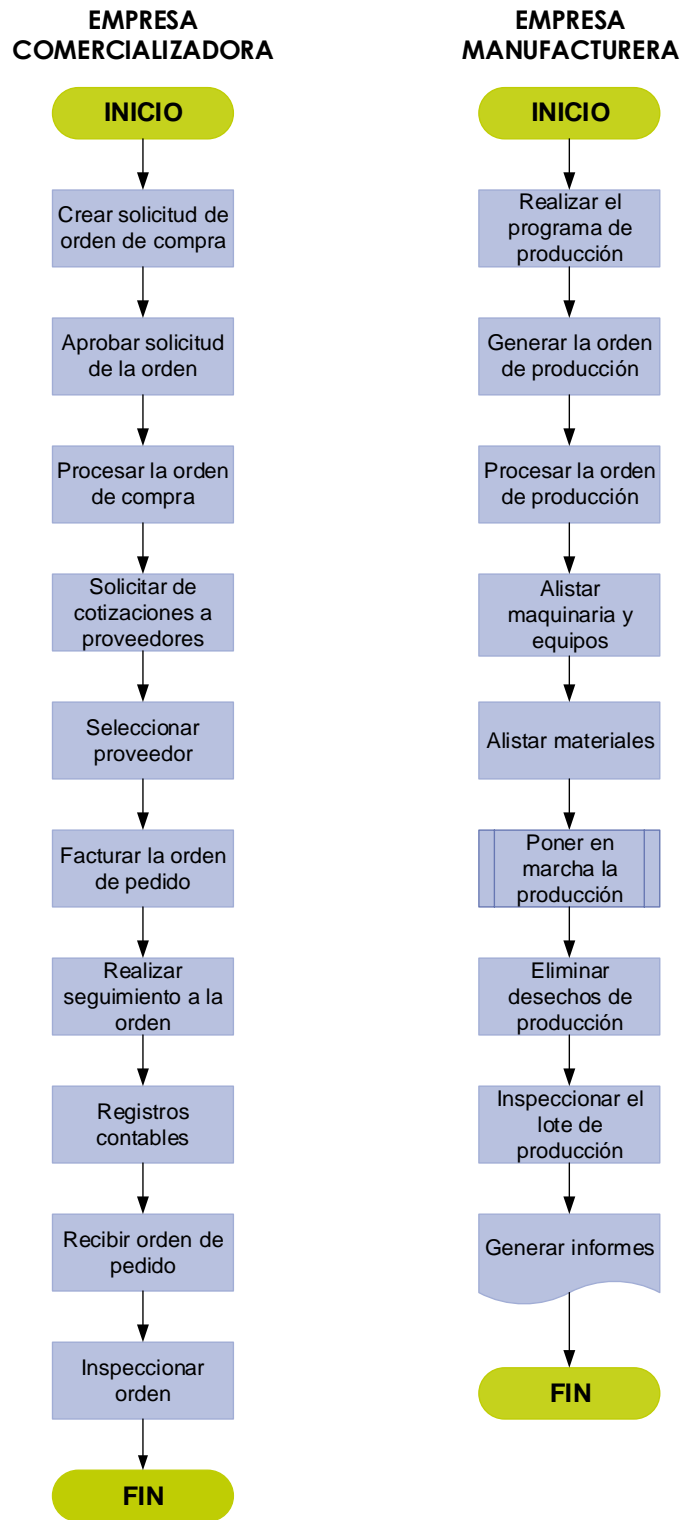
A partir de las actividades del proceso de generar una orden de pedido identificadas en la revisión de literatura se realizan los siguientes diagramas de flujo (Ver Figura 11), estos diagramas están sujetos a modificaciones según el proceso que se lleve a cabo en la empresa para realizar una orden de pedido:

---

<sup>43</sup> GARCÍA, Oscar. Nociones de costeo ABC. En: Administración financiera-fundamentos y aplicaciones. 3 ed. Cali: Prensa Moderna Impresores, 1999. p. 443 – 458.

<sup>44</sup> *Ibíd.*

Figura 11. Diagrama de flujo



## **Paso 2: Identificación de los centros de actividad.**

En este paso se deben agrupar las actividades en centros de actividad.

“Un centro de actividad se define como una parte del proceso para la cual la gerencia desearía un reporte separado sobre el costo involucrado en dicha actividad”<sup>45</sup>

### CASO 1: EMPRESA COMERCIALIZADORA

Las actividades del diagrama de flujo se agrupan en los siguientes centros de actividad:

- Generación de orden de compra: Hace referencia a la actividad de crear la solicitud de la orden de compra.

Es todo el proceso que se lleve a cabo desde que se da la necesidad de adquirir un producto hasta que la orden se encuentre en el sistema de información de la empresa.

- Aprobación de orden de compra: Este centro de actividad incluye aprobar la solicitud de la orden, procesar la orden de compra, solicitar cotizaciones a proveedores y seleccionar el proveedor.
- Envío de orden de compra: Es el momento en el cual la empresa se contacta con el proveedor y se realiza la emisión de la orden de compra, generando la factura.
- Seguimiento a la orden de compra: Consiste en el rastreo que realiza la empresa para verificar que la orden este en trámite por parte del contratista.

---

<sup>45</sup> Ibíd.

- Registros contables: Involucra los procesos que se llevan a cabo para asegurar que el proveedor reciba el pago de la factura de la orden de pedido de manera oportuna.
- Recepción e inspección de la orden: Actividad en la cual se verifica que la cantidad de artículos enviados por el proveedor cumplan con las condiciones pactadas en la negociación. En este centro de actividad se incluye: recibir orden de pedido e inspeccionar orden.

## CASO 2: EMPRESA DE MANUFACTURA

Las actividades del diagrama de flujo se agrupan en los siguientes centros de costo:

- Programa maestro de producción: Actividad en la cual se realiza el plan maestro de producción.
- Procesamiento de órdenes de producción: En este centro se incluyen las actividades de generar la orden de producción y procesar la orden de producción.
- Preparación de maquinaria y materiales: Consiste en el alistamiento de maquinaria, equipos y materiales necesarios para ejecutar la orden de producción.
- Manejo de desechos: Este centro de actividad se enfoca en los desechos que se generan después de cada ciclo de producción.

- Control de calidad: Actividad en la cual se verifica que el lote de la orden cumpla con los requisitos de calidad y cantidad. Incluye las actividades de inspeccionar el lote de producción y generar informes.

Nota: Dentro de los centros de actividades no se incluye la actividad de poner en marcha la producción, ya que los costos que se encuentran incluidos en este proceso, se cargan directamente a los productos y se encuentran en el costo de adquisición.

**Paso 3: Asociación de los costos con los centros de actividad.** Este paso consiste en asignar los costos a cada centro de actividad. Para ello se deben identificar todos los recursos que se utilizan.

Con base en la revisión de literatura se identifican los recursos que los autores consideran dentro del costo de ordenar:

- Dave Piasecki (2001)<sup>46</sup> establece que dentro de los recursos que se consumen durante la generación de una orden se encuentran los costos de llamadas, telefónicas, faxes, gastos postales, costo laboral total mensual, desechos de producción relacionados con el alistamiento de la máquina y desechos de herramientas después de cada ciclo de producción.
- Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson (2003)<sup>47</sup> indican el consumo de los siguientes recursos: gastos de correo y llamadas telefónicas.
- Heizer y Render (2008)<sup>48</sup> mencionan que el costo se encuentra asociado a los recursos de: suministros, impresos y soporte administrativo.

---

<sup>46</sup> PIASECKI, Op cit, p. 30-39

<sup>47</sup> SILVER; PYKE y PETERSON, Op. cit, p. 83-93.

<sup>48</sup> HEIZER y RENDER, Op. cit, p. 62-65

- Eimyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello (2009)<sup>49</sup> consideran los costos por recursos de: impresos, materiales de oficina, costo de la energía gastada (incluyendo la de iluminación y equipos de procesamiento de información), salario de las personas (administrativos, conductores, ayudantes), valor de la contribución a la seguridad social, amortización de equipos (equipos de procesamiento de la información y equipos de comunicación) y gastos por comunicaciones.
- Juan Izar y Carmen Ynzunza (2015)<sup>50</sup> establecen los siguientes recursos: timbres postales y llamadas telefónicas

Esta información se agrupa en cinco categorías de recursos:

**Recurso Humano:** Incluye salario base, prestaciones (cesantías, intereses a las cesantías, primas y vacaciones), parafiscales (Caja de compensación, ICBF y Sena), seguridad social (Pensión, Salud y riesgo profesional) y auxilio de transporte. Se debe expresar en \$/Hora-hombre.

Para calcular el costo de este recurso se plantean las siguientes ecuaciones:

$$RH_k = \frac{S_k + P_k + PR_k + SS_k + AT_k}{H_{año\ k}}$$

$$CH_k = RH_k * \frac{H_k}{\sum_{k=1}^l H_k}$$

$$CR_1 = \sum_{k=1}^l CH_k$$

<sup>49</sup> RIZO; PABLOS y BELLO, Op. cit, p. 3-10

<sup>50</sup> IZAR y YNZUNZA, Op. cit, p. 109-132

Donde,

$RH_k$ : Costo por hora del empleado  $k$ .

$S_k$ : Salario anual del empleado  $k$ .

$P_k$ : Prestaciones anuales del empleado  $k$ .

$K$ : Empleados de 1 hasta  $l$  que tienen participación.  $K: 1,2,3 \dots l$

$l$ : Total empleados que tienen participación.

$PR_k$ : Parafiscales anuales del empleado  $k$ .

$SS_k$ : Seguridad social anual del empleado  $k$ .

$AT_k$ : Auxilio de transporte anual del empleado  $k$ .

$H_{año k}$ : Número de horas anuales que trabaja el empleado  $k$ .

$H_k$ : Número de horas que se requieren del empleado  $k$ .

$CH_K$ : Costo ponderado por hora del empleado  $k$  para el centro de actividad.

$CR_1$ : Costo total del recurso humano por hora para el centro de actividad.

Nota: Es importante aclarar que los empleados que se tienen en cuenta para el cálculo de este costo, deben ser los que se definieron previamente en cada centro de actividad, por lo cual es necesario calcular el costo de este recurso para cada centro de actividad.

**Papelería:** Incluye impresos, elementos y materiales de oficina.

Para el cálculo de este recurso se debe definir el costo fijo  $k$ , en el que se incurre en cada centro de actividad. Se debe expresar en \$/Orden

$$CR_2 = k$$

Donde,

$CR_2$ : Costo del recurso de papelería por orden.

**Servicios Públicos:** Energía, telefonía e internet. Se expresa en \$/Hora

$$CR_3 = \frac{V_{mes}}{H_{mes}}$$

$V_{mes}$ : Valor mensual del servicio de energía, telefonía e internet.

$H_{mes}$ : Número de horas al mes en las que la empresa se encuentra en operación.

$CR_3$ : Costo del recurso de servicio público por hora.

**Depreciación de equipos:** Es el valor asignado a la depreciación de los equipos y sistemas de información (licencias de software) utilizados en las actividades de generar una orden de pedido. S expresa en \$/Hora.

Para el cálculo se plantean las siguientes expresiones:

$$M_m = \frac{Dep_m}{H_{mes}}$$

$$CM_m = M_m * \frac{H_m}{\sum_{m=1}^o H_m}$$

$$CR_4 = \sum_{m=1}^o CM_m$$

Donde,

$M_m$ : Costo por hora de la depreciación de la maquina o equipo m.

$Dep_m$ : Valor de la depreciación mensual de la maquina o equipo m.

$H_{mes}$ : Número de horas al mes en las que la empresa se encuentra en operación.

$H_m$ : Número de horas que se requieren de la maquina o equipo m para ejecutar el centro de actividad.

$CM_m$ : Costo ponderado por hora de la depreciación de la maquina o equipo  $m$  para el centro de actividad.

$CR_4$ : Costo de la depreciación de equipos por hora para el centro de actividad.

$m$ : Maquinaria o equipo que se utiliza en el centro de actividad, va de 1 hasta  $o$ .

Nota: Este procedimiento se debe repetir para cada centro de actividad.

**Comunicaciones:** Incluye costos de correo, faxes y gastos postales. Para el cálculo de este recurso se debe definir el costo fijo  $W$ , en el que se incurre en cada centro de actividad. Se expresa en \$/Orden

$$CR_5 = W$$

Donde,

$CR_5$ : Costo del recurso de comunicaciones por orden.

Nota: Estas categorías se deben asignar a cada uno de los centros de actividad donde se cause un costo por ellas.

**Paso 4: Selección de los promotores o inductores de costos.** Consiste en la selección y uso de inductores o promotores de costo, que son eventos o aspectos que hacen que deba incurrirse en unos determinados rubros de costos<sup>51</sup>.

Para la selección de un inductor de costo Oscar García (1999) propone dos criterios: facilidad para obtener la información relacionada con el inductor y el grado de correlación entre el inductor y el consumo de un determinado recurso.

En esta propuesta metodológica se utilizan los criterios de Oscar García y se propone un inductor de costo para cada centro de actividad. Estos inductores se

---

<sup>51</sup> GARCÍA, Op. cit, p. 443 – 458.

encuentran relacionados con el tiempo que toma ejecutar las actividades para realizar una orden de pedido. Cabe aclarar que los inductores propuestos pueden ser modificados según la necesidad y/o situación particular.

Los inductores seleccionados son:

Horas – Hombre: Corresponde al tiempo en horas que el personal demora en ejecutar una actividad para una orden de compra.

Es decir es la suma del número de horas requeridas de cada uno de los empleados involucrados en el centro de actividad *i*.

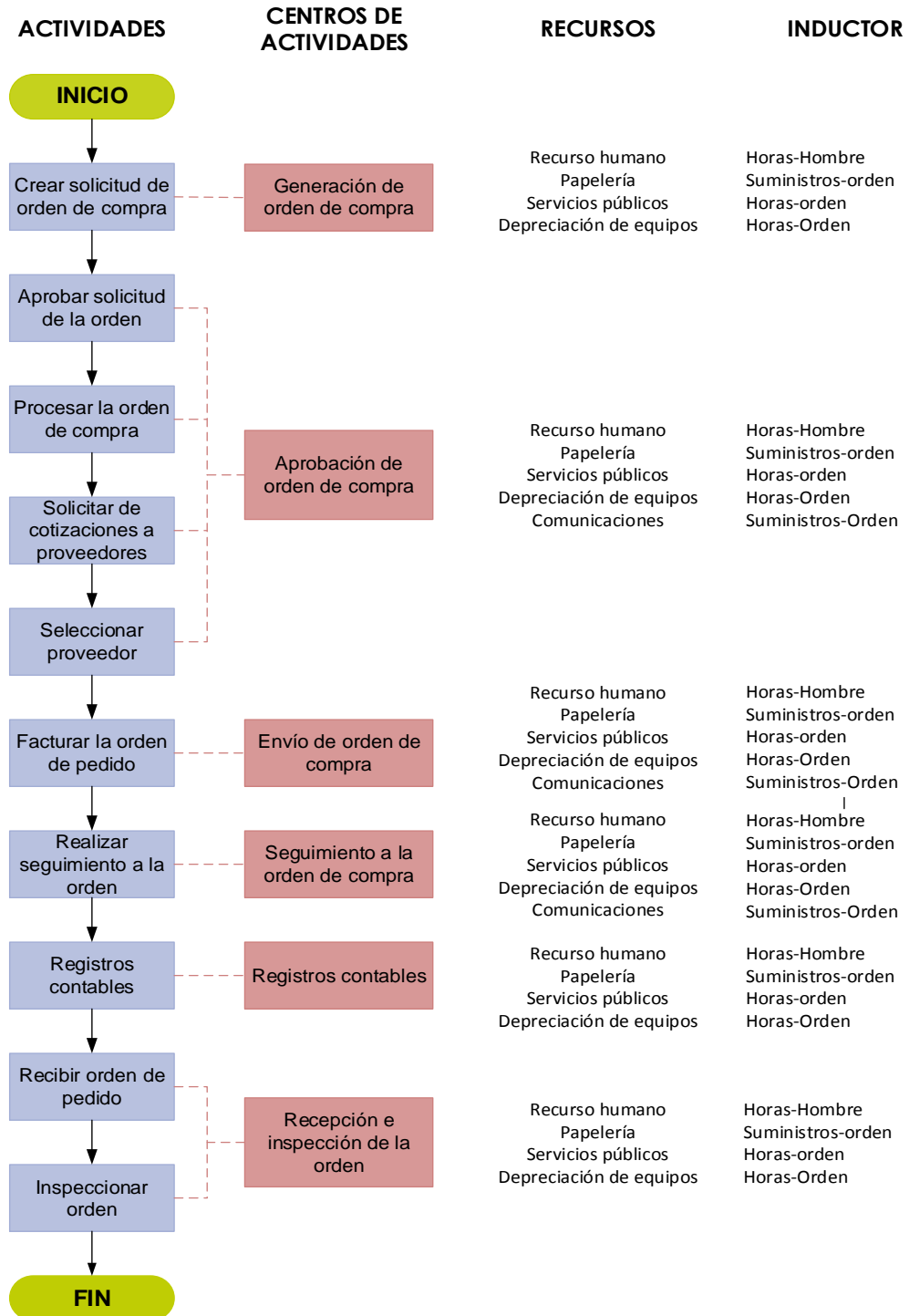
Suministros-Orden: Es la cantidad de insumos que se consumen durante la realización de una orden de pedido en el centro de actividad *i*.

Horas-Orden: Corresponde al tiempo en horas durante las cuales se utiliza o consume algún servicio o equipo (servicios públicos, computadores, fax, impresoras e internet) para una orden de compra.

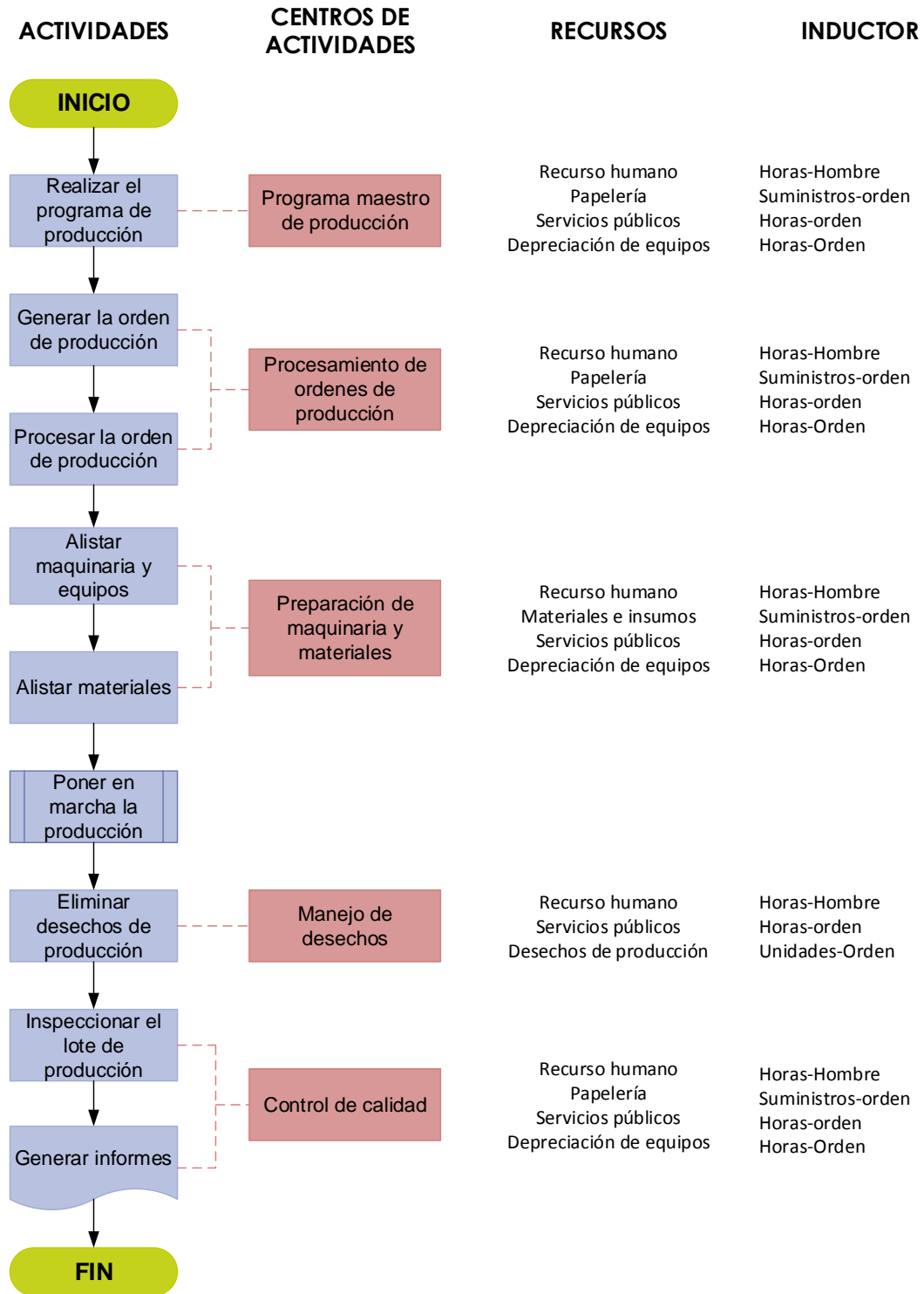
Es decir, es la suma del número de horas durante las cuales son utilizados los servicios o equipos que se involucran en la ejecución de una orden en el centro de actividad *i*.

A continuación se presentan las figuras 12 y 13, que representan el esquema del costeo ABC para las empresas comercializadoras y productoras, anteriormente descrito.

**Figura 12. Costeo ABC para empresa comercializadora**



**Figura 13. Costeo ABC para empresa manufacturera**



Luego de realizar el costeo ABC se procede a calcular el valor total del costo de ordenar, para esto se plantean las siguientes expresiones matemáticas:

$$CA_i = \sum_{j=1}^5 R_j * CR_j \quad \forall i$$

$$C_o = Cf + \sum_{i=1}^m CA_i$$

Dónde:

$CA_i$ : Costo del centro de actividad  $i$ .

$R_j$ : Inductor de costo del recurso  $j$ .

$CR_j$ : Costo del recurso  $j$ .

$C_o$ : Costo de ordenar.

$i$ : Es el centro de actividad, que va desde 1 hasta  $m$ .

$Cf$ : Es el monto total de los costos que no se tuvieron en cuenta en el costo de adquisición, debido a que se expresaban en función de realizar un pedido o generar una orden y no se encontraban en función de la cantidad de unidades a pedir. Por ejemplo, cuando el costo del flete es fijo, independiente del número de unidades ordenadas.

### **PASO 3: Costo de almacenar $C_h$**

Es el costo que resulta de guardar o mantener artículos durante un periodo de tiempo y es proporcional a la cantidad promedio de artículos disponibles<sup>52</sup>. Se expresa en \$/ Unid-tiempo.

---

<sup>52</sup> BALLOU, Op. cit, p. 326-424.

Para la presente propuesta, el costo de almacenar está compuesto por los elementos que los diferentes autores han propuesto en la literatura:

- Dave Piasecki (2001)<sup>53</sup>: Intereses, seguros, impuestos, almacenaje, tiempo, obsolescencia, daño y robos.
- Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson (2003)<sup>54</sup>: Costo de oportunidad del dinero invertido, gastos de operación de la bodega, costos de manipulación y conteo, deterioro, obsolescencia, robo, daño, seguros e impuestos. Estos autores plantean que estos costos se representan mediante la asignación de un porcentaje para el costo variable del producto.
- Ronald Ballou (2004)<sup>55</sup>: Costos de espacio, costo de capital, costos de servicio de inventario y, costos de riesgo de inventario.
- Jay Heizer y Barry Render (2008)<sup>56</sup>: Costos de edificio, costos de manutención de materiales, costos de inversión, costos de mano de obra, hurtos, desechos y obsolescencia.
- Eimyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello (2009)<sup>57</sup>: Costo de materiales de envase y embalaje, costo por combustible de equipos de manipulación utilizados en recepción, despacho y almacenamiento, costo de energía gastada en el almacén, salarios del personal que trabaja en el almacén, seguridad social, amortización de los edificios y redes para la recepción, almacenamiento y despacho, costo por mermas, pérdidas, deterioros y obsolescencia, valor por

---

<sup>53</sup> PIASECKI, Op cit, p. 30-39.

<sup>54</sup> SILVER; PYKE y PETERSON, Op. cit, p. 83-93.

<sup>55</sup> BALLOU, Op. cit, p. 326-424.

<sup>56</sup> HEIZER y RENDER, Op. cit, p. 62-65.

<sup>57</sup> RIZO; PABLOS y BELLO, Op. cit, p. 3-10.

pago de seguros, impuestos, comunicaciones y alquiler de instalaciones y equipos durante el almacenamiento y el costo de oportunidad.

- Frederick Hiller y Gerald Lieberman (2010)<sup>58</sup>: Costo de capital invertido, espacios, seguros y protección e impuestos propios del almacenamiento, costo de recuperación.
- Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusanatham (2011)<sup>59</sup> carga el costo como un porcentaje del valor por unidad en tiempo y se encuentra entre el 15% y el 30% por año.
- Caridad Gonzalez, Rosario Garza e Ismelys Trujillo (2013)<sup>60</sup>: Tasa e interés, costo por pérdida, costo por inventario promedio y gastos generales del almacén.
- Juan Izar y Carme Ynuzunza (2015)<sup>61</sup>: Costo de espacios, obsolescencia, deterioro, pérdidas, mermas, refrigeración, iluminación, calefacción, protección contra el sol y la humedad, seguros y costo de oportunidad. Adicionalmente plantea que el valor esta entre el 15% y 45% del costo de la mercancía en inventario.

Con base en la anterior información se propone que los elementos a incluir dentro del cálculo del costo de almacenar son:

$$C_h = \text{Costo de capital} + \text{Costo de oportunidad} + \text{Deterioro} + \text{Seguros} + \\ \text{Impuestos} + \text{Obsolescencia} + \text{Robos} + \text{Bodega} + \text{Servicios} + \text{Personal} + \\ \text{Manipulación y conteo} + \text{Sistemas de información y equipos}$$

---

<sup>58</sup> HIELLER y LIEBERMAN, Op. cit, p. 772-843

<sup>59</sup> SCHROEDER; GOLDSTEIN y RUNGTUSANTHAM, Op. cit, p. 372-431

<sup>60</sup> GONZÁLEZ; GARZA y TRUJILLO, Op. cit, p. 280-292

<sup>61</sup> IZAR y YNZUNZA, Op. cit, p. 109-132

Para el cálculo de los costos de estos elementos se propone:

- **Costo de capital  $Ph_1$ :** Este costo es uno de los más importantes para los autores en la literatura, sin embargo los autores no han establecido una forma para calcularlo.

Dave Piasecki (2001)<sup>62</sup> plantea que el costo de capital dependerá del panorama de crédito de la empresa, para ello plantea tres escenarios, a los cuales asigna una tasa de interés como el costo de capital:

Caso 1: Se pide un crédito para adquirir inventario.

$$\text{Costo de capital}_{\text{caso 1}} = \text{Tasa de interes del credito}$$

Caso 2: Se tienen préstamos de otros bienes de capital.

$$\text{Costo de capital}_{\text{caso 2}} = \text{Tasa de interes de los prestamos}$$

Caso 3: La empresa se encuentra libre de deudas.

$$\text{Costo de capital}_{\text{caso 3}} = \text{Tasa de oportunidad}$$

Otros autores como Ronald Ballou (2004) establecen que este costo se calcula mediante la tasa de superación, la cual representa el rendimiento de las inversiones más lucrativas de la empresa; Eimiyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello (2009) proponen la tasa de interés de los bancos por la solicitud de crédito; Frederick Hiller y Gerald Lieberman (2010) plantean la tasa de retorno de los bonos gubernamentales y finalmente Jay Heizer y Barry Render (2008)

---

<sup>62</sup> PIASECKI, Op cit, p. 30-39

establecen un rango entre 6% y 24% sobre el valor de la mercancía para calcular este costo.

Para la presente metodología se toma el concepto financiero propuesto por el autor Oscar León García (1999), costo de capital es el costo que a la empresa le implica poseer activos. Para el cálculo de este costo, el autor menciona que en la mayoría de los casos este costo se asocia al costo financiero de los préstamos bancarios, así mismo explica el error que se comete cuando se utiliza este método, ya que esto implicaría que todos los activos de la empresa se estarían financiando con deuda bancaria y que adicionalmente el dinero de los propietarios tendría el mismo costo de la deuda.

Partiendo de este concepto y el planteamiento de los autores de la revisión de literatura, se resalta la importancia de identificar la forma como se ha financiado la inversión en inventarios, es decir, identificar el aporte de capital por cada fuente (proveedores, préstamos bancarios y patrimonio) que utiliza la empresa para financiar los inventarios; Posteriormente identificar el costo efectivo anual de cada una de las fuentes: Proveedores: intereses y/o descuentos, Préstamos bancarios: Intereses y Patrimonio: TMRR

El costo efectivo anual de los proveedores puede ser la tasa de interés de la deuda o el descuento que se pierde por no comprar de contado. Por ejemplo, la empresa desea adquirir \$150.000 en inventarios y realiza una negociación donde el proveedor accede a un plazo de 30 días para el pago, esto daría la impresión de no estar causando ningún costo, pero el proveedor podría conceder un descuento del 3% por pago de contado. Esta tasa de descuento sería el interés anticipado en el que se incurriría. Para calcular el costo efectivo anual de la tasa, se debería cambiar la tasa de descuento a interés vencido y posteriormente transformar en tasa efectiva anual.

Tasa de descuento es  $i_a = 3\%$  (Interes anticipado)

$$\text{Interes nominal mensual vencido } i_v = \frac{i_a}{1 - i_a} = \frac{3\%}{1 - 3\%} = 3,09\%$$

$$\text{Interes efectivo anual } i_{ea} = (1 + i_v)^m - 1 = (1 + 3,09\%)^{12} - 1 = 44,12\%$$

Teniendo claro el costo financiero de cada una de las fuentes, se realiza el promedio ponderado para obtener el costo de capital  $Ph_1$ .

Por ejemplo, en el caso en que se realice una inversión de \$ 1.000.000 en inventario, de los cuales 150.000 fueron financiados con proveedores con una tasa del 44,12% efectiva anual, préstamo bancario de 500.000 con un costo efectivo anual del 38% y los dueños de la empresa aportaron 350.000 con una tasa mínima requerida de retorno (TMRR) de 48% anual, se obtiene el siguiente costo de capital  $Ph_1$ .

**Tabla 11. Ejemplo Calculo Costo de Capital**

FUENTE	INVERSIÓN	% DE PARTICIPACIÓN	COSTO ANUAL NOMINAL	PONDERACIÓN
Proveedores	\$ 150.000	15%	44,12%	6.61%
Préstamos bancarios	\$ 500.000	50%	38%	19%
Patrimonio	\$ 350.000	35%	48%	16,8%
<b>TOTAL</b>	\$1.000.000	<b>COSTO DE CAPITAL</b>	<b><math>Ph_1</math></b>	<b>42,41%</b>

Para este caso se obtiene que el costo de capital tiene una tasa de 42,41% anual, que corresponde el costo en el que incurre la empresa por tener un peso invertido en inventarios.

Para los elementos de deterioro, pérdida, daño y obsolescencia, se encuentra en la literatura que los autores no realizan una división para cada caso, por el contrario los agrupan como un solo costo que debe cargarse. El único autor que realiza una breve descripción de como calcular este valor es Ronald Ballou (2004), quien plantea que el valor por estos elementos es igual al valor del producto, costo de volver a manufacturar el producto o costo por suministro desde una ubicación secundaria. Por otro lado los autores Jay Heizer y Barry Render (2008) establecen un rango entre 2% y 5% del valor del producto para calcular este costo.

Teniendo en cuenta lo anterior y debido a la diferente naturaleza de causación que presentan el deterioro, pérdida y obsolescencia de un producto, en la presente metodología se realiza una separación de cada uno de estos elementos, proponiendo una forma de cálculo por elemento. Estos cálculos se establecen para una sola referencia de producto.

- **Deterioro o daño:** Se propone para la presente metodología que el cálculo del deterioro se realice a partir de los datos consignados en los informes anuales. Tomando los datos históricos de la cantidad de unidades manejadas en inventario en el año (todas aquellas que estuvieron en la bodega durante algún periodo de tiempo) y, la cantidad de unidades de inventario que se dieron de baja en el año, a causa de algún daño o desgaste.

Se plantea la siguiente ecuación:

$$Ph_2 = \frac{\textit{Unidades dadas de baja en el año}}{\textit{Unidades manejadas en el año}}$$

$Ph_2$ : Es el porcentaje del valor del producto que se asignará como costo a causa del deterioro.

Nota: La información de cantidad de unidades se puede obtener del año inmediatamente anterior, mediante un promedio de datos históricos, o analizando la tendencia de los datos.

- **Obsolescencia:** Debido a que no existe un planteamiento claro respecto al cálculo del costo que se genera por este elemento. Para la presente propuesta metodológica se parte de que este elemento se encuentra en función del tipo de producto que se tiene almacenado, y se define como la probabilidad que tiene un producto o referencia de que se haga obsoleto en la bodega durante el año.

Por lo cual, para el cálculo de este costo se debe realizar la siguiente pregunta: ¿Que probabilidad existe de que el producto se haga obsoleto en el próximo año? La respuesta que se obtenga, será la tasa que se utilizará como el costo cargado por obsolescencia.

$$Ph_3 = P(x)$$

Donde  $P(x)$  es la probabilidad de que el producto o referencia  $x$  se haga obsoleto en un año.

Para calcular esta probabilidad se deberá partir de la experiencia, así mismo se puede realizar un análisis del comportamiento de productos similares. En el caso de productos perecederos, dentro del modelo del costo total  $Ct$  se debe incluir una restricción donde el tiempo de ciclo debe ser menor al tiempo que tarda en vencer el producto.

- **Robos, pérdidas o mermas:** Ya que no existe información en la literatura sobre el método para calcular este costo, Se propone que el cálculo del costo por robo, pérdida o merma se realice a partir de los datos consignados en los

informes anuales, tomando los datos históricos de la cantidad de unidades manejadas en inventario en el año (todas aquellas que estuvieron en la bodega durante algún periodo de tiempo) y, la cantidad de unidades de inventario que se perdieron en el año.

Se plantea la siguiente ecuación:

$$Ph_4 = \frac{\text{Unidades perdidas en el año}}{\text{Unidades manejadas en el año}}$$

$Ph_4$ : Es el porcentaje del valor del producto que se asignará como costo a causa de robos, pérdida o merma.

Nota 1: La información de cantidad de unidades se puede obtener del año inmediatamente anterior, mediante un promedio de datos históricos, o analizando la tendencia de los datos.

- **Seguros:** En la presente propuesta se toma el concepto de los autores Anna Azzi *et al* (2014), donde se considera que el costo por seguros será la tasa anual que se paga por el seguro de la mercancía.

$$Ph_5 = \%Tasa\ anual$$

- **Impuestos:** A partir del hallazgo de la falta de información sobre este elemento en la literatura. Se plantea para esta propuesta que el costo de los impuestos, hace referencia a la tasa impositiva que se genera por tener mercancía en la bodega.

En Colombia, el inventario es una cuenta del activo que se presenta en el balance general, este valor no forma parte de la base para pagar impuesto de

renta, impuesto de industria y comercio y cree. El único momento en el que entraría a formar parte para pagar un impuesto es cuando la empresa pague impuesto al patrimonio y a la utilidad. Esta tasa impositiva no se encuentra establecida dentro del estatuto tributario, sino que, es el congreso de Colombia quien determina mediante un decreto la aplicación de este impuesto. Por lo cual, es posible que en algunos años no se cause ningún impuesto al respecto.

Para el presente año 2015, el congreso de Colombia en la ley 1739 de 23 de diciembre de 2014<sup>63</sup> crea un impuesto extraordinario llamado impuesto a la riqueza, donde se establece que a partir del primero de enero de 2015 se genera este impuesto por la posesión de patrimonio bruto igual o superior de mil millones de pesos (\$1.000.000.000). La tarifa marginal dependerá del rango en el que se encuentre el valor del patrimonio.

Teniendo en cuenta lo anterior se propone que para el año 2015, el costo por impuestos está dado por:

$$Ph_6 = T_m * \frac{\text{Valor de inventario}}{\text{Valor del Patrimonio bruto}}$$

Donde  $T_m$  es la tarifa marginal anual de la ley 1739 del 23 de diciembre de 2014.

- **Costo de oportunidad:** De la revisión de literatura algunos autores como Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson (2003), mencionan este costo como un elemento del costo de almacenar, sin embargo no explican o definen este elemento.

---

<sup>63</sup> CONGRESO DE COLOMBIA. Ley No. 1739 “Por medio de la cual se modifica el estatuto tributario, la ley 1607 de 2012, se crean mecanismos de lucha contra la evasión, y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, DC.: 2014. 43 p.

Para esta metodología el costo de oportunidad se entiende como el dinero que se deja de ganar por invertir en inventario en lugar de utilizar este dinero en otro negocio. Para su cálculo, las empresas deben definir la tasa del costo de oportunidad  $A$  de este dinero. Esta tasa se puede calcular al realizar la resta entre la tasa de rendimiento anual del negocio en el que se deja de invertir (Este valor puede relacionarse con la TMRR) y, la tasa de rendimiento anual del producto en inventario.

$$Ph_7 = A$$

Donde  $Ph_7$  es la tasa del costo de oportunidad

- **Bodega:** Sobre el cálculo del costo de este elementos se encuentra en la literatura el aporte de dos autores: Dave Piasecki (2001) quien establece que el valor será igual al costo del área de almacenamiento y, el autor Ronald Ballou (2004) quien define que el valor dependerá si la bodega es propia o rentada, en el primer caso el costo asociado será el valor correspondiente a los servicios y en el segundo caso será el valor de la renta.

Por último los autores Jay Heizer y Barry Render (2008) no definen el costo de la bodega, sino que establecen un rango entre el 4% y 13,5% del valor total del inventario, para asignar como costo de este elemento.

Para la presente propuesta se toma el punto de vista de los autores Dave Piasecki (2001) y Ronald Ballou (2004), definiéndose este elemento como el costo en el que se incurre por arrendar un espacio o por tener uno propio. Para su cálculo se deben sumar los siguientes costos: Costo del arrendamiento anual, costo de oportunidad y costo por impuesto predial, mantenimiento de la bodega, seguros del edificio.

Para su cálculo se propone la siguiente expresión:

$$Bh_1 = C_{arriendo} + C_{oportunidad} + C_{impuesto\ predial} + C_{mantenimiento} + C_{seg\ edif}$$

Donde  $Bh_1$  es el costo anual de la bodega.

- **Servicios:** De la revisión de literatura no se encuentra ningún aporte por parte de los autores orientado al cálculo de este costo, por lo cual se propone que este elemento corresponde a la fracción del costo total anual de los servicios en que la empresa incurre por la operación de la bodega.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Bh_2 = Ct_{servicios} * Tasa_{Bodega}$$

Donde,

$Bh_2$ : Costo anual de servicios en la bodega.

$Ct_{servicios}$ : Costo anual de servicios de la empresa.

$Tasa_{Bodega}$ : Tasa de prorrateo para la bodega.

- **Personal:** Luego de la revisión de literatura se encuentra que los únicos autores que tratan el cálculo del costo del personal son Jay Heizer y Barry Render (2008), quienes establecieron un rango entre el 3% y 5% del valor del inventario como costo de este elemento.

Adicionalmente el autor Dave Piasecki, incluye un costo por el tiempo que se emplea contando físicamente el inventario. Este costo se incluirá dentro de este elemento de personal como el costo por manipulación y conteo del inventario físico.

Partiendo de esta base y buscando la mejor manera de identificar el costo por personal, se define que para la presente metodología el costo por este elemento será, el costo del recurso humano que se encuentra en la bodega y cuyo fin es la gestión del almacenamiento de inventario. Incluye salario base, prestaciones (cesantías, intereses a las cesantías, primas y vacaciones), parafiscales (Caja de compensación, ICBF y Sena), seguridad social (Pensión, Salud y riesgo profesional) y auxilio de transporte.

Para calcular este costo de este recurso se plantean las siguientes ecuaciones:

$$Bh_3 = S + P + PR + SS + AT$$

Donde,

$Bh_3$ : Costo anual por personal en la bodega.

$S$ : Salario anual del personal en la bodega.

$P$ : Prestaciones anuales del personal en la bodega.

$PR$ : Parafiscales anuales del personal en la bodega.

$SS$ : Seguridad social anual del personal en la bodega.

$AT$ : Auxilio de transporte anual del personal en la bodega.

- **Sistema de información:** A pesar de ser uno de los componentes que los autores mencionan en la literatura como elementos del costo de almacenar, no existe una definición acerca de este valor, por lo cual, en esta metodología se toma que el costo de este elemento corresponde a la fracción del costo total anual por la amortización de los sistemas de información en que la empresa incurre por la operación de la bodega.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Bh_4 = C_{sist}$$

Donde,

$Bh_4$ : Costo anual por los sistemas de información en la bodega.

$C_{sist}$ : Costo anual por amortización de los sistemas de información de la bodega.

- **Equipos:** A pesar de ser uno de los componentes que los autores mencionan en la literatura como elementos del costo de almacenar, no existe una definición acerca de este valor, por lo cual, en esta metodología se toma que el costo de este elemento corresponde a la fracción de la depreciación de los equipos en que la empresa incurre por la operación de la bodega.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Bh_5 = C_{dep\ equipos}$$

Donde,

$Bh_5$ : Costo anual por los equipos en la bodega.

$C_{equipos}$ : Costo anual por depreciación de los equipos de la bodega.

### **Calculo del costo de almacenar:**

A partir de los elementos del costo de almacenar previamente descritos se plantea una expresión matemática para el cálculo de este costo. Sin embargo es importante tener en cuenta el tipo de almacenamiento que se utilice en la empresa es decir, almacenamiento dedicado y almacenamiento aleatorio. Esta segmentación no se presenta en la literatura, sin embargo, teniendo en cuenta los elementos seleccionados como componentes de este costo, el tipo de almacenamiento que se utilice influirá en valor de este costo.

- Para el almacenamiento aleatorio se plantea la siguiente expresión:

$$C_h = C_{adq} \sum_{w=1}^7 Ph_w + \alpha Vol \sum_{u=1}^5 Bh_u * \frac{1}{Vol_{bod}} + \beta Wg \sum_{u=1}^5 Bh_u * \frac{1}{Wg_{bod}}$$

Con  $\alpha + \beta = 1$

Dónde:

$C_h$ : Costo de almacenar una unidad de producto durante un año.

$C_{adq}$ : Costo de adquisición de una unidad de producto.

$Ph_1$ : Porcentaje del valor del producto que se asigna como costo a causa del costo de capital.

$Ph_2$ : Porcentaje del valor del producto que se asigna como costo a causa del deterioro.

$Ph_3$ : Probabilidad de que el producto o referencia se haga obsoleto en un año.

$Ph_4$ : Es el porcentaje del valor de producto que se asigna a causa de robos o pérdidas.

$Ph_5$ : Tasa anual que se paga por seguro de la mercancía.

$Ph_6$ : Tasa impositiva anual por producto en inventario.

$Ph_7$ : Tasa de oportunidad.

$Vol$ : Volumen que ocupa el producto en la bodega.

$Vol_{bod}$ : Capacidad en volumen que tiene la bodega.

$Wg$ : Peso del producto.

$Wg_{bod}$ : Capacidad en peso que tiene la bodega.

$Bh_1$ : Costo anual de la bodega.

$Bh_2$ : Costo anual de servicios en la bodega.

$Bh_3$ : Costo anual por personal en la bodega.

$Bh_4$ : Costo anual por los sistemas de información.

$Bh_5$ : Costo anual por los equipos de bodega.

$\alpha, \beta$ : Son factores de ponderación para los términos de volumen y peso de la ecuación, que se encuentran en un rango entre [0,1].

Nota: Para el caso en el que la capacidad de la bodega no dependa del volumen su factor de ponderación  $\alpha$  tendrá el valor de cero, Con el objeto de que el segundo término de la ecuación del costo de almacenar tome el valor de cero. En el caso en el que la capacidad de la bodega no dependa del peso su factor de ponderación  $\beta$  tendrá el valor de cero, Con el objeto de que el segundo término de la ecuación del costo de almacenar tome el valor de cero.

- Para el almacenamiento dedicado, se parte de la ecuación planteada para el almacenamiento aleatorio, sin embargo se excluyen aquellos elementos que se encuentran relacionados con la cantidad de unidades, espacio o peso que se mantiene en inventario, ya que estos elementos se convierten en costos fijos que dejan de afectar el cálculo para el óptimo de modelo de inventarios.

Con base en lo anterior se propone la siguiente expresión:

$$C_h = C_{adq} \sum_{w=1}^7 Ph_w$$

Dónde:

$C_h$ : Costo de almacenar una unidad de producto durante un año.

$C_{adq}$ : Costo de adquisición de una unidad de producto.

$Ph_1$ : Porcentaje del valor del producto que se asigna como costo a causa del costo de capital.

$Ph_2$ : Porcentaje del valor del producto que se asigna como costo a causa del deterioro.

$Ph_3$ : Probabilidad de que el producto o referencia se haga obsoleto en un año.

$Ph_4$ : Es el porcentaje del valor de producto que se asigna a causa de robos o pérdidas.

$Ph_5$ : Tasa anual que se paga por seguro de la mercancía.

$Ph_6$ : Tasa impositiva anual por producto en inventario.

$Ph_7$ : Tasa de oportunidad.

#### **PASO 4: Costo de faltantes $C_f$**

Son aquellos en los que incurre la empresa cuando un artículo no está disponible en el momento en el que el cliente lo solicita<sup>64</sup>. Se expresa en \$/unid-tiempo

Para el cálculo de este costo, en la presente metodología se toma los contextos que plantean los autores Ronald Ballou (2004), Frederick Hiller y Gerald Lieberman (2010) y, Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusanatham (2011):

##### CONTEXTO 1: PÉRDIDA DE VENTA

Esta situación ocurre cuando no se cumple con la demanda y el cliente no está dispuesto a esperar a que se reabastezca el inventario, por tanto se pierde la venta, es decir, cuando el cliente demanda cierta cantidad de unidades y estas no se tienen en inventario, por lo cual no se puede realizar la venta y el cliente decide irse a la competencia a comprar estos productos.

Partiendo de este concepto, para este caso la política de inventarios debería establecerse sin faltantes, por lo cual dentro del modelo no existiría un costo por faltantes  $C_f$ . Sin embargo en los casos en el que la demanda tenga un comportamiento estocástico, existe la probabilidad de que se generen faltantes, por lo cual dentro del modelo se contempla un costo por este elemento.

---

<sup>64</sup> SILVER; PYKE y PETERSON, Op. cit, p. 83-93.

En la literatura los autores Ronald Ballou (2004), Frederick Hiller y Gerald Lieberman (2010), Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusanatham (2011), Juan Izar y Carmen Ynzunza (2015) plantean como elemento principal del costo el beneficio que se habría obtenido de la venta, costo de efecto negativo en ventas futuras, costo por pérdida de imagen ante el cliente, costo por efecto de publicidad voz a voz.

En la presente metodología y para los casos anteriormente mencionados, se toma la ecuación propuesta por los autores Juan Izar y Carmen Ynzunza (2015)<sup>65</sup>:

$$C_f = (1 + \alpha)(P_v - C_{adq})$$

Donde  $P_v$  es el precio de venta del producto,  $C_{adq}$  es el costo de adquisición del producto y  $\alpha$  es el factor del efecto boca a boca.

En esta propuesta la definición del efecto boca a boca  $\alpha$ , se realiza a partir de la consolidación de los aportes de los autores en la literatura. Por lo cual, este factor es un número mayor que cero, que representa el efecto negativo por pérdida de ventas futuras, pérdida de imagen ante el cliente y efecto de publicidad negativa voz a voz.

En el caso de que se asuma un valor de cero para el factor del efecto boca a boca, el costo por faltantes será el valor de la utilidad perdida. Por otro lado cuando se presenta la situación de que un cliente no vuelva, el valor de  $\alpha$  será tan grande que el costo por faltantes será infinito.

---

<sup>65</sup> IZAR y YNZUNZA, Op. cit, p. 109-132

## CONTEXTO 2: PEDIDO PENDIENTE

Este caso se presenta cuando los clientes deciden esperar por el producto hasta que se reabastece el inventario. Es decir, cuando el cliente demanda cierta cantidad de unidades y, no se tiene unidades en inventario para suplir la demanda, por lo cual se comunica al cliente que el pedido será expedido cuando se reabastezca el inventario. Para este caso en la literatura los autores han planteado los distintos elementos que deberían tenerse en cuenta como costos asociados:

- Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson (2003) incluyen sobrecostos de producción al expedir un pedido, costo por penalizaciones impuestas por el cliente, costos adicionales de transporte. Adicionalmente plantean que este costo se debe dar en función del costo por unidad agotada.
- Ronald Ballou (2004) plantea costos por personal adicional, costos adicionales de transportación y manejo y, un costo intangible por pérdida de ventas futuras.
- Frederick Hiller y Gerald Lieberman (2010) incluyen costo por pérdida de imagen ante el cliente, costo del ingreso retrasado, costo por trabajo administrativo adicional y costo asociado al retraso en la terminación del proceso de producción.
- Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusanatham (2011) tienen en cuenta costos asociados por pérdida de negocios futuros con cada orden pendiente.

De lo anterior se puede concluir que los elementos del costo como: costo intangible por pérdida de ventas y negocios futuros, que mencionan los autores son altamente subjetivos. Vale aclarar que ninguno de los costos de estos elementos han sido planteados o expresados por parte de los autores en la literatura.

Adicionalmente en la literatura se encuentra que para este escenario los autores plantean dos casos: Empresa manufacturera y Empresa comercializadora.

### CASO 1: EMPRESA MANUFACTURA

Para este caso los autores presentan los siguientes elementos en la literatura: Costos adicionales de transporte, costo asociado al retraso en el proceso de producción, costo de ingreso retrasado, costo por pérdida de imagen ante el cliente, costo por perdida de ventas futuras, costos extras por manipulación y conteo, costos por personal adicional, sobrecostos de producción al expeditar un pedido, utilidad perdida y penalizaciones impuestas por el cliente.

### CASO 2: EMPRESA COMERCIALIZADORA

Para este caso se encuentran los siguientes elementos propuestos por los autores en la literatura: Costos adicionales de transporte, utilidad perdida, costos por personal adicional, costos extras por manipulación y conteo, costo por perdida de ventas futuras, costo por pérdida de imagen ante el cliente, costo de ingreso retrasado y penalizaciones impuestas por el cliente.

Teniendo en cuenta lo anterior para la presente propuesta metodológica en el escenario 2: Pedido pendiente, se hace una división del costo de faltantes  $C_f$  para empresas manufactureras y empresas comercializadoras.

Para ambos casos se excluyen algunos de los elementos propuestos por los autores, puesto que, se parte del supuesto que antes de realizar la política de inventarios, la empresa considera que se presentará una cantidad de faltantes, es decir son programados y, por lo tanto no se causarían costos extras por reprogramación de su producción y/o órdenes de pedido. Adicionalmente se

excluye el costo por la pérdida de la utilidad de la venta, puesto que el cliente está dispuesto a esperar a que se le realice la entrega del pedido.

### CASO 1: EMPRESA MANUFACTURA

Costos adicionales de transporte, Costo de ingreso retrasado, Costo por pérdida de imagen ante el cliente, Costo por pérdida de ventas futuras, y Penalizaciones impuestas por el cliente en función del tiempo que espera por la mercancía.

### CASO 2: EMPRESA COMERCIALIZADORA

Costos adicionales de transporte, Costo por pérdida de ventas futuras, Costo por pérdida de imagen ante el cliente, Costo de ingreso retrasado y Penalizaciones impuestas por el cliente.

De lo anterior se puede observar que para ambos casos los componentes del costo de faltantes son iguales, por lo cual el tratamiento para la estimación del costo será el mismo. Por otra parte, realizando un análisis de estos elementos se puede observar que algunos de estos se encuentran en función del tiempo y otros no. Por esta razón se realiza la siguiente división:

- Elementos en función del tiempo  $C_f'$  : Son aquellos componentes cuyo costo se puede expresar por unidad de tiempo que falta. Estos son: Costo de ingreso retrasado y Penalizaciones impuestas por el cliente.

El costo de estos elementos se calcula  $C_f' = T_1 + T_2$

Donde  $C_f'$  es el costo por unidad de tiempo que falta,  $T_1$  es el costo de ingreso retrasado y  $T_2$  es el costo por penalizaciones impuestas por el cliente.

**Costo de ingreso retrasado  $T_1$ :** Es el costo que se genera debido al retraso del ingreso del dinero de la venta de un artículo, se encuentra asociado con el costo de oportunidad de este dinero. Para su cálculo, las empresas deben definir la tasa del costo de oportunidad  $R$  de este dinero, y multiplicarlo por el precio de venta del producto  $Pv$ .

$$T_1 = Pv * R$$

**Penalizaciones impuestas por el cliente  $T_2$ :** Corresponde al valor que el cliente exige de descuento sobre el precio de venta del artículo, por la espera del pedido.

Se plantea la siguiente expresión para el cálculo:

$$T_2 = Pv * P$$

Donde  $T_2$  es el costo por penalizaciones impuestas por el cliente para una unidad de producto por unidad de tiempo,  $Pv$  es el precio de venta del artículo y,  $P$  es el porcentaje que asigna el cliente por esperar la entrega del artículo para esa unidad de tiempo.

- Elementos que no se encuentran en función del tiempo  $C_f''$ : Son aquellos costos que se causan por no tener productos en inventario, pero que no dependen del tiempo que se demoren las empresas en suplir el pedido faltante. Para este caso se encuentran: Costos adicionales de transporte, Costo por pérdida de ventas futuras, Costo por pérdida de imagen ante el cliente.

El costo por los elementos que no se encuentran en función del tiempo es:

$$C_f'' = u_1 + u_2$$

**Costos adicionales de transporte  $u_1$ :** Son aquellos costos que se causan debido a la necesidad de realizar una entrega prioritaria al cliente que se encuentra esperando el pedido faltante, su valor será el costo del transporte por unidad de faltante.

**Costo del efecto boca a boca  $u_2$ :** Es el costo de faltantes que se asigna por el efecto de pérdida de ventas futuras y pérdida de imagen ante el cliente. Adicionalmente en esta propuesta se incluye un costo por el efecto de publicidad negativa voz a voz. Su cálculo es similar al descrito en el costo de faltantes para el caso en el que el cliente no acepta faltantes, la diferencia radica en que no se tiene en cuenta el costo por la utilidad perdida.

$$u_2 = \alpha(P_v - C_{adq})$$

Donde  $P_v$  es el precio de venta del producto,  $C_{adq}$  es el costo de adquisición del producto y  $\alpha$  es el factor del efecto boca a boca, un número mayor que cero, que representa el efecto negativo por pérdida de ventas futuras, pérdida de imagen ante el cliente y efecto de publicidad negativa voz a voz.

Nota: En el modelo del costo de inventario, el costo por faltantes se expresa en pesos por unidad de faltantes por unidad de tiempo que faltan. Debido a que en la presente metodología se plantean dos costos de faltantes  $C_f'$  y  $C_f''$ , y este último término no está en función del tiempo que falta una unidad, se hace necesario realizar una variación al modelo del costo total de inventarios, donde se tengan en cuenta estos dos términos.

Modelo del costo total por ciclo<sup>66</sup>:

---

<sup>66</sup> HILLER y LIEBERMAN, Op. cit, p. 772-843.

$$T = C_{adq}Q + C_o + \frac{C_h S^2}{2D} + \frac{C_f(Q - S)^2}{2D}$$

Donde,

$C_{adq}$ , Costo de adquisición.

$Q$ , Cantidad de unidades a pedir.

$C_h$ , Costo de almacenar una unidad de producto.

$C_f$ , Costo de que una unidad de producto no se encuentre disponible.

$S$ , Nivel de inventario justo después de recibir un lote de  $Q$  unidades.

$D$ , Demanda del producto.

$C_o$ , Costo de realizar una orden de pedido.

$Q - S$ , Cantidad de unidades faltantes en inventario justo antes de recibir un lote de  $Q$  unidades.

Modelo propuesto del costo total por ciclo:

$$T = C_{adq}Q + C_o + \frac{C_h S^2}{2D} + \frac{C_f'(Q - S)^2}{2D} + C_f''(Q - S)$$

Donde,

$C_{adq}$ , Costo de adquisición.

$Q$ , Cantidad de unidades a pedir.

$C_h$ , Costo de almacenar una unidad de producto.

$C_f'$ , Costo de que una unidad de producto no se encuentre disponible durante un periodo de tiempo.

$C_f''$ , Costo de que una unidad de producto no se encuentre disponible.

$S$ , Nivel de inventario justo después de recibir un lote de  $Q$  unidades.

$D$ , Demanda del producto.

$C_o$ , Costo de realizar una orden de pedido.

$Q - S$ , Cantidad de unidades faltantes en inventario justo antes de recibir un lote de  $Q$  unidades.

A partir del modelo propuesto se pueden calcular los valores óptimos de  $Q$  y  $S$ .

## 6. CONCLUSIONES

- Es fundamental tener una adecuada gestión de inventarios en las organizaciones, debido al impacto que tiene tanto a nivel de servicio al cliente como a nivel económico, pues una política de inventario óptima representa un ahorro de dinero para la organización. Por otra parte brinda a las empresas la posibilidad de identificar oportunidades de mejora, que se pueden reflejar en ahorros o disminuciones de costos innecesarios.
- A partir de los resultados obtenidos de la revisión de literatura, se observa que la gestión de inventarios ha sido ampliamente abordada durante los últimos quince años por diversos autores, sin embargo los estudios de investigación se han centrado en los modelos de inventario y han dejado a un lado los parámetros de costo de estos modelos. Algunos autores enfatizan dentro de sus estudios la importancia de calcular con precisión el valor de estos costos, sin embargo, son pocos los esfuerzos que se han realizado en este tipo de investigaciones, comparados con los empleados para los modelos de gestión de inventarios.
- Los autores que han tratado el tema de los costos asociados a los modelos de gestión de inventarios han postulado diversas teorías y metodologías, sin embargo no se ha llegado a un acuerdo respecto al tema. Durante la revisión de literatura se evidenciaron discrepancias entre los diferentes autores, desde los elementos que componen cada costo y la forma en la que debe calcularse el valor de estos. Por otro lado se hace el hallazgo de que la mayoría de los autores que abordan el tema no realizan una descripción detallada de los elementos de los costos, sino que se limitan a la elaboración de un listado de estos.

- La metodología propuesta tiene como fin disminuir la subjetividad por parte del tomador de decisiones para el cálculo de los parámetros de costo, sin embargo, eliminar la subjetividad completamente no es posible, debido a que no existe un método exacto para el cálculo de los costos, puesto que este depende de las condiciones específicas del entorno de la organización. Por lo cual, algunos de aspectos de la metodología quedan a cargo del tomador de decisiones y su criterio de relevancia.
- La estimación correcta de los costos requiere que la persona encargada de su cálculo conozca de manera profunda y detallada el proceso de gestión de inventario dentro de la organización, las áreas encargadas, los departamentos involucrados, el personal y procedimiento utilizado. Así mismo es de vital importancia que tenga acceso a toda la información necesaria para el cálculo adecuado, es decir, información financiera.
- De la revisión de literatura se observa que en el costo de adquisición los autores sugieren elementos cuyo costo es un valor fijo, lo que contradice el concepto de este costo en los modelos de inventario, ya que sus unidades sugieren que este costo debe estar en función de la cantidad de unidades que se ordenen.
- En el caso del costo de ordenar se utilizó el sistema de costos ABC para realizar el cálculo de forma más precisa, ya que el valor de este parámetro depende de las actividades que realice la empresa al hacer una orden de pedido. Dentro de la metodología se plantean unos inductores de costo que pueden ser modificados según las necesidades de cada empresa, de manera que simplifique el proceso de asignación de costos a los centros de actividades.

- En el costo de almacenar se identificaron dos fuentes de costos, aquellos que se encontraba en función del costo de adquisición, es decir, los que se expresan como un porcentaje del valor del artículo y, los costos que se relacionan directamente con la bodega y el tipo de almacenamiento utilizado.
  
- En el caso particular del costo de faltantes existe un gran vacío en la literatura, los autores coinciden en los elementos que lo componen son intangibles, por lo cual pocos formulan un proceso matemático para calcular este efecto. Con base en lo encontrado en la literatura acerca de los elementos que componen al costo de faltantes se vio la necesidad de dividir este costo en dos partes, la primera que se encuentra en función de las unidades y el tiempo, y otra parte que solo está en función de la cantidad de unidades faltantes. Debido a esta última parte, es necesario realizar una modificación al modelo general de inventarios (ecuación del costo total), lo cual impacta directamente en las ecuaciones para calcular la cantidad óptima de pedido y nivel de inventario máximo.
  
- Plantear la metodología para la estimación de los costos asociados a los modelos de inventario crea la oportunidad de sistematizar el procedimiento para calcular estos costos, lo que facilita a los tomadores de decisiones el proceso para realizar la política de inventarios adecuadamente. Para reducir el tiempo que se requiere en la implementación de la metodología, esta se puede integrar a un sistema de información que permita automatizar el procedimiento, de manera que se puedan obtener los valores de estos costos en un menor rango de tiempo.

## 7. RECOMENDACIONES

- En el desarrollo del proyecto se evidencia escasas en la literatura del tema de gestión de inventario enfocada hacia el problema de investigación, es importante que futuras investigaciones consideren diferentes fuentes de información. Para lo cual se considera necesario realizar trabajo de campo, donde se indague en las organizaciones, las formas utilizadas para estimar estos costos y así poder contrastar y complementar la información de la literatura.
- A partir de la investigación realizada se evidencia que para complementar y mejorar la presente propuesta metodológica, es necesaria la implementación de la metodología en varias empresas de un mismo sector, esto contribuirá a la determinación de elementos subjetivos de la metodología como el factor del efecto boca a boca y la probabilidad de obsolescencia.
- De los costos asociados a los modelos de inventario que se analizan en esta investigación, se observa que el costo de faltantes presenta una gran oportunidad para el desarrollo de nuevos proyectos, ya que en la revisión de literatura se evidencia que pocos autores han abordado el tema, y aquellos que han tratado este costo sujetan el cálculo en gran medida a la subjetividad del tomador de decisiones, sin embargo este elemento de costo se podría calcular con mayor precisión si se realiza un estudio enfocado a este tema, a partir de información primaria (Entrevistas con empresarios, Casos de estudio).
- Debido a la complejidad de la metodología propuesta, se sugiere utilizar una herramienta de software para sistematizar la metodología, con el fin de facilitar a los tomadores de decisiones su implementación.

## BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, María. Triangulación metodológica: Sus principios alcances y limitaciones. En: Investigación y Educación en Enfermería. Marzo, 2000.vol. XVIII, no. 1, p. 13-26.

AZZI, Anna, et al. Inventory holding costs measurement: a multi-case study. En: The international journal of logistics management, 2014. vol. 25, no 1. p. 109-132.

BALLOU, Ronald. Decisiones sobre políticas de inventarios. En: Logística. Administración de la cadena de suministro. 5 ed. México: Pearson Educación, 2004. p. 326-424.

BERLING, Peter. Holding cost determination: An activity-based cost approach. En: International journal of production economics, 2008. no. 112, p. 829-840.

BERMÚDEZ, R. y RODRIGUEZ, M. Metodología de la enseñanza y el aprendizaje. Citado por: FERNÁNDEZ, Op. cit, p.119-126.

BOZORGI, Ali; PAZOUR, Jennifer y NAZZAL, Dima. A new inventory model for cold items that considers costs and emissions. En: International journal of production economics. Enero, 2014. vol. 155, p. 114-125.

CABRERO, Almenara y LLORENTE, Cejudo. La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información. Citado por ROBLES, Pilar y ROJAS, Manuela, La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en lingüística aplicada. En: Revista Nebrija, 2015. no. 18, p. 16.

CISTERNA, Francisco. Categorización y triangulación como proceso de validación del conocimiento en investigación cualitativa. En: *Theoria*, 2005. vol. 14, no. 1, p. 61-71.

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley No. 1739 “Por medio de la cual se modifica el estatuto tributario, la ley 1607 de 2012, se crean mecanismos de lucha contra la evasión, y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, DC.: 2014. 43 p.

ESPINOSA, Daisy y HERNÁNDEZ, Nury. Metodología para la planificación de la inversión en inventarios en la actividad hotelera. En: *Retos turísticos*, 2013. vol.12, no. 1, p. 23-35.

FERNÁNDEZ, Adalberto. Obtención de una metodología, como resultado científico, en investigaciones sobre dirección. En: *Saber, Ciencia y Libertad*. 2011. p. 119-126.

GARCÍA, Oscar. Nociones de costeo ABC. En: *Administración financiera-fundamentos y aplicaciones*. 3 ed. Cali: Prensa Moderna Impresores, 1999. p. 443–458.

GONZÁLEZ, Caridad; GARZA, Rosario y TRUJILLO, Ismelys. Determinación del tamaño del pedido en el almacén de un restaurante. En: *Ingeniería Industrial*. Septiembre, 2013. vol. 34, no. 3, p. 280-292.

HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Gestión de inventarios. En: *Dirección de la producción y de operaciones, Decisiones tácticas*. 8 ed. Madrid: Pearson Educación, S.A, 2008. p.62-65.

HILLER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald. Teoría de inventarios. En: Introducción a la investigación de operaciones. 9 ed. México: McGraw Hill, 2010. p. 772-843.

IZAR, Juan y YNZUNZA, Carmen. Estimación de las existencias de seguridad para artículos con tiempo de entrega aleatorio y demanda con distribución normal y uniforme. En: Revista investigación operacional, 2015. vol. 36, no. 1, p. 70-84.

LAMBÁN, María, *et al.* Modelo para el cálculo del costo de almacenamiento de un producto: Caso de estudio en un entorno logístico. En: Dyna. Mayo, 2013. vol. 80, no. 179, p. 23-32.

OMS. Guía de Recursos para la Triangulación del VIH: síntesis de los resultados de fuentes múltiples de datos para la evaluación y toma de decisiones. Organización mundial de la salud, 2009. 108 p.

PABÓN, Hernán. Costos indirectos de fabricación. En: Fundamentos de costos. 2 ed. Bucaramanga: Editorial universidad industrial de Santander, 2004. p. 173-212.

PIASECKI, Dave. Optimizing Economic Order Quantity. En: IIE Solutions. Enero, 2001. p. 30-39.

RIZO, Eimyn; PABLOS, Geovani y BELLO, Evelin. Costos de aprovisionamiento, un elemento de la cadena logística. En: Innovación tecnológica, 2009. vol. 15, no. 1, p. 3-10.

SCHROEDER, Roger; GOLDSTEIN, Susan y RUNGTUSANTHAM, M.Johnny. Inventario. En: Administración de operaciones conceptos y casos contemporáneos. 5 ed. México: McGraw – Hill, 2011. p. 372-431.

SILVER, Edward; PYKE, David y PETERSON, Rein. Sistemas de decisión y planificación de la producción, Citado por CASTRO, Carlos. Una estructura para la selección de modelos de gestión de inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística. En: Tecnura. II semestre, 2003. no. 13, p. 83-93.

SOTO, Blanca; QUIROS, Jaqueline y MESA, Gloria. Análisis comparativo del tratamiento contable y financiero de los inventarios entre NIC 2 plena, NIIF Pymes sección 13 y Decreto 2706 capítulo 8. En: Cuadernos de Contabilidad. 2013. vol. 14, no. Especial 2013, p. 903-941.

VIDAL, Carlos; LONDOÑO, Julio y CONTRERAS, Fernando. Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y n puntos de ventas. En: Ingeniería y competitividad. Septiembre, 2004. vol. 6, no. 1, p. 35-52.

## ANEXOS

### Anexo A. Panel de expertos

#### PANEL DE EXPERTOS

Ha sido seleccionado para participar en un panel de expertos que ha de analizar y valorar el resultado de una investigación sobre los costos asociados a los modelos de inventario con demanda independiente y órdenes repetitivas.

Esta investigación, desarrollada por los estudiantes María Fernanda Quiroga y Douglass Mauricio Silva, ha combinado un análisis de las teorías propuestas por diversos autores en la literatura con los conocimientos adquiridos durante los estudios de pregrado de Ingeniería Industrial y el aporte del director Carlos Eduardo Díaz Bohórquez. A partir de este trabajo se ha diseñado una metodología para la estimación de los costos asociados a los modelos de inventario, que es de interés contrastar con su experiencia en el tema con el fin de complementar los conceptos presentes en esta.

De acuerdo con su experiencia, responda las siguientes preguntas:

I. ¿Los elementos considerados en cada costo son apropiados? ¿Qué elementos añadiría? ¿Cuáles quitaría?
<i>Costo de Adquisición:</i>

*Costo de Ordenar:*

*Costo de Almacenar:*

*Costo de Faltantes:*

II. ¿El modo de cálculo (expresiones matemáticas y procedimientos) de cada costo es adecuado? Por favor indique sus observaciones.

*Costo de Adquisición:*

*Costo de Ordenar:*

*Costo de Almacenar:*

*Costo de Faltantes:*

Por favor, valore, según la escala adjunta de 1 a 5, cada una de las siguientes afirmaciones. Asimismo, si lo considera oportuno puede explicar su valoración o incluir comentarios al respecto en el campo reservado a observaciones. Le recomendamos leer primero todas las conclusiones y valorarlas, después, una a una.



RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN	VALORACIÓN
1. La metodología propuesta, permite guiar a los tomadores de decisiones en la estimación de los parámetros de costo asociados a la gestión de inventarios.	
Observaciones:	
2. El método propuesto para el cálculo de cada uno de los componentes de los costos, permite disminuir el grado de subjetividad en el momento de estimar los costos.	
Observaciones:	
3. La metodología presenta de forma clara los pasos a seguir para calcular los costos.	
Observaciones:	
4. El lenguaje utilizado permite el pleno entendimiento de la metodología.	
Observaciones:	

Muchas gracias por su colaboración.

**Anexo B. Metodología para estimar los costos asociados a los modelos de inventario con demanda independiente y órdenes repetitivas**

**METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LOS COSTOS ASOCIADOS A LOS MODELOS DE INVENTARIO CON DEMANDA INDEPENDIENTE Y ÓRDENES REPETITIVAS**  
**METHODOLOGY OF INVENTORY COST FOR MODELS WITH INDEPENDENT DEMAND-REPETITIVE ORDERS**

---

<b>AUTOR</b> CARLOS EDUARDO DÍAZ BOHÓRQUEZ Ingeniero Industrial. MSc. en Ingeniería Industrial. *Universidad Industrial de Santander Docente universitario e investigador Grupo de optimización de sistemas productivos, administrativos y logísticos-OPALO cediazbo@uis.edu.co COLOMBIA	<b>AUTOR</b> MARÍA FERNANDA QUIROGA VALENCIA Estudiante de Ingeniería Industrial *Universidad Industrial de Santander Investigador Grupo de optimización de sistemas productivos, administrativos y logísticos-OPALO  maria.quiroga1@correo.uis.edu.co COLOMBIA	<b>AUTOR</b> DOUGLASS MAURICIO SILVA ARIAS Estudiante de Ingeniería Industrial *Universidad Industrial de Santander Investigador Grupo de optimización de sistemas productivos, administrativos y logísticos-OPALO  douglass.silva@correo.uis.edu.co COLOMBIA
	<b>*INSTITUCIÓN</b> Universidad Industrial de Santander UIS Universidad Pública Ciudad Universitaria Calle 9 Carrera 27 vacadem@uis.edu.co COLOMBIA	

**INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN O DEL PROYECTO:** Este documento hace parte de uno de los productos del trabajo de grado de pregrado de los investigadores María Fernanda Quiroga Valencia y Douglass Mauricio Silva Arias, bajo la dirección del magister Carlos Eduardo Díaz Bohórquez. Trabajo de grado que busca exponer conocimiento acerca de los costos asociados de la gestión de inventarios. El trabajo se desarrolló bajo el grupo de optimización de sistemas productivos, administrativos y logísticos – OPALO, adscrito a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander. Se inició en el mes de Abril del 2015.

**RECEPCIÓN:** mes/día/año

**ACEPTACIÓN:** (mes/día/año)

**TEMÁTICA:** logística y producción

**TIPO DE ARTÍCULO:** Artículo de investigación científica y tecnológica

La gestión y control de inventario es un campo que requiere de técnicas y herramientas que permitan a las empresas mantener el nivel de servicio deseado sin arriesgar su rentabilidad e inversión de capital. Estas herramientas son los modelos matemáticos, que ayudan a la creación de políticas de inventario a través de unos parámetros de costos, el problema radica en que los tomadores de decisiones integran subjetividad a los modelos mediante la estimación de estos parámetros, poniendo en riesgo la validez de los datos que se obtienen. En este artículo se presenta una propuesta metodológica que busca establecer una guía clara para calcular los costos asociados a la gestión de los inventarios, este resultado se obtuvo de la realización de una revisión de literatura rigurosa sobre el tema y la aplicación del método de triangulación. Los resultados obtenidos son una caracterización de los costos de adquirir un producto, costo de ordenar, costo de mantener y costo de faltantes, junto con relaciones matemáticas que ayudan a la estimación de estos costos.

**PALABRAS CLAVES:** Gestión de inventarios, costos de inventarios, costo de almacenar, costo de faltantes, costo de ordenar, costo de adquirir un producto.

#### **ANALYTICAL SUMMARY.**

Management and inventory control is a field that requires techniques and tools that allow companies to get the desired level of service without compromising its profitability and capital investment. These tools are the mathematical models that help to create inventory policies through cost parameters, the problem is that the decision makers integrate subjectivity into the models through the estimating these parameters, putting at risk the validity of the obtained data. This article presents a methodological proposal which seeks to establish a clear guide to calculate the costs associated with inventory management, this result was obtained by conducting a thorough review of literature on the subject and application of triangulation method. The results are a characterization of the purchase costs of a product, ordering cost, holding cost and backorder cost along with mathematical equations that help to estimate these costs.

**KEYWORDS:** Inventory management, inventory costs, holding cost, backorder cost, fixed order cost, purchase cost.

#### **INTRODUCCIÓN**

Una política de inventarios adecuada representa un ahorro significativo de dinero para la organización, que puede ser utilizado para desarrollar estrategias y apoyar procesos en otras áreas de la empresa. Una técnica de administración que permite determinar la política óptima de inventarios son los modelos matemáticos desarrollados desde la academia, pero como es inherente a todo modelo, la validez de sus resultados va a depender de la calidad que tengan los parámetros con los que se alimente.

Se identifica la existencia de un inconveniente a la hora de calcular los parámetros de costos de los modelos, Carlos Vidal, Julio Londoño y Fernando Contreras [1] reconocen la dificultad de estimar los costos de mantener, costo de ordenar y costo de faltantes. Otros autores como Daisy Espinoza y Nury Hernández [2] evidencian que en la actualidad, el cálculo de estos costos se realiza de forma subjetiva ya que no existe una metodología que oriente de forma adecuada al encargado del departamento de producción y logística, lo que conduce a que sean estimados a partir de supuestos que afectan la precisión del valor, reflejándose en los resultados arrojados por el modelo, alejándolos de la solución real.

La metodología busca contribuir al conocimiento de la gestión de inventarios, ofreciendo una guía con una base teórica sólida, que permite calcular el valor de los costos asociados al inventario, minimizando la subjetividad de los encargados para realizar dicha actividad, permitiendo reducir la incertidumbre asociada a la falta de orientación a la hora de calcular los costos. De esta manera se logra acercar los insumos de los modelos a un valor más real, lo que permite obtener una política de gestión de inventarios más próxima al óptimo.

El conocimiento que quiere generar este artículo es la identificación de cada uno de los elementos que se encuentra dentro de la estructura de los costos asociados a la gestión de inventarios, dando a las empresas una herramienta para analizar a fondo cada uno de sus costos y brindar soporte para la toma de decisiones acerca del tema, ya sea para su mejoramiento u optimización.

#### **1. PASO 1: COSTO DE ADQUISICIÓN $C_{adq}$**

El costo de adquisición se define como el costo de comprar o de producir los productos de inventario [3], es un valor que se puede identificar y especificar por unidad de producto.

Para esta metodología se hace una división del costo de adquisición para empresas manufactureras y empresas comercializadoras.

## 1.1 CASO 1: EMPRESA COMERCIALIZADORA

A partir de la revisión de literatura realizada sobre el tema, se toman los aportes de los autores Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson [4], Ronald Ballou [5], Eimyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello [6], Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusantham [3], Blanca Soto, Gloria Mesa y Jaqueline Quiros [7] y Juan Izar y Carmen Ynzunza [8].

Se seleccionan 5 elementos como componentes principales del costo de adquisición: Costo del artículo, Costo del flete, Costo de seguros, Impuestos no recuperables y otros costos.

$$C_{adq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

El costo del artículo  $C_1$ , es el valor que se acuerda con el proveedor por la adquisición de una unidad de producto, es decir, el precio de realizar el pago de contado.

Si el producto se adquiere con algún tipo de crédito o financiación, los costos de financiación se deben cargar en el costo de almacenar.

El costo del flete  $C_2$ , es el valor del transporte de la mercancía desde el lugar de despacho hasta el almacén. Este costo solo se debe incluir si se encuentra en función de la cantidad unidades transportadas.

El costo de seguros  $C_3$ , es el valor que se paga por el seguro de la mercancía durante el transporte, se tiene en cuenta si el valor está en función de la cantidad de unidades o es un porcentaje del valor de la mercancía transportada.

Si el costo por fletes y el costo de seguros son fijos no se deben tener en cuenta dentro del cálculo del costo de adquisición, sino que se deben incluir dentro del costo de hacer una orden de pedido.

El cuarto elemento del costo hace referencia a los impuestos no recuperables  $C_4$ , que son aquellos que no son descontables, un ejemplo son los aranceles que se causan por motivo de la importación de mercancía.

El último elemento son otros costos  $C_5$ , que hace referencia a todos los valores que no clasifican en ninguno de los elementos mencionados anteriormente, pero que se causan y pueden discriminarse como un valor por unidad. Por ejemplo: costos por re-etiquetado, re-empaque, pérdidas, mermas y deterioros durante el proceso de transportación. Para las empresas que

importan mercancía es necesario revisar el tipo de acuerdo comercial que se tenga con el proveedor y cubrir los costos correspondientes a: transporte de mercancía hasta el territorio aduanero nacional, costos de cargues y descargues, costo de mantener la mercancía en puerto durante los trámites de nacionalización, seguro internacional y demás costos ligados al proceso de nacionalización de la mercancía que puedan establecerse por unidad de producto.

## 1.2 CASO 2: EMPRESA MANUFACTURERA

Para este caso se toman los aportes de los autores Ronald Ballou [5] y Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusantham [3]. Definiendo el costo de adquisición como el costo de producción de la mercancía, es decir, el costo del artículo luego de terminar el proceso productivo.

$$C_{adq} = C_{mod} + C_{maq} + C_{mp} + CIF$$

Donde  $C_{mod}$  es el costo de la mano de obra directa,  $C_{maq}$  es el costo de maquinaria,  $C_{mp}$  es el costo de la materia prima y,  $CIF$  son los costos indirectos de fabricación.

## 2. PASO 2: COSTO DE ORDENAR $C_o$

Este costo es la suma de los costos en los que se incurre cada vez que se ordena un artículo, estos costos no son asociados a la cantidad ordenada sino a las actividades que se requieren durante el proceso [10].

Por tanto el valor estará asociado a los costos fijos en los que se incurre para adquirir un lote de productos, se debe expresar en pesos/orden.

El cálculo de  $C_o$  se realizará mediante el costeo ABC, método de costeo que consiste en acumular los CIF en centros de costos o actividades. La actividad se define como cualquier evento que opera como inductor o promotor de costo, es decir, que actúa como factor causal en la incurrencia de costos de una empresa [10].

El método consta de cuatro pasos, los cuales se realizarán para el caso de empresas manufactureras y empresas comercializadoras.

### 2.1 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE VALOR

Este primer paso consiste en realizar un diagrama de flujo que detalle paso a paso el proceso que se realiza para generar una orden de pedido, así mismo es necesario definir el tiempo que tarda la ejecución de cada una de estas actividades.

En esta metodología se toma los aportes de los autores Dave Piasecki [9], Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson [4], Jay Heizer y Barry Render [11], Eimyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello [6], Frederick Hiller y Gerald Lieberman [12], Caridad Gonzalez, Rosario Garza y Ismelys Trujillo [13], Ali Bozorgi, Jennifer Pazour y Dima Nazzal [14] y, Juan Izar y Carmen Ynzunza [8], para construir el diagrama de flujo del proceso, según las actividades que mencionan los autores. ver Figura 1

## 2.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS CENTROS DE ACTIVIDAD

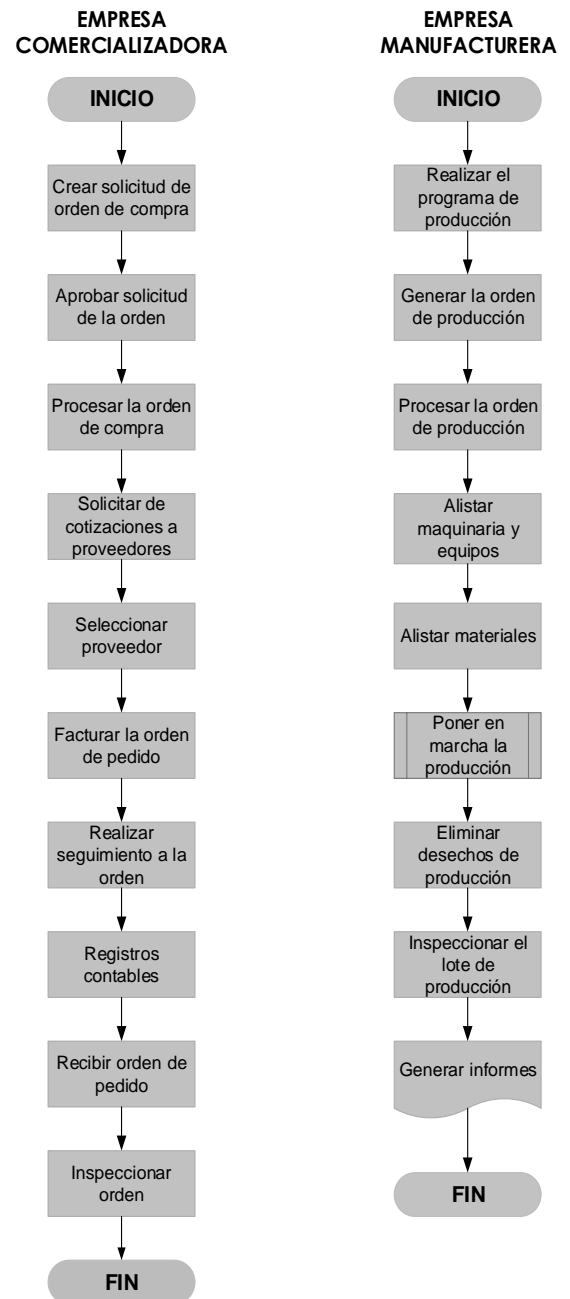
El segundo paso, consiste en agrupar las actividades en centros de actividad.

Un centro de actividad se define como una parte del proceso para la cual la gerencia desearía un reporte separado sobre el costo involucrado en dicha actividad [10].

Para el caso de la empresa comercializadora las actividades del diagrama de flujo se agrupan en los siguientes centros de actividad: Generación de la orden de compra, Aprobación de orden de compra, Envío de orden de compra, Seguimiento a la orden de compra, Registros contables y Recepción e inspección de la orden.

En el caso de la empresa de manufactura, las actividades se agrupan en los siguientes centros de actividad: Programa maestro de producción, Procesamiento de órdenes de producción, Preparación de maquinaria y materiales, Manejo de desechos y, Control de calidad; En este caso la actividad de poner en marcha la producción que se encuentra en el diagrama de flujo, se excluye de los centros de actividad, debido a que los costos generados durante esta actividad se cargan directamente al producto y hacen referencia al costo de adquisición.

FIGURA 1. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Propia

## 2.3 ASOCIACIÓN DE LOS COSTOS CON LOS CENTROS DE ACTIVIDAD

Este tercer paso consiste en asignar costos a cada centro de actividad, identificando todos los recursos que se utilizan.

En esta metodología se toman cinco categorías de recursos: Recurso humano, Papelería, Servicios Públicos, Depreciación de equipos y Comunicaciones.

La primera categoría es el recurso humano, este incluye salario base, prestaciones (cesantías, intereses a las cesantías, primas y vacaciones), parafiscales (Caja de compensación, ICBF y Sena), seguridad social (Pensión, Salud y riesgo profesional) y auxilio de transporte.

$$RH_k = \frac{S_k + P_k + PR_k + SS_k + AT_k}{H_{año\ k}}$$

$$CH_k = RH_k * \frac{H_k}{\sum_{k=1}^l H_k}$$

$$CR_1 = \sum_{k=1}^l CH_k$$

Dónde:

$RH_k$ : Costo por hora del empleado  $k$ .  
 $S_k$ : Salario anual del empleado  $k$ .  
 $P_k$ : Prestaciones anuales del empleado  $k$ .  
 $K$ : Empleados de 1 hasta  $l$  que tienen participación.  
 $PR_k$ : Parafiscales anuales del empleado  $k$ .  
 $SS_k$ : Seguridad social anual del empleado  $k$ .  
 $AT_k$ : Auxilio de transporte anual del empleado  $k$ .  
 $H_{año\ k}$ : Número de horas anuales que trabaja el empleado  $k$ .  
 $H_k$ : Número de horas que se requieren del empleado  $k$ .  
 $CH_k$ : Costo ponderado por hora del empleado  $k$  para el centro de actividad.  
 $CR_1$ : Costo total del recurso humano por hora para el centro de actividad.

Los empleados que se tienen en cuenta para el cálculo de este costo deben ser los que se involucran en cada centro de actividad. Por cada centro de actividad se debe estimar un costo por recurso humano.

El costo de papelería incluye los costos por impresos, elementos y materiales de oficina. El cálculo de este costo está dado por un valor fijo  $k$ , en el que se incurre en cada centro de actividad.

$$CR_2 = K$$

Donde,

$CR_2$ : Costo del recurso de papelería por orden.

El costo por servicios públicos incluye energía, telefonía e internet.

$$CR_3 = \frac{V_{mes}}{H_{mes}}$$

$V_{mes}$ : Valor mensual del servicio de energía, telefonía e internet.

$H_{mes}$ : Número de horas al mes en las que la empresa se encuentra en operación.

$CR_3$ : Costo del recurso de servicio público por hora.

La depreciación de equipos es el valor asignado a la depreciación de los equipos y sistemas de información utilizados en las actividades de generar una orden de pedido.

$$M_m = \frac{Dep_m}{H_{mes}}$$

$$CM_m = M_m * \frac{H_m}{\sum_{m=1}^o H_m}$$

$$CR_4 = \sum_{m=1}^o CM_m$$

Dónde:

$M_m$ : Costo por hora de la depreciación de la maquina o equipo  $m$ .  
 $Dep_m$ : Valor de la depreciación mensual de la maquina o equipo  $m$ .  
 $H_{mes}$ : Número de horas al mes en las que la empresa se encuentra en operación.  
 $H_m$ : Número de horas que se requieren de la maquina o equipo  $m$  para ejecutar el centro de actividad.  
 $CM_m$ : Costo ponderado por hora de la depreciación de la maquina o equipo  $m$  para el centro de actividad.  
 $CR_4$ : Costo de la depreciación de equipos por hora para el centro de actividad.  
 $m$ : Maquinaria o equipo que se utiliza en el centro de actividad, va de 1 hasta  $o$ .

El costo por comunicaciones incluye costos de correo, faxes y gastos postales. Para el cálculo se debe definir el costo fijo  $W$ , en el que se incurre en cada centro de actividad.

$$CR_5 = W$$

Donde,

$CR_5$ : Costo del recurso de comunicaciones por orden.

Estas categorías se deben asignar a cada uno de los centros de actividad donde se cause un costo por ellas.

## 2.4 SELECCIÓN DE LOS PROMOTORES O INDUCTORES DE COSTOS

Este último paso es la selección y uso de inductores o promotores de costos, que son

eventos o aspectos que hacen que deba incurrirse en unos determinados rubros de costo [10].

La selección de un inductor de costo dependerá de la facilidad de relacionarlo con el consumo de un determinado recurso. Los inductores para esta metodología se encuentran relacionados con el tiempo que toma ejecutar las actividades para realizar una orden de pedido.

Estos inductores pueden modificarse según la necesidad y/o situación particular.

- Horas – Hombre: Corresponde al tiempo en horas que el personal demora en ejecutar una actividad para una orden de compra.

Es decir es la suma del número de horas requeridas de cada uno de los empleados involucrados en el centro de actividad  $i$ .

- Suministros-Orden: Es la cantidad de insumos que se consumen durante la realización de una orden de pedido en el centro de actividad  $i$ .
- Horas-Orden: Corresponde al tiempo en horas durante las cuales se utiliza o consume algún servicio o equipo (servicios públicos, computadores, fax, impresoras e internet) para una orden de compra.

Es decir, es la suma del número de horas durante las cuales son utilizados los servicios o equipos que se involucran en la ejecución de una orden en el centro de actividad  $i$ .

## 2.5 CÁLCULO DEL COSTO DE ORDENAR $C_o$

Luego de realizar el costeo ABC se procede a calcular el valor total del costo de ordenar, para esto se plantean las siguientes expresiones matemáticas:

$$CA_i = \sum_{j=1}^5 R_j * CR_j \quad \forall i$$

$$C_o = Cf + \sum_{i=1}^m CA_i$$

Dónde:

$CA_i$ : Costo del centro de actividad  $i$ .

$R_j$ : Inductor de costo del recurso  $j$ .

$CR_j$ : Costo del recurso  $j$ .

$C_o$ : Costo de ordenar.

$i$ : Es el centro de actividad, que va desde 1 hasta  $m$ .

$Cf$ : Es el monto total de los costos que no se tuvieron en cuenta en el costo de adquisición, debido a que se expresaban en función de realizar un pedido o generar una orden y no se encontraban en función de la cantidad de unidades a pedir. Por ejemplo, cuando el costo del flete es fijo, independiente del número de unidades ordenadas.

## 3. PASO 3: COSTO DE ALMACENAR $C_h$

Es el costo que resulta de guardar o mantener artículos durante un periodo de tiempo y es proporcional a la cantidad promedio de artículos disponibles. [5]

En la presente propuesta se toman los aportes de los autores Dave Piasecki [9], Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson [4], Ronald Ballou [5], Jay Heizer y Barry Render [11], Eimyn Rizo, Geovani Pablos y Evelin Bello [6], Frederick Hiller y Gerald Lieberman [12], Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusanatham [3], Caridad Gonzalez, Rosario Garza e Ismelys Trujillo [13] y, Juan Izar y Carme Ynuzunza [8].

Se seleccionan los siguientes elementos como componentes de este costo:

$C_h$ : Costo de capital + Costo de oportunidad  
+ Deterioro + Seguros + Impuestos  
+ Obsolescencia + Robos + Bodega + Servicios  
+ Personal + Manipulación y conteo  
+ Sistemas de información y equipos

### 3.1 CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DEL COSTO DE ALMACENAR $C_h$

El *costo de capital* se define como el costo que a la empresa le implica poseer activos [10]. Para esto se debe identificar la forma como se ha financiado la inversión en inventarios, es decir, el aporte de capital que utiliza la empresa por cada fuente (proveedores, préstamos bancarios y patrimonio).

Posteriormente se debe calcular o identificar el costo anual nominal de cada una de las fuentes: Proveedores: intereses y/o descuentos, Préstamos bancarios: Intereses y, Patrimonio: TMRR.

A partir del costo financiero de cada fuente, se debe realizar un promedio ponderado para obtener la tasa que corresponderá al costo de capital  $Ph_1$ .

El *costo por deterioro o daño* de los productos en inventario se calcula a partir de los datos consignados en los informes anuales, tomando el número de unidades manejadas en inventario en el año y las unidades de inventario que se dieron de baja en el año, a causa de algún daño o desgaste.

$$Ph_2 = \frac{\text{Unidades dadas de baja en el año}}{\text{Unidades manejadas en el año}}$$

$Ph_2$ : Es el porcentaje del valor del producto que se asignará como costo a causa del deterioro.

La información de cantidad de unidades se puede obtener del año inmediatamente anterior, mediante un promedio de datos históricos, o analizando la tendencia de los datos.

El *costo por obsolescencia* se encuentra en función del tipo de producto que se tiene almacenado, y se define como la probabilidad que tiene un producto o referencia de que se haga obsoleto en la bodega durante el año.

Por lo cual, para el cálculo de este costo se debe realizar la siguiente pregunta: ¿Que probabilidad existe de que el producto se haga obsoleto en el próximo año? La respuesta que se obtenga, será la tasa que se utilizara como el costo cargado por obsolescencia.

$$Ph_3 = P(x)$$

Donde  $P(x)$  es la probabilidad de que el producto o referencia  $x$  se haga obsoleto en un año.

Para calcular esta probabilidad se debe realizar un análisis del comportamiento del producto a partir de datos históricos.

El *costo por robos o pérdida* se debe realizar a partir de los datos consignados en los informes anuales, tomando los datos históricos de la cantidad de unidades manejadas en inventario en el año y, la cantidad de unidades de inventario que se perdieron en el año.

$$Ph_4 = \frac{\text{Unidades perdidas en el año}}{\text{Unidades manejadas en el año}}$$

$Ph_4$ : Es el porcentaje del valor del producto que se asignará como costo a causa de robos o pérdida.

La información de cantidad de unidades se puede obtener del año inmediatamente anterior, mediante un promedio de datos históricos, o analizando la tendencia de los datos.

En el caso de que el producto presente merma durante el periodo de almacenamiento, el cálculo de este costo será igual al planteado para el costo por perdidas.

El *costo por seguros* es la tasa anual que se paga por el seguro de la mercancía [15].

$$Ph_5 = \%Tasa\ anual$$

El *costo de los impuestos*, hace referencia a la tasa impositiva que se genera por tener mercancía en la bodega.

En Colombia, el inventario no forma parte de la base para pagar impuesto de renta, impuesto de industria y comercio y cree. El único momento en el que entraría a formar parte para pagar un impuesto es cuando la empresa pague impuesto al patrimonio.

Para el año 2015, el congreso de Colombia en la ley 1739 de 23 de diciembre de 2014 [16] crea un impuesto extraordinario llamado impuesto a la riqueza, donde se establece que a partir del primero de enero de 2015 se genera este impuesto por la posesión de patrimonio bruto igual o superior de mil millones de pesos (\$1.000.000.000). La tarifa marginal dependerá del rango en el que se encuentre el valor del patrimonio.

$$Ph_6 = T_m * \frac{\text{Valor de inventario}}{\text{Valor del Patrimonio bruto}}$$

Donde  $T_m$  es la tarifa marginal anual de la ley 1739 del 23 de diciembre de 2014 [14].

El *costo to de oportunidad* se entiende como el dinero que se deja de ganar por invertir en inventario en lugar de utilizar este dinero en otro negocio. Para su cálculo, las empresas deben definir la tasa del costo de oportunidad  $A$  de este dinero. Esta tasa se puede calcular al realizar la resta entre la tasa de rendimiento anual del negocio en el que se deja de invertir (Este valor puede relacionarse con la TMRR) y, la tasa de rendimiento anual del producto en inventario.

$$Ph_7 = A$$

Donde  $Ph_7$  es la tasa del costo de oportunidad

El *costo de la bodega* es el valor en el cual se incurre por arrendar un espacio o por tener uno propio. Para su cálculo se deben sumar los siguientes costos: Costo del arrendamiento anual, costo de oportunidad anual, costo por impuesto predial, mantenimiento de la bodega, seguros del edificio.

$$Bh_1 = C_{\text{carriando}} + C_{\text{oportunidad}} + C_{\text{impuesto predial}} + C_{\text{mantenimiento}} + C_{\text{seg edif}}$$

Donde  $Bh_1$  es el costo anual de la bodega.

El *costo por servicios* corresponde a la fracción del costo total anual de los servicios en que la empresa incurre por la operación de la bodega.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Bh_2 = Ct_{\text{servicios}} * Tasa_{\text{Bodega}}$$

Donde,

$Bh_2$ : Costo anual de servicios en la bodega.

$Ct_{\text{servicios}}$ : Costo anual de servicios de la empresa.

$Tasa_{\text{Bodega}}$ : Tasa de prorrateo para la bodega.

El *costo de personal* será el costo del recurso humano que se encuentra en la bodega y cuyo fin es colaborar en el almacenamiento de inventario. Incluye salario base, prestaciones (cesantías, intereses a las cesantías, primas y vacaciones), parafiscales (Caja de compensación, ICBF y Sena), seguridad social (Pensión, Salud y riesgo profesional) y auxilio de transporte. Para calcular este costo de este recurso se plantean las siguientes ecuaciones:

$$Bh_3 = S + P + PR + SS + AT$$

Donde,

$Bh_3$ : Costo anual por personal en la bodega.

$S$ : Salario anual del personal en la bodega.

$P$ : Prestaciones anuales del personal en la bodega.

$PR$ : Parafiscales anuales del personal en la bodega.

$SS$ : Seguridad social anual del personal en la bodega.

$AT$ : Auxilio de transporte anual del personal en la bodega.

El *costo por sistemas de información* corresponde a la fracción del costo total anual por la amortización de los sistemas de información en que la empresa incurre por la operación de la bodega.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Bh_4 = C_{\text{sist}}$$

Donde,

$Bh_4$ : Costo anual por los sistemas de información en la bodega.

$C_{\text{sist}}$ : Costo anual por amortización de los sistemas de información de la bodega.

El *costo de equipos* corresponde a la fracción del costo total anual por la depreciación de los equipos en que la empresa incurre por la operación de la bodega.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Bh_5 = C_{\text{dep equipos}}$$

Donde,

$Bh_5$ : Costo anual por los equipos en la bodega.

$C_{\text{equipos}}$ : Costo anual por depreciación de los equipos de la bodega.

### 3.2 CÁLCULO DEL COSTO DE ALMACENAR $C_h$

A partir de los elementos del costo de almacenar previamente descritos, se plantea la siguiente expresión:

$$C_h = C_{\text{adq}} \sum_{w=1}^7 Ph_w + \alpha Vol \sum_{u=1}^5 Bh_u * \frac{1}{Vol_{\text{bod}}} + \beta Wg \sum_{u=1}^5 Bh_u * \frac{1}{Wg_{\text{bod}}}$$

Con  $\alpha + \beta = 1$

Dónde:

$C_h$ : Costo de almacenar una unidad de producto durante un año.

$C_{\text{adq}}$ : Costo de adquisición de una unidad de producto.

$Ph_1$ : Porcentaje del valor del producto que se asigna como costo a causa del costo de capital.

$Ph_2$ : Porcentaje del valor del producto que se asigna como costo a causa del deterioro.

$Ph_3$ : Probabilidad de que el producto o referencia se haga obsoleto en un año.

$Ph_4$ : Es el porcentaje del valor de producto que se asigna a causa de robos o pérdidas.

$Ph_5$ : Tasa anual que se paga por seguro de la mercancía.

$Ph_6$ : Tasa impositiva anual por producto en inventario.

$Ph_7$ : Tasa de oportunidad.

$Vol$ : Volumen que ocupa el producto en la bodega.

$Vol_{\text{bod}}$ : Capacidad en volumen que tiene la bodega.

$Wg$ : Peso del producto.

$Wg_{\text{bod}}$ : Capacidad en peso que tiene la bodega.

$Bh_1$ : Costo anual de la bodega.

$Bh_2$ : Costo anual de servicios en la bodega.

$Bh_3$ : Costo anual por personal en la bodega.

$Bh_4$ : Costo anual por los sistemas de información.

$Bh_5$ : Costo anual por los equipos de bodega.

$\alpha, \beta$ : Son factores de ponderación para los términos de volumen y peso de la ecuación, que se encuentran en un rango entre [0,1].

Para el caso en el que la capacidad de la bodega no dependa del volumen su factor de ponderación  $\alpha$  tendrá el valor de cero, Con el objeto de que el segundo término de la ecuación del costo de almacenar tome el valor de cero. En el caso en el que la capacidad de la bodega no dependa del peso su factor de ponderación  $\beta$  tendrá el valor de cero, Con el objeto de que el segundo término de la ecuación del costo de almacenar tome el valor de cero.

#### 4. PASO 4: COSTO DE FALTANTES $C_f$

Es el costo en el que incurre la empresa cuando un artículo no está disponible en el momento en el que el cliente lo solicita [4].

Para el cálculo de este costo, en la presente metodología se los escenarios que plantean los autores Ronald Ballou [5], Frederick Hiller y Gerald Lieberman [12] y, Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny Rungtusanatham [3]: Perdida de venta y Pedido pendiente.

##### 4.1 CASO 1: PERIDA DE VENTA

Situación que ocurre cuando no se cumple con la demanda, y la venta es perdida. Es decir, el cliente no está dispuesto a esperar a que se reabastezca el inventario.

Para este cálculo se toma la ecuación propuesta por los autores Juan Izar y Carmen Ynzunza [8].

$$C_f = (1 + \alpha)(P_v - C_{adq})$$

Donde  $P_v$  es el precio de venta del producto,  $C_{adq}$  es el costo de adquisición del producto y  $\alpha$  es el factor del efecto boca a boca.

El efecto boca a boca  $\alpha$ , se realiza a partir de la consolidación de los aportes de los autores en la literatura. Por lo cual, este factor es un número mayor que cero, que representa el efecto negativo por perdida de ventas futuras, pérdida de imagen ante el cliente y efecto de publicidad negativa voz a voz.

##### 4.2 CASO 2: PEDIDO PENDIENTE

Este caso se presenta cuando los clientes deciden esperar por el producto y articulo hasta que se reabastece el inventario.

Para este caso en la literatura los autores Edward Silver, David Pyke y Rein Peterson [4], Ronald Ballou [5], Frederick Hiller y Geral Lieberman [12], Roger Schroeder, Susan Goldstein y M. Johnny

Rungtusanatham [3] han planteado los distintos elementos que deberían tenerse en cuenta como costos asociados.

*Elementos en función del tiempo  $C_f'$*  : Son aquellos componentes cuyo costo se puede expresar como el costo por unidad que falta por unidad de tiempo que falta. Estos son: Costo de ingreso retrasado y Penalizaciones impuestas por el cliente.

El costo de estos elementos se calcula  $C_f' = T_1 + T_2$

Donde  $C_f'$  es el costo por unidad de tiempo que falta,  $T_1$  es el costo de ingreso retrasado y  $T_2$  es el costo por penalizaciones impuestas por el cliente.

El Costo de ingreso retrasado  $T_1$  es el costo que se genera debido al retraso del ingreso del dinero de la venta de un artículo, se encuentra asociado con el costo de oportunidad de este dinero. Para su cálculo, las empresas deben definir la tasa del costo de oportunidad  $R$  de este dinero, y multiplicarlo por el precio de venta del producto  $P_v$ .

$$T_1 = P_v * R$$

Penalizaciones impuestas por el cliente  $T_2$  Corresponde al valor que el cliente exige de descuento sobre el precio de venta del artículo, por la espera del pedido.

Se plantea la siguiente expresión para el cálculo:

$$T_2 = P_v * P$$

Donde  $T_2$  es el costo por penalizaciones impuestas por el cliente para una unidad de producto por unidad de tiempo,  $P_v$  es el precio de venta del artículo y,  $P$  es el porcentaje que asigna el cliente por esperar la entrega del artículo para esa unidad de tiempo.

*Elementos que no se encuentran en función del tiempo  $C_f''$* : Son aquellos que se causan por no tener productos en inventario, pero que no dependen del tiempo que se demoren las empresas en suplir el pedido faltante. Para este caso se encuentran: Costos adicionales de transporte, Costo por pérdida de ventas futuras, Costo por pérdida de imagen ante el cliente.

El costo por los elementos que no se encuentran en función del tiempo es:  $C_f'' = u_1 + u_2$

*Costos adicionales de transporte  $u_1$* : Son aquellos costos que se causan debido a la necesidad de

realizar una entrega prioritaria al cliente que se encuentra esperando el pedido faltante, su valor será el costo del transporte por unidad de faltante.

*Costo del efecto boca a boca  $u_2$* : Es el costo de faltantes que se asigna por el efecto de pérdida de ventas futuras y pérdida de imagen ante el cliente. Adicionalmente se incluye un costo por el efecto de publicidad negativa voz a voz. Su cálculo es similar al descrito en el costo de faltantes para el caso en el que el cliente no acepta faltantes, la diferencia radica en que no se tiene en cuenta el costo por la utilidad perdida.

$$u_2 = \alpha(P_v - C_{adq})$$

Donde  $P_v$  es el precio de venta del producto,  $C_{adq}$  es el costo de adquisición del producto y  $\alpha$  es el factor del efecto boca a boca, un número mayor que cero, que representa el efecto negativo por pérdida de ventas futuras, pérdida de imagen ante el cliente y efecto de publicidad negativa voz a voz.

En el modelo del costo de inventario, el costo por faltantes se expresa en pesos por unidad de faltantes por unidad de tiempo que faltan.

$$T = C_{adq}Q + Co + \frac{C_h S^2}{2D} + \frac{C_f(Q - S)^2}{2D}$$

Debido a que en la presente metodología se plantean dos costos de faltantes  $C_f'$  y  $C_f''$ , y este último término no está en función del tiempo que falta una unidad, se hace necesario realizar una variación al modelo del costo total de inventarios, donde se tengan en cuenta estos dos términos.

$$T = C_{adq}Q + Co + \frac{C_h S^2}{2D} + \frac{C_f'(Q - S)^2}{2D} + C_f''(Q - S)$$

## 5. CONCLUSIONES

La metodología propuesta tiene como fin disminuir la subjetividad por parte del tomador de decisiones para el cálculo de los parámetros de costo, sin embargo, eliminar la subjetividad completamente no es posible, debido a que no existe un método exacto para el cálculo de los costos, puesto que este depende de las condiciones específicas del entorno de la organización.

La estimación correcta de los costos requiere que la persona encargada de su cálculo conozca de manera profunda y detallada el proceso de gestión de inventario dentro de la organización, las áreas encargadas, los departamentos involucrados, el personal y procedimiento utilizado. Así mismo es de vital importancia que tenga acceso a toda la

información necesaria para el cálculo adecuado, es decir, información financiera.

De la revisión de literatura se observa que en el costo de adquisición los autores sugieren elementos cuyo costo es un valor fijo, lo que contradice el concepto de este costo en los modelos de inventario, ya que sus unidades sugieren que este costo debe estar en función de la cantidad de unidades que se ordenen.

En el caso del costo de ordenar se utilizó el sistema de costos ABC para realizar el cálculo de forma más precisa, ya que el valor de este parámetro depende de las actividades que realice la empresa al hacer una orden de pedido. Dentro de la metodología se plantean unos inductores de costo que pueden ser modificados según las necesidades de cada empresa, de manera que simplifique el proceso de asignación de costos a los centros de actividades.

En el costo de almacenar se identificaron dos fuentes de costos, aquellos que se encontraba en función del costo de adquisición, es decir, los que se expresan como un porcentaje del valor del artículo y, los costos que se relacionan directamente con la bodega y el tipo de almacenamiento utilizado.

En el caso particular del costo de faltantes existe un gran vacío en la literatura, los autores coinciden en los elementos que lo componen son intangibles, por lo cual pocos formulan un proceso matemático para calcular este efecto. Con base en lo encontrado en la literatura acerca de los elementos que componen al costo de faltantes se vio la necesidad de dividir este costo en dos partes, la primera que se encuentra en función de las unidades y el tiempo, y otra parte que solo está en función de la cantidad de unidades faltantes. Debido a esta última parte, es necesario realizar una modificación al modelo general de inventarios (ecuación del costo total), lo cual impacta directamente en las ecuaciones para calcular la cantidad óptima de pedido y nivel de inventario máximo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VIDAL, Carlos; LONDOÑO, Julio y CONTRERAS, Fernando. Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y n puntos de ventas. En: Ingeniería y competitividad. Septiembre, 2004. vol. 6, no. 1, p. 35-52.
- [2] ESPINOSA, Daisy y HERNÁNDEZ, Nury. Metodología para la planificación de la

- inversión en inventarios en la actividad hotelera. En: Retos turísticos, 2013. vol.12, no. 1, p. 23-35.
- [3] SCHROEDER, Roger; GOLDSTEIN, Susan y RUNGTUSANTHAM, M.Johnny. Inventario. En: Administración de operaciones conceptos y casos contemporáneos. 5 ed. México: McGraw – Hill, 2011. p. 372-431.
- [4] SILVER, Edward; PYKE, David y PETERSON, Rein. Sistemas de decisión y planificación de la producción, Citado por CASTRO, Carlos. Una estructura para la selección de modelos de gestión de inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística. En: Tecnura. II semestre, 2003. no. 13, p. 83-93.
- [5] BALLOU, Ronald. Decisiones sobre políticas de inventarios. En: Logística. administración de la cadena de suministro. 5 ed. México: Pearson Educación, 2004. p. 326-424.
- [6] RIZO, Eimyn; PABLOS, Geovani y BELLO, Evelin. Costos de aprovisionamiento, un elemento de la cadena logística. En: Innovación tecnológica, 2009. vol. 15, no. 1, p. 3-10.
- [7] SOTO, Blanca; QUIROS, Jaqueline y MESA, Gloria. Análisis comparativo del tratamiento contable y financiero de los inventarios entre NIC 2 plena, NIIF Pymes sección 13 y Decreto 2706 capítulo 8. En: Cuadernos de Contabilidad. 2013. vol. 14, no. Especial 2013, p. 903-941.
- [8] IZAR, Juan y YNZUNZA, Carmen. Estimación de las existencias de seguridad para artículos con tiempo de entrega aleatorio y demanda con distribución normal y uniforme. En: Revista investigación operacional, 2015. vol. 36, no. 1, p. 70-84.
- [9] PIASECKI, Dave. Optimizing Economic Order Quantity. En: IIE Solutions. Enero, 2001. p. 30-39.
- [10] GARCÍA, Oscar. Nociones de costeo ABC. En: Administración financiera-fundamentos y aplicaciones. 3 ed. Cali: Prensa Moderna Impresores, 1999. p. 443 – 458.
- [11] HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Gestión de inventarios. En: Dirección de la producción y de operaciones, Decisiones tácticas. 8 ed. Madrid: Pearson Educación, S.A, 2008. p.62-65.
- [12] HILLER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald. Teoría de inventarios. En: Introducción a la investigación de operaciones. 9 ed. México: McGraw Hill, 2010. p. 772-843.
- [13] GONZÁLEZ, Caridad; GARZA, Rosario y TRUJILLO, Ismelys. Determinación del tamaño del pedido en el almacén de un restaurante. En: Ingeniería Industrial. Septiembre, 2013. vol. 34, no. 3, p. 280-292.
- [14] BOZORGI, Ali; PAZOUR, Jennifer y NAZZAL, Dima. A new inventory model for cold items that considers costs and emissions. En: International journal of production economics. Enero, 2014. vol. 155, p. 114-125.
- [15] AZZI, Anna, et al. Inventory holding costs measurement: a multi-case study. En: The international journal of logistics management, 2014. vol. 25, no 1. p. 109-132.
- [16] CONGRESO DE COLOMBIA. Ley No. 1739 “Por medio de la cual se modifica el estatuto tributario, la ley 1607 de 2012, se crean mecanismos de lucha contra la evasión, y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, DC.: 2014. 43 p.