

**GESTIÓN DE INVENTARIOS DE PRODUCTOS DEL SECTOR COMERCIAL
MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS FINANCIERAS QUE CONSIDERAN EL
RIESGO FINANCIERO ASOCIADO**

**JULIÁN FELIPE CAICEDO BALTÁN
JULIÁN ESTEVAN RAMIREZ AGREDO**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
GUADALAJARA DE BUGA
2018**

**GESTIÓN DE INVENTARIOS DE PRODUCTOS DEL SECTOR COMERCIAL
MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS FINANCIERAS QUE CONSIDERAN EL
RIESGO FINANCIERO ASOCIADO**

Trabajo de grado para optar por el título de:

Ingeniero Industrial

JULIÁN FELIPE CAICEDO BALTÁN

JULIÁN ESTEVAN RAMIREZ AGREDO

DIRECTOR:

PhD. EDWIN LOAIZA ACUÑA



**UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE BUGA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
GUADALAJARA DE BUGA**

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Guadalajara de Buga, 22 / 06 / 2018.

DEDICATORIA

Dedico de manera muy especial este trabajo primeramente a Dios por todas las bendiciones concebidas y derramadas sobre mí a lo largo de mi vida y con mayor firmeza en el transcurso del presente proceso, dándome la fuerza y sabiduría suficiente para concluir de manera satisfactoria esta crucial etapa y requisito fundamental para convertirme en aquel ingeniero industrial que alguna vez soñé, que me llevó finalmente a embarcarme en este difícil pero gratificante reto.

A mis padres, Martha Cecilia y Pablo Enrique por su incondicional apoyo, infinito amor e innumerables consejos, siendo los principales motores para impulsarme por el camino del bien y de la perseverancia día a día, y por ser los mayores causantes de que yo pueda satisfactoriamente ser lo que soy y de alcanzar lo que he conseguido hasta el momento, por lo que sin ellos esto difícilmente hubiese sido posible.

A mi hermana Paola Andrea y su familia que, a pesar de su lejanía, se han convertido en fundamental soporte de este proyecto de vida que poco a poco he venido construyendo, proveedora de grandes frutos que espero gozar indiscutiblemente junto a ellos en un futuro próximo.

A mi novia Daniela, por su compañía, comprensión, amor y dedicación que me ayudaron a superar con facilidad todas las difíciles circunstancias originadas y por ser la sume partícipe de los muchos y buenos momentos ocurridos, enseñándome asimismo de que todo es posible si te esfuerzas y te empeñas en lograrlo.

A mi compadre Libardo, por estar siempre presente brindándome sus constantes atenciones y buenos valores, siendo un gran ejemplo a seguir en busca de ser una persona ejemplar y culta. Y finalmente a toda mi familia, hermanos, tíos y primos por todos sus buenos y más sinceros actos que me hicieron crecer como persona, haciéndome sentir a su vez un ser capaz de conseguir todas las metas propuestas.

Julián Felipe Caicedo Baltán

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme brindado la bendición de llegar hasta este punto de mi vida, por brindarme siempre la compañía en los momentos difíciles y por siempre guiar mi camino para resolver los obstáculos que hacen parte de la vida misma.

A mis familiares.

A mi padre *Dorance* y mi madre *Mayurlen*, por brindarme la vida, formarme como persona, apoyarme siempre en mis proyectos y enseñarme a trabajar duro por mis sueños y metas. A *Jair*, *Stella*, *Rubiela*, *Claudia*, *Diana*, *Elizabeth* y toda mi hermosa familia, quienes ayudaron y depositaron toda su confianza y esperanza en mí y en lograr convertirme en un profesional integro.

De manera muy especial dedico también este trabajo a mi abuela *Sandra*, por su amor infinito y sincero, por ser la representación misma de la tenacidad, perseverancia, sacrificio y fe; por apoyarme y siempre estar pendiente de mí y de la evolución de este trabajo de grado, por ser la mejor abuela y madre del mundo.

A mi novia *Paula Rodríguez*, por su compañía, paciencia, amor y comprensión que fueron pilar fundamental para conseguir sobrepasar todas las dificultades y ayudarme a sacar la mejor versión de mí, por enseñarme a soñar y luchar hasta fin por ello.

A mis amigos.

Que a lo largo de nuestra formación profesional y gracias a su incondicional apoyo, amistad sincera y buenos consejos aportaron de forma directa o indirecta a la realización de esta tesis. En especial, dedico este trabajo a *Durley Ortiz* y *Andrés Castiblanco*; por brindarme las herramientas necesarias para conseguir llegar hasta este punto, por acompañarme a lo largo de todo este proceso y por apoyarme siempre en veras de cumplir este objetivo.

Julián Estevan Ramírez Agredo

AGRADECIMIENTOS

Ofrecemos nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que de alguna u otra forma han contribuido en la elaboración del presente trabajo, siendo principales participes en el desarrollo del mismo por sus enormes aportes, consejos y conocimiento brindado a lo largo del proceso que permitieron la satisfactoria culminación de este proyecto.

Dando especial gratitud a nuestro director de tesis **Edwin Loaiza Acuña, Doctor en Ciencias - Física**, por dedicarnos parte de su valioso tiempo para atender nuestras dudas e inquietudes surgidas, que fueron posteriormente aclaradas mediante su formidable conocimiento y experiencia adquirida a lo largo de su vida profesional.

A la profesora **Gloría Stella Ramírez Reyes, Ingeniera Industrial**, por sus valiosos aportes y trascendental orientación en la elaboración del proyecto, siendo la principal promotora del enfoque elegido para su realización y la más interesada en la correcta finalización del mismo.

A nuestros compañeros **Ferney Mauricio Suárez, Andrés Felipe Mora, Cristian Camilo Vásquez, Xammy Alexander Victoria, Santiago Palomino, Cristian David Villafañe, Juan David Riveros, Cristian Rivera** por ser parte fundamental en cada uno de los ciclos vividos en esta importante etapa que dimos inicio hace unos cuantos años; y muy especialmente a nuestro amigo **Cristhian Guillermo Acosta** y a toda su familia por su incondicional disposición a asistirnos sin excusa alguna en todos los momentos que solicitábamos su apoyo.

Y finalmente, a la Universidad del Valle, todo su cuerpo de docentes, administrativos, demás personal y fundamentalmente a la **Coordinadora María del Pilar Rivera, ingeniera industrial** que contribuyeron a nuestra formación como personas de bien y profesionales honestos, íntegros y capaces de enfrentar cualquier situación que se presente en nuestro campo laboral como futuros ingenieros industriales.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3. OBJETIVOS	20
3.1. Objetivo general.....	20
3.2. Objetivos específicos.....	20
4. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE	21
4.1. Justificación.....	21
4.2. Alcance.....	23
5. MARCO TEÓRICO	24
5.1. Riesgo Financiero.....	24
5.2. Administración de riesgos financiero.....	24
5.3. Tipos de Riesgo Financiero.....	25
5.4. Técnicas utilizadas en la medición de riesgos financieros.....	25
5.4.1. Modelo de precios de activos de capital (CAPM).....	26
5.4.2. Costo promedio ponderado del capital (CPPC) – Weighted Average Costo of Capital (WACC).....	26
5.4.3. Valor en riesgo (VaR).....	28
5.5. Equilibrio entre la rentabilidad y el riesgo.....	31
5.6. Capital de trabajo.....	32
5.7. Administración del capital de trabajo.....	33
5.8. Inversiones en capital de trabajo.....	35
5.9. Los inventarios.....	35
5.10. Tipos de inventarios.....	36
5.10.1. Según su Función logística.....	37
5.10.2. Según su Relación con el proceso.....	37
5.11. Control de inventarios.....	38
5.12. Política de inventarios.....	39
5.13. Gestión de inventarios.....	40
5.14. Importancia de la gestión de inventarios.....	42
5.15. Modelos para la gestión de inventarios.....	46
5.15.1. Modelos tradicionales de gestión de inventarios.....	48

5.15.2. Modelos para la gestión de inventarios basados en técnicas financieras que consideran el riesgo	56
6. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	60
6.1. Análisis comparativo entre los modelos tradicionales de gestión de inventarios y los modelos los basados en técnicas financieras aplicables en la gestión de inventarios.....	60
6.2. Identificación de elementos clave en la estructuración de las políticas de Gestión de Inventarios.....	82
7. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA FINANCIERA DE VALORACIÓN DEL RIESGO ADAPTADA A UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS	90
8. VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL MODELO SELECCIONADO EN UN CASO DEL SECTOR COMERCIAL	97
8.1. Descripción del contexto objeto de estudio.....	97
8.2. Enfoque proyectado a desarrollar	100
8.3. Información principal del comportamiento de los artículos seleccionados para la aplicación del modelo	100
8.4. Aplicación del modelo basado en la técnica financiera de valoración del riesgo VaR.....	103
8.4.1. Cálculos básicos y supuestos contemplados en la puesta en marcha del modelo 103	
8.4.2. Reproducción del modelo de gestión de inventarios propuesto	107
8.4.3. Resultados	109
8.5. Análisis de resultados	111
8.7. Aplicación de la técnica tradicional de control de inventarios (s,Q)	120
9. CONCLUSIONES.....	121
10. FUTUROS TRABAJOS	124
11. REFERENCIAS	131

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas representativas de mantener bajos niveles de inventario	45
Tabla 2. Ventajas y desventajas representativas de mantener altos niveles de inventario	45
Tabla 3. Descuentos uniformes por cantidades a comprar.....	51
Tabla 4. Descuentos graduales por cantidades a comprar.....	52
Tabla 5. Características de demanda en modelos tradicionales de gestión de inventarios.....	65
Tabla 6. Características de demanda en modelos de gestión de inventarios basados en técnicas financieras de cuantificación del riesgo	66
Tabla 7. Características del tiempo de reposición en modelos tradicionales de gestión de inventarios.....	68
Tabla 8. Características del tiempo de reposición en modelos basados en técnicas financieras de medición de riesgo para la gestión de inventarios	69
Tabla 9. Características de Costos en modelos tradicionales de gestión de inventarios.....	71
Tabla 10. Características de Costos en modelos basados en técnicas financieras de medición de riesgo para la gestión de inventarios	72
Tabla 11. Características del horizonte de planificación en modelos tradicionales de gestión de inventarios	74
Tabla 12. Características del horizonte de planificación en modelos basados en técnicas financieras de medición de riesgo para la gestión de inventarios	75
Tabla 13. Características de la valoración del riesgo financiero en modelos tradicionales de gestión de inventarios	77
Tabla 14. Características de valoración del riesgo financiero en modelos basados en técnicas financieras para la gestión de inventarios	78
Tabla 15. Ventajas y desventajas de la aplicación de modelos tradicionales de gestión de inventarios.....	79
Tabla 16. Ventajas y desventajas de la aplicación de técnicas financieras en la gestión de inventarios	80
Tabla 17. (Continuación) Ventajas y desventajas de la aplicación de técnicas financieras en la gestión de inventarios	81
Tabla 18. Productos comercializados por la empresa	98
Tabla 19. Datos de demanda de los televisores y lavadoras.....	101
Tabla 20. Estructura de costos original para los televisores y lavadoras establecida por la empresa comercializadora de electrodomésticos	103
Tabla 21. Estructura de costos resultante para los televisores y lavadoras establecida por la empresa comercializadora de electrodomésticos	107
Tabla 22. Parámetros, variables y términos usados en la reproducción del modelo (Televisores – Lavadoras).....	108
Tabla 23. Cantidad óptima a ordenar y Valor en Riesgo (Televisores)	110

Tabla 24. Cantidad óptima a ordenar y Valor en Riesgo (Lavadoras)	110
Tabla 25. Costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Televisores)	116
Tabla 26. Costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Lavadoras)	116
Tabla 27. Política de inventarios (s,Q) para Televisores y Lavadoras.	120

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Intercompensación Riego - Rendimiento	32
Gráfica 2. Elementos del modelo ajustados a una distribución Uniforme	95
Gráfica 3. Cantidad óptima de televisores a ordenar vs. Índice de aversión al Riesgo	113
Gráfica 4. Cantidad óptima de lavadoras a ordenar vs. Índice de aversión al Riesgo	113
Gráfica 5. Valor en Riesgo – VaR (Televisores) vs. Índice de aversión al Riesgo	115
Gráfica 6. Valor en Riesgo – VaR (Lavadoras) vs. Índice de aversión al Riesgo	115
Gráfica 7. Comportamiento de los costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Televisores)	118
Gráfica 8. Comportamiento de los costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Lavadoras)	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Métodos para el cálculo del VaR.....	31
Figura 2. Clasificación y tipos de inventario.	36
Figura 3. Clasificación de los modelos de inventarios.....	47
Figura 4. Factores de comparación para el análisis .. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 5. Estructuración de los factores de comparación en el análisis	63
Figura 6. Flujo del proceso típico realizado por la empresa	99

ANEXOS

ANEXO A. Análisis de uniformidad de los datos de demanda mediante el uso de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov	125
ANEXO B. Código en Wolfram Mathematica del Modelo de gestión de inventarios base propuesto	129
ANEXO C. Política s,Q con un costo B2 de faltante	130

1. INTRODUCCIÓN

Los inventarios a lo largo de los años han adquirido enorme importancia en el campo organizacional, esto es debido a que brinda respuestas oportunas a los riesgos presentes en el mercado (Kim, Kim, & Heo, 2017); ocasionando que los gerentes y tomadores de decisiones presten una mayor atención al momento de gestionarlos y de tratarlos, dado a que los inventarios se convierten en elemento esencial para el desarrollo normal las operaciones cotidianas de las empresas, implicando considerables inversiones monetarias en su adquisición o la representación de una sangría de flujos de efectivo (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Aunque existen diversos motivos para mantener inventarios dentro del funcionamiento de las organizaciones, en los últimos años la filosofía de contar con estos ha sido ampliamente criticada y mal vista, llegando a ser catalogados como innecesarios y antieconómicos, puesto que aparte de absorber un capital que podría disponerse para otros fines que generen mayor rentabilidad, enmascaran además problemas de calidad (Ballou, 2004). Pero hay quienes piensan que la necesidad de mantener inventarios no puede ser eliminada por completo, por lo que se hace necesario efectuar una correcta administración sobre estos (Vidal, Fundamentos de gestión de inventarios, 2005).

A pesar de la importancia que trae consigo la correcta gestión de los inventarios, continúa siendo un tema crítico de abordar, pues en gran parte de las ocasiones las empresas cuentan con un inventario excesivo de productos que no se venden o no cuenta con la rotación esperada y se tiene poco inventario de aquellos productos que presentan más participación en las ventas (Vidal, Fundamentos de gestión de inventarios, 2005); dos panoramas distintos que generan una gran incertidumbre para la compañía e inversionistas al momento de administrarlos. En este sentido, algunos autores afirman que las políticas tradicionalmente usadas en la gestión de los inventarios ignoran los factores de variabilidad, haciéndolos ampliamente

susceptibles al riesgo sin sugerir maneras de controlar sus niveles (Chen, Sim, Simchi, & Sun, 2007) y (Serrano, Oliva, & Kraiselburd, 2016).

Por consiguiente, las teorías financieras que consideran los riesgos económicos presentes en el mercado pueden convertirse en una alternativa importante para la administración de los inventarios, de modo que se pueda establecer el punto óptimo de adquisición tal que favorezca económicamente y operativamente a la compañía, sin necesidad de deshacerse completamente de ellos y mitigando el efecto de la incertidumbre presente en su gestión.

Así pues, el trabajo se centra en proponer un modelo de gestión de inventarios para el sector comercial, de modo que a través de la aplicación de técnicas financieras sea posible minimizar el riesgo financiero asociado a la inversión y que a su vez permita cumplir con los requerimientos de la demanda. El contenido de este trabajo se estructura de la siguiente manera:

En primer lugar, se plantea mediante la revisión de la literatura la elaboración de un análisis de carácter comparativo entre los modelos de gestión de inventarios que suelen ser utilizados tradicionalmente en el contexto empresarial y los modelos basados en herramientas financieras que pueden ser aplicables a la gestión de inventarios bajo un enfoque de administración del riesgo, tal que se puedan identificar todos aquellos elementos que den lugar a la elaboración de un cuadro de comparación donde se plasmen las principales características de cada enfoque y así se cree un panorama más claro de las ventajas y desventajas que posee cada uno de estos, que a su vez contribuya a la elección de aquella herramienta más conveniente en términos financieros y operativos al momento de gestionar correctamente los inventarios en situaciones específicas.

Posteriormente en el inciso 6.2 de este documento, se realiza una detallada revisión de la literatura con el fin de identificar y analizar los elementos que resultan ser indispensables para la definición de la política de inventarios con un enfoque de administración del riesgo, de modo que la herramienta seleccionada permita

minimizar el riesgo financiero asociado al momento de gestionar los inventarios mediante la oportuna inclusión de dichos elementos en su estructura.

Finalmente, a través de la evaluación de un caso de estudio que exponga el comportamiento de algún producto del sector comercial, se procede a validar la aplicación de la herramienta financiera seleccionada mediante la fijación de una política de inventarios que logre minimizar el riesgo financiero asociado a su gestión. De este modo, a través de los resultados obtenidos se da lugar a la discusión y análisis de las ventajas financieras y operativas que trae consigo la administración de los inventarios bajo el modelo propuesto, permitiendo obtener diversas políticas de ordenamiento respecto a diferentes perfiles de aceptación o rechazo hacia el riesgo; siendo posible además, recomendar futuras investigaciones en aras de obtener resultados deseados por parte de los administradores de inventarios al momento de gestionar sus niveles con una mayor exactitud, confianza y aplicabilidad en diferentes contextos del ámbito real sobre los cuales deba tomar acertadas decisiones.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años la gestión de inventarios bajo un enfoque financiero ha adquirido importancia en el sector académico a través de las investigaciones desarrolladas y en el sector empresarial en las aplicaciones prácticas evidenciadas, presentando así referencias sólidas tanto en la literatura científica como en el campo organizacional (Borgonovo, 2008), teniendo la completa certeza de que diversos autores y agentes tomadores de decisiones de las diferentes compañías se han percatado de los beneficios que trae consigo la medición de los riesgos financieros a la hora de gestionar los inventarios, ya que la implementación de modelos proactivos permiten mejorar el desempeño económico y evitar pérdidas monetarias inaceptables asociadas a la inversión, de modo que la identificación, cuantificación, control y anulación o modificación de los riesgos son actividades fundamentales en el logro de dicho propósito. (De Lara Haro, 2004)

El propósito fundamental del proyecto, se encaminará hacia la aplicación de la teoría financiera en la gestión de inventarios de productos del sector comercial, debido a las siguientes razones cruciales que caracterizan a las políticas tradicionales de gestión de inventarios.

- Las políticas tradicionales de administración de los inventarios encontradas en la literatura no suelen considerar los riesgos económicos presentes en su gestión.
- Prefieren obtener menores beneficios en aras de presentar menores pérdidas económicas.
- Dejan rezagada la posibilidad de percibir mayores ingresos por el temor de incurrir en futuros perjuicios, pues cuanto mayor sea la rentabilidad esperada, mayor será el riesgo asumido, por el contrario a una menor rentabilidad, el riesgo ligado también decrecerá; por esta razón se dice que sin la presencia del riesgo no hay percepción de rendimiento (Hernández, 2000)

Ahora bien, se tiene que los modelos tradicionalmente utilizados en el control y manejo de los inventarios no se basan en la mitigación de los riesgos, es decir no garantizan la aversión del riesgo ni mucho menos sugieren mecanismos para la reducción de sus niveles (Chen, Sim, Simchi, & Sun, 2007), lo cual se convierte en un tema a considerar por las organizaciones, dado que toda decisión de inversión muestra un comportamiento que gira alrededor del riesgo, tal y como ocurre cuando estas decisiones se enfocan hacia la adquisición de inventarios.

Así pues, la determinación de una política de gestión de inventarios se convierte en un pilar importante en la ejecución del estudio, ya que una inadecuada administración de estos, puede desencadenar efectos negativos en las finanzas de cualquier empresa, esto debido a que de no satisfacer los requerimientos de demanda a causa de las subestimaciones realizadas, conllevaría a un impacto financiero negativo para la empresa; como también, el hecho de sobrestimar sus niveles traería consigo la generación de sobre costos los cuales son escenarios adversos para la compañía y más aún en un ámbito comercial en el que es esencial el manejo óptimo de los inventarios. (Ballou, 2004)

El uso de las teorías financieras en la toma de decisiones tácticas y estratégicas por parte de las compañías ha venido presentado una amplia acogida a través de los años, permitiendo evaluar de mejor forma todas las situaciones posibles que implique la inversión de dinero; presentándose el hecho de que el 53% de las empresas encuestadas por la asociación de profesionales en finanzas en el año 2011 han optado por la aplicación de teorías del coste promedio de capital para el análisis de nuevas inversiones (Serrano, Oliva, & Kraiselburd, 2016).

En éste sentido, la gestión de los inventarios vista como aquella decisión de inversión de la cual se espera recibir una retribución a través de su posterior rotación, amerita de un análisis más detallado que considere factores como las variaciones en los tiempos de reabastecimiento, alteraciones en los precios y fluctuaciones de la demanda, u otros factores netamente propios de cada tomador de decisión frente a la situación en la que se ve involucrado; pues todos estos elementos en su conjunto

crean un panorama de incertidumbre para los inversionistas, gerentes y/o entes tomadores de decisiones.

Por consiguiente, se tiene que las políticas tradicionalmente usadas en la administración de los inventarios tienden a ignorar los factores fuente de variabilidad que afectan el comportamiento de los mismos, haciéndolos inmersos al riesgo en una mayor proporción (Serrano, Oliva, & Kraiselburd, 2016). Las empresas por su parte suelen verse afectada por problemas que radican en la fijación de los niveles de inventario, los cuales suelen definirse en base a la demanda promedio, generando un desequilibrio en la proporción necesaria del inventario disponible entre los artículos mayormente demandados y los que muestran un comportamiento contrario, es decir una rotación considerablemente baja (Vidal, Fundamentos de gestión de inventarios, 2005). Pero a pesar de ello, las organizaciones continúan basando la toma de sus decisiones en el análisis costo – beneficio, y que sólo algunas de ellas emplean aproximaciones al estudio de los riesgos financieros (Manotas Duque & Toro Diaz, 2009).

Por todo lo anterior, resulta pertinente desarrollar el trabajo de grado bajo la perspectiva propuesta, enfocando el estudio en dar respuesta a la pregunta fundamental, ¿Cómo minimizar el riesgo financiero asociado a la inversión de inventario de productos del sector comercial, tal que se dé cumplimiento con los requerimientos de la demanda?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Proponer un modelo de gestión de inventarios para el sector comercial, mediante la aplicación de alguna técnica financiera que permita minimizar el riesgo financiero asociado a la inversión de inventario, cumpliendo con los requerimientos de la demanda.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis comparativo entre los modelos tradicionales de gestión de inventarios y las herramientas financieras usadas en la gestión de inventarios bajo un enfoque de administración del riesgo.
- Identificar los elementos claves para la definición de la política de inventarios con un enfoque de administración del riesgo que permitan seleccionar la herramienta financiera adecuada que garantice el mínimo riesgo financiero.
- Validar en un caso de estudio para el sector comercial, la aplicación de la herramienta financiera seleccionada.

4. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE

4.1. Justificación

Actualmente todas las industrias independientemente de su actividad y tamaño buscan reducir los costos de operación a toda costa en aras de ser más competitivas y eficientes dentro de un ambiente empresarial altamente disputado y completamente globalizado, en el cual es importante estar continuamente actualizados y no desentonar.

En este sentido, la alta gerencia debe preocuparse por realizar una buena utilización de los insumos y recursos en todas y cada una de sus actividades, en donde la correcta administración de los inventarios se convierte en una actividad crítica para tal fin, ya que uno de los factores de mayor importancia para la toma de decisiones en inventarios son los costos de llevar o mantener inventario, el cual se compone del costo de capital, espacio utilizado, seguros e impuestos y riesgos en los que se incurre por el hecho de tener almacenados los ítems, esperando a ser demandados por los clientes (Vidal, 2005); además, los costos de riesgos de inventario, se relacionan ampliamente con el deterioro, la pérdida (hurto), daño u obsolescencia de los mismos (Ballou, 2004).

En la cotidianidad de las empresas, los inventarios representan en gran parte de las ocasiones el mayor porcentaje de los activos corrientes, como es el caso de las empresas con fines de comercialización, puesto que su actividad se centra principalmente en la compra y venta de productos terminados. Los inventarios, de este modo constituyen en la mayoría de los casos, uno de los principales componentes del capital de trabajo de las organizaciones y las decisiones de inversión en este rubro; por tanto, deberían tomarse teniendo en cuenta algunos elementos asociados al riesgo y rendimiento (Ramírez & Manotas, 2014).

Así pues, la acertada administración de los inventarios juega un papel de suma importancia en el ejercicio de reducción de costos, ya que su administración

representa el costo logístico más relevante después de los costos de transporte; en consecuencia, el control de los niveles de inventarios, resulta crucial para la optimización del flujo de materiales en una empresa, ya que los niveles de inventario representan gran parte de los costos logísticos. (Lenard & Roy, 1995)

Es importante resaltar que hoy por hoy existen diversas metodologías y modelos para la gestión de los inventarios de toda clase. Sin embargo, las industrias o más precisamente sus líderes, no suelen prestar atención a los riesgos financieros presentes en sus inventarios, ya que dentro de sus intereses solo se encuentra el de velar por su rotación y cuantificación, a pesar de que los inventarios pueden ser vistos como un capital de trabajo invertido del que se espera recibir una retribución para la compañía, compensando el hecho de no haber invertido en otra actividad.

Además de los beneficios financieros y operativos percibidos al considerar la administración de los riesgos financieros como una actividad propia en el manejo de los inventarios, se encuentra el hecho ligado al inversionista y a los montos dispuestos por él para su adquisición, cuyas cantidades requeridas suelen ser de gran magnitud y comúnmente de carácter irreversible, por lo que en un panorama de riesgos lo que se busca es asegurar de que el inversionista no sufra pérdidas económicas intolerables y que éste a su vez logre percibir un mayor rendimiento sobre dichos montos invertidos, tomando en consideración el hecho de que las decisiones estratégicas suelen demandar grandes cantidades de recursos para su ejecución y difícilmente recuperables (Manotas Duque & Toro Diaz, 2009).

Por consiguiente, resulta pertinente estudiar los riesgos financieros asociados a la gestión de inventarios, enfocando la investigación a los inventarios de productos del sector comercial, presto a la importancia que trae para la empresas de este tipo la correcta gestión de los mismos al momento de querer dar respuesta a las fluctuaciones de la demanda sin incurrir en pérdidas económicas intolerables por su administración. Asimismo, el hecho de que la gran mayoría de las empresas de este sector presentan como única actividad la comercialización, es decir, la compra y venta de bienes, y no la ejecución de procesos productivos o de transformación como

sí lo hacen las empresas manufactureras, en donde la intervención de diversos factores predecibles e impredecibles que afectan el proceso y dificulta la forma de gestionar los inventarios son evidentes; el sector comercial por tanto, se convierte en gran foco de interés, al ilustrar un panorama práctico para la evaluación y análisis de los inventarios, y al brindar las características suficientes y necesarias para cumplimiento de los objetivos planteados del presente trabajo.

4.2. Alcance

El proyecto se centrará en proponer un modelo de gestión de inventarios para el sector comercial, mediante la aplicación de técnicas financieras que permitan minimizar el riesgo financiero asociado a la inversión de inventario, cumpliendo con los requerimientos de la demanda. Por lo que el uso de las teorías financieras se convierte en el pilar fundamental para el desarrollo del presente estudio, pues a través de su aplicación se espera alcanzar los objetivos trazados.

Mediante una pertinente revisión de la literatura, se elabora un análisis comparativo entre las diferentes técnicas financieras basadas aplicadas en la gestión de los inventarios y en el estudio de las inversiones, respecto a los modelos tradicionalmente utilizados en la gestión de los mismos; considerando por tanto, la adquisición de este activo corriente como aquella inversión de la cual se espera percibir un rendimiento económico aceptable con relación al monto dispuesto para tal fin y a los riesgos financieros asumidos. En consecuencia, se espera identificar las ventajas y desventajas más significativas en cada una de las corrientes evaluadas.

Posteriormente, mediante la identificación de los elementos claves para la definición de la política de inventarios con un enfoque de administración del riesgo, se pretende encontrar la técnica financiera que garantice un mínimo riesgo financiero al ser adaptada a un modelo de inventarios. Finalmente a través de un caso, se busca validar la aplicación de la herramienta financiera seleccionada, que ofrezca una forma adecuada de gestionar los inventarios en un contexto comercial, considerando a su vez los beneficios económicos y operativos que trae para las empresas de carácter comercial la gestión de los inventarios bajo dicho enfoque.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Riesgo Financiero

Desde la misma creación de la industria, el riesgo ha estado inmerso en cada uno de los procesos de toma de decisiones que requieren de una determinada inversión, debido a que cualquier decisión que se tome trae consigo la posibilidad de no alcanzar el objetivo planteado. De hecho, en finanzas, el concepto de riesgo se relaciona con las pérdidas económicas potenciales que se pueden sufrir en un portafolio de inversión cualquiera (De Lara Haro, Medición y control de los riesgos financieros, 2004).

Para el desarrollo del presente documento, el riesgo financiero como elemento fundamental, se entenderá como aquella probabilidad de que una variable se comporte de manera no esperada o distinta a como se planeó en un inicio de cualquier actividad, proyecto o inversión, y que de alguna u otra manera afecta su rendimiento (Van Horne, 2010); suceso que suele ser ocasionado principalmente por la presencia de incertidumbre en el comportamiento de las diferentes variables económicas que afectan la inversión tanto en un corto como en un largo plazo, y que imposibilitan la correcta consecución de los resultados esperados (Avila Bustos, 2005).

5.2. Administración de riesgos financiero

Por consiguiente, en aras de asegurar de que una institución o inversionista no sufra pérdidas económicas inaceptables y a su vez mejore el desempeño financiero de sus inversiones; resulta importante llevar a cabo una correcta administración de los riesgos financieros a través de la identificación, cuantificación, control y modificación o nulificación de los mismos; de modo que se logre una oportuna disminución de la exposición de estos y por ende logren mitigar los efectos que traen consigo al entorno en el que se desenvuelve la decisión de inversión (De Lara Haro, Medición y control de los riesgos financieros, 2004).

5.3. Tipos de Riesgo Financiero

En consecuencia de ello, se tiene que las decisiones estratégicas o proyectos de inversión se convierten en tareas cruciales para el desarrollo de una organización, los cuales se encuentran vulnerables ante diversos tipos de riesgos, que pueden variar dependiendo de las causas o factores que lo generen (Manotas Duque & Toro Diaz, 2009). En este sentido, resulta importante identificar una debida clasificación de los riesgos respecto a su naturaleza y características, que conlleve hacia la planeación de correctas estrategias que permitan anticipar o disminuir sus posibles consecuencias. De Lara, Haro (2004), por su parte sugiere la siguiente clasificación de riesgos, en base a su naturaleza:

- Riesgo de mercado: Es aquella pérdida que puede sufrir un inversionista debido a la diferencia en los precios que se registran en el mercado o en movimientos de los factores de riesgo (tasas de interés, tipos de cambio etc.)
- Riesgo de crédito: Se define como la pérdida potencial a causa del incumplimiento de la contraparte en una operación que incluye un compromiso de pago
- Riesgo de liquidez: Se relaciona directamente a la imposibilidad de transformar en efectivo un activo o portafolios, es decir, con la incapacidad de no poder vender los activos o instrumentos que se tengan en el mercado, convirtiéndose de este modo en el principal foco de atención en el desarrollo del presente trabajo.

5.4. Técnicas utilizadas en la medición de riesgos financieros

Dado que la cuantificación de los riesgos comprende una etapa fundamental en la administración de estos, muchos autores se han dado a la tarea de usar diferentes técnicas que permiten su medición; siendo aceptable afirmar que los métodos con una mayor participación en este proceso son el Capital Asset Pricing Model (CAPM), Weighted Average Cost of Capital (WACC) y el Value at Risk (VaR) (Ye & Tiong, 2000).

5.4.1. Modelo de precios de activos de capital (CAPM)

El modelo CAPM con relación a distintos horizontes de tiempo, se define como aquella tasa de retorno de equilibrio de todos los activos riesgosos como una función de su covarianza con el portafolio de mercado (Fernández, 2005), lo que bajo un enfoque estrictamente matemático, se traduce tal como se describe en la siguiente ecuación, en la que se busca determinar el retorno esperado de cualquier activo riesgoso.

$$E(R_i) = R_f + \beta_i E(R_m - R_f) \quad (1)$$

Donde:

R_i : Retorno del activo i

R_f : Tasa libre del riesgo

R_m : Retorno del portafolio de mercado

β_i : $\frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$: (Beta del activo)

$E(R_m - R_f)$: (Prima por riesgo de mercado, que los inversionistas exigen para mantener el portafolio de mercado)

EL modelo CAPM ha sido fuertemente criticado por diversos autores a través de los diferentes estudios empíricos realizados, definiéndolo como un método poco eficaz y poco preciso para efectuar un cálculo, justificando sus críticas con el hecho de que el valor beta presenta un bajo valor predictivo con relación al retorno de una inversión, como es el caso de los autores Fama y French (2002) citados por (Fernández, 2005).

5.4.2. Costo promedio ponderado del capital (CPPC) – Weighted Average Cost of Capital (WACC)

El CPPC es un método orientado hacia la determinación de la tasa de descuento adecuada, que busca incluir todos aquellos elementos que resultan riesgosos respecto a la generación de los resultados esperados por los inversionistas, siendo así ampliamente utilizado por diversas empresas en la evaluación de sus decisiones que implican la inversión de dinero (Manotas Duque & Toro Diaz, 2009); pues en una encuesta realizada por la Asociación de Finanzas Profesionales, se asegura que el

53% de las empresas usan el costo promedio ponderado de capital (WACC) para llevar a cabo el análisis correspondiente de todos los proyectos e inversiones que efectúan (Serrano, Oliva, & Kraiselburd, 2016).

Por tanto y de manera más específica, es posible definir el WACC (del inglés Weighted Average Cost of Capital) como, aquella tasa de descuento que mide el coste de capital a través de la ponderación entre la cantidad de los recursos propios de la empresa y la cantidad de recursos ajenos de la misma. Esto es entonces, una tasa que mide el coste medio que ha costado algún activo, en función de cómo se ha financiado con capital propio y recursos de terceros. Por otro lado, este indicador puede utilizarse como tasa de descuento para descontar los flujos de fondos operativos y de esta forma poder valorar una inversión utilizando el descuento de flujos de fondos. (Coello Martínez, 2015)

Considerando que la proporción entre la deuda y el patrimonio que se utiliza para el financiamiento de los activos, se conoce como estructura financiera o estructura de capital, mediante el uso de Ecuación 2, es posible efectuar el cálculo respectivo del WACC (Gallardo Vargas, 2011)

$$WACC = r_p K_e + r_D K_d (1 - T) \quad (2)$$

Donde:

$$r_p: \text{Razón Patrimonial. } \frac{PAT}{PAT+D} \quad (2.1)$$

- *PAT*: Valor del patrimonio o capital aportado por los accionistas
- *D*: Valor de la deuda financiera contraída.

K_e : Costo de Patrimonio

$$R_D: \text{Razón de endeudamiento. } \frac{D}{D+PAT} \quad (2.2)$$

- *PAT*: Valor del patrimonio o capital aportado por los accionistas
- *D*: Valor de la deuda financiera contraída.

K_d : Costo Promedio de la deuda

$(1 - T)$: Beneficio Tributario, donde T representa la Tasa de Impuestos

Se puede observar entonces que en dicho cálculo intervienen 3 elementos de vital importancia, como lo son: El Costo del patrimonio, Costo de la deuda y la Estructura Financiera o estructura Capital.

- I. *Costo del patrimonio o costo de capital*: El costo del patrimonio en la fórmula de estimación del WACC, se refiere al costo del capital propio de los inversionistas del negocio y depende de la percepción de riesgo que se tenga por parte de estos. (Coello Martínez, 2015)
- II. *Costo de la deuda*: Es la tasa encargada de representar el porcentaje que debe cubrirse por las fuentes usadas para el financiamiento por parte de la empresa. (Coello Martínez, 2015)
- III. *Estructura financiera o Estructura de capital*: Relacionando el concepto de estructura de capital o estructura financiera en la ecuación definida para el cálculo del WACC, se tiene que ésta refleja el porcentaje del financiamiento contraído respecto al capital y patrimonio presente por parte de la empresa, permitiendo la determinación de la participación que presenta el capital interno y externo en la compañía.

5.4.3. Valor en riesgo (VaR)

El valor en riesgo, fue promovido y difundido según la literatura por JP Morgan en 1994. En los últimos años, los gestores financieros han incrementado su uso como una forma de medir y administrar la exposición del riesgo; lo que para algunas empresas y demás entidades resulta crucial para la correcta toma de decisiones, que dentro de sus alcances involucran la inversión de dinero (Tapiero, 2003). Entendiéndose el VaR entonces, como aquella pérdida máxima posible esperada durante un determinado intervalo de tiempo, bajo condiciones normales del mercado y dentro de un nivel de confianza establecido, lo que en términos precisos puede

definirse como la posible pérdida que puede presentar una cartera dada una probabilidad a lo largo de un periodo t . (Villalón, 2005).

Presentando una definición formal del método, se suele describir tal como sigue:

Sea R una variable aleatoria que denota el rendimiento de una cartera, $f(R)$ la función de densidad de probabilidad de R ; y c un nivel de confianza dado. La probabilidad de que el retorno sea menor que R^* se describe en la Ecuación 3 (Fan, We, & Xu, 2004).

$$Prob[R < R^*] = \int_{-\infty}^{R^*} f(R) dR = 1 - c \quad (3)$$

Existen diversos métodos para el cálculo del VaR, acondicionados a las diversas condiciones presentes en el mercado, los datos presentados y los requerimientos de precisión. En general, se pueden clasificar en tres tipos, Método de Varianza y Covarianza, Método de Simulación Histórica y Método de Simulación Montecarlo. (Fan, We, & Xu, 2004). Por consiguiente, en aras de conseguir una acertada aplicación del VAR, es importante conocer que éste se puede calcular de dos formas, a través de Métodos paramétricos y Métodos no paramétricos (De Lara Haro, Medición y control de los riesgos financieros, 2004)

Los Métodos paramétricos suelen caracterizarse por manejar el supuesto de que los rendimientos de los activos analizados se distribuyen con relación a una curva de probabilidad normal. Dentro de éste contexto, se presentan algunas situaciones puntuales relacionadas con los métodos paramétricos, como es el caso del VaR en un activo individual y del VaR en un portafolio de activos (De Lara Haro, Medición y control de los riesgos financieros, 2004).

- El VaR de un activo individual: Considerando un supuesto de distribución normal y de rendimientos iguales a cero, el modelo paramétrico que determina el Valor en Riesgo de una posición es el siguiente:

$$VaR = F.S.\sigma.\sqrt{t} \quad (4)$$

Donde:

F : Factor que determina el nivel de confianza del cálculo

(Por ejemplo, para un nivel de confianza del 95%, F es equivalente a 1,65)

S : Monto total de la inversión o la exposición total en riesgo.

σ : Desviación estándar de los rendimientos del activo.

t : Horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR.

- El VaR de un portafolio de activos (método de Varianza-Covarianza o Delta-Normal): Suponiendo de que se tiene un portafolio compuesto por dos activos riesgosos con pesos específicos de w_1 y w_2 respectivamente, de modo que $w_1 + w_2 = 1$. Así, en la siguiente ecuación se plasma el VaR del portafolio resultante:

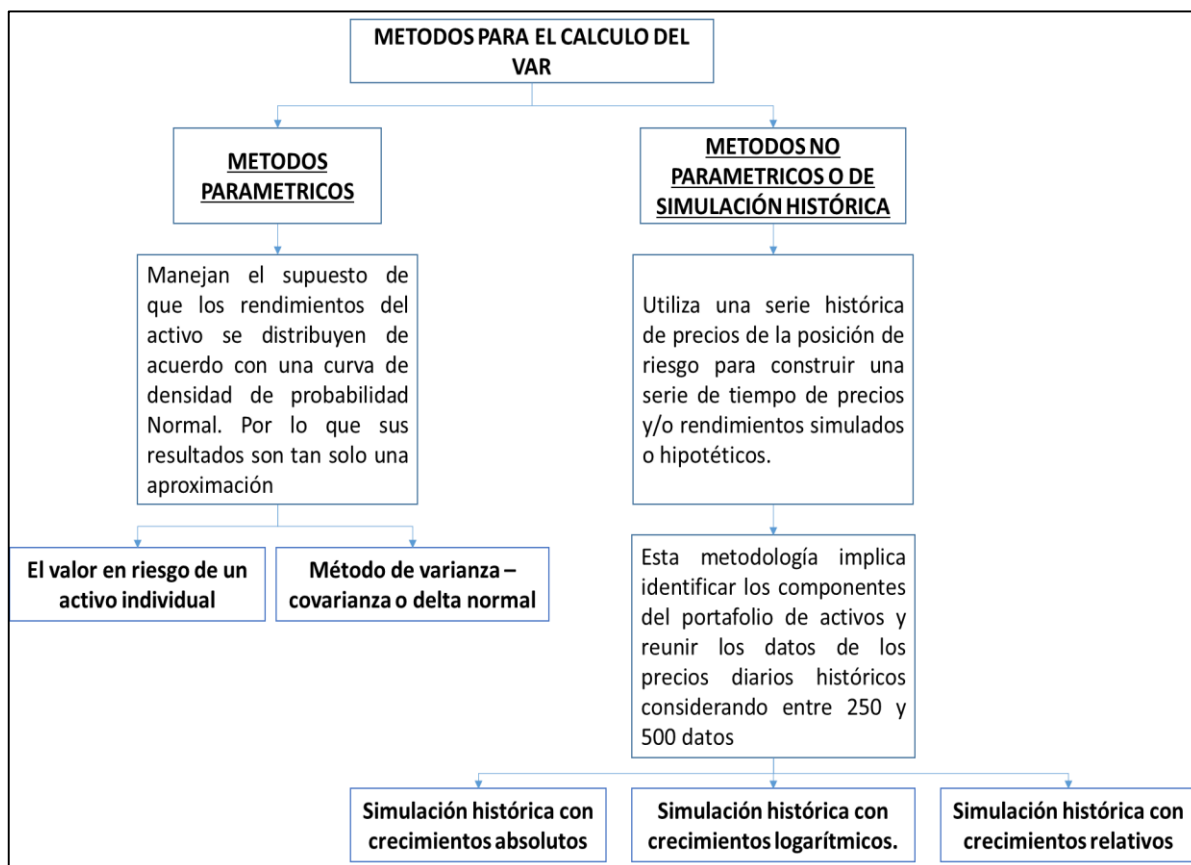
$$VaR = [VaR_1^2 + VaR_2^2 + 2 \cdot \rho_{12} \cdot VaR_1 \cdot VaR_2]^{1/2} \quad (5)$$

Donde:

ρ_{12} : Coeficiente de Correlación entre los rendimientos de los dos activos

Por otro lado, se tiene que los Métodos no paramétricos o de simulación histórica, implican la utilización de una serie histórica de precios de la posición del riesgo para construir una serie de tiempo de precios o rendimientos simulados o de carácter hipotéticos. Para su aplicación se hace énfasis en la identificación de los componentes necesarios de los activos del portafolio y en la recolección de alrededor de 250 a 500 datos de precios. La Figura 1 mostrada a continuación, ilustra lo anteriormente descrito, enfatizando además en las diferentes formas posibles que resulta de la aplicación de los dos tipos de métodos mencionados en el cálculo del Valor en Riesgo.

Figura 1. Métodos para el cálculo del VaR.



Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, se tiene que al introducir el concepto de Valor en Riesgo (VaR) en el contexto de los activos, el valor resultante correspondería al peor escenario posible bajo parámetros establecidos, tales como: horizonte de tiempo, nivel de confianza y ciertas condiciones del mercado; por lo que, de ser posible llevar a cabo la aplicación del VAR en el entorno de la administración de los inventarios, se tendría como resultado la cuantificación de la pérdida esperada del hecho de definir determinadas políticas de gestión, suceso que contribuiría positivamente a la administración de los mismos (Ramírez & Manotas, 2014).

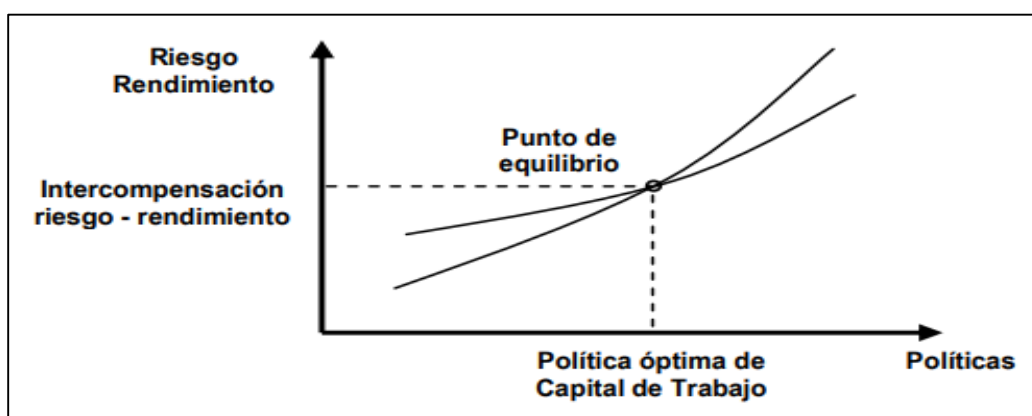
5.5. Equilibrio entre la rentabilidad y el riesgo

Sobre la administración del capital de trabajo, es requisito fundamental del gerente financiero tener claro que la rentabilidad es la relación entre los ingresos y los costos

generados por el uso de los activos de la compañía (tanto corrientes como fijos) en actividades productivas (Gitman & Zutter, 2012). Por otro lado, es importante entender que el riesgo en el contexto de la administración del capital de trabajo, es comprendido como la probabilidad de que una compañía sea incapaz de pagar sus deudas a medida que estas se vencen; por lo anterior, las empresas se alejan de los componentes de los activos corrientes más riesgosos, como el inventario. De este modo, tener la capacidad de gestionar lo anteriormente descrito y encontrar un punto medio entre la rentabilidad y el riesgo es precisamente hallar un equilibrio entre dichos rubros.

Debido a lo cual, un administrador financiero, debe enfocarse entonces en encontrar el punto de equilibrio entre el riesgo y la rentabilidad, derivado de las diferentes decisiones tomadas respecto a las funciones de la empresa, o de las políticas que se tengan del Capital de Trabajo, tal como se muestra en la Gráfica 1; en la que se observa que el punto de equilibrio resultante entre el Riesgo - Rendimiento y las políticas se le denomina como intercompensación riesgo-rendimiento, convirtiéndose entonces en la posición ideal para las finanzas de la compañía. (Selpa Navarro & Espinosa Chongo, 2009)

Gráfica 1. Intercompensación Riesgo - Rendimiento



Fuente: Navarro y Espinosa. (2009). Gestión del Capital de Trabajo como proceso de la Gestión Financiera Operativa.

5.6. Capital de trabajo

En el origen del concepto de Capital de Trabajo queda estipulado la gestión del mismo como uno de los objetivos principales del administrador financiero o cualquier

ente de la organización con rol de velar por el bienestar de los recursos financieros de la compañía, observándose por tanto una inclinación en definir el concepto como el correcto manejo o administración de todas las cuentas corrientes de la empresa, que incluyen por tanto activos corrientes (Selpa Navarro & Espinosa Chongo, 2009).

Partiendo de que un gerente financiero o ente tomador de decisiones dentro de cualquier compañía, debe encaminar sus esfuerzos a conseguir el máximo beneficio económico para la misma, lo que conlleva a que tenga una alta responsabilidad en asegurar de manera efectiva y eficiente recursos y operaciones financieras, a través de la ejecución de diferentes acciones enfocadas hacia su logro, tales como el poder determinar los niveles adecuados de capital de trabajo, garantizar el adecuado manejo del inventario, velar por una eficiente utilización del efectivo con el que cuenta la compañía (Gracia Serna, 1991). Siendo así, el capital de trabajo un foco de atención trascendental que debe ser administrado y gestionado de la mejor manera posible.

Razón por la cual, la administración del capital de trabajo se centra en la administración de flujos de efectivo de corto plazo, evaluando su momento oportuno, riesgo y efecto sobre el valor de la empresa; entendiendo como capital de trabajo los activos corrientes que representa gran parte de la inversión que transcurre de una forma a otra, como la transición constante de efectivo a los inventarios, luego a las cuentas por cobrar y finalmente a efectivo (Gitman & Zutter, 2012). Por consiguiente, el capital de trabajo son todos aquellos recursos representados en gran porcentaje por aquel disponible que se origina al efectuarse una correcta rotación de los inventarios y cuentas por cobrar, y que ayudará posteriormente a la oportuna atención de los compromisos de servicio a la deuda, reposiciones de los activos fijos requeridos y dividendos (Gracia Serna, 1991).

5.7. Administración del capital de trabajo

La administración del capital de trabajo es crítica por diversos motivos (Van Horne, 2010). Los activos corrientes de una empresa tradicional de manufactura representan más de la mitad del total de activos, lo que, para una compañía de distribución

representan aún más. Por lo que, en una compañía que presente niveles excesivos de activos corrientes presentan un rendimiento inferior con relación a la inversión; sin embargo, si se piensa que la mejor solución a tal situación es invertir en menor proporción en activos corrientes, se tiene que las empresas con pocos activos corrientes pueden incurrir en faltantes con una mayor probabilidad y por ende exhibir dificultades para mantener una operación sin obstrucciones. Ahora bien, con relación a los pasivos corrientes, se tiene que tanto las compañías pequeñas como las compañías grandes, los pasivos corrientes suelen ser la fuente principal de financiamiento.

Así, una eficiente gestión del capital de trabajo depende en gran medida de la capacidad del gerente financiero para administrar eficazmente los activos corrientes de la empresa, tales como: las cuentas por cobrar, el inventario y el efectivo; al igual que todos los pasivos corrientes, tales como: las cuentas por pagar y deudas a corto plazo. De modo que, al finalizar su ejercicio, consiga el equilibrio esperado entre la rentabilidad de la compañía y el riesgo en el cual se ha visto inmersa, contribuyendo de esta manera, en el aumento progresivo del valor de la empresa. (Gitman & Zutter, 2012).

En atención a lo anterior, se expone que algunas de las estrategias más comunes para la reducción de costos financieros y a su vez el aumento de los fondos de inversión son la continua disminución de los fondos destinados al capital de trabajo, de modo que la participación de los activos corrientes en relación a los activos totales de la empresa disminuya, generando un efecto positivo en las utilidades, aunque aumente a su vez el riesgo de iliquidez de la compañía (Gitman & Zutter, 2012). En pocas palabras se tiene que , la Gestión del capital de trabajo es aquel proceso dedicado a la planeación, ejecución y control del manejo de todos los componentes que conforman el Capital de Trabajo de una compañía, que conlleve a la minimización el riesgo y maximizar la rentabilidad empresarial (Selva Navarro & Espinosa Chongo, 2009).

5.8. Inversiones en capital de trabajo

El capital de trabajo comprende la inversión neta en activos corrientes (Brealey, Myers, & Allen, 2010), siendo sus componentes más importantes: Los inventarios, las cuentas por cobrar y las cuentas por pagar; de modo que, dentro de las inversiones destinadas para el capital de trabajo, los inventarios representan una gran porción de este último, a pesar de que son activos corrientes más riesgosos en comparación a los activos fijos. Por tanto, es común que la disposición general del gerente financiero hacia los niveles de inventario sea mantenerlos bajos y controlados, ya que se ha demostrado que los efectos opuestos sobre la utilidad y el riesgo se deben a una disminución de la razón entre activos corrientes y activos totales, con la finalidad de tener la certeza de que los recursos económicos de la empresa no se están invirtiendo de manera imprudente en recursos excesivos; entendiendo que la intención principal de empresa con respecto a la administración de los inventarios, es efectuar la rotación tan rápido como sea posible, sin que se produzcan desabastos. (Gitman & Zutter, 2012).

5.9. Los inventarios

Para el desarrollo de este trabajo es sumamente importante definir desde un principio cuál será la concepción que se tiene con respecto a los inventarios. Según la definición que presenta la Real Academia de la lengua Española (RAE, 2018), el termino inventario o *stock* (en inglés) consiste en las existencias de bienes, mercancías o demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, guardadas en un almacén. Otra definición de inventario, es el mantenimiento de unidades suficientes de bienes que garanticen una operación fluida en un sistema de producción o en una actividad comercial. (TAHA, 2005)

Sin embargo, para el entendimiento y uso práctico del termino inventario en este trabajo, también puede ser definido como las acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa, que se hallan con frecuencia en lugares como almacenes, patios, pisos de

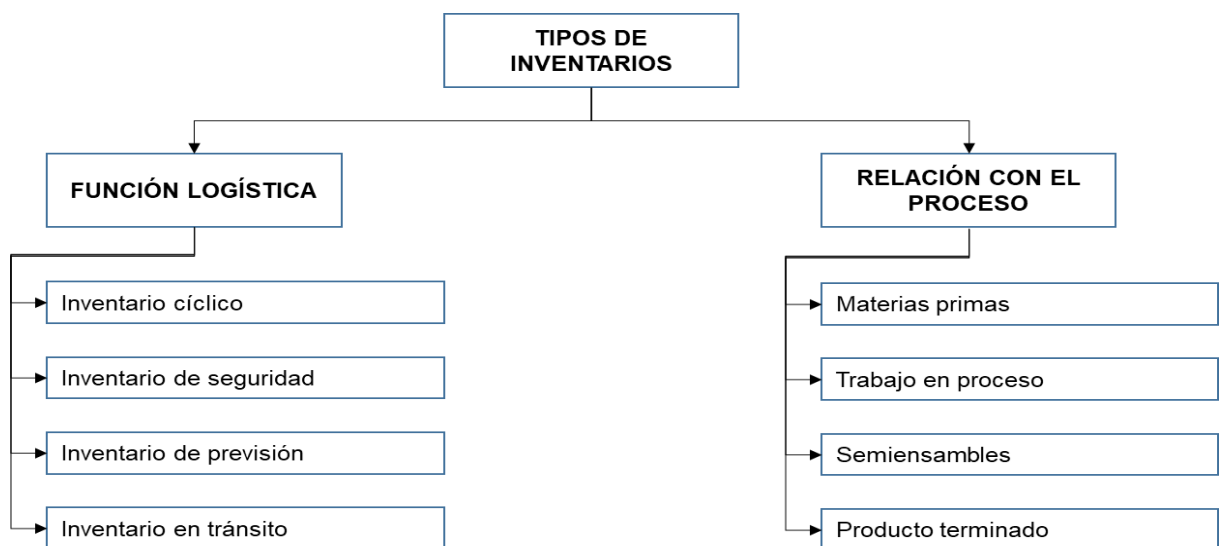
las tiendas, equipo de transporte y en los estantes de las tiendas de menudeo. (Ballou, 2004)

La base fundamental de toda empresa por tanto independientemente de su actividad son los inventarios, y más aún para todas aquellas de carácter comercial (Loja Guarango, 2015), debido a que la razón de ser de sus labores diarias radica en la compra y venta de productos terminados, considerando aquel escenario como el principal objeto de estudio del presente documento. Así pues, tomando como base lo anteriormente descrito, surge la necesidad de efectuar un adecuado manejo de los inventarios, entendiendo que éstos tienen el objetivo fundamental de proveer de manera oportuna los materiales, insumos, productos y entre otros bienes, además de satisfacer las necesidades reales de la compañía a través de una correcta disposición en los momentos indicados y una gestión atentamente controlada y vigilada.

5.10. Tipos de inventarios

Teniendo en cuenta que dentro de la cadena de abastecimiento pueden existir diferentes tipos de inventarios, con diferentes funciones y características, resulta muy importante poder distinguir de forma clara las clases de inventarios que existen. Por consiguiente, en la Figura 2, se muestra la clasificación y los tipos de inventarios.

Figura 2. Clasificación y tipos de inventario.



Fuente: Elaboración Propia.

5.10.1. Según su Función logística

Este tipo de clasificación del inventario de forma funcional es vital, debido a que contribuye a la toma acertada de decisiones y previene errores en torno a la gestión de los mismos (Vidal, Fundamentos de gestión de inventarios, 2005). Por lo tanto, los inventarios pueden clasificarse como:

- *Inventario Cíclico*: este tipo de inventario está directamente relacionado con la demanda media y representan básicamente la cantidad de stock que está disponible en cualquier momento y que es resultado del hecho de ordenar o producir por lotes.
- *Inventario de Seguridad*: este tipo de inventario representa las cantidades de stock que se conservan siempre disponibles con el fin de atender las variaciones de la demanda.
- *Inventario de Previsión*: esta clasificación representa las unidades de inventario que se reúnen con anticipación para poder responder a altos niveles o picos de demanda.
- *Inventario en Tránsito*: esta clase de inventario abarca todos los productos que están entre los eslabones de la cadena de abastecimiento, como las unidades que se encuentran en el proceso productivo (trabajo en proceso) o en las etapas de transporte entre instalaciones.

5.10.2. Según su Relación con el proceso

Se debe tener en cuenta que, según la perspectiva del controlador de inventarios y la relación que mantienen con el proceso; puede variar también la forma en que se manejan y por tanto clasificarse conforme a dicha relación directa con el proceso (Muller, 2005).

- *Materia Prima*: son aquellos productos que se utilizan para crear posteriormente artículos parciales o productos terminados.
- *Trabajo en Proceso*: este tipo de inventario pertenece a los artículos que se encuentran en la etapa de elaboración, desde el tiempo que las materias primas llegan a convertirse en productos parciales.

- Sub-ensambles: estos son las cantidades de partes ya fabricadas, que son completadas de forma parcial para mantenerse con inventario en procesos de ensambles o montajes.
- Producto Terminado: son las cantidades de stock de ítems que están listos para su venta a los clientes. Los cuales pueden ser producto final de un proceso productivo o de comercialización.

5.11. Control de inventarios

En virtud de ello, una de las decisiones más abordadas por los gerentes y/o entes tomadores de decisiones a lo largo de los años, se han direccionado hacia la administración de los inventarios, llegando a ser catalogada como una de las funciones administrativas más importantes en el ámbito organizacional, en virtud de que el inventario como es bien sabido, requiere de una parte considerable del capital de trabajo de la compañía y posee gran influencia en la correcta operatividad (Mongua G. & Sandoval R., 2009). En consecuencia de ello, el control de inventarios dado su fuerte impacto en las áreas del negocio, ha promovido la creación y utilización de diversos enfoques que permiten su administración. Por ello, se observa que tradicionalmente el control de los inventarios se ha centrado en un enfoque ex-ante en lugar de un enfoque ex-post, lo cual significa que normalmente los resultados de una acción concreta en el control de los inventarios se prevén con anticipación, en vez de examinar los resultados reales obtenidos por dichos inventarios con el enfoque ex - post, diferenciándose así en que por ejemplo, con el enfoque ex - ante se habla de la rentabilidad esperada de la inversión de los inventarios, mientras que con el enfoque ex post se habla del rendimiento generado por la inversión de los mismos (Tapiero, 2003).

Además, es posible encontrar en la práctica existen diversos modelos teóricos para el control de inventarios, aunque muchos de estos con utilidad limitada, en factores de flexibilidad, gestión de retrasos en el suministro y otras importantes cuestiones que suelen ser determinantes para la adopción de una política apropiada que sea a su vez sensible a la demanda y otras incertidumbres (Tapiero, 2003). Sumado a esto,

y retomando lo brevemente mencionado en secciones anteriores, se tiene el hecho de que los modelos tradicionales de control de inventarios tampoco satisfacen las necesidades de los planificadores de aversión al riesgo, es decir no sugieren mecanismos para la reducción de la posibilidad de obtener perjuicios financieros, convirtiéndose de esta manera en una postura importante a considerar en las recientes investigaciones y futuras propuestas por parte de diversos autores (Chen, Sim, Simchi, & Sun, 2007), tal como se analizará posteriormente en el presente trabajo.

5.12. Política de inventarios

En consecuencia de un propicio control de los inventarios, aparece entonces la necesidad de utilizar una oportuna política como se habló en el párrafo anterior, teniendo presente que una política de inventarios, encierra un conjunto de decisiones cuyo propósito consiste en poder coordinar la demanda, el suministro de los productos y la disponibilidad en capacidad para la adquisición del mismo, de tal forma que las metas trazadas por la compañía se logren con base en los costos generados y el nivel de servicio esperado, bajo las características específicas de cada tipo de producto y las propiamente presentes en el mercado sobre el que se está ejerciendo la actividad. Por esta razón, la elección de los esquemas conceptuales tanto cualitativos como cuantitativos deben considerar todas aquellas particularidades del contexto en que se desenvuelve la empresa, a fin de que la selección de la política de inventario sea la correcta y permita a su vez una total adaptabilidad al sistema (Velázquez Gómez, 2012).

Aunque la elección de la mejor técnica para la determinación de una óptima política de control de inventarios parece ser una tarea bastante compleja de llevar a cabo, muchas compañías se han dado a la tarea de renovar la manera en que manejan sus activos de este tipo, introduciéndose por tanto en la utilización de técnicas propias de la investigación de operaciones para conseguir dicho cometido (Hillier & Lieberman, 2010). A fin de ello, se plantea la ejecución de los siguientes pasos:

- I. Formulación de un modelo matemático que permita conseguir la descripción del comportamiento del sistema de inventarios.
- II. Elaboración de una política óptima de inventarios a partir de dicho modelo.
- III. Utilización de un sistema de procesamiento de información computarizado para mantener registros de los niveles del inventario.
- IV. Aplicación de la política óptima de inventarios para señalar cuándo y cuánto conviene reabastecer de producto.

5.13. Gestión de inventarios

En la actualidad, la gestión de los inventarios se ha convertido en una labor de suma importancia para las empresas de cualquier tamaño en todo el mundo, su trascendencia radica en el impacto que su administración genera a la toma de decisiones estratégicas y tácticas. Por lo que, un mal control o manejo de los inventarios puede generar problemas en todas las actividades operativas, logísticas, de planeación y en general en toda la cadena de abastecimiento de una organización; esto sin olvidar los efectos económicos y financieros que trae consigo cualquier error en la toma de decisión relacionada con la adquisición de este rubro.

A pesar de su importancia, los desarrollos entorno a la gestión de inventarios no han sido muy trascendentales, dado que, la mayoría de los estudios en este campo siguen enfocados hacia el manejo y control operativo de los mismos, lo cual ha limitado su exploración a enfoques convencionales con más de 50 años de historia; de modo que mucho de los aportes llevados a cabo en este contexto, se encaminan básicamente en la búsqueda de la mejor forma para conseguir una rápida rotación de los mismos que garantice su vez la ausencia de pérdidas por ventas a causa de no estar correctamente provisionado de producto (Gitman & Zutter, 2012); pues como es bien sabido, la mayor parte de las empresas requieren de la presencia de este activo para desempeñar su actividad diaria, por lo cual el mantener un nivel adecuado de los mismos se convierten en una ardua tarea de ejecutar y mantener.

Además, es importante tener en cuenta que bajo el enfoque tradicional existen una serie de factores fundamentales que rigen la mayoría (casi todos) de los modelos de

inventarios en la actualidad, en los cuales siempre es necesario que la política de inventarios resultante responda a tres interrogantes fundamentales, como son: cada cuanto revisar los niveles de inventario, cuándo ordenar y que cantidad ordenar. Bajo estas 3 principales cuestiones se suelen basar las técnicas convencionales para la administración de los inventarios. Aunque existen varios tipos de modelos con este mismo propósito, en este documento se enseñarán posteriormente los más relevantes con respecto a su trascendencia y aceptación.

Considerando por otro lado que para cualquier organización la administración de riesgos financieros es vital para mejorar el desempeño de sus inversiones, se podría entonces entender a los inventarios como un proyecto de inversión (Ramírez & Manotas, 2014), teniendo en cuenta que este tipo de decisiones involucra la toma de decisiones que constantemente están inmersas en un amplio conjunto de escenarios que conllevan a evaluar los posibles riesgos que presenta el uso de una determinada política de gestión de inventarios, así pues, de acuerdo con cualquier procedimiento que pueda reducir la inversión requerida para generar un volumen dado de ventas puede tener un efecto positivo sobre la tasa de rendimiento de la empresa (Weston & Brigham, 1994).

De esta forma, el tópico de los inventarios es un tema trascendental para las organizaciones, en especial para el área de logística y administración de la cadena de abastecimiento; por lo que después del transporte, los inventarios constituyen el principal componente de los costos totales de logística en la mayoría de las industrias (Ballou, 2004), además de que son denominados como los activos corrientes menos líquidos, por lo que deben suministrar el rendimiento más alto para justificar su inversión (Ortiz Anaya, 2015). Por lo que resulta preciso mencionar que los principales determinantes de la inversión en inventarios suelen ser: el nivel de las ventas, la longitud y la naturaleza técnica de los procesos de producción y la durabilidad en comparación a la caducidad del producto terminado (Weston & Brigham, 1994).

Así pues, una de las maneras para lograr una óptima gestión de inventarios consiste en disminuir la inversión del capital de trabajo en inventarios de ítems con baja rotación y asignarlos a inventarios de productos con alta demanda, el resultado de este ejercicio es usualmente positivo y mejora a su vez el nivel de servicio, sin tener que invertir capital adicional en este rubro. (Vidal, Fundamentos de gestión de inventarios, 2005); ocasionando por tanto, que sea posible percibir el rendimiento esperado de la inversión realizada al momento de adquirir ciertos niveles de inventario de aquellos productos con una mayor rotación, que si se optara por la adquisición de los que no la presentan, siendo por tanto prenda de garantía para los administradores de inventario.

5.14. Importancia de la gestión de inventarios

El manejo de los inventarios como es bien sabido, contribuye de gran manera a una correcta administración de los recursos escasos de una empresa, puesto que mediante el indicado proceso de toma decisiones se puede dar solución a diversos conflictos financieros que una empresa experimenta; considerando que el propósito principal de adquirir inventarios es el de poder asegurar la existencia de bienes que permitan dar cumplimiento a la demanda futura. Ahora bien, considerando el impacto que representan los inventarios en el capital de trabajo de las empresas, el cual se constituye en gran proporción por los mismos, y otros activos circulantes de la empresa como: caja, bancos, clientes, deudores, entre otros; conlleva a que deban administrarse eficientemente para mantener la suficiente liquidez que garanticen una correcta ejecución de las operaciones cotidianas de las compañías (Monterrey, 2012).

Por tal motivo, en las últimas décadas varios autores han planteado nuevas y diversas formas de gestionar los inventarios de una manera eficiente, por lo cual en el presente inciso se identificarán los modelos tradicionales en contraste al enfoque financiero que se busca abarcar en este trabajo, así como también, las diferencias entre estos; de modo que se logre identificar de forma clara las principales ventajas y desventajas que presentan la aplicación de cada uno en el contexto comercial. De este modo, se

tiene que la necesidad de gestionar los inventarios se origina del hecho de que se consiga asegurar los niveles de producto necesarios para garantizar el funcionamiento de la empresa y la satisfacción del cliente, por lo que los inventarios deben entonces desarrollar la función de colchón de manera que, ante un cambio de demanda o dificultad de abastecimiento, la empresa no se vea afectada y continúe sus operaciones con total normalidad. (Zapata Cortes, 2014)

De manera más detallada y en aras de identificar las ventajas que sobrevienen del mantenimiento de los inventarios en las empresas, García-Sabater (2006), plasma las razones fundamentales para la adquisición de inventario, resaltando que dentro de las más representativas se encuentran: las variaciones del aprovisionamiento frente a un comportamiento de demanda estable, la variación y estacionalidad de la demanda, las apariciones de restricciones económicas, los motivos financieros o de especulación y el aseguramiento frente a irregularidades (Ferrero Bécares, 2015). Razones que pueden ser racionalmente complementadas con el hecho de que permiten dar cumplimiento a los requerimientos de demanda de los clientes, brindan protección ante eventos inesperados y ofrecen ventajas de ahorros económicos (Patil & Singh, 2016), tal como se expresa a continuación:

- Cumplir con la demanda de los clientes: al mantener inventario se garantiza la satisfacción inmediata del cliente, por el hecho de que este encontrará el producto cuando quiere y en las cantidades solicitadas.
- Protegerse contra la escasez de suministros y entregas retrasadas: dado el comportamiento inestable y frecuentemente presentado a lo largo de la cadena de suministro frente a los requerimientos de productos pedidos; es importante presentar una protección ante dichos acontecimientos que puedan de alguna manera generar retrasos y problemas de abastecimiento.
- Aprovechar los descuentos por cantidad: las grandes órdenes suelen permitir la reducción de costos de operación, como el relacionado con el envío; además de concebir la reducción de la probabilidad ante el acontecimiento de que el costo de dicho inventario se eleve en algún tiempo futuro.

Argumentos por las cuales, el hecho de eliminar totalmente los inventarios de las operaciones de las empresas no se ha considerado completamente por las mismas, lo que conlleva a que se ejecute un correcto control sobre estos y por ende se pueda obtener el rendimiento esperado de la inversión realizada para su adquisición, a su vez que se disminuyan los costos generados por los mismos, mientras se goza de las ventajas que trae consigo su mantenimiento; pues es importante considerar que, el propósito fundamental del control de los inventarios, consiste en asegurar el funcionamiento de las actividades de la empresa a través de la optimización de tres objetivos fundamentales: Servicio al cliente, costos de inventario y costos operativos (Zapata Cortes, 2014).

De este modo, una optimización conjunta de estos tres elementos conlleva a que sean igualmente considerados, debido a que cada uno de estos posee el mismo nivel de importancia. Y esto debido a que, si se llegase minimizar los costos de inventario, se puede incurrir en bajos niveles en la disponibilidad de producto, lo cual conlleva a que se presente una probabilidad baja respecto a la satisfacción del cliente. De igual forma, si se pensara en disminuir los costos operativos, la gestión de inventarios podría ser insuficiente afectando el lead time de reabastecimiento y por ende la satisfacción del cliente. Ahora bien, si se piensa en aumentar el nivel de servicio al cliente, los costos de inventario y los costos operativos se verán afectados hacia un incremento de sus valores, lo que a su vez puede afectar la rentabilidad de la empresa. Por consiguiente, se debe velar a través de la gestión de los inventarios la búsqueda de aquel punto que permita dar cumplimiento a cada uno de los tres objetivos, sin que se vean afectados mutuamente.

La gestión de inventarios implica conocer entonces con mayor precisión la cantidad a mantener de cada referencia por parte de la empresa, tal que los costos generados por los mismos representen la menor cantidad posible (Zapata Cortes, 2014); para lo cual, es importante considerar en términos generales las ventajas y desventajas que trae consigo la adquisición de altos y/o bajos niveles de inventario para la empresa, pues cada una de estas dos posiciones suelen traer consigo repercusiones tanto

positivas como negativas para la misma, tal como se logra evidenciar en las dos de tablas mostradas posteriormente.

En la Tabla 1. Se listan las ventajas y desventajas más representativas de mantener niveles bajos de inventario.

Tabla 1. Ventajas y desventajas representativas de mantener bajos niveles de inventario

MANTENIMIENTO DE BAJOS NIVELES DE INVENTARIO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Reducción del costo total de la operación de almacenamiento.	Alta probabilidad de incurrir en faltantes
Reducción de flujo de caja	
Reducción en el capital neto operativo	
Minimiza la probabilidad de deterioro	

Fuente: elaboración propia

En la *Tabla 2* se listan las ventajas y desventajas más representativas de mantener niveles altos de inventario.

Tabla 2. Ventajas y desventajas representativas de mantener altos niveles de inventario

MANTENIMIENTO DE ALTOS NIVELES DE INVENTARIO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Agilidad en las entregas	Tiempos excesivos de búsqueda de materiales
Confiabilidad en la operación de reparto de mercancía	Falta de visibilidad de inventario
Altos niveles de servicio al cliente	Errores de conteo
Resuelve la problemática de agotados	Mayor probabilidad de deterioro
Resuelve la problemática de pedidos atrasados	Altos costos
Fidelización de los clientes	
Evitar incurrir en descuentos como compensación de incumplimiento	

Fuente: elaboración propia

Así pues, el hecho de considerar las ventajas y desventajas que trae consigo el mantenimiento de diferentes niveles de inventario, lleva a la generación de dos preguntas globales para el manejo de inventarios, las cuales deben ser resueltas por

los entes tomadores de decisiones si su cometido consiste en gestionar oportunamente los inventarios, dichas preguntas son: ¿Qué cantidad se debe ordenar? Y ¿Cuándo se debe emitir una orden? De modo que, al ser estos cuestionamientos resueltos, su respuesta se convierte en clave fundamental para todos y cada uno de los diferentes modelos de inventarios existentes y que puedan surgir (Nemtajela & Mbohwa, 2017).

5.15. Modelos para la gestión de inventarios

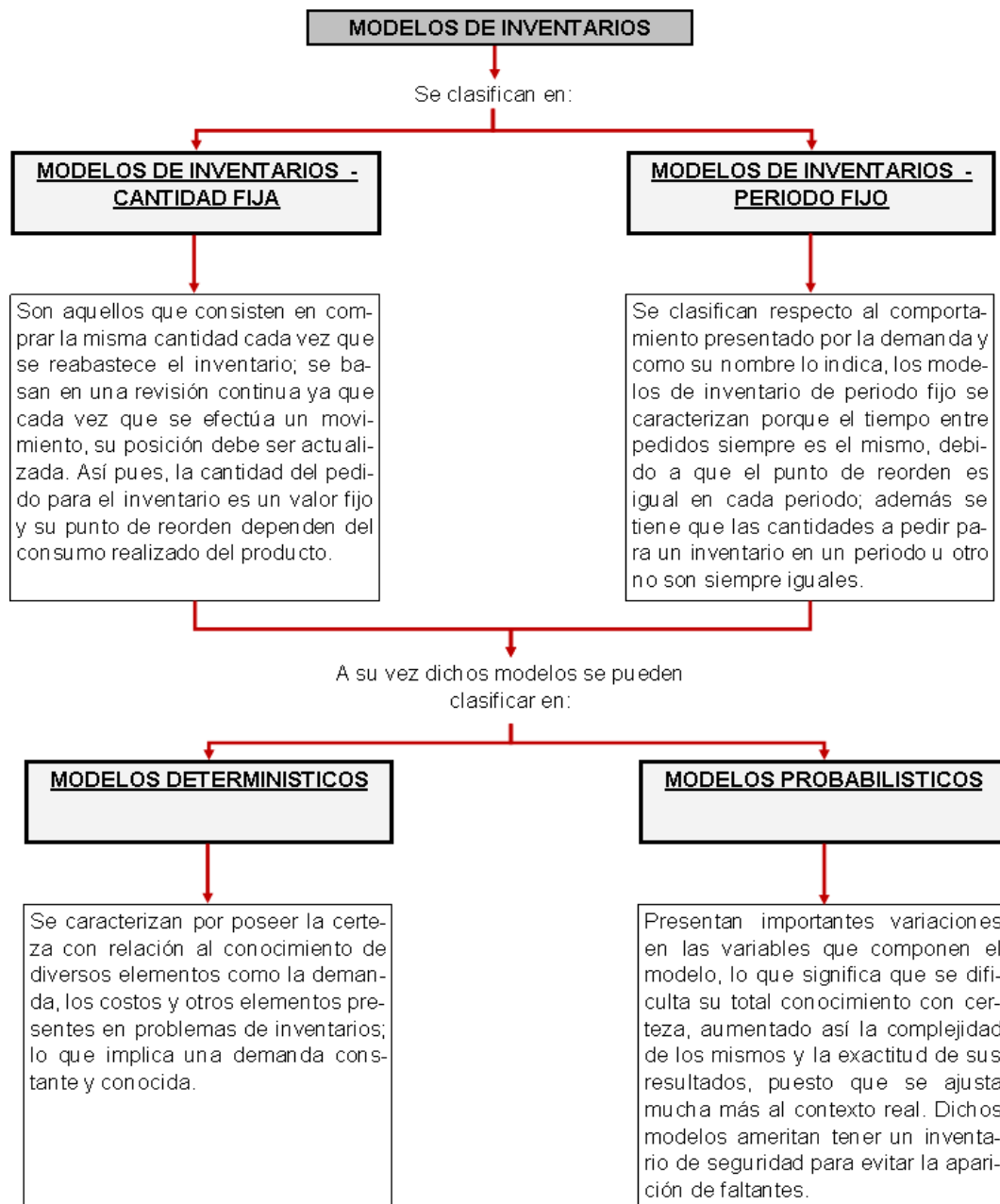
Creando una antesala para los modelos de gestión de inventarios, se dice que estos contribuyen a percibir la rentabilidad esperada y deseada por inversionistas sobre el dinero dispuesto para la adquisición de los inventarios, minimizar las inversiones en capital de trabajo de modo que no se vea alterado el servicio al cliente y atender el nivel de servicio mediante la disponibilidad requerida por el mercado.

Siendo entonces los anteriores criterios, objetivos fundamentales característicos de los modelos para la gestión de inventarios (Anaya Tejero, 2007); reflexiones que han llevado a muchas empresas a dirigir sus esfuerzos hacia la generación y aplicación de diversos métodos que permitan una correcta administración de dichos rubros en los diferentes escenarios posibles; puesto que cada empresa o situación específica en cualquier entorno organizacional posee diferentes necesidades, características, objetivos y comportamientos marcados por el mercado. Razón por la cual, aparecen diversos sistemas de gestión de inventarios que facilitan la adaptación a cada situación; como por ejemplo el hecho de que los modelos clásicos se desarrollaron para tratar con demandas independientes, pero cuando dependen de otros materiales, es necesario aplicar modelos más complejos. (Ferrero Bécares, 2015)

En últimas, se busca que por medio de los modelos de inventario se logre determinar una política óptima, que sea capaz de indicar cuándo se debe reabastecer un inventario y en qué cantidad, considerando que el objetivo fundamental es minimizar el costo total de inventario por unidad de tiempo (Mongua G. & Sandoval R., 2009) o lo que en su defecto es equivalente a maximizar las ganancias o contribuciones manteniendo un equilibrio entre los costos en los que se incurre. Así mismo se tiene,

que los modelos de inventarios principalmente se clasifican de acuerdo a su filosofía, es decir si se trata de un modelo que considera una cantidad fija o de un modelo que considera un periodo fijo, de igual forma que lo hace con relación al conocimiento de sus variables, tal como se muestra en la siguiente Figura 3.

Figura 3. Clasificación de los modelos de inventarios



Fuente: elaboración propia

5.15.1. Modelos tradicionales de gestión de inventarios

Tradicionalmente, la construcción de una política de inventarios se realiza con el fin de dar solución a tres cuestiones cruciales que la mayoría de empresas enfrentan a diario, como son: ¿Cuánto ordenar?, ¿Cuándo ordenar? Y ¿Cada cuánto revisar los inventarios? No obstante, las respuestas a estos interrogantes pueden variar en gran medida debido a características particulares de cada caso, tipo de inventario y el entorno de producción en el que se trabaja.

Es preciso puntualizar que, existen otros elementos que interactúan en la formación de un modelo de gestión de inventarios, como lo son: las presunciones relacionadas a la distribución de la demanda, la estructura de costos y las características físicas del sistema, convirtiéndose en configuraciones fundamentales que definen la complejidad del modelo (Dos Santos, 2001). Naturalmente, cuando hay incertidumbre, el enfoque establecido consiste en optimizar los valores esperados de las medidas de rendimiento. Dichos elementos y su profundización serán tratados de manera más amplia en secciones posteriores del presente documento.

En adición a lo anterior, en la literatura son extensos el número de trabajos que se han desarrollado para dar respuesta a los problemas de gestión de inventarios de un único producto, pese a que en la práctica muchos de los modelos de gestión de inventarios implican varios ítems. Sin embargo, los modelos tradicionales para un SKU (Stock-Keeping Unit) o ítem individuales, también tienen validez a la hora de reproducir las principales características de sistemas más amplios y con problemas reales.

Ahora bien, con respecto al tratamiento de la aleatoriedad de la demanda en el diseño y operación de los sistemas de gestión de inventarios, se suele presentar que el común denominador en tal aspecto, se direcciona a ignorar dicho fenómeno, ya que al incluir la aleatoriedad de la demanda en el campo académico conlleva un alto grado de complejidad que se refleja en costos y tiempos de solución computacional inasequibles; de modo que, cuando se le da importancia a la aleatoriedad de la demanda en los modelos tradicionales de gestión de inventarios, se suelen

complementar con el uso de pronósticos para ajustar la demanda de los ítems más importantes para una empresa y metodologías más simples como el esquema de los 3 escenarios (pesimista, más probable y optimista), el cual es ampliamente utilizado en análisis financiero y evaluación de proyectos de inversión, (Gutierrez & Vidal, 2008).

Es claro entonces, que el éxito competitivo de una empresa puede mantenerse y mejorarse mediante la correcta aplicación de metodologías que permitan mejorar el manejo y la gestión de sus inventarios, teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda del producto y la aleatoriedad en los tiempos de reposición. A pesar de ello, no existe una metodología única que permita integrar los factores anteriormente descritos, siendo posible encontrar en la literatura diversos modelos y técnicas que varían conforme a la situación específica sobre la cual se desea decidir, como por ejemplo al admitir un tipo específico de demanda, tales como los *modelos para demanda determinística: modelo básico del lote económico de pedido (EOQ), el EOQ con descuentos por cantidades de compra o de producción, EOQ con rata finita de reposición, algoritmo de Wagner-Whitin y el heurístico de Silver-Meal; y los sistemas de control de inventarios para demanda probabilística: (s, Q) , (s, S) , (R, S) y el (R, S, s)* , (Vidal, Fundamentos de gestión de inventarios, 2005).

Control de inventarios con demanda determinística

- **Modelo básico del lote económico de pedido (EOQ):**

En la actualidad, el modelo más conocido, utilizado y tal vez, el más simple de abordar es el modelo de cantidad económica de pedido EOQ (por sus siglas en inglés *Economic Order Quantity*), expuesto por Ford W. Harris (1913), con el cual es posible determinar la cantidad *óptima* de ordenar, con base en varios supuestos como el costo fijo de realizar un pedido, el costo unitario de producto a ordenar y los costos de mantener inventarios en un periodo fijo. No obstante, el modelo presenta muchas falencias debido a que se basa en suposiciones como que la demanda es constante y conocida, el Lead Time es constante y se conoce con certeza, no existen

restricciones para el tamaño de cada lote y no hay descuentos por unidades; lo cual, lógicamente no sucede en un entorno real, por consiguiente, el modelo no permite simular acertadamente las características reales de la cadena de abastecimiento.

A partir de este modelo, se generan a lo largo de todo un siglo diversas variaciones y adaptaciones en busca de mejorar la capacidad predictiva del mismo. De acuerdo con (Alessandro Andriolo, 2014) este problema ha atraído la atención de los investigadores, y varios modelos han sido desarrollados para cumplir con los requerimientos de la demanda a un costo mínimo. Lo que, a su vez ha promovido una amplia variedad de focos de investigación encontrados en la literatura a partir del modelo básico de Harris del modelo EOQ. Se sugiere revisar el trabajo de Alessandro Andriolo (2014), quien hace una completa investigación de la evolución del modelo a lo largo del último siglo.

- **EOQ con descuentos por cantidades de compra o de producción:**

De acuerdo a lo anterior, y entendiendo que, en el mundo comercial, es usual que los proveedores con el fin de incrementar sus niveles de ventas, ofrezcan descuentos a sus clientes por compras en gran volumen, surge una variación del modelo básico EOQ que considera dichas reducciones, que resulta de suma importancia a la hora de determinar las cantidades óptimas de pedido, de manera que se logre escoger la cantidad más económica, siempre y cuando la demanda así lo requiera y los demás factores sigan constantes. Es importante resaltar que los descuentos pueden ser uniformes o graduales, y en cada caso, se exige un tratamiento diferente. Además, en comparación al modelo básico del EOQ, el costo de adquisición ya no será constante en ninguno de los dos casos, sino que dependerá del volumen de pedido que se pretenda pedir. Por lo tanto, el costo total anual también se verá afectado.

Es de resaltar que para el modelo EOQ con descuentos cambia un poco el enfoque final de su aplicación, ya que se busca identificar el intervalo más adecuado en tamaños del lote que permite minimizar el total de los costos anuales de la política de inventarios, los cuales suelen estar cerca de los puntos de quiebre correspondientes

a cada nivel de descuento (Zapata Cortes, 2014). A continuación, se repasarán brevemente los dos casos de descuentos para el modelo EOQ.

Descuentos Uniformes: para el caso de los descuentos uniformes, se entienden que el descuento pactado se le aplica a todas las unidades que se encuentran dentro de un intervalo n de cantidad de unidades ordenadas. El cual es mayor a medida que se aumenta el número de unidades a ordenar en un pedido hasta llegar a un tope máximo. Una ilustración de estos descuentos uniformes se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Descuentos uniformes por cantidades a comprar

INTERVALO n	CANTIDADES A ORDENAR	VALOR UNITARIO (\$/Unidad)
1	Desde 1 hasta 200	100,00
2	Desde 201 hasta 500	93,70
3	Desde 501 hasta 800	82,50

Fuente: elaboración propia

Debido a que el precio unitario es el mismo para todas las cantidades de pedidos dentro de cada n intervalo de compra, este caso se reduce a la aplicación del modelo básico EOQ para cada uno de los intervalos de descuentos, cuyo resultado será el costo anual óptimo para cada intervalo de descuento considerado. Eventualmente, se elegirá aquel que presente el menor costo total anual.

Descuentos graduales: Por otro lado, el caso de descuentos graduales no difiere mucho del caso anterior.; la principal diferencia es que la reducción del precio unitario del artículo no se aplica uniformemente a todas las unidades ordenadas, es decir, que para cada intervalo n de descuentos, se le aplica un descuento diferente al precio de adquisición del artículo. Por consiguiente, el cálculo puede resultar un poco más engorroso, debido a que el coste de adquisición debe expandirse a la suma de los costos por intervalo aplicado (los costos acumulados por cada intervalo recorrido más un costo extra), tal y como se expresa a continuación:

Tabla 4. Descuentos graduales por cantidades a comprar

INTERVALO <i>n</i>	CANTIDADES A ORDENAR	VALOR UNITARIO (\$/Unidad)
1	Hasta 150	100,00
2	De 151 hasta 350	91,30
3	De 351 hasta 700	84,10

Fuente: elaboración propia

Por ejemplo, si se pretende ordenar 400 unidades que obedezcan a la Tabla 4, en su configuración de precio de venta, se tendría que calcular el costo de adquisición acumulado resultante de \$33.260 ($150 \times \$100 + 200 \times \$91,30$) más un costo extra de \$4.205 ($50 \times \$84,10$). Por lo tanto, el costo total de adquirir 400 unidades sería entonces de \$37.465 ($\$33.260 + \4.205).

Por otro lado, es bien sabido que, en el entorno real de las empresas, es común que en algún momento no sea posible satisfacer la demanda de cierto producto debido a la falta o inexistencia total de existencias en inventario. Esta situación genera una demanda insatisfecha o demanda perdida, lo cual puede llegar a perjudicar a la empresa debido a las pérdidas en ventas, mala imagen, posible disminución de los clientes, reducción en el nivel de servicio, etc. Sin embargo, en algunas ocasiones este fenómeno es permitido debido a negociaciones con los clientes, de modo que es posible *diferir* la demanda en un corto lapso y en un tamaño determinado, de manera que los costos de *diferir* dicha entrega compensen los costos de mantenimiento de inventarios, mientras es posible reabastecer las unidades necesarias.

- **EOQ con rata finita de reposición:**

Vidal (2005) expone por su parte, que la principal característica del modelo radica en la eliminación del supuesto de que la reposición se presenta de manera instantánea o de presentar una tasa de reabastecimiento infinita; de modo que, el EOQ con rata finita de reposición, en su estructura admite una reposición progresiva bajo una rata de reposición constante, la cual depende principalmente de factores estrictamente

relacionados con la obtención del producto requerido para inventario, bien sea por la rata de la producción del artículo en cuestión o en la operación logística del proveedor al momento de realizar los respectivos despachos del mismo, siendo por tanto necesario de que dicha rata de reposición sea mayor a la demanda, además por el hecho de que los faltantes de inventario no son considerados en el presente modelo.

- **Algoritmo de Wagner-Whitin:**

Otras herramientas cuantitativas que valen la pena resaltar, son los modelos matemáticos probabilísticos que se han venido desarrollando desde la década de los años cincuenta, siendo la investigación de operaciones una gran promotora en la aplicación de grandes esfuerzos en función de descifrar soluciones a complejos problemas logísticos y de gestión de inventarios (Gutierrez & Vidal, Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de Literatura, 2008). Como es el caso del algoritmo propuesto por Wagner y Within (1958), el cual es un modelo de programación lineal entera-mixta, cuyo objetivo es optimizar el costo del tamaño económico de pedido cuando se tiene una demanda determinística que varía a través del tiempo; sin embargo, los procedimientos desarrollados resultan poco prácticos debido a su compleja aplicación práctica y matemática, además de los elevados requerimientos de software especializados y costo computacional.

- **El heurístico de Silver-Meal:**

En una misma corriente, se resalta el algoritmo sugerido por Silver-Meal (1973) quienes proponen un método heurístico capaz de definir el tiempo y la cantidad de pedido en función del costo promedio del periodo, en el cual, se incluyen los costos de hacer nuevos pedidos, como también los costos de mantener inventario; con relación a la demanda, el algoritmo en cuestión considera que esta no suele comportarse de manera homogénea, a causa de diversos factores externos que caracterizan al mercado, tales como las estaciones, temporadas y/o festividades, que suelen aparecer en el contexto real, sobre el que se requieren tomar decisiones.

Otra de las técnicas más reconocidas y utilizadas en la gestión de los inventarios de materias primas e insumos en un entorno determinista, son los métodos de planeación de requerimientos de materiales (MRP), los cuales en el sector empresarial suelen usarse con la ayuda de software especializados que logren facilitar su manejo, debido a que la lógica de su funcionamiento es simple y se basa en la continua repetitividad de cálculos, que de manera manual suelen ser engorrosos y poco contraproducente. De esta manera, el uso y estudio de estas técnicas se han extendido a lo largo de las necesidades de la cadena de abastecimiento, generando nuevos pensamientos y nuevos conceptos asociados a los inventarios (López & Ocampo, 2013).

Control de inventarios con demanda probabilística

Los sistemas de control de inventarios con demanda probabilística, se describen con relación a lo expuesto por Vidal (2005), quien de forma clara y concisa explica el funcionamiento de cada uno al momento de controlar los inventarios de la siguiente manera:

- **Sistema (s, Q):**

Sistema de control continuo de inventario enfocado en el ordenamiento de inventario de un ítem individual por una cantidad fija determinada Q , cuando el inventario efectivo es igual o menor a un punto de reorden s . También suele ser conocido como el sistema de los dos cajones, debido a que su tratamiento puede ser comprendido mediante la suposición de dicho esquema, en donde la demanda generada es satisfecha por el producto dispuesto en un primer cajón, hasta que su existencia sea nula, de modo que en el preciso instante en que sea necesario hacer uso del segundo cajón, se procede a la emisión de una orden por una cantidad Q definida, permitiendo reabastecer nuevamente el segundo cajón con las unidades establecidas al punto de reorden s y el cajón inicial con las unidades restantes.

- **Sistema (s, S) :**

Sistema de control continuo de inventario comúnmente conocido como el sistema min-max basado en el ordenamiento de una cantidad requerida de un ítem individual, tal que permita incrementar el inventario efectivo hasta su nivel máximo S , cuando su medida sea igual o menor al punto de reorden s . Cantidad a ordenar que dependerá exclusivamente del inventario efectivo y del nivel máximo considerado, dando lugar a que dicho valor presente variaciones entre los diferentes periodos evaluados.

- **Sistema (R, S) :**

Sistema de control periódico de inventarios o sistema de ciclo de reposición, en el que el inventario efectivo es revisado cada R unidades de tiempo, buscando velar por un valor máximo de inventario S , mediante el ordenamiento oportuno de cantidades específicas de producto. Posee como principal característica la capacidad de controlar de manera coordinada diversos productos que presenten relación alguna, ya sea por su fuente de abastecimiento, sistema de transporte, o cualquier otra característica que promueva economías de escala al momento de producir o en su defecto ordenar el pedido. Adicional a lo anterior, se tiene que el sistema en cuestión tiende a incurrir en altos costos de mantenimiento de inventario frente a los sistemas continuos, y esto debido al requerimiento mayor de inventario de seguridad que permita cubrir la demanda y sus fluctuaciones entre periodos de revisión en los que no se cuenta con una retroalimentación continua del inventario efectivo.

- **Sistema (R, S, s) :**

Sistema de control híbrido de inventario, generado de la combinación entre los sistemas (s, S) y (R, S) , enfocado en la revisión del inventario efectivo cada R unidades de tiempo, de modo que al éste ser estrictamente equivalente o inferior al punto de reorden s , sugiere emitir una orden de pedido que con tales cantidades permita reestablecer el nivel máximo de inventario S . A pesar de que el modelo posee una tendencia a cometer errores en su uso, ha sido demostrada la notoria minimización del costo total relevante frente al arrojado por otros sistemas de control.

Los últimos estudios en el campo de la gestión de inventarios, han sido enfocados hacia un mejor tratamiento de la aleatoriedad de variables aleatorias, como la demanda o los tiempos de reposición. Un claro ejemplo de este nuevo enfoque es el modelo propuesto por Gallego et al. (2007), el cual involucra la aleatoriedad de los tiempos de reposición y el modelo clásico de gestión de inventarios, con el objetivo de minimizar los costos de adquisición, conversión, retención y penalización presentados en un sistema de control de inventarios de revisión continua. Lo anterior, mediante la transformación de prioridad de los pedidos, es decir, considerando la opción de convertir los pedidos normales de reabastecimiento a pedidos de emergencia más rápidos. Obteniendo de esta forma, una política de pedidos óptima en donde se demuestran que la magnitud de los ahorros asociados a la transformación de pedidos normales a pedidos de emergencias, es mayor que los costos asociados a la toma de dicha decisión.

5.15.2. Modelos para la gestión de inventarios basados en técnicas financieras que consideran el riesgo

Borgonovo (2009) afirma que en los últimos 20 años, la literatura ha reflejado la importancia que trae consigo las finanzas en la gestión de los inventarios, citando diversos trabajos de algunos autores, quienes a través de diferentes enfoques financieros han logrado establecer modelos o métodos para gestionar los inventarios de una manera totalmente diferente a como se hace tradicionalmente. Trabajos como los realizados por Grubbstrom y Thorstenson (1996), Thortenson (1988), Luciano et al. (2003) y Koltai (2006) enfocados hacia la aplicación de la metodología del flujo de caja descontado para obtener así una política de inventarios. Bogataj y Hvalica (2003) proponen la utilización de un criterio basado en el valor esperado junto a la metodología maximin; del mismo modo, la metodología maximin para el problema de vendedor de periódicos es discutido por Gallego y Moon (1993) y Gallego et al. (2001).

Recientemente el criterio alternativo de optimización para el problema del vendedor de periódicos ha sido estudiado por Lau (1980), quien analiza el modelo clásico del

vendedor de periódicos bajo dos diferentes funciones objetivos. La primera función objetivo se enfoca en la maximización de la utilidad esperada de los tomadores de decisiones. La segunda función objetiva encaminada hacia la maximización de la probabilidad de obtener un nivel acertado de ingreso.

En este sentido, se identifican las líneas de pensamiento que pueden ser catalogadas como líderes para la formulación de problemas de gestión de inventarios en términos del riesgo, como por ejemplo los estudios realizados por Chen et al. (2005), Ahmed et al. (2007); Gotoh y Takano (2007), Chen et al. (2005) los cuales se enfocan hacia el análisis de la aversión al riesgo en problemas de inventarios, lográndose a través de la comparación de diferentes medidas de riesgo con la utilidad óptima esperada. Ahmed et al (2007) por su parte deriva la estructura de la solución de la medida óptima de riesgo en la función de pérdidas del vendedor de noticias para un contexto de un solo ítem para múltiples periodos y Gotoh y Takano (2007) discuten la solución del problema del vendedor de noticias con CVar (Valor Condicional en Riesgo) en circunstancias en el que se tiene un solo producto para múltiples periodos.

En adición a lo anterior, y de forma más específica, se identifican otros estudios realizados por algunos autores que pueden ser aplicables a la intención del presente estudio, de modo que a través de su descripción se logre suministrar alternativas para la gestión de inventarios basadas en el riesgo financiero asociado a dicha actividad.

Tapiero (2003) a través del uso de la técnica de Valor en Riesgo (VaR) y otras consideraciones operativas, fue capaz de desarrollar un modelo matemático, dando paso a la obtención de una política óptima de inventario, equivalente a una política óptima de ordenamiento. El modelo propuesto por dicho autor considera la valoración asimétrica entre los rendimientos esperados por encima de un rendimiento objetivo y los rendimientos esperados por debajo de ese mismo nivel objetivo. La utilización de elementos usados en modelos tradicionales de gestión de inventarios, tales como el costo de faltante, costo de ordenamiento y costo de mantenimiento, una demanda aleatoria con distribución normal, un solo horizonte de tiempo, un solo ítem y la inclusión de nuevos factores como el nivel de confianza determinado por el riesgo

esperado por parte de los entes tomadores de decisiones, la desviación estándar de los rendimientos reales y esperados y una esperanza o media de un costo lineal, le permitió el desarrollo de un nuevo e interesante modelo.

Luciano y Pecatti citados por Ramírez y Manotas (2014) plantean el uso de técnicas basadas en el valor presente ajustado, mostrando además la necesidad de efectuar un correcto tratamiento de los aspectos financieros interventores al momento de administrarlos, mediante la visión estructural del capital de trabajo que conforma dicha inversión. Justamente Pecati y Cifarelli (2003) exploran la posibilidad de usar el Valor en Riesgo, resaltando el hecho de que el VaR está siendo usado cada vez más en la gestión financiera como una medida natural del riesgo; llegando así a un modelo de decisión, referente a la cantidad que se ordenará para hacer frente a una demanda aleatoria y lograr minimizar el costo esperado o para maximizar el beneficio esperado. Se tiene entonces que el tamaño de orden óptimo se encuentra definido como aquel que maximiza las ganancias descontadas esperadas originadas por la política de inventario. Con el fin de determinar la política óptima, considera los costos esperados asociados, para lo cual se suponen dos tipos de costos: costos de ordenar y costo de faltantes para cada uno de los periodos analizados, además del valor esperado y la varianza de las ganancias y costos.

Jammerneegg y Kischka (2008), por su parte, hacen uso de las funciones objetivas del riesgo (comportamiento neutral del riesgo, aversión del riesgo y el riesgo del administrador de inventario) y el conocido modelo del vendedor de noticias para determinar la política óptima de inventario; argumentando además de que la gestión de inventarios recientemente mediante la maximización del beneficio esperado o la minimización de los costos en función de la aversión al riesgo ha incrementado su utilización en busca de obtener la cantidad óptima a ordenar. De este modo, el modelo de vendedor de noticias propuesto incorpora los hallazgos experimentales y empíricos con relación a la cantidad óptima de orden que puede variar dependiendo de las preferencias de riesgo del administrador de inventario, por lo que la función objetivo del modelo resulta de la combinación convexa de dos valores condicionales

de ganancia esperados, un valor esperado condicional CVaR que está enfocado hacia los bajos beneficios y otro hacia los altos beneficios.

Chen et al. (2007), proponen la incorporación de la aversión al riesgo en modelos de inventario multiperiodo, mostrando la estructura de la política óptima de inventario para un tomador de decisiones con funciones exponenciales de utilidad; trayendo además a colación algunos trabajos realizados por diferentes autores, rescatando a Eeckhoudt et al. (1995), quien se enfoca en los efectos del riesgo y la aversión al riesgo en el modelo de vendedor de periódicos cuando el mismo es medido con funciones de utilidad esperada, determinando los efectos estáticos de comparación en los cambios de los precios y los parámetros de costo en la aversión al riesgo; a Chen y Federgruen (2000) por la aplicación del intercambio de varianza en modelos del vendedor de periódicos para horizonte de tiempo infinito; a Bouakiz y Sobel (1992) que mediante la caracterización de la estrategia de reemplazo de inventario para minimizar la utilidad esperada del valor presente neto de todos los costos en un horizonte de tiempo tanto finito como infinito, asumiendo a su vez un costo de ordenar lineal, obtienen una política de inventario óptima.

Se observa entonces, una orientación hacia un nuevo y novedoso pensamiento al momento de gestionar los inventarios, donde diversos autores han optado por la el uso y adaptación de técnicas financieras, contribuyendo a la generación de políticas óptimas. Lográndose además identificar que la fuerte motivación que impulsó al cambio de mentalidad estuvo marcada por el hecho de que los modelos tradicionales de gestión de inventario únicamente se basan en un enfoque de riesgo neutral, caracterizados en la adaptación de estrategias que maximizan la ganancia esperada, o lo que en su equivalencia conlleva a la minimización de los costos totales planeados en un horizonte de tiempo, lo que para muchos autores no resulta ser suficiente para emprender una correcta gestión de los inventarios.

Razón por la cual, resulta evidente mencionar que no todos los planeadores de inventario son neutrales al riesgo, muchos de estos prefieren ganar poco en aras de protegerse contra posibles pérdidas. Infortunadamente, los modelos tradicionales de

control de inventario fallan al momento de conocer las necesidades de los planeadores con aversión al riesgo, por tal motivo los modelos tradicionales de inventario no sugieren mecanismos para reducir los niveles de obtener ganancias desfavorables, por lo que es importante incluir la noción de riesgo a los modelos de inventario.

6. DESARROLLO METODOLÓGICO

6.1. Análisis comparativo entre los modelos tradicionales de gestión de inventarios y los modelos los basados en técnicas financieras aplicables en la gestión de inventarios

El análisis comparativo propuesto entre los modelos tradicionales de gestión de inventarios y los modelos basados en técnicas financieras que cuantifican el riesgo financiero presente en la gestión de los mismos, se realiza con base en criterios que se lograron identificar mediante la revisión de la literatura, siendo entonces considerados debido a su nivel de importancia, participación y trascendencia funcional al momento de administrar los inventarios de una manera correcta, conociendo las ventajas que trae consigo para las operaciones de las empresas, especialmente a las de fines comerciales, ya que dependen estrictamente del nivel de existencia de bienes que puedan satisfacer los requerimientos de demanda, siendo a su vez cautelosos con la sobreestimación y subestimación de las cantidades a pedir al momento de reabastecer sus stocks. Los elementos a los que se han hecho mención son:

- Demanda
- Tiempo de reposición
- Costos
- Horizonte de planeación
- Valoración del riesgo

Lo que se busca por tanto, es determinar las ventajas y desventajas que trae consigo bien sea la aplicación de la corriente tradicional o la corriente basada en técnicas

financieras, mediante la observación, análisis y comparación de cada uno de los factores referentes a cada propuesta de aplicación; de modo que se le brinde al administrador de inventarios una orientación clara para la toma de decisiones de inversión en la adquisición de estos activos, dando cumplimiento a su vez a los requerimientos y expectativas como ente decisor y a las necesidades en las que se ve expuesta la empresa. Debido a lo cual, las intenciones de análisis para cada factor de comparación se describen como sigue:

- Demanda: Al analizar la demanda, lo que se busca es identificar las características admitidas por cada uno de los modelos tradicionales y técnicas financieras usadas en la gestión de inventarios y que son objeto de análisis en el presente trabajo, a partir de elementos claves como: la aleatoriedad y el tipo de distribución que siguen los datos, de modo que sea posible comprender las circunstancias en las cuales una herramienta u otra es más adecuada dependiendo del tipo específico de demanda presentada por el producto sobre el que se busca administrar los niveles de inventario.
- Tiempo de reposición: Dado que el tiempo de reposición se convierte en un factor determinante para decidir la cantidad óptima a ordenar en el reabastecimiento de los niveles de inventario, resulta crucial detallar su inclusión por parte de los modelos y técnicas estudiadas; precisando sí estos se encuentran caracterizados respecto a las siguientes categorías definidas:
 - Nulo
 - Diferente de cero y determinístico
 - Diferente de cero, aleatorio, independiente e idénticamente distribuido
 - Diferente de cero, aleatorio, pero no idénticamente distribuido
 - Obtenido a través de pronósticos u otra técnica
- Costos: Los costos como factor de comparación, se utilizan para reconocer cuáles de estos son referenciados en la estructura del modelo analizado. Razón por la cual, se busca detallar sí incorpora el costo unitario del ítem, el costo de mantener, el costo de ordenar y/o el costo de faltante; siendo

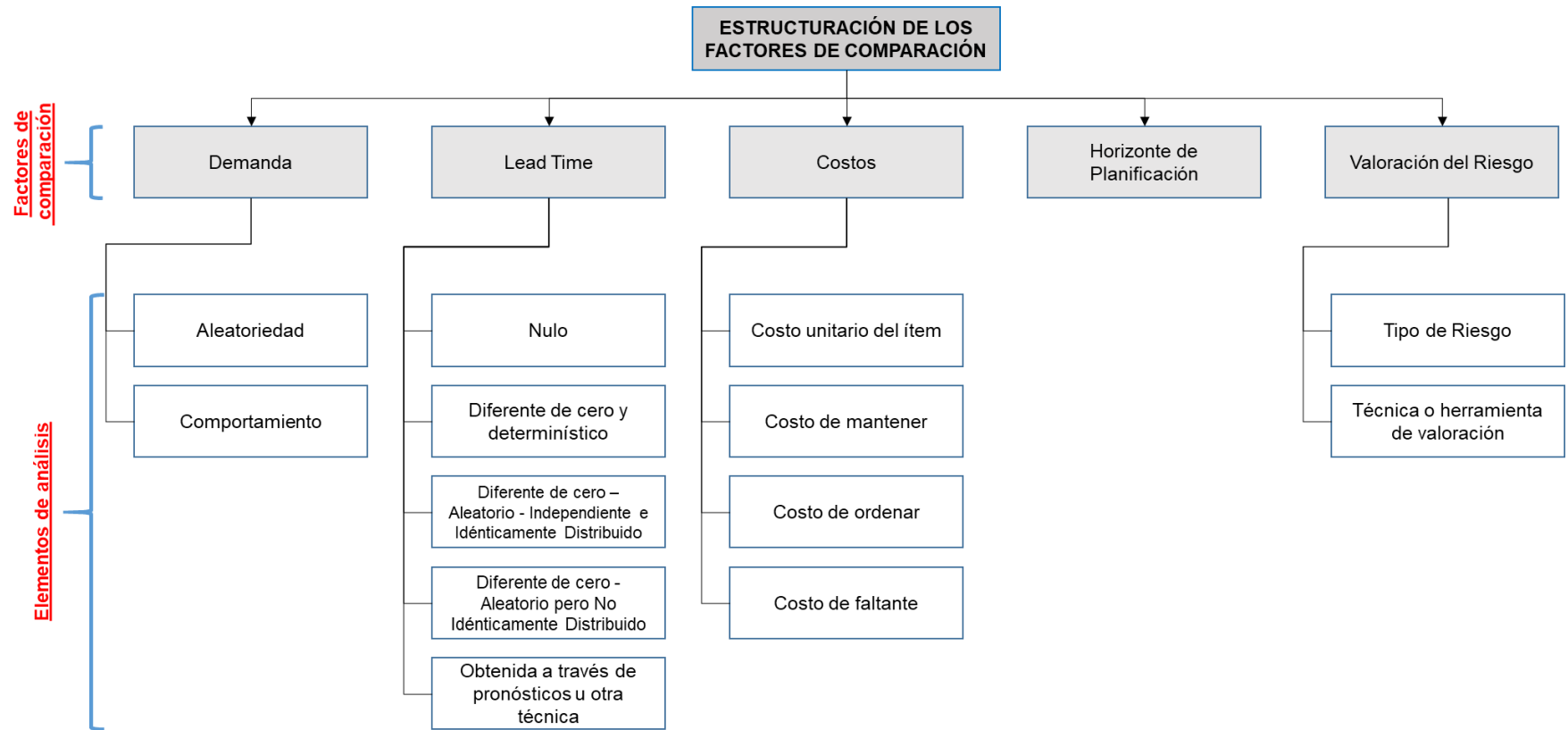
entonces válido considerar que, entre una mayor inclusión de dichos costos, mayor será la aceptabilidad del modelo analizado, pues al ser utilizados permitirá la obtención de resultados más cercanos y acordes a un contexto real.

- Horizonte de planificación: El horizonte planificación logrará dimensionar el alcance del modelo en términos de planeación y capacidad de obtención de resultados predictivos bien sea para uno o más periodos de operación.
- Valoración del riesgo: La valoración del riesgo como elemento diferenciador propuesto al momento de gestionar los inventarios, tiene como objeto precisar la introducción o adaptación de alguna técnica o herramienta financiera que permita la cuantificación del riesgo financiero al momento de tomar este tipo de decisiones de inversión, o en su defecto, que busque favorecer al decisor en cuanto a su perfil de aceptación o rechazo hacia el riesgo, conforme a sus características como administrador de inventarios, el comportamiento de la empresa a cargo, e incluso la naturaleza o composición del tipo de producto estudiado bien sea por condiciones de perecibilidad, fragilidad y propensión a hurtos por su alto valor.

En atención a lo cual, se propone para el análisis del factor de comparación de valoración del riesgo, evaluar el tipo de riesgo gestionado y la técnica utilizada por las herramientas en las cuales la estimación del riesgo sea aplicable.

En la Figura 4 se muestra lo anteriormente descrito, enfatizando en los elementos analizados para cada factor de comparación, de manera que la base principal del análisis planteado pueda unificarse y aclararse mediante la construcción gráfica de estos para su posterior contraposición, y así dar cumplimiento al primero objetivo específico propuesto en el presente trabajo.

Figura 5. Estructuración de los factores de comparación en el análisis



Fuente: elaboración propia

Buscando generalizar el análisis de comparación tanto para la corriente tradicional de gestión de inventarios como para la corriente propuesta basada en técnicas financieras, se toman los modelos y herramientas de mayor trascendencia observados en la revisión de la literatura y que han sido destacados por algunos autores.

En este sentido, los modelos tradicionales de gestión de inventarios que se convierten en objeto de estudio debido a su importancia, grado de utilización y practicidad tanto en el ámbito académico como en el ámbito práctico son: el modelo básico del lote económico de pedido (EOQ), EOQ con descuentos por cantidades de compra o de producción, EOQ con rata finita de reposición, algoritmo de Wagner Within (WW) y el heurístico del Silver-Meal para demanda determinística y los sistemas de control de inventarios (s, Q) , (s, S) , (R, S) y (R, S, s) para demanda probabilística. De la misma manera, las técnicas financieras de cuantificación de riesgo financiero adaptadas por diversos autores en modelos para la gestión de inventarios y que son sometidas a la comparación correspondiente, por el nivel de importancia, aceptabilidad y confiabilidad al momento de medir los riesgos financieros y su adaptabilidad al contexto de inventarios son: El Valor en Riesgo (VaR), Teoría de la utilidad esperada en términos de Aversión al Riesgo y el Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC).

6.1.1. Comparación frente a la demanda

Con respecto al factor de comparación de demanda y analizando los elementos que lo componen se puede observar de forma general, que los modelos tradicionales para la gestión de inventarios evaluados no se preocupan por detallar la aleatoriedad de los datos que la componen, a excepción del modelo Silver – Meal que considera la aleatoriedad de la demanda mediante la inclusión de un coeficiente de variabilidad. Por otra parte, los sistemas de control continuo y periódico de inventarios $((s, Q)$, (s, S) , (R, S) , (R, s, S)), suelen estar fuertemente relacionados con el tratamiento de la aleatoriedad de la demanda, ya que son utilizados para demandas de tipo probabilístico; sin embargo, dicho tratamiento se suele complementar mediante

procedimientos o estudios adicionales, fomentado la utilización de modelos heurísticos y estadísticos, que contribuyen a mejorar los resultados obtenidos con las técnicas de revisión al momento de controlar los inventarios, tal como lo afirman Babiloni & et al. (2007).

Igualmente, con relación al estudio del comportamiento de la demanda, es usual observar en los modelos tradicionales de gestión de inventarios supuestos poco realistas, como por ejemplo el hecho de que un producto presente demanda homogénea, constante y conocida, limitando su adaptabilidad frente a diversas situaciones del campo real; siendo el método Silver- Meal al igual que en el párrafo anterior un caso particular, al ser capaz de tratar el comportamiento de la demanda. Del mismo modo, las técnicas de control de inventario para demanda probabilista asumen que el promedio de dicha demanda varía muy poco a través del tiempo y que se mantienen aproximadamente constantes (Vidal, 2010).

Tabla 5. Características de demanda en modelos tradicionales de gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN	
			DEMANDA	
			Aleatoriedad	Comportamiento
MODELOS TRADICIONALES	Cantidad económica de pedido EOQ	Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. FACTORY.	N/A	Demanda determinística, conocida, constante y homogénea dentro de un horizonte de tiempo determinado.
	Modelo EOQ con descuentos	Ángel A. Juan, R. G. (2013). www.uoc.edu. Obtenido de Gestión de stocks: Modelos	N/A	Demanda determinística, conocida, constante y homogénea dentro de un horizonte de tiempo determinado.
	Modelo EOQ con tasa de reposición finita	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	Demanda determinística, constante y conocida a lo largo de un periodo de tiempo determinado.
	Modelo Silver-Meal para una demanda variable	Silver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment.	Se define un coeficiente de variabilidad (C.V.) para la demanda, dado por la varianza y la esperanza, de modo que: $C.V. = \frac{\text{Var}(D)}{E(D)^2}$	La demanda se considera como una variable aleatoria con una distribución de probabilidad normal
	Modelo algoritmo de Wagner-within (WW)	Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size. Management Science, 89-96.	N/A	Se considera la demanda como una variable determinística que varía a través del tiempo
	Sistema de control continuo de inventario (s,Q)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	Se utiliza cuando existe una demanda de tipo Probabilístico, en donde la demanda promedio permanece aproximadamente constante a lo largo del tiempo
	Sistema de control continuo de inventario (s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	Se utiliza cuando existe una demanda de tipo Probabilístico, con un promedio aproximadamente constante a lo largo del tiempo
	Sistema de control periódico de inventario (R,S)	Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones Procesos y cadena de valor (8va ed.). México: PEARSON EDUCATION.	N/A	Trabaja para una demanda probabilística con un promedio aproximadamente constante en el tiempo
	Sistema híbrido de control de inventario (R,s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	Trabaja para datos de demanda con naturaleza probabilística y promedio aproximadamente constante en el tiempo

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, las técnicas financieras usadas como alternativa de administración de inventarios, evidencian una tendencia hacia la capacidad de adaptación frente al comportamiento de los datos de demanda, siendo capaz además de comprender la aleatoriedad de sus datos. De forma detallada, se puede observar entonces que los modelos objeto de estudio que basan su operación en la aplicación de técnicas de valoración del riesgo financiero, específicamente los que usan en su estructura el Valor en Riesgo (VaR), presentan un mejor tratamiento estadístico de los datos de demanda usados para sus cálculos, puesto que tratan la aleatoriedad y el comportamiento para cada caso en particular. Por el contrario, los modelos financieros bajo otras técnicas financieras, tales como el Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) y Aversión al Riesgo mediante la Teoría de la Utilidad Exponencial Esperada no consideran la aleatoriedad o lo hacen de forma limitada respectivamente, asumiendo además demandas determinísticas y constantes en ambos casos, como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de demanda en modelos de gestión de inventarios basados en técnicas financieras de cuantificación del riesgo

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN	
			DEMANDA	
			Aleatoriedad	Comportamiento
MODELOS BASADOS EN TÉCNICAS FINANCIERAS	<u>Aplicación del Valor en Riesgo (VaR) en un modelo de gestión de inventarios</u>	Tapiero, C. (2003). Value at risk and inventory control. OPERATIONAL RESEARCH, 163, 769 - 775.	Demanda dada por la variable aleatoria $\xi \geq 0$.	Demanda estocástica con distribución de probabilidad uniforme en $[0, M]$ y conocida.
	<u>Valor en Riesgo (VaR) como medida de riesgo para modelos estáticos de inventarios</u>	Luciano, E., Peccati, L., & Cifarelli, D. (2003). VaR as a Risk measure for multiperiod static inventory models. ELSEVIER, 81 - 82, 375 - 384.	Demanda establecida por variables aleatorias	Existencia de un proceso estocástico con relación a la demanda.
	<u>Modelo de gestión de inventarios basado en la Aversión al Riesgo.</u>	Chen, X., Sim, D., Simchi, & Sun, P. (2007). Risk aversion in inventory management. OPERATION RESEARCH, 55 (5), 828 - 842.	Estructurada por variables aleatorias no negativas.	Las demandas en los diferentes periodos son independientes entre sí, limitadas, discretas e idénticamente distribuidas para cada periodo t .
	<u>Preferencias de Riesgo y decisiones robustas de inventario con base al condicional de Valor en Riesgo (CVaR)</u>	Jammernegg, W., & Kischka, P. (2008). RISK PREFERENCES AND ROBUST INVENTORY DECISIONS. ELSEVIER, 269 - 274.	La demanda aleatoria X es caracterizada por la función de probabilidad F_X .	La distribución de la demanda no se conoce exactamente, se supone que pertenece a un conjunto de funciones de distribución, donde cada una representa los posibles estados futuros del producto en el mercado.
	<u>Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) : Weighted Average Cost of Capital (WACC) en modelos de gestión de inventarios.</u>	Serrano, A., Oliva, R., & Kraiselburd, S. (2016). On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. ELSEVIER, Production economics 183, 14 - 20.	N/A	demanda determinística y constante a lo largo del tiempo para asegurar la comprensión de los efectos de otras fuentes de variabilidad.

Fuente: elaboración propia

Por consiguiente, es claro que la demanda en los modelos referenciados como representación de las corrientes tradicionales y financieras, evidencia una notoria diferencia en cuanto al tratamiento de la demanda; pues tal como se identificó previamente, los métodos clásicos en su forma básica no ofrecen tantas ventajas en el tratamiento de la demanda como sí lo hacen los métodos financieros; aunque en los últimos años, los métodos tradicionales presentan una tendencia a mejorar bajo este criterio, observando una creciente aplicación de análisis de series de tiempos, pronósticos, simulación y herramientas de automatización para la gestión de inventarios Gutiérrez (2008). A pesar de lo anterior, es claro percibir bajo el análisis planteado, que las técnicas financieras brindan un beneficio mayor con relación a su aplicabilidad en diferentes situaciones del campo práctico, permitiéndole al decisor tener información más ajustada conforme a la realidad en la que se desenvuelve, destacando que la herramienta financiera dominante en la obtención de dichos beneficios al finalizar el ejercicio, ha sido el Valor en Riesgo (VaR).

6.1.2. Comparación frente al tiempo de reposición

Con relación al factor de tiempo de reposición como factor de comparación del presente ejercicio, resulta evidente contemplar que los modelos de referencia de gestión de inventarios tradicionales evaluados, se caracterizan por poseer diferentes propiedades en cuanto a su consideración dentro de sus estructuras, las cuales se ilustran en la Tabla 7 y se analizan de forma general a continuación:

Modelos como, el Wagner Within (WW), el Silver-Meal, la versión básica del EOQ y su variación con descuentos, suponen un tiempo de reposición nulo y una tasa de reposición infinita, lo que es equivalente a un reabastecimiento inmediato; supuestos pocos realistas al momento de tomar decisiones en el ámbito real empresarial. Por su parte, el modelo EOQ con tasa de reposición finita y los sistemas de control de inventarios (s, Q) , (s, S) , (R, S) , (R, s, S) presentan en su gran mayoría la consideración de un tiempo de reposición constante y conocido, permitiéndole a estos últimos, admitir la aleatoriedad exhibida en los tiempos de reposición y así

mismo definir puntos de reorden mediante la inclusión de la desviación estándar del lead time.

Tabla 7. Características del tiempo de reposición en modelos tradicionales de gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN				
			TIEMPO DE REPOSICIÓN (L.T.)				
			Nulo	Diferente de cero y Determinístico	Diferente de cero, Aleatorio, Independiente e Idénticamente Distribuido	Diferente de cero, Aleatorio pero No Idénticamente Distribuido	LT de Seguridad mediante Pronósticos u otra técnica
MODELOS TRADICIONALES	Cantidad económica de pedido <u>EOQ</u>	Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. FACTORY.	Supone un tiempo de reposición (<i>Lead Time</i>) nulo, con una tasa de reposición infinita.	N/A	N/A	N/A	N/A
	Modelo EOQ con descuentos	Ángel A. Juan, R. G. (2013). www.uoc.edu. Obtenido de Gestión de stocks: Modelos	Supone un tiempo de reposición (<i>Lead Time</i>) nulo, con una tasa de reposición infinita.	N/A	N/A	N/A	N/A
	Modelo EOQ con tasa de reposición finita	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	El tiempo de reposición es conocido y constante; con una tasa de reposición finita dada por <i>m</i> .	N/A	N/A	N/A
	Modelo Silver-Meal para una demanda variable	Silver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment.	No considera un tiempo de reposición ya que busca prever <i>m</i> periodos de demanda con un lote de ordenamiento óptimo	N/A	N/A	N/A	N/A
	Modelo algoritmo de Wagner-within (WW)	Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size. Management Science, 89.96.	Considera un <i>Lead Time</i> de cero.	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sistema de control continuo de inventario (s,Q)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	Es constante y conocido, aunque pueden encontrarse situaciones en las que el proveedor no pueda cumplir con el tiempo estimado	N/A	N/A	Se calcula un punto de reorden <i>s</i> , en base a la estimación de la desviación estándar de los tiempos de reposición.
	Sistema de control continuo de inventario (s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	Es constante y conocido, aunque pueden variar por condiciones externas	Es posible hallar una estimación de un tiempo de reposición aleatorio mediante una medición estadística de la desviación estándar	N/A	Se calcula un punto de reorden <i>s</i> , en base a la estimación de la desviación estándar de los tiempos de reposición.
	Sistema de control periódico de inventario (R,S)	Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones Procesos y cadena de valor (8va ed.). México: PEARSON EDUCATION.	N/A	El tiempo de reposición puede conocerse con certeza dado un tiempo de respuesta promedio pactado con el proveedor.	N/A	N/A	N/A
	Sistema híbrido de control de inventario (R,s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	El tiempo de reposición promedio puede ser conocido y aproximadamente	N/A	N/A	Se calcula un punto de reorden <i>s</i> , en base a la estimación de la desviación estándar de los

Fuente: elaboración propia

Igualmente, el tratamiento del tiempo de reposición por parte de los modelos basados en técnicas financieras, conserva un comportamiento opuesto al de la corriente tradicional, debido a que la gran mayoría de los modelos analizados no presentan un interés en abordar de manera más completa dicho factor, tal que sea posible incorporar un lead time diferente de cero, bien sea idénticamente distribuido o no.

Percibiendo de forma más puntual, que tan solo en una aplicación de la técnica Valor en Riesgo (VaR) sugiere la determinación del lead time mediante técnicas de pronóstico. En consecuencia, las consideraciones correspondientes al lead timen en los modelos basados en técnicas financieras asumen en gran parte de los casos, tiempos de reposición de cero y tasas de reposición infinitas; así, en la Tabla 8 se puede evidenciar dicha tendencia hacia ignorar el tiempo de reposición.

Tabla 8. Características del tiempo de reposición en modelos basados en técnicas financieras de medición de riesgo para la gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN				
			TIEMPO DE REPOSICIÓN (L.T.)				
			Nulo	Diferente de cero y Determinístico	Diferente de cero, Aleatorio, Independiente e Idénticamente Distribuido	Diferente de cero, Aleatorio pero No Idénticamente Distribuido	LT de Seguridad mediante Pronósticos u otra técnica
MODELOS BASADOS TÉCNICAS FINANCIERAS	<u>Aplicación del Valor en Riesgo (VaR) en un modelo de gestión de inventarios</u>	Tapiero, C. (2003). Value at risk and inventory control. OPERATIONAL RESEARCH, 163, 769 - 775.	Considera un Lead Time nulo, suponiendo un tiempo de reposición igual a cero al igual que el inventario final resultante.	N/A	N/A	N/A	N/A
	<u>Valor en Riesgo (VaR) como medida de riesgo para modelos estáticos multiperiodos de inventarios</u>	Luciano, E., Peccati, L., & Cifarelli, D. (2003). VaR as a Risk measure for multiperiod static inventory models. ELSEVIER, 81 - 82, 375 - 384.	Suponemos que hay un tiempo de entrega nulo, por lo que al final de cada ciclo el inventario será nulo.	N/A	N/A	N/A	N/A
	<u>Modelo de gestión de inventarios basado en la Aversión al Riesgo.</u>	Chen, X., Sim, D., Simchi, & Sun, P. (2007). Risk aversion in inventory management. OPERATION RESEARCH, 55 (5), 828 - 842.	Se supone que el tiempo de entrega es cero y, por lo tanto, una orden colocada al comienzo del período t llega inmediatamente antes de que se realice la demanda del período	N/A	N/A	N/A	N/A
	<u>Preferencias de Riesgo y decisiones robustas de inventario con base al condicional de Valor en Riesgo (CVaR)</u>	Jammernegg, W., & Kischka, P. (2008). RISK PREFERENCES AND ROBUST INVENTORY DECISIONS. ELSEVIER, 269 - 274.	N/A	N/A	N/A	N/A	Al tener un Lead Time desconocido se crea una mayor incertidumbre, la cual se representa asumiendo una familia de variables de demanda.
	<u>Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) : Weighted Average Cost of Capital (WACC) en modelos de gestión de inventarios.</u>	Serrano, A., Oliva, R., & Kraiselburd, S. (2016). On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. ELSEVIER, Production economics 183, 14 - 20.	Lead Time igual a cero siendo prescindible para el mismo.	N/A.	N/A.	N/A.	N/A.

Fuente: elaboración propia

Finalmente, al momento de comparar los modelos de gestión de inventarios tradicionales y los modelos basados en técnicas financieras, arroja una diferencia notable con relación a la capacidad de análisis y exploración que comparten ambas corrientes frente al tiempo de reposición; por consiguiente, es posible definir una superioridad o preferencia alguna por parte de los modelos tradicionales de gestión de inventarios, más específicamente para el caso de las técnicas continuas y periódicas de la revisión de inventario. Aunque vale la pena señalar que la técnica

financiera de Valor en Riesgo (VaR) trata de incluir nuevos horizontes o alternativas para la inclusión de un tiempo de reposición mediante el uso de métodos de pronósticos, tal que permita un ajuste acorde a las diferentes situaciones o necesidades de quien decide en el campo de la gestión de inventarios.

6.1.3. Comparación frente a los costos

La corriente tradicional de gestión de inventarios asumida en el presente análisis, en referencia a la estructura de costos utilizada en la gestión de inventarios que suele conformarse por: el costo unitario del ítem, costo de mantener, costo de ordenar y costo de faltante; se puede exponer con firmeza de que ésta efectivamente incluye dentro de su esquema funcional cada uno de estos factores presto a algunas excepciones, lo que contribuye a mostrar un aspecto favorable para el administrador de inventarios que sujeta sus decisiones a este tipo de modelos, pues consigue adaptar integralmente las variables que pueden surgir en las diferentes situaciones en los que es necesario considerar estos valores; resaltando a su vez que los modelos de gestión de inventarios independientemente de su filosofía, buscan minimizar los costos generados, convirtiéndose a su vez en un interés irremplazable por todas las empresas.

En virtud de ello, en la Tabla 9 plasmada a continuación, se ilustran las particularidades ya descritas, señalando a su vez que el modelo de la cantidad óptima a pedir (EOQ) tanto en su base principal, como en sus variaciones, incorporan dichos costos, con algunas diferencias respecto a su magnitud, es decir, mientras que en el EOQ original los costos se asumen como constantes, en el EOQ con descuentos varían conforme al número de unidades a ordenar, viéndose entonces afectados el costo de mantener y el costo unitario del ítem, en cambio para el EOQ con tasa finita de reposición se presentan cambios en el costo de ordenar dado por diferencias en el inventario promedio, afectando a su vez el costo mantener.

Entretanto, los sistemas de control continuo de inventario (s,Q) y (s, S) , exponen los mismos supuestos de costos del EOQ básico, como un costo unitario constante, un costo de mantener calculado por el inventario promedio y la exclusión del costo de

faltante; caso contrario de los sistemas de control periódico (R,S), (R, s, S) en los cuales varia el costo de ordenar en relación a las cantidades a pedir. Finalmente, los modelos Silver-Meal y Wagner Within (WW) tratan de incluir el costo unitario del ítem, el costo de ordenar y el costo de mantener con algunas diferencias en cuanto a la forma de evaluación, sin embargo, en su configuración no asumen costos de faltante.

Tabla 9. Características de Costos en modelos tradicionales de gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN			
			COSTOS			
			Costo Unitario del ítem	Costo de Mantener	Costo de Ordenar	Costo de Faltante
MODELOS TRADICIONALES	Cantidad económica de pedido EOQ	Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. FACTORY.	El precio unitario del ítem es considerado como un costo fijo dado por: $D \cdot C$	El costo de mantener se calcula mediante el costo de mantenimiento inventario promedio, el cual está dado por: $(Q/2) \cdot H$	Se considera como un valor constante en la ecuación del costo total anual	El modelo trabaja bajo el supuesto de que no están permitidas las rupturas de inventario, por ende, no se consideran costos por faltantes
	Modelo EOQ con descuentos	Ángel A. Juan, R. G. (2013). www.uoc.edu. Obtenido de Gestión de stocks: Modelos	El precio unitario del ítem varía con respecto al volumen de unidades a ordenar, generando mayores descuentos por volumen de pedido.	Se calcula mediante el costo de mantenimiento inventario promedio.	El costo de adquisición ya no será constante, sino que dependerá del volumen de pedido a ordenar.	El modelo no considera costos por unidades faltantes
	Modelo EOQ con tasa de reposición finita	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	El costo unitario del ítem se utiliza de igual forma que en el modelo básico del EOQ	Se tiene en cuenta para el cálculo de las unidades óptimas a ordenar Q	Su cálculo se verá afectado por el cambio en el inventario promedio el cual es igual a: $Q(1-D/m)/2$	No se consideran costos por faltantes
	Modelo Silver-Meal para una demanda variable	Silver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. Production and inventory management, 64-74.	Varía en función de la cantidad de unidades a ordenar, pero no prevé descuentos por mayor volumen	Se calcula dependiendo del nivel de inventario medio a mantener a lo largo de varios periodos	El algoritmo calcula el costo de adquirir como un costo constante por cada ocasión de pedido	N/A
	Modelo algoritmo de Wagner-within (WW)	Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size. Management Science, 89.96.	Considera el costo unitario de los ítems, además los descuentos por volumen.	Se considera un costo de mantener constante dependiendo del inventario medio	Varía con relación a las cantidades a ordenar.	N/A
	Sistema de control continuo de inventario (s,Q)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	Se considera el costo unitario para calcular el valor monetario de las cantidades a ordenar Q en cada pedido, el cual es fijo	Se considera un costo de mantener constante dependiendo del inventario medio	Es constante dado que las unidades a ordenar son fijas	N/A
	Sistema de control continuo de inventario (s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	Se considera el costo unitario para calcular el valor monetario de las cantidades a ordenar Q .	Se considera un costo de mantener constante dependiendo del inventario medio	Varía para cada pedido con relación a las cantidades a ordenar.	Se considera como un valor constante, el cual, se cancela al momento de determinar la cantidad óptima a ordenar
	Sistema de control periódico de inventario (R,S)	Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones Procesos y cadena de valor (8va ed.). México: PEARSON EDUCATION.	Se considera al momento de concretar el pedido con sus respectivas cantidades a ordenar	Es indispensable y debe ser independiente a los costos de mantener los demás artículos	Varía con relación a las cantidades a ordenar.	Se considera como un valor constante, el cual, se cancela al momento de determinar la cantidad óptima a ordenar
	Sistema híbrido de control de inventario (R,s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	Se tiene en cuenta para el cálculo de las unidades económicas a ordenar	Lo considera en relación al cálculo del costo total relevante de la política	Varía con relación a las cantidades a ordenar.	Se considera como un valor constante, el cual, se cancela al momento de determinar la cantidad óptima a ordenar

Fuente: elaboración propia

Análogamente, las técnicas financieras aplicables a la gestión de este tipo de activos, presentan una diferencia en cuanto a su consideración y empleo, lo que significa que,

mientras unas técnicas tratan de incluir algunos elementos de costos de manera convencional, otras lo hacen mediante el uso de supuestos propios para cada modelo; siendo posible percibir además, que tanto el Valor en Riesgo (VaR) y el Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC), exponen una presencia parcial de dichos costos, como por ejemplo, el modelo de gestión de inventarios basado en la técnica VaR propuesto por Tapiero (2003), el cual ignora el costo unitario del ítem; por su parte, la técnica CPPC en el modelo analizado no incluye el costo de faltante y asume un costo unitario referenciado por el mercado. Caso opuesto al especificado por el modelo propuesto por Chen & et al. (2007), basado la Teoría de la Utilidad Exponencial Esperada en términos de aversión al riesgo, en la cual se incorpora todos los elementos de costos referenciados en su estructura funcional. Lo anterior, se puede detallar en la Tabla 10.

Tabla 10. Características de Costos en modelos basados en técnicas financieras de medición de riesgo para la gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN			
			COSTOS			
			Costo Unitario del Ítem	Costo de Mantener	Costo de Ordenar	Costo de Faltante
MODELOS BASADOS EN TÉCNICAS FINANCIERAS	<u>Aplicación del Valor en Riesgo (VaR) en un modelo de gestión de inventarios</u>	Tapiero, C. (2003). Value at risk and inventory control. OPERATIONAL RESEARCH, 163, 769 - 775.	N/A.	Costo de Mantener dado por h.	Costo de Ordenar dado por c.	Costo de Faltante dado por v.
	<u>Valor en Riesgo (VaR) como medida de riesgo para modelos estáticos multiperiodos de inventarios</u>	Luciano, E., Peccati, L., & Cifarelli, D. (2003). VaR as a Risk measure for multiperiod static inventory models. ELSEVIER, 81 - 82, 375 - 384.	N/A.	Se asume que los costos de mantenimiento son proporcionales a la cantidad en inventario y al tiempo.	Se considera un componente fijo $a > 0$ por orden, de modo que durante cada ciclo los costos de pedido ascienden a "a".	N/A.
	<u>Modelo de gestión de inventarios basado en la Aversión al Riesgo.</u>	Chen, X., Sim, D., Simchi, & Sun, P. (2007). Risk aversion in inventory management. OPERATION RESEARCH, 55 (5), 828 - 842.	El Precio del ítem es considerado y se encuentra dado por pt	Costo de mantener unidad en inventario a dado por $h +$	Costo Fijo de ordenar dado por: k y Costo por Unidad a Ordenar dado por c	Costo por unidad faltante dado por h-
	<u>Preferencias de Riesgo y decisiones robustas de inventario con base al condicional de Valor en Riesgo (CVaR)</u>	Jammernegg, W., & Kischka, P. (2008). RISK PREFERENCES AND ROBUST INVENTORY DECISIONS. ELSEVIER, 269 - 274.	El costo por unidad del producto es considerado y se denomina como c.	N/A	N/A	Se incluye el costo de faltante o subestimación por unidad del ítem denotado con la expresión p-c. Además se considera el costo de sobre estimación por unidad del ítem en inventario denotado con la expresión c-z.
	<u>Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) : Weighted Average Cost of Capital (WACC) en modelos de gestión de inventarios.</u>	Serrano, A., Oliva, R., & Kraiselburd, S. (2016). On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. ELSEVIER, Production economics 183, 14 - 20.	Asume un costo del producto, referenciado como c.	Incluye un costo de mantenimiento del inventario.	Si el inventario es grande de incorpora un costo de ordenar.	N/A.

Fuente: elaboración propia

Así, se tiene que los costos como factor de comparación indican que la corriente tradicional de gestión de inventarios contraída suele tener un mayor potencial contra las técnicas financieras de cuantificación del riesgo, y esto en cuanto al hecho de cubrir a cabalidad los diferentes valores de costo. Sin embargo, a pesar de que se pueden detallar falencias en las técnicas financieras conforme a su arbitrariedad en su configuración de costos, se pueden encontrar modelos que pueden adaptarse a las necesidades de cada empresa, lo que significa que la estructura de costos asumida suele ser suficiente para conseguir una correcta administración de este rubro, de modo que su aceptación o rechazo dependen de las necesidades de cada decisor.

6.1.4. Comparación frente al horizonte de planificación

El horizonte de planificación como factor de comparación, permite identificar que los modelos de gestión de inventarios tradicionales usan en su mayoría un horizonte no superior a un año, dentro del cual se deben distribuir las decisiones de ordenamiento de inventario en periodos subyacentes contenidos dentro de dicho intervalo permitido y por ende planificar las acciones requeridas para una correcta gestión de sus niveles, tal como lo hace el modelo EOQ y sus extensiones; sin embargo, cabe puntualizar que algunos modelos tradicionales buscan perfeccionar su horizonte de planificación, mediante la introducción de métodos y técnicas que permiten predecir y ajustar los periodos de tiempo aptos para esta operación; por ejemplo, el modelo propuesto por Silver-Meal propuesto por (Silver & Meal, 1973) trabaja en la construcción de series de tiempo para diferentes periodos dentro de un rango definido, y el modelo de Wagner-Within (WW) propuesto por (Wagner & Whitin, 1958), que considera la adaptación de pronósticos y predicciones para un horizonte de n periodos; contribuyendo así, a la ampliación del campo de acción de la corriente tradicional en relación al horizonte de planeación.

En adición a lo anterior, los sistemas control continuo de inventarios, presentan significativas fortalezas frente a la definición de un horizonte de planeación, ya que al ser continuos, el horizonte puede ser ilimitado; mientras que en los sistemas de

control periódico de inventarios, el horizonte de planeación suele ser fijo y se encuentra determinado por las características propias del producto. En la Tabla 11 se pueden apreciar las principales características de los modelos tradicionales analizados con relación al horizonte de planificación, en la que se logra constatar lo detallado en el párrafo anterior, en el que se percata la inclinación y preferencia hacia el uso de un horizonte de planificación no superior a un año, además de las posibles opciones de perfeccionamiento de dicho factor en pro de conseguir cálculos más acertados y una herramienta con mayor practicidad para quien decida utilizarla.

Tabla 11. Características del horizonte de planificación en modelos tradicionales de gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN
			HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN
MODELOS TRADICIONALES	Cantidad económica de pedido EOQ	Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. FACTORY.	Su cálculo suele proyectarse a un periodo de un año
	Modelo EOQ con descuentos	Ángel A. Juan, R. G. (2013). www.uoc.edu. Obtenido de Gestión de stocks: Modelos	Su cálculo suele proyectarse a un periodo de un año
	Modelo EOQ con tasa de reposición finita	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	Su cálculo suele proyectarse a un periodo de un año
	Modelo Silver-Meal para una demanda variable	Silver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. Production and inventory management, 64-74.	Suele ser de un periodo de un año, sin embargo analiza la serie de tiempo dentro del intervalo calculado
	Modelo algoritmo de Wagner-within (WW)	Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size. Management Science, 89.96.	Suele ser de un periodo de un año
	Sistema de control continuo de inventario (s,Q)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	Se revisa el inventario efectivo cada vez que se genera una transacción; por ende su horizonte de planeación puede tender al infinito
	Sistema de control continuo de inventario (s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	Se revisa el inventario efectivo cada vez que se genera una transacción; por ende su horizonte de planeación puede tender al infinito
	Sistema de control periódico de inventario (R,S)	Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones Procesos y cadena de valor (8va ed.). México: PEARSON EDUCATION.	Horizonte de planeación fijo y determinado por las características propias de cada ítem
	Sistema híbrido de control de inventario (R,s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	Horizonte de planeación fijo y determinado por las características propias de cada ítem

Fuente: elaboración propia

Desde otra perspectiva, al evaluar los modelos basados en técnicas financieras de medición de riesgo para la gestión de inventarios frente al factor en cuestión, se

obtienen diferentes características, supuestos y planteamientos propios para cada modelo en particular, permitiendo de esta forma generar una mayor diversidad y flexibilidad a la hora de considerar un horizonte apropiado; de modo que en la mayoría de los modelos mencionados, persiste una tendencia a permitir periodos de planificación ilimitados o expandibles, tal como se muestra en la Tabla 12, en la cual es posible distinguir que aunque la técnica de Valor en Riesgo (VaR) privilegia la adaptación de un solo periodo de planificación que permite realizar un solo pedido para una sola sesión, existen variaciones en otras aplicaciones en donde se brinda la posibilidad de variar la cantidad de periodos, como lo hacen las técnicas de la utilidad esperada en términos de Aversión al Riesgo y el Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC), esta última con la posibilidad de planear para un horizonte infinito de tiempo.

Tabla 12. Características del horizonte de planificación en modelos basados en técnicas financieras de medición de riesgo para la gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN
			HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN
MODELOS BASADOS EN TÉCNICAS FINANCIERAS	<u>Aplicación del Valor en Riesgo (VaR) en un modelo de gestión de inventarios</u>	Tapiero, C. (2003). Value at risk and inventory control. OPERATIONAL RESEARCH, 163, 769 - 775.	Un solo período de análisis, en el que se tiene la posibilidad de realizar un solo pedido para una determinada sesión.
	<u>Valor en Riesgo (VaR) como medida de riesgo para modelos estáticos de multiperiodos de inventarios</u>	Luciano, E., Peccati, L., & Cifarelli, D. (2003). VaR as a Risk measure for multiperiod static inventory models. ELSEVIER, 81 - 82, 375 - 384.	Diferentes periodos de análisis dado por k, con posibilidad de variar su rango.
	<u>Modelo de gestión de inventarios basado en la Aversión al Riesgo.</u>	Chen, X., Sim, D., Simchi, & Sun, P. (2007). Risk aversion in inventory management. OPERATION RESEARCH, 55 (5), 828 - 842.	Horizonte de tiempo finito con T periodos
	<u>Preferencias de Riesgo y decisiones robustas de inventario con base al condicional de Valor en Riesgo (CVaR)</u>	Jammerneegg, W., & Kischka, P. (2008). RISK PREFERENCES AND ROBUST INVENTORY DECISIONS. ELSEVIER, 269 - 274.	Un solo período de análisis, en el que se tiene la posibilidad de realizar un solo pedido para una determinada sesión.
	<u>Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) - Weighted Average Cost of Capital (WACC) en modelos de gestión de inventarios.</u>	Serrano, A., Oliva, R., & Kraiselburd, S. (2016). On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. ELSEVIER, Production economics 183, 14 - 20.	La función objetivo tiene la posibilidad de ser planeada para un horizonte infinito de tiempo

Fuente: elaboración propia

Al contraponer las características presentadas por los modelos tradicionales de gestión de inventarios y aquellos basados en técnicas financieras entorno al factor

comparación del horizonte de planificación, es claro observar que, ambas corrientes presentan variabilidad y flexibilidad en su tratamiento, permitiendo aplicar un modelo u otro dependiendo de las necesidades de tiempo de planeación que se tengan como administrador de inventarios, bien sea para un horizonte finito o continuo de planeación. Por consiguiente, con relación a este factor, no es posible definir una ventaja absoluta entre los modelos de gestión de inventarios tradicionales y las técnicas basadas en técnicas financieras.

6.1.5. Comparación frente a la valoración del riesgo

Finalmente, la valoración del riesgo como aquel factor diferenciador indica que los modelos tradicionales no prestan la más mínima atención a este tema, ocasionando por ende, que estos no sugieran mecanismos para la cuantificación o valoración del riesgo financiero, y mucho menos, formas para reducir sus niveles; ocupándose preferencialmente a la reducción de los costos generados o en su defecto a la maximización de las utilidades esperadas. En la Tabla 13, se justifica lo expresado, pues al analizar los modelos usados de gestión de inventarios correspondientes a la corriente tradicional se obtiene que todos prescinden de alguna técnica o herramienta para la valoración del riesgo, por lo que su medición y consideración es imposible.

Situación opuesta a lo que acontece con los modelos de gestión de inventarios basados en técnicas financieras que cuantifican el riesgo, pues como su nombre lo indica fundamentan su funcionamiento en la valoración del riesgo al momento de administrar este tipo de inversiones, dando lugar a considerar el perfil del decisor respecto al nivel de riesgo que posea o admita. En consecuencia, la corriente propuesta ofrece una alternativa importante para las empresas que consideran la adquisición de inventario una operación riesgosa dado el comportamiento de diversas variables que intervienen en el mercado que hacen del riesgo financiero un elemento trascendental al momento de hacer efectiva una decisión de este nivel de responsabilidad; de modo que, su aceptación o rechazo dependerá exclusivamente de los intereses del decisor y de la filosofía de operación de la compañía, pues es

posible encontrar casos en los que el riesgo no es imprescindible y se prefiere asumir sus efectos y posibles consecuencias.

Tabla 13. Características de la valoración del riesgo financiero en modelos tradicionales de gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN	
			RIESGO	
			Tipo de Riesgo	Técnica de valoración
MODELOS TRADICIONALES	Cantidad económica de pedido EOQ	Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. FACTORY.	N/A	N/A
	Modelo EOQ con descuentos	Ángel A. Juan, R. G. (2013). www.uoc.edu. Obtenido de Gestión de stocks: Modelos	N/A	N/A
	Modelo EOQ con tasa de reposición finita	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	N/A
	Modelo Silver-Meal para una demanda variable	Silver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. Production and inventory management, 64-74.	N/A	N/A
	Modelo algoritmo de Wagner-within (WW)	Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size. Management Science, 89.96.	N/A	N/A
	Sistema de control continuo de inventario (s,Q)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	N/A
	Sistema de control continuo de inventario (s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	N/A
	Sistema de control periódico de inventario (R,S)	Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones Procesos y cadena de valor (8va ed.). México: PEARSON EDUCATION.	N/A	N/A
	Sistema híbrido de control de inventario (R,s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia

Buscando ilustrar lo anterior, en la Tabla 14, se plasman las características referentes a los elementos de tipo de riesgo evaluado y técnica o herramienta que lo concibe para cada uno de los modelos estudiados, lográndose identificar de forma general que tanto el Valor en Riesgo (VaR), Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) y Utilidad del riesgo esperado en términos de Aversión al Riesgo, buscan medir el riesgo de liquidez, relacionado directamente a la imposibilidad de transformar en efectivo cualquier activo, es decir, con la incapacidad de no poder vender los activos o instrumentos que se tengan en el mercado y que es advertido por el ente tomador de decisión. Es importante considerar que, el Valor en Riesgo (VaR) como técnica permite a estimar la máxima pérdida generada de una decisión de inversión.

Tabla 14. Características de valoración del riesgo financiero en modelos basados en técnicas financieras para la gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	FACTOR DE COMPARACIÓN	
			RIESGO	
			Tipo de Riesgo	Técnica de valoración
MODELOS BASADOS EN TÉCNICAS FINANCIERAS	Aplicación del Valor en Riesgo (VaR) en un modelo de gestión de inventarios	Tapiero, C. (2003). Value at risk and inventory control. OPERATIONAL RESEARCH, 163, 769 - 775.	Riesgo financiero en general dado por el mercado, con un enfoque marcado hacia el riesgo de liquidez, es decir, el riesgo presente en un portafolio de activos con relación a que no pueda convertirse en efectivo para la empresa o pueda hacerse real la venta de dicho activo.	Valor en Riesgo (VaR)
	Valor en Riesgo (VaR) como medida de riesgo para modelos estáticos multiperiodos de inventarios	Luciano, E., Peccati, L., & Cifarelli, D. (2003). VaR as a Risk measure for multiperiod static inventory models. ELSEVIER, 81 - 82, 375 - 384.	Riesgo financiero dado por la posible máxima pérdida monetaria que un portafolio de activos puede presentar, es decir riesgo de liquidez. Que cierta cantidad de stock representa para la empresa o el ente quien toma la	Valor en Riesgo (VaR)
	Modelo de gestión de inventarios basado en la Aversión al Riesgo.	Chen, X., Sim, D., Simchi, & Sun, P. (2007). Risk aversion in inventory management. OPERATION RESEARCH, 55 (3), 688 - 698.	Aversión del riesgo operativo y financiero por parte de los tomadores de decisiones.	Teoría de la Utilidad Exponencial Esperada
	Preferencias de Riesgo y decisiones robustas de inventario con base al condicional de Valor en Riesgo (CVaR)	Jammerneegg, W., & Kischka, P. (2008). RISK PREFERENCES AND ROBUST INVENTORY DECISIONS. ELSEVIER, 269 - 274.	Aversión al riesgo, riesgo neutral y el comportamiento de riesgo del administrador de inventario	El impacto de una cantidad de orden y se mide por el valor condicional en riesgo (CVaR)
	Costo Promedio de Capital Ponderado de Capital (CPPC) - Weighted Average Cost of Capital (WACC) en modelos de gestión de inventarios.	Serrano, A., Oliva, R., & Kraiselburd, S. (2016). On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. ELSEVIER, Production economics 183, 14 - 20.	Riesgo financiero general ocasionado por el proceso de tomar la decisión correcta al momento de gestionar los inventarios por medio de la política.	Costo promedio ponderado de Capital (WACC)

Fuente: elaboración propia

Al contraponer entonces, los modelos tradicionales y los modelos basados en técnicas financieras con relación a la valoración del riesgo financiero, existe un predominio total por parte de este último grupo indiferente de la técnica de valoración utilizada, pues como se pudo evidenciar lo modelos clásicos tienden a no incluir la valoración del riesgo en sus configuraciones, mientras que la corriente propuesta basa su operación en dicha filosofía. Por tanto, se consigue presentar una alternativa conveniente de gestión de inventarios para quienes detallen como necesaria la inclusión del riesgo financiero al momento de tomar decisiones a fines.

6.1.6. Ventajas y desventajas de los modelos evaluados

Después de hacer efectiva el análisis planteado bajo los factores de comparación, se propone consolidar las ventajas y desventajas resultantes para cada uno de los modelos evaluados de la corriente de gestión de inventarios tradicional y la corriente financiera, descritas posteriormente en las Tabla 15, 16 y 17 respectivamente.

Tabla 15. Ventajas y desventajas de la aplicación de modelos tradicionales de gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	VENTAJAS DE SU APLICACIÓN	LIMITACIONES DE SU APLICACIÓN
MODELOS TRADICIONALES	Cantidad económica de pedido EOQ .	Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. FACTORY.	1) Brinda una herramienta de uso práctico y fácil comprensión. 2) Minimiza los costos de mantenimiento y el almacenamiento del inventario. 3) Muy bajo costo y exigencia computacional. 4) Permite tener una política completa de inventario, respondiendo a las interrogantes de cuando y cuanto ordenar. 5) Reduce el exceso de emisión de pedidos.	1) No logra representar a cabalidad las situaciones reales del entorno empresarial. 2) Supuestos de demanda constante y conocida que son poco realistas. 3) Supone un tiempo de reposición constante y conocido, el cual es casi improbable en un entorno real. 4) Análisis hecho para un solo producto en particular. 5) Cálculo para un solo periodo de planeación. 6) No considera descuentos por volumen de pedidos.
	Modelo EOQ con descuentos	Ángel A. Juan, R. G. (2013). www.uoc.edu. Obtenido de Gestión de stocks: Modelos	1) Simula mejor la realidad de las economías de escala. 2) Minimiza los costos de precio unitario de los artículos. 3) Muy bajo costo y exigencia computacional. 4) Permite tener una política completa de inventario, respondiendo a las interrogantes de cuando y cuanto ordenar. 5) Reduce el exceso de emisión de pedidos.	1) No logra representar a cabalidad las situaciones reales del entorno empresarial. 2) Supuestos de demanda constante y conocida que son poco realistas. 3) Supone un tiempo de reposición constante y conocido, el cual es casi improbable en un entorno real. 4) Análisis hecho para un solo producto en particular. 5) Cálculo para un solo periodo de planeación.
	Modelo EOQ con tasa de reposición finita	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	1) Se pueden obtener mejoras en la planeación de los inventarios al considerar un tiempo de reposición diferente a cero. 2) Mediante la definición de una tasa de reposición mayor a la demanda promedio se puede obtener un costo de faltantes nulo. 3) El nivel de inventario promedio sujeto a una tasa de reposición constante puede ser más realista en un entorno comercial.	1) El supuesto de tener una tasa de reposición constante puede ser poco realista en un entorno real. 2) Supuestos de demanda constante y conocida que son poco realistas. 3) Análisis hecho para un solo producto en particular.
	Modelo Silver-Meal para una demanda variable	Silver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. Production and inventory management, 64-74.	1) Simula mejor la realidad de la variabilidad de la demanda como una variable aleatoria. 2) Minimiza el costo total de ordenar mediante series de tiempos para varios periodos. 3) Utiliza sistemas de pronósticos para predecir la demanda futura. 4) Permite tener una política completa de inventario, respondiendo a las interrogantes de cuando y cuanto ordenar.	1) Dificultad de aplicación media. 2) Costo computacional considerable. 3) Supone un tiempo de reposición constante y conocido, el cual es casi improbable en un entorno real.
	Modelo algoritmo de Wagner-within (WW)	Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size. Management Science, 89.96.	1) Simula cada periodo dentro de un intervalo de tiempo calculando la mejor opción de ordenar para n pedidos. 2) Minimiza el costo total de ordenar mediante series de tiempos para varios periodos. 3) Capacidad predictiva e busca del menor costo total de ordenamiento. 4) Permite tener una política completa de inventario, respondiendo a las interrogantes de cuando y cuanto ordenar.	1) Dificultad de aplicación debido a su robusto tratamiento matemático. 2) Costo computacional considerable. 3) Supone un tiempo de reposición nulo, el cual es casi improbable en un entorno real. 4) Muy poco utilizado en el entorno empresarial.
	Sistema de control continuo de inventario (s,Q)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	1) Fácil utilización en el contexto práctico. 2) Sencilla comprensión y aplicación. 3) Minimización de los errores originados en el proceso de orden de pedido. 4) Menor nivel de inventario de seguridad para un mismo grado de servicio al cliente.	1) Complejidad práctica a la hora de coordinar varios ítems de forma simultánea con este sistema de control. 2) Costosa operación por aumento de mano de obra para la revisión continua. 3) Incertidumbre frente a los momentos en el cual debe generarse una nueva orden, lo cual podría acarrear problemas operativos y logísticos.
	Sistema de control continuo de inventario (s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	1) Puede llegar a obtener menores costos de totales por de pedido, mantenimiento de inventario y costos por faltantes. 2) Por su simplicidad es fácil de comprender y aplicar en un contexto real. 3) Mayor capacidad de respuesta frente a fluctuaciones importantes de la demanda.	1) Es necesario un costo computacional significativo, el cual no sería conveniente para ítems clase B, e incluso, para no todos los clase A. 2) Los parámetros de control tienden a ser fijados arbitrariamente. 3) Significativa probabilidad de incurrir en errores humanos por los variables tamaños de orden.
	Sistema de control periódico de inventario (R,S)	Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones Procesos y cadena de valor (8va ed.). México: PEARSON EDUCATION.	1) Posibilidad de permitir el control coordinado de varios ítems simultáneamente. 2) Permite obtener beneficios por el aprovechamiento de las economías de escala en la adquisición de inventario. 3) Flexibilidad en las cantidades a ordenar e incluso puede cambiar el nivel máximo de inventario S a través del tiempo. 4) Reducción de mano de obra encargada de la revisión del inventario efectivo.	1) Baja respuesta frente a aumentos drásticos e inesperados de la demanda. 2) Mayores niveles de inventario para mantener un mismo nivel de servicio en comparación a los sistemas continuos. 3) Mayores costos de mantenimiento de inventario que los sistemas continuos. 4) Incertidumbre acerca del nivel de inventario efectivo entre el tiempo transcurrido en medio de los intervalos de revisión. 5) Niveles altos en los inventarios de seguridad.
	Sistema híbrido de control de inventario (R,s,S)	Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.	1) Menor costo total relevante con respecto a los otros sistemas de control continuos y periódicos. 2) Arroja soluciones que van más acorde a la realidad en su aplicación práctica. 3) Resulta ser más completo y flexible que los demás sistemas de control de inventario. 5) Puede llegar a producir ahorros significativos en el caso en el que los costos de revisión sean excesivos	1) Mayor dificultad de comprensión y aplicación. 2) El cálculo de los parámetros de control no es apropiado para ítems clase B. 3) Mayor susceptibilidad a errores originados por las personas que lo ejecuten. 4) Puede resultar difícil aplicarlo a varios ítems en simultaneo.

Fuente: elaboración propia

Tabla 16. Ventajas y desventajas de la aplicación de técnicas financieras en la gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	VENTAJAS DE SU APLICACIÓN	LIMITACIONES DE SU APLICACIÓN
MODELOS BASADOS TÉCNICAS FINANCIERAS	Aplicación del Valor en Riesgo (VaR) en un modelo de gestión de inventarios	Tapiero, C. (2003). Value at risk and inventory control. OPERATIONAL RESEARCH, 163, 769 - 775.	1) Brinda un enfoque unificado y de riesgo, de modo que se desarrollan políticas de inventario eficientes que incluyen un conjunto de limitaciones que enfrentan los administradores de inventario. 2) Reconoce los efectos de interacción de las múltiples fuentes de incertidumbre y complejidad a las que puede estar sujeto el inventario. 3) Considera el riesgo percibido por quien toma la decisión, haciendo de que la posibilidad de obtener pérdidas económicas futuras por malas decisiones sea menor a que si se tomarán con base a modelos tradicionales. 4) La aplicación VaR para la gestión de inventario resulta ser un enfoque novedoso para tratar la exposición al riesgo y diseñar políticas de inventario concurrentes con un nivel predeterminado de exposición al riesgo. 5) Una política de inventario de VaR resulta ser más conservadora que las políticas de inventario tradicionales derivadas de la esperada minimización de costos.	1) Problemas matemáticos que surgen de la aplicación del enfoque VaR, sintonizados con la práctica actual en la gestión del riesgo financiero, resultan difíciles de resolver analíticamente, aunque se pueden encontrar soluciones mediante la aplicación de técnicas computacionales y de simulación. 2) Uso de un solo periodo de análisis. 3) Análisis enfocado para un solo producto. 4) Tiempo de reposición nulo, lo cual no ocurre en la realidad. 5) Asumir que únicamente la función de costo sigue una distribución normal. 6) Asumir que la demanda sigue una distribución de probabilidad uniforme.
	Valor en Riesgo (VaR) como medida de riesgo para modelos estáticos de multiperiodos de inventarios	Luciano, E., Peccati, L., & Cifarelli, D. (2003). VaR as a Risk measure for multiperiod static inventory models. ELSEVIER, 81 - 82, 375 - 384.	1) Consideración de un nivel de confianza entre el 95% y el 99% dado por los administradores de inventario o quienes toman las decisiones, haciendo los resultados obtenidos sean coherente respecto al riesgo percibido. 2) Finalmente resulta ser un problema de optimización, basando el modelo en el análisis y búsqueda el valor esperado y la varianza de ganancias (y costos) óptima. 3) Para optimizar el valor esperado, el modelo explora la distribución de probabilidad de los resultados, mediante la corriente analítica, como también a través de métodos de simulación que permiten la obtención de resultados adaptables a la medición del riesgo VaR. 4) Usa el Valor en Riesgo como técnica de medición del riesgo dado un nivel de confianza y un horizonte de tiempo dado.	1) Análisis enfocado para un solo producto. 2) Tiempo de reposición nulo, lo cual no ocurre en la realidad. 3) Aunque incluye algunos costos que son importantes en la gestión de inventarios como lo son el costo de mantener y el costo de ordenar, no considera el costo del item ni el costo de faltante, rezagando el resultado a la minimización de los dos primeros, teniendo en cuenta de que el costo de faltante se convierte en un importante factor a considerar al momento de administrar los inventarios, pues de cierto modo se convierte en penalización dado el caso de que no exista inventario suficiente para cubrir la demanda. 4) La política óptima de ordenamiento no es clara y varía de acuerdo a las modificaciones de los parámetros como la demanda, puesto que el ejercicio
	Modelo de gestión de inventarios basado en la Aversión al Riesgo.	Chen, X., Sim, D., Simchi, & Sun, P. (2007). Risk aversion in inventory management. OPERATION RESEARCH, 55 (5), 828 - 842.	1) Proposición de un modelo que incorpora la aversión al riesgo en un entorno de inventario de varios periodos, considerando a su vez el tema relacionado con la fijación de precios. 2) Modelación directamente de las decisiones de consumo, ahorro y endeudamiento, así como las decisiones de reposición de inventario y fijación de precios. 3) Proporciona a los planificadores de inventario una forma alternativa de tomar decisiones de inventario. 4) Los resultados obtenidos a través del modelo propuesto motivan a un buen número de extensiones tales como: la introducción al concepto de aversión al riesgo en modelos con un horizonte infinito, la revisión periódica a modelos en los que las decisiones de inventario (y fijación de precios) se revisan en tiempo continuo y el comercio financiero también se lleva a cabo en tiempo continuo, el problema estocástico de equilibrio de efectivo, entre otros.	1) Asumir un tiempo de reposición igual a cero lo que no ocurre ciertamente en el ámbito real. 2) Relacionar la incertidumbre únicamente con el comportamiento de la demanda y no con otras variables intervinientes, como la oferta. 3) La suposición de que las tasas de ahorro y endeudamiento son idénticas puede no mantenerse en la práctica, especialmente para la mayoría de las empresas manufactureras, donde la tasa de endeudamiento es típicamente más alto que la tasa de ahorro. 4) A pesar de que la teoría de la utilidad esperada es comúnmente utilizada para modelar problemas de toma de decisiones con aversión al riesgo, ésta no captura todos los aspectos relacionados con la elección del comportamiento de los seres humanos bajo la incertidumbre. 5) El modelo presenta desafíos prácticos al igual que otros modelos basados en la teoría de la utilidad esperada; por ejemplo al momento de especificar la función de utilidad del responsable de la toma de decisiones, como también en la determinación de los parámetros relacionados.

Fuente: elaboración propia

Tabla 17. (Continuación) Ventajas y desventajas de la aplicación de técnicas financieras en la gestión de inventarios

CORRIENTE	MODELO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	VENTAJAS DE SU APLICACIÓN	LIMITACIONES DE SU APLICACIÓN
MODELOS BASADOS TÉCNICAS FINANCIERAS	Preferencias de Riesgo y decisiones robustas de inventario con base al condicional de Valor en Riesgo (CVaR)	Jammernegg, W., & Kischka, P. (2008). RISK PREFERENCES AND ROBUST INVENTORY DECISIONS. ELSEVIER, 269 - 274.	1) Aunque la inclusión del tiempo de reposición en la estructura del modelo propuesto no se realiza de manera específica, éste es representado bajo el supuesto de que la incertidumbre que conlleva dicha variable en la toma de decisiones puede especificarse a través del análisis de diversas distribuciones de demanda. 2) Utilización de un robusto componente metodológico basado en la optimización maximin - minimax para la determinación de las cantidades óptimas a ordenar. 3) Adaptación del modelo "vendedor de periódicos" con el concepto de aversión al riesgo, dándole una mayor practicidad y entendimiento al momento de ser usado. 4) Introducción del concepto de aversión al riesgo y el riesgo percibido por el administrador de inventarios bajo condiciones de incertidumbre respecto a la distribución de la demanda.	1) El modelo se limita a ser aplicado con productos de corto ciclo de vida, tales como los alimentos; debido al efecto de dificultad que conlleva la consideración de los tiempos de reposición o de reabastecimiento. 2) Los costos fijos son denominados como prescindibles en el modelo. 3) Un horizonte de tiempo de planificación limitado que puede no considerar el comportamiento actual del mercado al momento de emprender una decisión. 4) No se preocupa por conocer los elementos que componen la distribución de la demanda, como por ejemplo, el valor esperado y la varianza; y esto debido a que establecen la existencia de un conjunto de distribuciones de demanda potencial ordenadas estocásticamente, haciendo que dichos valores sean, caso contrario a lo que hace el modelo tradicional del vendedor de periódicos.
	Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) : Weighted Average Cost of Capital (WACC) en modelos de gestión de inventarios.	Serrano, A., Oliva, R., & Kraiselburd, S. (2016). On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. ELSEVIER, Production economics 183, 14 - 20.	1) Aborda la pregunta de cuál es el impacto de las decisiones de inventario en el costo de capital de la empresa y, en consecuencia, qué tan óptimo las políticas de inventarios deberían cambiar dado que el costo del capital es endógeno a las decisiones operativas de la empresa. 2) Aunque este modelo se usa generalmente en la gestión de operaciones en modelos con demanda estocástica, también se puede aplicar a otros entornos. 3) El modelo al ser aplicado en el contexto operacional de una empresa más específicamente en la toma de decisión de inventario a mantener, le permitirá a los accionistas de la misma maximizar sus beneficios a través de los beneficios financieros que su uso trae consigo. 4) La técnica de cuantificación de riesgo lo avala la literatura, puesto que ésta respecto a la gestión de operaciones, conduce a que el riesgo financiero en un modelo de inventario generalmente es capturado por el costo de capital promedio ponderado (constante) de la empresa. 5) En lugar de considerar el costo de capital de la empresa para los accionistas como una constante fija, en el modelo propuesto, éste depende de las fuentes de variabilidad, específicamente de la covarianza de estos con los rendimientos del mercado, puesto que todas las fuentes de variabilidad pueden tener un impacto significativo en el costo de capital e ignorar cualquiera de ellas puede generar distorsión en los resultados.	1) Aunque el autor del modelo advierte que éste puede ser aplicado en otros entornos diferentes a los caracterizados por tener una demanda conocida lo cual no suele suceder en la práctica, el desarrollo del mismo se efectúa bajo dicho supuesto ocasionando que no se incluya la incertidumbre generada por la variabilidad de la demanda. 2) Tiempo de reposición nulo, lo cual no ocurre en la realidad. 3) Tratamiento de productos con características especiales que logren facilitar su gestión; convirtiéndose entonces los ítem con producción constante y limitada y que prevalezcan en un mercado que demande cantidades controladas, se convierten en el principal foco de atención del modelo. 4) Manejo restringido de los costos, como ocurre con el costo de ordenar, el cual únicamente es utilizado cuando las cantidades a ordenar son grandes; lo cual no es lo que realmente acontece en el campo práctico.

Fuente: elaboración propia

6.2. Identificación de elementos clave en la estructuración de las políticas de Gestión de Inventarios

Una vez realizada la pertinente revisión de literatura, se identifica que las políticas de gestión de inventarios bien sean bajo el enfoque tradicional o bajo el enfoque financiero, poseen elementos clave que comparten en la estructuración de sus ecuaciones, indicando la importancia que trae consigo su consideración al momento de administrar los inventarios. No obstante, es importante aclarar las evidentes diferencias metodológicas, omisión y adición de elementos y/o parámetros entre los modelos de una corriente y otra, dado que, aunque su objetivo es el mismo (gestionar los inventarios de la mejor manera), los medios para lograrlo son diferentes. Así pues, se puede identificar que las políticas de inventarios independientemente de su enfoque comparten ciertos componentes que son necesarios considerar al momento de gestionar los inventarios. Estos componentes son descritos a continuación, referenciando a su vez lo considerado por Vidal (2010).

6.2.1. Factores de costo

Dentro de los cuales se destacan el costo de mantener inventario, el costo de ordenar y el costo de faltante, considerando su continua participación y utilidad en los modelos de gestión de inventarios más representativos ofrecidos en la literatura.

6.2.1.1. Costo de llevar o mantener el inventario

Teniendo en cuenta que el Costo de Mantener inventario, comprende diversos aspectos relacionados con los costos de manejo y almacenamiento, costos originados por el área utilizada para la disposición del producto, costos de capital y costos de riesgo del mismo dadas las características propias del producto, como por ejemplo: la obsolescencia, los posibles daños que puedan perjudicar este activo y algunos seguros e impuestos dispuestos para favorecerlos ante contingencias imprevistas; resulta indispensable considerar dentro de cualquier modelo de gestión de inventarios independientemente de su corriente o filosofía, la introducción de su impacto financiero dentro de la gestión de este rubro, pues así como las empresas buscan brindar la protección y los beneficios necesarios para un adecuado

mantenimiento de los productos en inventario, traen consigo la incidencia de costos que conlleva su mantenimiento, y que muchas veces suelen ser de gran magnitud prefiriéndose en ocasiones sacrificar el inventario corriendo el riesgo de no tratarlo tal como lo solicita su naturaleza.

A continuación, se describen brevemente los diferentes elementos causantes del costo de mantenimiento, los cuales de una u otra manera deben introducirse al esquema utilizado para la toma de decisiones relacionadas con la inversión en inventarios.

- Los costos de almacenamiento y manejo, son costos resultantes de operar la bodega, incluyendo la mano de obra necesaria y demás actividades desarrolladas, como la recepción, almacenamiento, inspección, recolección y despacho.
- El costo de espacio son consecuencia del uso de la bodega o espacio en la que se almacenan los productos.
- Los costos de capital o costos de oportunidad representan la mayor porción de los costos de mantenimiento del inventario; sin embargo, es el costo menos tangible de todos los costos de inventario, dado que, representa la posible pérdida de inversión en otras actividades que la empresa podría tener, en las que podría generar mayor rentabilidad, o al menos ganaría su tasa mínima de retorno sobre la inversión.
- Los costos de riesgos representan los costos de obsolescencia, deterioro y depreciación del inventario y pueden determinarse mediante el cálculo del costo de ítems perdidos, o del costo de actualización.
- Los seguros e impuestos hacen parte del costo de mantenimiento del inventario, en donde los seguros se toman como prevención contra incendios, robo, daños, etc. Mientras que, los impuestos a pagar dependen de los sistemas contables particulares de cada región.

De modo que, cualquier modelo de gestión de inventarios deberá encaminarse a lograr calcular sus cantidades óptimas a ordenar inclinando su decisión hacia la

reducción del Costo de Mantenimiento, aunque esta afirmación suele cambiar a medida que otros costos interventores sean mayores a estos al momento de administrar sus niveles, y por ende su incurrimento pueden costar mucho más que el hecho de admitir un determinado Costo de Mantenimiento; como en el caso específico en el que el costo de faltante de producto penalice en una mayor proporción la inexistencia del ítem frente al posible Costo de Mantenimiento que podría generarse si se tuviera en existencia y por ende disponibles al consumidor.

6.2.1.2. Costo de ordenamiento o de alistamiento

Al igual que es importante la inclusión del costo de mantener en los esquemas usados por los modelos de gestión de inventarios tanto tradicionales como los basados en técnicas financieras, resulta siendo indispensable la inclusión del Costo de Ordenamiento a sus estructuras, pues como es bien sabido este tipo de costo se convierte en un importante elemento restrictivo para controlar los posibles excesos de ordenamiento de inventario, pues al ser representativa la cantidad a ordenar de determinado producto se verá afectada por su significancia, generando un comportamiento tal que se busque reducir sus niveles dado el monto monetario que conlleva la solicitud de numerosas cantidades y que posiblemente puedan ser innecesarias para la compañía. En atención a lo cual, la cuantificación del costo de ordenar en un modelo de gestión de inventarios brinda la posibilidad de que sus resultados se adapten de una manera más efectiva a cualquier contexto real empresarial, debido a que en la práctica las empresas acostumbran a generar este tipo de costes cuando emiten una orden de pedido bien sea a través del cálculo de una cantidad fija o mediante la determinación de una cantidad unitaria ajustable.

En consecuencia, es preciso referir que cada orden emitida para el reabastecimiento de inventario posee varios costos relacionados, los cuales frecuentemente suelen ser fijos y no dependen del tamaño de la orden, aunque pueden existir algunas excepciones en los que su cálculo se efectúa de manera unitaria, bien se exponía en el párrafo anterior. Este tipo de costo corresponde por tanto al procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden; lo que para un comerciante, puede

comprender costos de preparación de los formatos de las órdenes, de correo, de llamadas telefónicas relacionadas con el pedido, de autorización del pedido, de recepción e inspección, de manejo de las facturas del proveedor; para un productor, puede incluir los rubros relacionados con el montaje de maquinaria fija, costos de alistamiento para procesar la orden, la transmisión y control de la orden en la planta. En últimas, busca comprender, todas aquellas principales actividades que demandan la emisión de un pedido cualquiera, siendo un sólido justificante para que sea incorporado a un modelo que permita la toma acertada de este tipo de decisiones.

6.2.1.3. Costo de faltante o de bajo inventario

Análogamente y no menos importante, el costo de faltante en los modelos de gestión de inventarios se puede comprender como aquel elemento infaltable para su funcionamiento, presto a que se comporta como aquel componente que penaliza o sanciona las erróneas decisiones de ordenamiento de inventario, debido a que este tipo de costo se produce cuando se recibe una orden de demanda por parte del cliente o consumidor y no hay suficiente inventario disponible para cubrirla bien sea por pocas o nulas existencias, creando un panorama desfavorable para la compañía en términos de la venta perdida que no pudo concretar a causa de sus malas decisiones administrativas sobre este rubro. Aunque, su identificación y cuantificación resulta ser engorrosa para las empresas impidiendo su correcta manipulación, se acostumbra a expresarse generalmente como un porcentaje del valor del ítem, siendo posible identificar además que los principales costos de faltantes son:

- El costo especificado por cada ocasión en la que ocurren faltantes, en el que se asume un valor constante por el hecho de dar rompimiento de inventario.
- El costo especificado por cada unidad de faltante, en el que se carga una fracción del costo unitario del ítem debido al faltante.
- El costo especificado por cada unidad de faltante por unidad de tiempo.

Así que, independientemente del tipo de costo de faltante asumido por el modelo, su incorporación contribuye a que con ayuda del mismo las compañías logren dar respuesta ante las necesidades de gestión de sus inventarios de una forma más

objetiva y efectiva, pues es evidente que ante una no consideración, los resultados arrojados carecerían de precisión y autenticidad.

6.2.2. Tiempo de reposición (Lead Time)

Partiendo de que el tiempo de reposición es aquel tiempo que transcurre entre el momento de expedir una orden de compra o de producción por parte de una empresa y el preciso instante en que el producto solicitado se tiene listo para ser demandado por los clientes; deriva la trascendencia del tiempo de reposición en el control de los inventarios, ya que durante este lapso de tiempo se supone la ocurrencia de posibles rupturas que manifiestan el hecho de presentar escases por parte de la compañía, debido al hecho de estar en un nivel bajo frente a un nivel ideal de inventario.

En este aspecto, cuando un modelo puede incluir el tiempo de reposición en su funcionamiento, le permitirá a los administradores confiar de los beneficios operativos que traerían sus resultados, puesto que ofrecería la capacidad de mitigar las posibles contingencias que se puedan generar dentro de las etapas que suelen componer dicho tiempo, tales como: el tiempo administrativo transcurrido entre la decisión de emitir una orden y su respectiva disposición, el tiempo de tránsito de la orden hasta el proveedor, el tiempo usado por el proveedor para el procesamiento de la orden, el tiempo de tránsito entre el proveedor y el lugar donde la orden es solicitada, y el tiempo consumido entre la recepción del inventario hasta el almacenamiento del mismo en el establecimiento definido para su mantenimiento; contingencias que de alguna manera u otra reduciría la capacidad de respuesta de la compañía frente a la demanda de su determinado bien y que mediante su notable consideración podría el modelo abolir a través de un cálculo acertado la correcta administración de sus inventarios.

6.2.3. Tipo y patrón de demanda

Igualmente, el tipo y patrón de demanda se convierten indudablemente en un elemento importante a considerar dentro de las estructuras de los modelos de gestión de inventarios, pues la demanda más que un elemento clave para la configuración de un modelo, desempeña el rol fundamental de dar a conocer a los

administradores o en su defecto a las empresas, aquellas circunstancias descritas por el mercado en la que la utilidad de los resultados del modelo es la esperada; o de permitir evidenciar bajo qué características de la demanda el modelo utilizado cumple con su función principal de dar resultados acertados para la toma de decisiones apropiadas encaminadas hacia una correcta gestión de los inventarios; pues como es bien sabido, así como existen gran variedad de modelos o técnicas que buscan cumplir esta labor, no todas admiten cualquier tipo o patrón de demanda conforme a las propiedades exclusivas de su filosofía de funcionamiento.

Para lo cual, es necesario considerar si la demanda se comporta de manera independiente o dependiente, siendo la demanda independiente ocasionada por entes externos a la empresa, como los clientes que compran los productos terminados; y la demanda dependiente que se encuentra ligada a un elemento padre, como la demanda de insumos necesarios para la producción de un ítem individual; dos tipos de demandas diferentes, que requieren de un tratamiento especial y de esquemas o modelos enfocados a cada situación específica. En cuanto al patrón, es posible encontrar demandas con un patrón aleatorio; un patrón perpetuo, estable o uniforme cuyo promedio se mantiene constante por largos periodos de tiempo y su fluctuación permanece dentro de pequeños lapsos de tiempo; un patrón de demanda periódico o estacional relacionado con las fluctuaciones o picos en determinadas épocas del año; un patrón de demanda con tendencia lineal (creciente o decreciente) y finalmente un patrón de demanda errático, trazando grandes variaciones a lo largo del tiempo, pasando de periodos de demanda cero, a grandes picos.

De esta manera, existirán diferentes modelos especialistas para cada una de las diversas situaciones establecidas por el comportamiento y tipo de demanda evidenciado, por lo que es crucial para los administradores de inventarios identificar de una manera acertada aquel que le favorezca dado el entorno en el que se desenvuelve, presto a la obtención de cálculos oportunos que le garanticen el bienestar financiero y operativo mediante la consecución de resultados precisos y acordes a las necesidades específicas de su organización.

6.2.4. Horizonte de planeación

Otro elemento importante en la determinación de una acertada política de inventarios, es el horizonte de planeación, dentro del cual tendrá efecto el resultado de aquella decisión que sea tomada en aras de que la demanda presente sea totalmente cubierta sin presentar excesos ni faltantes de inventario. De esta forma, se tiene que el horizonte de planeación, suele clasificarse en tres grandes grupos: el primero referente a la planeación en un corto plazo, enfocado principalmente hacia la toma de decisiones que implican un lapso de días, semanas o hasta un par de meses; el segundo a una planeación en un mediano plazo, haciendo énfasis en un tiempo de repercusión mayor a 2 meses y no superior a 1 año; y finalmente, un horizonte de planeación a largo plazo, correspondiente a un periodo de tiempo superior a un año.

Considerando elementos adicionales a los anteriormente descritos y que son frecuentemente utilizados en la estructuración de modelos de gestión de inventarios bajo un panorama de medición de riesgos financieros, debido a la importancia que trae consigo la interacción de los mismos en diferentes contextos en los que se requiere administrar inventarios de forma medida y calculable sin que la compañía sufra pérdidas económicas inaceptables, se listan y se describen los siguientes elementos claves:

6.2.5. Desviación Estándar

Además de conocer la tendencia central de un conjunto de datos, es importante a su vez saber qué tan distintos son entre sí, de allí radica la importancia de medir la variabilidad o dispersión de los mismos, para lo cual la desviación estándar se convierte en una oportuna alternativa, ya que muestra la magnitud de dispersión entre los datos con respecto a dicha tendencia central o media aritmética (Gutierrez Pulido & De La Vara, 2009).

6.2.6. Nivel de confianza dado un perfil o índice de aversión al riesgo

Otro elemento identificado con una frecuencia importante en la literatura, es la probabilidad relacionada con el nivel de confianza de los tomadores de decisiones al

momento de gestionar los inventarios bajo un horizonte de riesgo; siendo un componente crucial en la estructura de un modelo con dicho propósito, por la razón de que se considera el perfil de riesgo de la persona quien toma la decisión con base en los factores variables presentes en el mercado (fluctuaciones en los precios, variabilidad de la demanda, eficiencia de los proveedores, cambios en la necesidades y gustos por parte de los consumidores, cambios de los factores microeconómicos y macroeconómicos, etc.), en la empresa, en el producto y por su puesto en su experiencia o inexperiencia como ente encargado de llevar a cabo este tipo de decisiones que requieren de inversión de capital como lo es la gestión de inventarios.

6.2.7. Técnica financiera basada en la medición del riesgo financiero

La técnica financiera resulta ser un elemento fundamental en un modelo de gestión de inventarios bajo la corriente propuesta de aplicación, ya que permita administrar el riesgo financiero presente en las decisiones de inversión en activos corrientes como lo son los inventarios. En este sentido, existen diferentes técnicas que permiten la medición de los riesgos financieros, como ya se describieron en secciones anteriores, de modo que al adaptarlos con otros parámetros y elementos tradicionales de modelos de gestión de inventarios, es posible obtener un modelo que permite ejercer control sobre los inventarios, considerando los riesgos financieros asociados.

6.2.8. Función de maximización del beneficio esperado o Función de minimización del costo total - Optimización

Dependiendo del enfoque del modelo, existirán algunos que buscarán maximizar el beneficio esperado o en su defecto minimizar el costo total en el que se incurre, lo cual requiere de un tratamiento diferente en la elaboración de las ecuaciones que lo componen; razón por la cual, el hecho de que se encuentre claro el funcionamiento del modelo de gestión de inventarios sujeto a una función de maximización o minimización, es decir a una función de optimización, es indispensable; puesto que su consideración resulta equivalente a encontrar los valores óptimos para aquellas variables interventoras del modelo que garantizan el mejor resultado del ejercicio.

7. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA FINANCIERA DE VALORACIÓN DEL RIESGO ADAPTADA A UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Posterior al reconocimiento de los principales elementos que conforman la estructura de una política de gestión de inventario respecto a la literatura estudiada, se procede a elegir un modelo de gestión de inventarios capaz de dar cumplimiento a los intereses propuestos, es decir, que permita minimizar las posibles pérdidas económicas al momento de gestionar los inventarios, garantizando el cumplimiento de los requerimientos de la demanda. Para lo cual, se busca que el modelo seleccionado contenga los elementos identificados previamente, pues resultan imprescindibles en el funcionamiento de la política, ya que la interacción conjunta de estos conlleva a la obtención de resultados confiables para decisores que prefieran gestionar sus inventarios bajo un enfoque de administración del riesgo.

De este modo, para el desarrollo del presente trabajo, se toma como referencia el modelo de control de inventarios basado en la técnica financiera de Valor en Riesgo (VaR) propuesto por Charles S. Tapiero (2003), puesto que busca incluir de alguna manera, cada uno de los elementos clave identificados en el capítulo 6.2, siendo posible identificar:

- La estructura básica de costos definida por: el costo de mantener, el costo de ordenar y el costo de faltante por unidad.
- La consideración de un comportamiento determinado de Demanda, el cual el modelo sugiere seguir una distribución uniforme que implica que la probabilidad de que se presente una demanda aleatoria dentro de un rango mínimo y máximo determinado sea la misma.
- La introducción de un esquema que admite un único horizonte de tiempo para el cálculo de la cantidad óptima a ordenar, siendo un resultando viable para aquellas decisiones únicas de pedido, convirtiéndose así en un factor justificante para el hecho de que aunque el tiempo de reposición fue

identificado como elemento clave para la elección de la herramienta, bajo el esquema de pedido único, éste no posee mucha relevancia, puesto que el reabastecimiento se reactivaría en el periodo que se requiera y particularmente cuando el inventario llega a cero.

- La inclusión del nivel de confianza determinado por el índice de aversión al riesgo por parte de los decisores dado su perfil de riesgo.
- La adaptación de la desviación estándar de los rendimientos reales y esperados de la función de costos, como también la esperanza o media de la misma.
- La incorporación de la Técnica Valor en Riesgo (VaR) que permite el cálculo de la máxima pérdida monetaria que podría registrar una decisión o política de ordenamiento de inventario, dado una determinada porción de rechazo al riesgo financiero.

A continuación, se realiza una breve descripción del modelo de referencia, haciendo énfasis en sus principales características, supuestos, elementos e interacción de los mismos a lo largo de proceso llevado a cabo por el autor en aras de obtener una política óptima de gestión de inventarios considerando el riesgo financiero presente.

El modelo de Charles S. Tapiero basa su filosofía de funcionamiento en la valoración asimétrica entre los rendimientos obtenidos por encima y por debajo de un rendimiento objetivo apropiado y esperado; obteniendo una política de ordenamiento de inventario dado un nivel de confianza previamente definido por los entes tomadores de decisiones, de modo que se logre ejercer un adecuado control sobre el nivel de inventario a mantener en una situación específica.

En atención a lo cual, para un horizonte de tiempo planeado T y un nivel de confianza p denotado por P_{VaR} , Tapiero (2003) define el VaR como la máxima pérdida esperada, permitiendo que se establezca como la probabilidad de pérdida ξ mayor al valor en riesgo de una cartera Φ , lo que matemáticamente es expresado como:

$$P(\xi < -\Phi) = \int_{-\infty}^{-\Phi} P_T(\xi) d\xi, \quad (6)$$

Donde:

$P_T(\xi)$: Probabilidad de pérdida definida durante el período de tiempo T .

Así, la probabilidad de VaR se describe en la Ecuación 7.

$$P_{VaR} = \int_{-\infty}^{-\Phi_{VaR}} P_T(\xi) d\xi, \quad (7)$$

Considerando en este sentido un solo periodo de planeación, una función de costo lineal definida por $\tilde{C}(z)$ a causa de los costos generados por la ejecución de la gestión de inventarios por parte de una empresa cualquiera y Q como un valor de costo planificado que varía lineal y proporcionalmente por encima a un factor mínimo α y por debajo a un factor máximo β , se tiene que la valoración asimétrica de las pérdidas se encuentra dada por la minimización de las desviaciones respecto a dicho objetivo, como se muestra en la Ecuación 8 dada por Tapiero (2003), en la que se observa que cada uno de los factores β y α se multiplican por las diferencias presentes entre las esperanzas de la función de costos $\tilde{C}(z)$ y el Q objetivo, y del Q objetivo frente a la función de costos $\tilde{C}(z)$ respectivamente, tal que finalmente se puedan sumar y determinar la valoración asimétrica de pérdidas mencionadas tanto por defecto como por exceso.

$$\Phi = \beta E[\tilde{C}(z) - Q | \tilde{C}(z) \geq Q] + \alpha E[Q - \tilde{C}(z) | \tilde{C}(z) \leq Q], \quad \beta \geq \alpha \quad (8)$$

Por consiguiente, el objetivo de optimización de inventario, se encuentra dado por la minimización de Φ , es decir de la valoración previamente descrita, tal como se muestra en la Ecuación 9 dada por Tapiero (2003).

$$\text{Min} \Phi_Q = \beta \int_Q^{\infty} (\tilde{C}(z) - Q) dFc + \alpha \int_{-\infty}^Q (\tilde{C}(z) - Q) dFc \quad (9)$$

Resolviendo la Ecuación 9 expuesta para un solo periodo e igualando a cero, partiendo del supuesto de que la suma entre las valoraciones asimétricas tanto por encima como por debajo del Q objetivo es nula, es decir igual al Q objetivo; por lo que se obtiene que la solución resultante en términos de la función de costo óptima, β y α , es como sigue:

$$-\beta(1 - Fc(Q)) + \alpha Fc(Q) = 0 \quad (10)$$

Despejando la función del costo óptimo $Fc(Q)$ de la Ecuación 10, se llega a la siguiente expresión:

$$Fc(Q) = \frac{\beta}{(\beta + \alpha)}; \beta > \alpha \quad (11)$$

Siendo entonces la función de costos óptima $Fc(Q)$ afín de P_{VaR} ,

$$Fc(Q) = P_{VaR} \quad (12)$$

Y el objetivo óptimo de costo $Q(z)$,

$$Q(z) = Fc^{-1}(z; P_{VaR}) \quad (13)$$

Por consiguiente, la ecuación (13) significa que el objetivo óptimo de costo de inventario $Q(z)$, es igual al riesgo específico P_{VaR} , y el costo de inventario de distribución z . P_{VaR} , implica por tanto una preferencia hacia una política de costo que se encuentre por debajo de dicho objetivo $Q(z)$, analizando este factor como la máxima pérdida que una empresa está dispuesta a mantener.

Ahora bien, según Tapiero (2003), sí se asume una función de costo que sigue una distribución de probabilidad normal $\tilde{C}(z)$, media $E\tilde{C}(z)$, varianza $var(\tilde{C}(z))$ y desviación estándar $\sqrt{var(\tilde{C}(z))}$; y retomando a su vez el valor de Q interpretado como el valor en riesgo VaR , se tiene:

$$Q(P_{VaR}) = VaR(P_{VaR}) \quad (14)$$

Que de forma explícita es igual a:

$$Q(P_{VaR}) = E(\tilde{C}(z)) - Z_{1-P_{VaR}} \sqrt{var(\tilde{C}(z))} \quad (15)$$

Donde $Z_{1-P_{VaR}}$ corresponde al índice de aversión al riesgo o cuantil de especificación del riesgo, que suele ser definido por el decisor o el administrador de inventarios conforme a la proporción de riesgo que está dispuesto a asumir, este puede ser por ejemplo 0; 0.05; 0.1; 0.15; 0.2; en el que 0, corresponde al hecho de asumir un índice

de aversión al riesgo nulo o lo que es equivalente a admitir un riesgo total del 100%, tal como ocurre tradicionalmente en los modelos de gestión de inventarios; y así mismo, un 0.2 o 20% referente a la porción de riesgo rechazada, siendo entonces un 80% de riesgo aceptado por el decisor al momento de tomar su decisión.

Así pues, la menor política de inventarios VaR, puede escribirse por la siguiente expresión:

$$VaR^* = \min_{z \geq 0} VaR(P_{VaR}) \quad (16)$$

Por consiguiente, Tapiero (2003) define en la Ecuación 17 una función de costo estocástica estándar y lineal con sus respectivos parámetros y variables para la política de inventario.

$$\tilde{C}(z) = cz + h \max(z - \xi, 0) + v \max(\xi - z, 0) \quad (17)$$

Donde:

z : Cantidad óptima a ordenar

c : Costo de ordenar

h : Costo de mantenimiento

v : Costo de faltante

ξ : Demanda aleatoria con distribución de probabilidad uniforme conocida $\xi \geq 0$

Y asumiendo a su vez que la función de costos presenta una distribución de probabilidad normal. Se tiene que el costo esperado $E(\tilde{C}(z))$ para un único periodo, es igual a:

$$E(\tilde{C}(z)) = cz + z(h + v)F_{\xi} + v(\xi - z) - (h + v)F_{1,\xi}, \quad (18)$$

Su Varianza explícitamente dada por la Ecuación 19

$$VaR(\tilde{C}(z)) = -z^2(v - h)(h + v + 2c)F_{\xi} - (v^2 - h^2)F_{2,\xi} + 2z(v - h)(h + v + c)F_{1,\xi} - (h + v)^2(zF_{\xi} - F_{1,\xi})^2 + 2(h + v)(z(v - c) + v * \tilde{\xi})[zF_{\xi} - F_{1,\xi}] + v^2[E(\xi^2) - \hat{\xi}^2] \quad (19)$$

Donde:

$\tilde{\xi}$: Función de densidad de la distribución Uniforme $\frac{1}{M-N}$

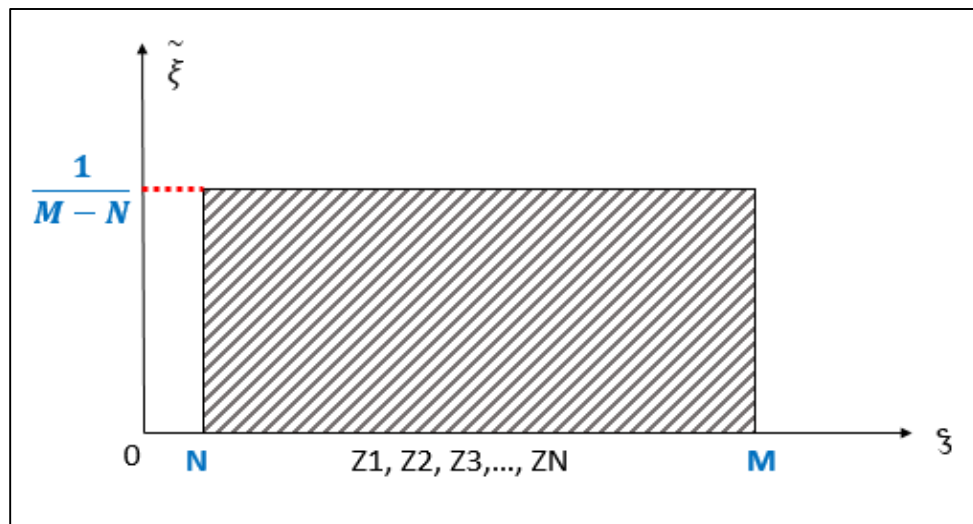
$\hat{\xi}$: Media de una distribución de probabilidad Uniforme $\frac{M+N}{2}$

$[E(\xi^2) - \hat{\xi}^2]$: Fórmula de la Varianza evaluada de N a M, dada por $\frac{M^3 - N^3}{3(M-N)} - (\frac{M+N}{2})^2$

Reemplazado los términos $F_{\xi}(z)$ (función acumulada de la distribución uniforme entre cero y la cantidad óptima a ordenar (z)); $F_{1,\xi}(z)$ (definición básica del valor esperado $E(\xi)$ de la distribución uniforme entre cero y la cantidad óptima a ordenar (z)) y $F_{2,\xi}(z)$ (Esperanza $E(\xi^2)$ evaluada entre cero y la cantidad óptima a ordenar (z), conforme a la varianza $V(\xi) = E(\xi^2) - (E(\xi))^2$ de una distribución uniforme). Análisis realizado en base a lo expresado por (HELM, 2008).

En la Gráfica 2, se ilustra los componentes básicos anteriormente descritos, destacando la función de la densidad de la distribución de probabilidad uniforme, la demanda aleatoria de la demanda y el rango en el que la función presenta el comportamiento uniforme.

Gráfica 2. Elementos del modelo ajustados a una distribución Uniforme



Fuente: elaboración propia

$$F_{\mathfrak{Z}}(z) = \int_0^z dF_{\mathfrak{Z}}(\tilde{\xi}) = \frac{z}{M-N} \quad (19.1)$$

$$F_{1,\mathfrak{Z}}(z) = \int_0^z \mathfrak{Z} dF_{\mathfrak{Z}}(\tilde{\xi}) = \frac{z^2}{2(M-N)} \quad (19.2)$$

$$F_{2,\mathfrak{Z}}(z) = \int_0^z \mathfrak{Z}^2 dF_{\mathfrak{Z}}(\tilde{\xi}) = \frac{z^3}{3(M-N)} \quad (19.3)$$

Así pues, una vez conocidos cada uno de los factores que componen la política VaR, se tiene de que ésta finalmente se reduce a la selección de una política de ordenamiento de inventario que minimiza el valor en riesgo, permitiendo obtener un nivel de inventario oportuno que favorezca la disminución al máximo posible el riesgo presente.

$$VaR * = \text{Min} \left\{ E\tilde{C}(z) - Z_{1-P_{VaR}} \sqrt{VaR(\tilde{C}(z))} \right\}, z \geq 0 \quad (20)$$

Es importante mencionar que en los modelos tradicionales de inventario, se suele minimizar únicamente el costo esperado $E\tilde{C}(z)$, mientras que en el enfoque de VaR, la desviación estándar de los costos $\sqrt{VaR(\tilde{C}(z))}$ también se considera para su cálculo, lo que representa en sí mismo una actitud de riesgo, explícitamente ponderado por el factor $Z_{1-P_{VaR}}$.

Finalmente, es posible determinar la política óptima de inventario o de ordenamiento mediante la inclusión de la Ecuación 18 y 19 en la Ecuación 20, de modo que al resolver para z (cantidad óptima a ordenar) se obtiene el nivel de inventario a considerar para un determinado periodo de tiempo en el que los productos se ordenen por una sola vez para cubrir una temporada determinada.

8. VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL MODELO SELECCIONADO EN UN CASO DEL SECTOR COMERCIAL

Una vez seleccionado y descrito el modelo propuesto de gestión de inventarios basado en la técnica financiera Valor en Riesgo (VaR), se procede a validar su aplicación en un caso de estudio exponente del comportamiento de productos del sector comercial en el que la existencia e inexistencia del mismo se convierte en el problema principal para las empresas de este tipo. En este sentido, resulta crucial la fijación de una correcta política de inventario que minimice el riesgo financiero asociado a su inversión y dé cumplimiento a su vez a los requerimientos de demanda originados, evitando a toda costa la estimación por encima por debajo de sus niveles, como también la concepción de costos excesivos a causa de su mantenimiento y la pérdida inadmisible de ventas por la eventual inexistencia en stock de producto solicitado por el cliente.

Se toma como base principal el caso de estudio descrito por Toro (2010) en su trabajo “Diseño de un sistema de aprovisionamiento en una empresa comercializadora de electrodomésticos en la sucursal Buga”, mediante el cual se logra extraer información fundamental que junto al planteamiento propio de algunos supuestos descritos posteriormente, posibilita la puesta en marcha del modelo propuesto del presente trabajo y así mismo, la obtención de resultados que permiten concluir acerca de las ventajas financieras y operativas que trae su aplicación.

8.1. Descripción del contexto objeto de estudio

Toro (2010), manifiesta que debido a la competitividad a la que se enfrentan las compañías hoy en día para lograr sobrevivir en el mercado, deben de mejorar continuamente en todos los aspectos que compete sus estructuras, asegurando que la empresa objeto de estudio para convertirse en una destacada empresa de la ciudad de Buga y poder garantizar su permanencia en el sector comercial de electrodomésticos, debe mejorar en aspectos relacionados con el ofrecimiento de productos y procesos de alta calidad, lo que se traduce para la empresa en poder

disponer los artículos que requiere el cliente en el preciso momento en que sean solicitados.

De la misma manera, Toro (2010) advierte que la empresa objeto de estudio, no presenta un sistema de gestión de inventarios pertinente, ocasionando la aparición de los problemas más frecuentes al momento de administrar sus niveles, como son: la escasez de los productos con una mayor rotación y la acumulación excesiva de productos con una rotación menor; justificándose en el hecho de que la empresa, realiza el aprovisionamiento de sus bienes de forma empírica, siendo entonces la cantidad óptima a pedir al centro de distribución (CEDI) en la ciudad de Santiago de Cali un dilema importante a resolver por los decisores. Buscando crear un mejor panorama de lo que acontece la empresa, se tiene que los productos (electrodomésticos) que suelen comercializarse en el mercado son los que se encuentran en la Tabla 18.

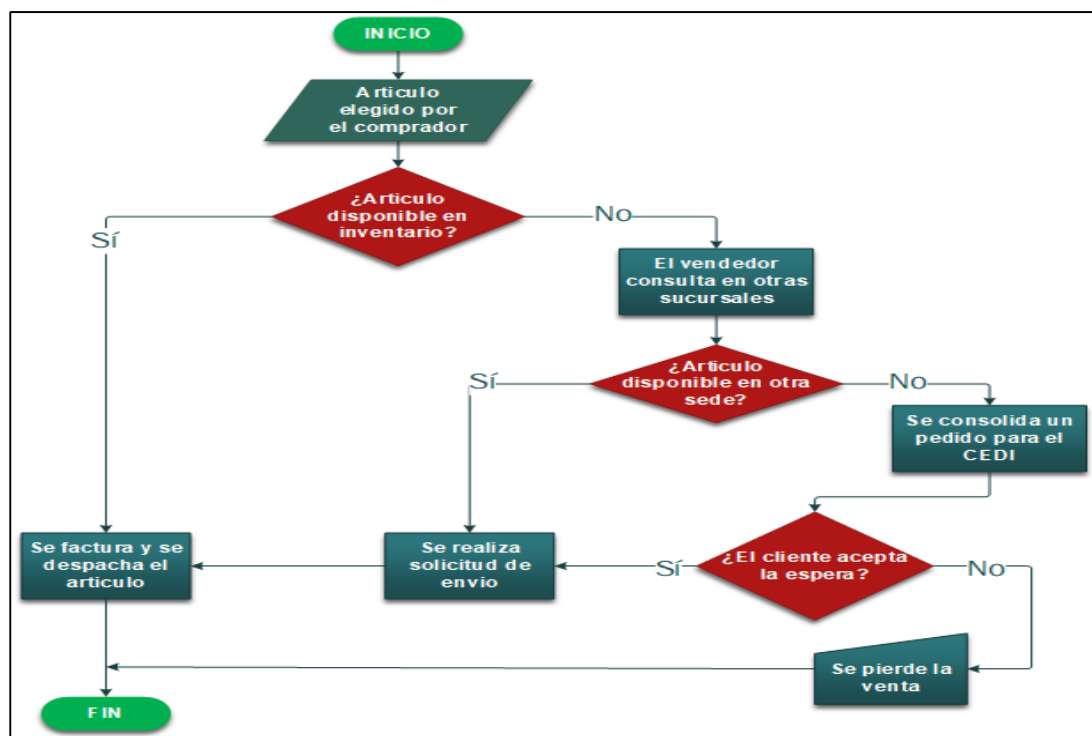
Tabla 18. Productos comercializados por la empresa

PRODUCTOS COMERCIALIZADOS POR LA SUCURSAL DE BUGA			
	Televisión		Aspiradora
	Lavadora		Calentador
	Nevera		DVD
	Estufa		Colchón
	Aire acondicionado		Computador
	Teatro en casa		Cámara
	Horno		Sonido

Fuente: elaboración propia.

Toro (2010) así mismo, describe el proceso efectuado por la sucursal de Buga en su función de comercialización de electrodomésticos descrito en la Figura 6, indicando que éste inicia en el momento en el que el posible comprador ingresa a las instalaciones del almacén y el comerciante realiza la debida oferta de los diferentes artículos que supone que tendrían en inventario; una vez el cliente elige el artículo a su interés por el que está dispuesto pagar, el vendedor verifica la existencia del producto en inventario, de modo que si efectivamente existe disponibilidad, el producto se despacha al instante; pero si no encuentra disponibilidad, el vendedor debe consultar el artículo en las diferentes sucursales y hacer el debido tratamiento de solicitud del envío y programación del traslado, si este efectivamente se encuentra en dichas instalaciones; finalmente, si las sucursales no cuentan con lo solicitado, el pedido pasa a realizarse directamente al CEDI, incrementado el tiempo de espera del cliente, pues es necesario que los pedidos sean suficientes para su envío en un solo consolidado; siendo válidas razones para que el cliente pueda desistir de su compra.

Figura 6. Flujo del proceso típico realizado por la empresa



Fuente: elaboración Propia.

Identificando aquellos productos de mayor importancia para la sucursal de la empresa comercializadora de electrodomésticos de la ciudad de Buga, Toro (2010) plantea la implementación del método de análisis multicriterio bajo los criterios de costo de venta, rotación, nivel de inventario e inventario medio; los cuales fueron elegidos de acuerdo al criterio del administrador y a las características operacionales de la empresa; lográndose observar finalmente que resulta importante prestar una mayor atención al control de inventarios de los televisores, lavadoras y neveras, dada la trascendencia que estos traen consigo para la empresa y por ende las ventajas que conllevan la determinación de las cantidades óptimas a ordenar.

8.2. Enfoque proyectado a desarrollar

Se pretende mediante la aplicación del modelo de gestión de inventarios basado en la técnica financiera Valor en Riesgo (VaR) formulado por Tapiero (2003), determinar una política de gestión de inventarios que contribuya a la empresa comercializadora de electrodomésticos de la ciudad de Buga calcular la cantidad óptima a pedir a su Centro de Distribución localizado en Cali con relación a 2 de sus principales artículos considerados en su estructura comercial (Televisores y lavadoras), siendo a su vez admisible la consideración del riesgo o aversión al riesgo que el decisor está dispuesto a asumir al momento de gestionar sus niveles, mientras se cumple con los requerimientos de demanda y se perciben las utilidades esperadas del capital de trabajo invertido en la adquisición de dicho producto dadas las ventas concretadas.

8.3. Información principal del comportamiento de los artículos seleccionados para la aplicación del modelo

Como información principal para la aplicación del modelo propuesto se toman los datos expuestos por Toro (2010) en el desarrollo de su trabajo; quien presenta al detalle el comportamiento de la demanda de los artículos más importantes para la empresa caso de estudio previamente mencionados, como también el cálculo de algunos parámetros importantes originados de su mantenimiento, tales como: el costo del ítem, costo de ordenar, costo de mantener y costo de faltante. A continuación, se presentan dichos datos:

▪ Demanda

Los datos de demanda elegidos como base principal para el actual análisis, son seleccionados de forma que se ajusten a lo exigido por el modelo propuesto de gestión de inventarios de Tapiero (2003), tal que justifiquen uniformidad en su comportamiento dentro de un determinado horizonte de tiempo. En atención a lo cual, en la Tabla 19 se plasma la información de demanda correspondiente para cada uno de los artículos objeto de estudio.

Tabla 19. Datos de demanda de los televisores y lavadoras

SEMANA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DEMANDA DE ARTICULOS	Televisores	31	29	16	49	15	27	18	31	14	16	29	45	7	6	11	24	29	29	16	53	24	26	40	49
	Lavadoras	-	-	-	-	-	-	-	-	7	15	6	19	4	4	8	10	3	8	10	11	1	8	10	5

Fuente: Toro, Luz Amparo. (2010). Diseño de un sistema de aprovisionamiento en una empresa comercializadora de electrodomésticos en la sucursal Buga.

Para continuar con el desarrollo del presente trabajo, se considera pertinente evaluar el supuesto de uniformidad que deben sostener los valores de demanda de los artículos seleccionados, dado el requerimiento inicial del modelo de gestión de inventarios propuesto por Tapiero (2003). En atención a lo cual, para garantizar la uniformidad en los datos de demanda utilizados en el desarrollo del presente trabajo, se plantea el uso de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov o prueba no paramétrica K-S, puesto que, este tipo de pruebas permiten determinar la posibilidad de suponer que los elementos de una muestra que han sido extraídos de una población siguen distribución específica y conocida (Hanke & Reitsh, 1996), en este caso de una distribución de probabilidad uniforme. En el ANEXO A, se describe el proceso ejecutado para tal evaluación, mediante el cual finalmente se concluye, que los datos pueden ajustarse a la distribución requerida; de la misma forma, se verifican los resultados obtenidos haciendo uso de la extensión Stat:Fit del Software PROMODEL.

▪ **Parámetros correspondientes a la estructura de costos**

Asimismo, los parámetros que conforman la estructura de costos para los productos estudiados, se toman en base a lo razonado por Toro (2010), quien a través de pertinentes investigaciones y levantamiento de información en campo, le fue capaz establecer los debidos valores para el costo unitario del ítem (p), costo de ordenar (c), costo de mantener (h) y costo de faltante (v), de la forma en que se describe a continuación:

- El costo unitario del ítem (p) identificado para el televisor es equivalente a \$1.155.306 y para la lavadora de \$2.166.343.
- El costo de ordenar (c) por pedido, independientemente del artículo solicitado se estima en un valor monetario igual a \$173.500; cifra que debe desembolsar la empresa cada vez que se emite un pedido.
- El costo de mantener (h) anual se calcula como la proporción del valor unitario del artículo que comprende conservarse en inventario, relacionándose directamente con el valor que se debe cancelar por el arrendamiento del local donde funciona la empresa; para lo cual se comprende que los televisores exhiben una proporción de 0,014 anual de su valor unitario y las lavadoras de 0,008.
- La fracción del costo de faltante (v) se obtiene a través de la división efectuada entre el costo unitario en que se incurre por faltante y el valor unitario del ítem (v); en virtud de ello se presenta que los televisores mantienen una fracción equivalente a 0,1, mientras que las lavadoras de 0,03 respectivamente a dicha proporción o equivalencia.

Lo antes descrito, se resume en la Tabla 20.

Tabla 20. Estructura de costos original para los televisores y lavadoras establecida por la empresa comercializadora de electrodomésticos

ARTICULOS	ESTRUCTURA DE COSTOS			
	Valor Unitario (<i>p</i>)	Costo de Ordenar / Pedido	Fracción del Costo de Mantener / Anual	Fracción de Costo de Faltante / Unidad (*)
Televisores	\$ 1.155.306	\$ 173.500	0,014 del Valor Unitario	0,1
Lavadoras	\$ 2.166.343	\$ 173.500	0,008 del Valor Unitario	0,03

(*) *Fracción del Costo de Faltante (v) = Costo de Faltante unitario / Valor Unitario del Item*

Fuente: Toro, Luz Amparo. (2010). Diseño de un sistema de aprovisionamiento en una empresa comercializadora de electrodomésticos en la sucursal Buga.

8.4. Aplicación del modelo basado en la técnica financiera de valoración del riesgo VaR

8.4.1. Cálculos básicos y supuestos contemplados en la puesta en marcha del modelo

Los supuestos y cálculos considerados para la correcta utilización del modelo propuesto en el caso de estudio actualmente discutido, se listan posteriormente, garantizando la coherencia necesaria de acuerdo a la información expuesta.

- La periodicidad de los datos de demanda se presenta de manera semanal, optándose para el actual enfoque planteado valorar únicamente a la periodicidad como “periodos”, buscando por tanto una mayor practicidad en los datos obtenidos y resultados de mayor relevancia dada la exposición general de los mismos.
- El costo de ordenar por artículo (*c*), se obtiene al dividir el costo de ordenar por pedido (*cp*) de cada artículo ilustrado en la Tabla 20 entre las unidades a ordenar calculadas por Toro (2010) en el desarrollo de su trabajo, quien expone cantidades por pedido de 150 televisores y 95 lavadoras; tal como se desarrolla a continuación mediante la Ecuación 21:

$$\text{Costo Unitario de Ordenar (c)} = \frac{\text{Costo de ordenar por pedido}(cp)}{\text{N}^{\circ} \text{ de unidades por pedido (u)}} \quad (21)$$

De la Ecuación 21 se tiene que:

- **Televisor**

$$\text{Costo Unitario de Ordenar (c)} = \frac{\$173.500}{150 \text{ Televisores}}$$

$$\text{Costo Unitario de Ordenar (c)} = \$1.157 / \text{Televisor}$$

- **Lavadora**

$$\text{Costo Unitario de Ordenar (c)} = \frac{\$173.500}{95 \text{ Lavadoras}}$$

$$\text{Costo Unitario de Ordenar (c)} = \$1.826 / \text{Lavadora}$$

Nota: Se toma el supuesto mencionado y no la cifra mostrada en la Tabla 20, debido a que dicho valor corresponde a un costo fijo de ordenar un pedido, lo cual para el modelo de Tapiero (2003) no resulta coherente, debido a que este factor de costo la forma original del mismo se encuentra en función de las unidades a ordenar.

- El costo unitario de mantener (*h*) para cada uno de los artículos se obtiene de multiplicar el Valor Unitario del artículo (*p*) y la fracción del costo de mantener anual, sin embargo es importante determinar dicho monto al periodo usado en el análisis, recordado que este corresponde a un periodo equivalente de una semana, por lo que el costo unitario de mantener anual es dividido entre 52 semanas que posee aproximadamente 1 año y así conseguir datos aproximados del costo de mantener unitario por semana. Así el costo unitario de mantener adaptado a un periodo se resume en la ecuación 22.

Costo Unit. de Mantener por "periodo"

$$= \frac{\text{Valor Unit. del artículo} * \text{Fracción Anual del costo de mant.}}{52 \text{ semanas/año}}$$

(22)

Reemplazando las cifras de la Tabla 20 en la Ecuación 22 se obtiene:

- **Televisor**

$$\text{Costo Unit. de Mantener por año} = \$1.155.306 * 0,014 = \$16.174/\text{año}$$

$$\text{Costo Unitario de Mantener por periodo} = \frac{\$16.174}{52 \text{ sem}} = \$311/\text{Semana}$$

- **Lavadora**

Costo Unit. de Mantener por año = $\$2.166.343 * 0,008 = \$17.331/\text{año}$

Costo Unitario de Mantener por periodo = $\frac{\$17.331}{52 \text{ sem}} = \$333/\text{Semana}$

- El costo unitario de faltante (v) se deduce con base a la fracción de costos expuesta en la Tabla 20, ya que al definirse como el costo de unitario de faltante dividido entre el valor unitario del ítem se puede obtener el costo unitario de faltante en términos monetarios a través de un breve desarrollo matemático expuesto en la Ecuación 23

$$\text{Fracción de Faltante} = \frac{\text{Costo Unitario de Faltante}(v)}{\text{Valor Unitario del ítem}(p)} \quad (23)$$

De la Ecuación anterior se tiene que el costo unitario de faltante (v) es:

Costo Unit. de Faltante (v) = $\text{Valor Unit. del ítem}(p) * \text{Fra. de Faltante}$ **(23.1)**

Reemplazando las cifras contenidas en la Tabla 20 en la Ecuación 22 se obtiene:

- **Televisor:**

Costo Unit. de Faltante (v) = $\$1.155.306 * 0,1 = \$115.531/\text{Unidad}$

- **Lavadora**

Costo Unit. de Faltante (v) = $\$2.166.343 * 0,03 = \$64.990/\text{Unidad}$

- Tiempo de reabastecimiento nulo con tasa de reposición infinita, lo que implica que cada vez que el nivel de inventario llega a cero unidades, la reposición de los productos se efectúa de manera inmediata (Tapiero, 2003).
- La demanda se comporta uniformemente en un intervalo definido, de modo que la probabilidad de que ésta tome uno u otro valor será la misma para los valores dentro de dicho intervalo (Tapiero, 2003).
- No se consideran descuentos por volumen de pedido.
- No se tiene en cuenta el nivel del inventario efectivo actual para el cálculo del periodo evaluado.
- Los datos de demanda descritos en la Tabla 19 corresponden a los periodos inmediatamente anterior al periodo actual, por lo que se buscará determinar la

cantidad óptima a pedir para el presente, siendo un tema que requiere de una respuesta inmediata debido a que se debe enviar lo más pronto posible el pedido con las cantidades exactas al Centro de Distribución.

- En cuando a la utilidad del modelo propuesto bajo la técnica de Valor en Riesgo (VaR), es fundamental describir aquellas situaciones en las que este se indetermina, debido a la estructura de la Política de ordenamiento VAR y a la estructura de costos $\tilde{C}(z)$ definida por Tapiero (2003) en su modelo propuesto:

- **$C.de Ordenar(c) > (C.de Faltante(v) = C.de Mantener(h))$**

Cuando el costo de ordenar es mayor al costo de faltante y estos a su vez tienen un mismo valor.

- **$(C.de Ordenar(c) = C.de Faltante(v)) > C.de Mantener(h)$**

Cuando el costo de ordenar y el costo de faltante son iguales y estos a su vez son mayores al costo de mantener.

- **$C.de Ordenar(c) > C. Faltante(v) > C. de Mantener(h)$**

Cuando el costo de ordenar es mayor al costo de faltante y a su vez mayor al costo de mantener.

- **$(C.de Ordenar(c) = C.de Mantener(h)) > C.de Faltante(h)$**

Cuando el costo de ordenar y el costo de mantener son iguales y estos a su vez son mayores al costo de faltante.

- **$C.de Ordenar(c) > C.de Mantener(h) > C. de Faltante(v)$**

Cuando el costo de ordenar es mayor al costo de mantener y a su vez mayor al costo de faltante.

Se percibe un correcto comportamiento del modelo, cuando preferiblemente se sigue una estructura en el que el costo de ordenar es menor frente al costo de faltante y/o

al costo de mantener, dada la estructura de la política VAR, planteada inicialmente por (Tapiero, 2003).

Nota: Las anteriores situaciones descritas dan cumplimiento cuando la diferencia entre los costos es significativamente amplia.

Así pues, luego de haber descrito los supuestos y realizado los cálculos básicos conforme a la información suministrada, en la siguiente Tabla se consolida los datos que finalmente son utilizados para la validación del modelo de gestión de inventarios bajo el enfoque propuesto; estableciendo las cifras del costo unitario, costo de ordenar, costo de faltante y costo de mantener, para cada uno de los dos electrodomésticos: Televisores y Lavadoras; convirtiéndose en insumo importante en la alimentación y puesta en marcha del modelo.

Tabla 21. Estructura de costos resultante para los televisores y lavadoras establecida por la empresa comercializadora de electrodomésticos

ARTICULOS	ESTRUCTURA DE COSTOS			
	<i>Valor Unitario (p)</i>	<i>Costo Unitario de Ordenar (c)</i>	<i>Costo Unitario de Mantener por Periodo (h)</i>	<i>Costo Unitario de Faltante (v)</i>
Televisores	\$ 1.155.306	\$ 1.157	\$ 311	\$ 115.531
Lavadoras	\$ 2.166.343	\$ 1.826	\$ 333	\$ 64.990

Fuente: elaboración propia

8.4.2. Reproducción del modelo de gestión de inventarios propuesto

La simulación del modelo se lleva a través del software Wolfram Mathematica 11 (Edición para Estudiantes), para lo cual, resulta indispensable detallar los parámetros, términos y variables utilizadas en la reproducción del modelo, de modo que le facilite al lector la comprensión de su configuración mediante su identificación al momento de describir la simulación emprendida. Ver Tabla 22.

En los campos con No Aplica (N/A) de la Tabla 22, se refieren a aquellos factores de la estructura del modelo que no requiere de valores, ya que el modelo por sí mismo se encargará de calcularlos, por lo que son únicamente referenciados para entender su posición dentro de la escritura del mismo.

Tabla 22. Parámetros, variables y términos usados en la reproducción del modelo (Televisores – Lavadoras)

Variable		Valor correspondiente	
		Televisores	Lavadoras
<i>c</i>	Costo de Ordenar	\$1.157/unid	\$1.826/Unid
<i>h</i>	Costo de Mantener	\$311/Unid	\$333/Unid
<i>v</i>	Costo de Faltante	\$115.531/U	\$64.990/U
<i>n</i>	Límite mínimo de la distribución Uniforme de la Demanda.	6 Unidades	1 Unidad
<i>m</i>	Límite máximo de la distribución Uniforme de la Demanda.	53 Unidades	19 Unidades
<i>z</i>_{1-pVaR}	Índice de Aversión al Riesgo	0,0.05,0.1,0.2,0.3	0,0.05,0.1,0.2,0.3
ξ	Variable Aleat. de la Demanda $\xi \geq 0$	53 Unidades	19 Unidades
$\tilde{\xi}$	Función de densidad de la distribución de probabilidad Uniforme, dada por $\frac{1}{M-N}$	N/A	N/A
$\hat{\xi}$	Medía de la distribución de probabilidad Uniforme dada por $\frac{M+N}{2}$	N/A	N/A
Esp[<i>z</i>]	Esperanza de la función de costos en función de costos	N/A	N/A
Var[<i>z</i>]	Varianza	N/A	N/A
F_{ξ}	Función acumulada de la distribución uniforme evaluada entre (0) y (z).	N/A	N/A
$F_{1,\xi}$	Valor esperado $E(\xi)$ de la distribución uniforme evaluado entre (0) y (z).	N/A	N/A
$F_{2,\xi}$	Esperanza $E(\xi^2)$ evaluada entre (0) y r (z).	N/A	N/A
<i>z</i>	Cantidad óptima de inventario a ordenar	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia

En el *ANEXO B* se presenta el código respectivo del modelo propuesto en su base inicial bajo el lenguaje requerido por el software.

8.4.3. Resultados

Una vez programado el modelo mediante el Software Mathematica, se procede a alimentar su estructura mediante los parámetros descritos en la Tabla 22, tal como el límite inferior (n) y el límite superior (m) de la distribución de demanda donde se comporta de manera uniforme conforme; siendo posible entonces mediante diversas interacciones, la obtención de resultados referentes a la cantidad óptima a ordenar (z) y su respectivo Valor en Riesgo (VaR). Así, en base a un valor máximo de la variable aleatoria de la demanda del producto correspondiente (ξ) y distintos índices de aversión al riesgo (z_{1-pVaR}) establecidos por la porción de riesgo rechazado por parte del decisor al momento de tomar sus decisiones de adquisición de ciertos niveles de inventario, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la Tabla 23 y Tabla 24 para los televisores y las lavadoras respectivamente.

Cabe señalar que el análisis se realiza frente a los valores máximos de la demanda (ξ) presentados para cada producto, debido a que al representar el límite superior de la distribución uniforme, se estaría tratando de cuantificar el máximo riesgo o la máxima pérdida financiera con respecto a las variaciones en el índice de aversión al riesgo asumido por la empresa o el administrador de inventarios, lo cual responde objetivamente al supuesto de la técnica Valor en Riesgo (VaR).

En la Tabla 23 referente a los televisores, se presentan diferentes resultados para niveles de aversión al riesgo de $0, 0.05, 0.1, 0.2$ y 0.3 ($z_{1-pVaR} = 0, 0.05, 0.1, 0.2$ y 0.3) y para una variable aleatoria de demanda equivalente a 53 ($\xi = 53$). De esta manera, para un índice de aversión al riesgo nulo $z_{1-pVaR} = 0$, se sugiere por parte del modelo, una cantidad óptima a ordenar de aproximadamente 46 televisores ($z = 46$), implicado a su vez un Valor en Riesgo de alrededor \$3'469.415 ($VAR = \$3'469.415$), cifra de máxima pérdida esperada, la cual el decisor asumiría si optara por la elección de la presente decisión, de acuerdo al

comportamiento de la estructura de costos definida para el producto en cuestión. Del mismo modo, se realiza el respectivo cálculo para cada una de las situaciones expuestas, permitiendo determinar la consecuencia de que el decisor empiece a experimentar un sentimiento de aversión o rechazo al riesgo con un valor aleatorio de la demanda igual a la máxima cantidad de demanda que puede presentarse para cada uno de los dos artículos.

Tabla 23. Cantidad óptima a ordenar y Valor en Riesgo (Televisores)

PRODUCTO:	TELEVISOR				
Indice de Aversión al riesgo z_{1-pVaR}	0,00	0,05	0,10	0,20	0,30
Unidades a Ordenar z	46	48	50	53	56
Valor en Riesgo VAR	\$ 3.469.415	\$ 3.271.970	\$ 3.067.130	\$ 2.635.600	\$ 2.176.020

Fuente: elaboración propia

Mientras que, en la Tabla 24 se muestran los resultados conseguidos para las lavadoras, planteando al igual que para el primer artículo diferentes resultados frente a crecientes índices de aversión al riesgo 0, 0.05, 0.1, 0.2 y 0.3 ($z_{1-pVaR} = 0, 0.05, 0.1, 0.2$ y 0.3) y una variable aleatoria igual a 19 ($\xi = 19$) equivalente al máximo valor posible de la demanda bajo el comportamiento trazado por la misma. Por consiguiente, se tiene que para un índice de aversión al riesgo nulo $z_{1-pVaR} = 0$, el modelo apuntará hacia el ordenamiento de 17 lavadoras aproximadamente ($z = 17$), significando una máxima pérdida monetaria de \$685.123 ($VAR = \685.123) aproximadamente. Análogamente se realiza la respectiva evaluación para un 5%, 10%, 20% y 30% de aversión al riesgo.

Tabla 24. Cantidad óptima a ordenar y Valor en Riesgo (Lavadoras)

PRODUCTO:	LAVADORA				
Indice de Aversión al riesgo z_{1-pVaR}	0,00	0,05	0,10	0,20	0,30
Unidades a Ordenar z	17	18	19	20	22
Valor en Riesgo VAR	\$ 685.123	\$ 642.397	\$ 597.901	\$ 503.600	\$ 402.394

Fuente: elaboración propia

8.5. Análisis de resultados

Posterior a la obtención de resultados referentes a la cantidad óptima a ordenar sujeta al Valor en Riesgo percibido para dicha posible decisión de ordenamiento tanto para televisores, como para lavadoras descritos posteriormente; se continua con el análisis de los resultados arrojados, buscando dar respuesta a cuestionamientos fundamentales que brinden una mejor comprensión del comportamiento mostrado por estos y así crear un panorama general de las ventajas que trae consigo el uso de modelo en un contexto comercial, tal como se proyecta para el caso de la empresa comercializadora de electrodomésticos con sucursal en la ciudad de Buga.

De acuerdo a lo anterior, se busca dar explicación a las siguientes preguntas:

- ¿Qué sucede con las cantidades óptimas a ordenar a medida que se considera un índice de aversión al riesgo mayor, es decir, cada vez que se rechaza una mayor proporción de tolerancia al riesgo por parte del decisor?
- ¿Qué ocurre con el Valor en Riesgo (VaR) en proporción a un mayor nivel de rechazo al riesgo experimentado por el administrador de inventarios?
- ¿Qué efectos genera en los costos la política de inventario arrojada por el modelo bajo un escenario en que la variable aleatoria de la demanda es igual al valor máximo de la posible demanda para cada uno de los dos productos, televisores y lavadoras?

▪ Cantidad óptima a ordenar

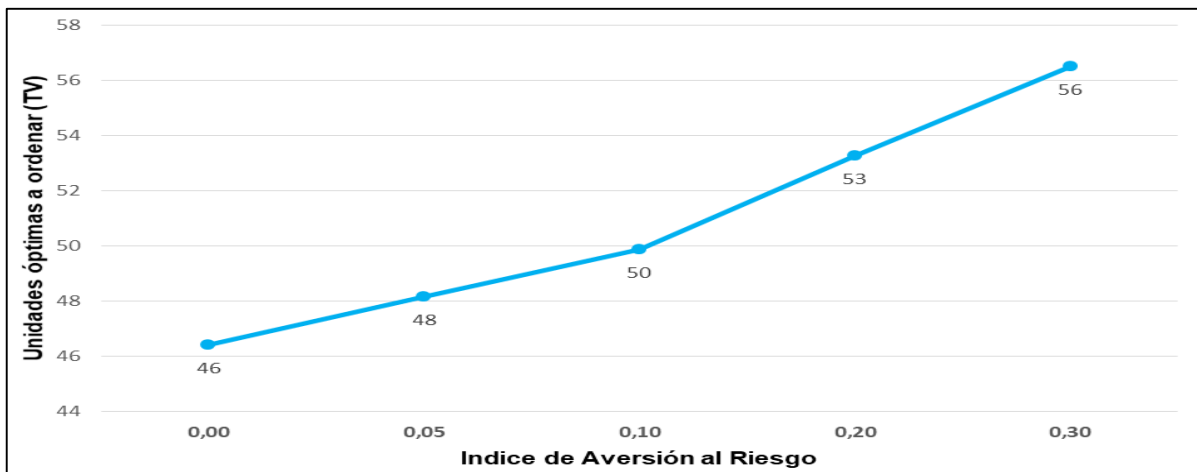
Con relación a las cantidades óptimas a ordenar para ambos artículos, se puede observar que a medida que aumenta el nivel de aversión al riesgo z_{1-pVaR} por parte del decisor, las cantidades a ordenar z aumentan de la misma manera; identificando entonces en las tablas 23 y 24 que cuando se presenta un crecimiento en el valor del índice z_{1-pVaR} , la cantidad óptima a ordenar aumenta su valor, por ejemplo cuando éste es nulo para el caso de los televisores, el modelo arroja un valor aproximado de $z = 46$ unidades a ordenar y ante un aumento en el índice de aversión

al riesgo a un 5%, equivalente al rechazo del riesgo por parte del administrador de inventarios en la toma de su decisión, la cantidad óptima a ordenar resultante aumentará aproximadamente en 2 unidades, derivando entonces, un pedido de alrededor de 48 unidades que debería emitirse por parte de la sucursal.

Una inclinación de crecimiento para la cantidad óptima a ordenar frente a una aversión al riesgo de mayor magnitud, se traduce por tanto en que en la medida que aumenta el sentimiento de rechazo hacia el riesgo en las proporciones definidas, el modelo propuesto buscará cubrir la mayor demanda posible; y esto debido principalmente a la estructura de costos presentada por ambos artículos, las cuales tiende a penalizar en gran medida el costo unitario de faltante tanto para televisores como para lavadoras con un monto monetario de \$115.531 y \$64.990 respectivamente, siendo viable para el modelo admitir en una mayor medida el costo unitario de ordenar y el costo unitario de mantener, aun siendo estos los principales elementos de restricción que impiden que se ordene la máxima cantidad posible de unidades para la línea de televisores y lavadoras.

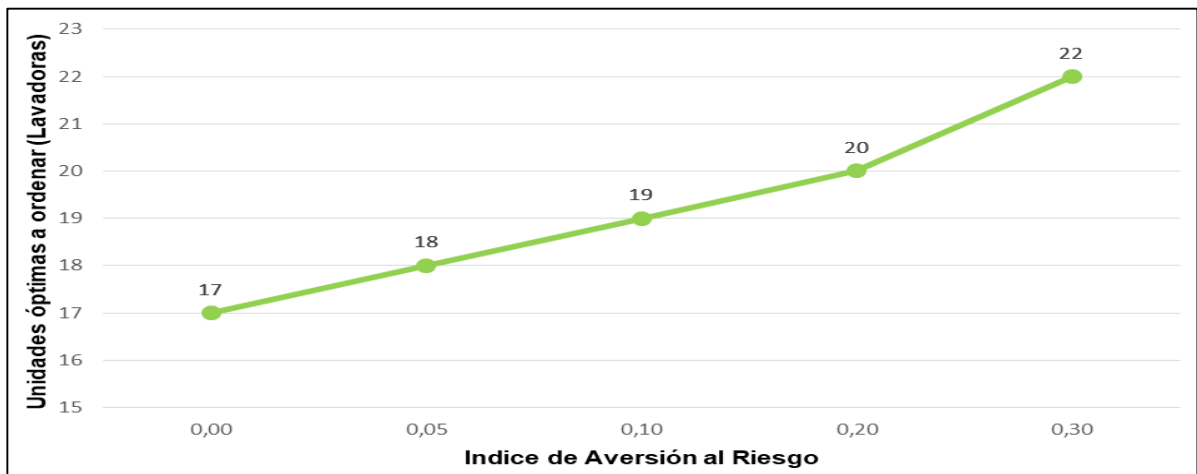
En la Gráfica 3, se evidencia la conducta mostrada por las cantidades óptimas a ordenar para los televisores conforme a un incremento en el índice de aversión al riesgo por parte del administrador de inventarios, siendo evidente en ella una tendencia creciente entre un rango de 46 unidades aproximadamente a un valor cercano a las 56 unidades, con un índice nulo de aversión al riesgo, a uno con una postura que lleva a rechazar un 30% de riesgo al momento de tomar la respectiva decisión de adquisición de determinado nivel de inventario. Al igual que para los televisores, la Gráfica 4 expone el comportamiento de las unidades óptimas a ordenar para las lavadoras, las cuales crecen ante un índice mayor de aversión al riesgo, desde 17 unidades con un índice nulo de aversión al riesgo, a 22 unidades con un índice de aversión al riesgo del 30%. Por lo anterior, es posible afirmar que, la cantidad óptima a ordenar resulta ser proporcional al índice de aversión al riesgo, siempre y cuando se presente una relación de costos coherente y sin comportamientos excesivos.

Gráfica 3. Cantidad óptima de televisores a ordenar vs. Índice de aversión al Riesgo



Fuente: elaboración propia

Gráfica 4. Cantidad óptima de lavadoras a ordenar vs. Índice de aversión al Riesgo



Fuente: elaboración propia

▪ Valor en Riesgo (VaR)

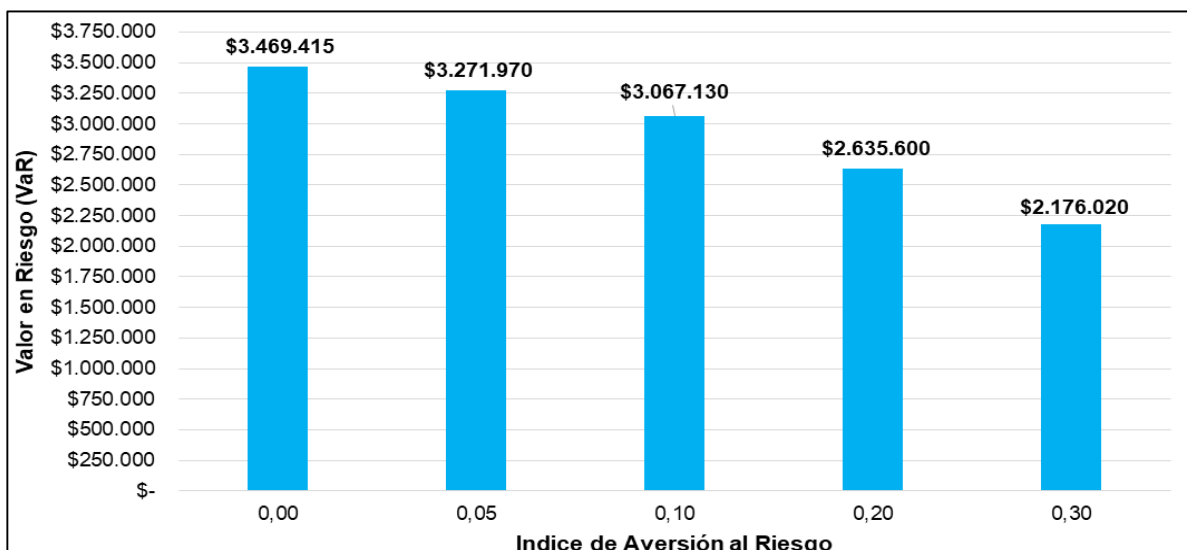
El Valor en Riesgo representado como la máxima pérdida monetaria que podría registrar una inversión o activo dada ciertas condiciones del mercado, aplicado al actual contexto de gestión de inventarios tratado, se puede establecer que para las diferentes políticas de pedido único conforme a la aversión al riesgo experimentado por el decisor, el Valor en Riesgo (VaR) traza un comportamiento inversamente

proporcional al nivel de aversión al riesgo, lo cual significa que, cuando se admite un riesgo total en una decisión de este tipo se suele incurrir en una cifra mayor de valor en riesgo que si se decidiera rechazar o considerar aversión al riesgo, pues de esta forma se propende a registrar un declive o tendencia a disminuir sus cifras monetarias, lo cual se convierte en un mejor escenario para la empresa.

En adición a lo anterior, en la Gráfica 5, se traza el comportamiento del Valor en Riesgo (VaR) frente a incrementales índices de aversión al riesgo, pues se observa evidentemente que el Valor en Riesgo (VaR) tiende disminuir a medida que aumenta el rechazo hacia el riesgo. De modo que para un índice de aversión al riesgo igual a cero y una variable aleatoria de demanda igual a 53 por ejemplo, equivalente al ordenamiento de 46 televisores aproximadamente, compromete a su vez, un Valor en Riesgo de alrededor \$3'469.415. A medida que se considera un factor de aversión al riesgo z_{1-pVaR} que pondera la desviación estándar de la función de costos, aumenta las unidades a ordenar, ocasionando que el Valor en Riesgo (VaR) se reduzca; como por ejemplo si el administrador de inventarios decide rechazar un 30% de riesgo, la máxima pérdida monetaria que podría registrar frente a 56 unidades a ordenar se reduciría aproximadamente en \$1'293.395, lo que sería igual a percibir un Valor en Riesgo (VaR) de \$2'176.020.

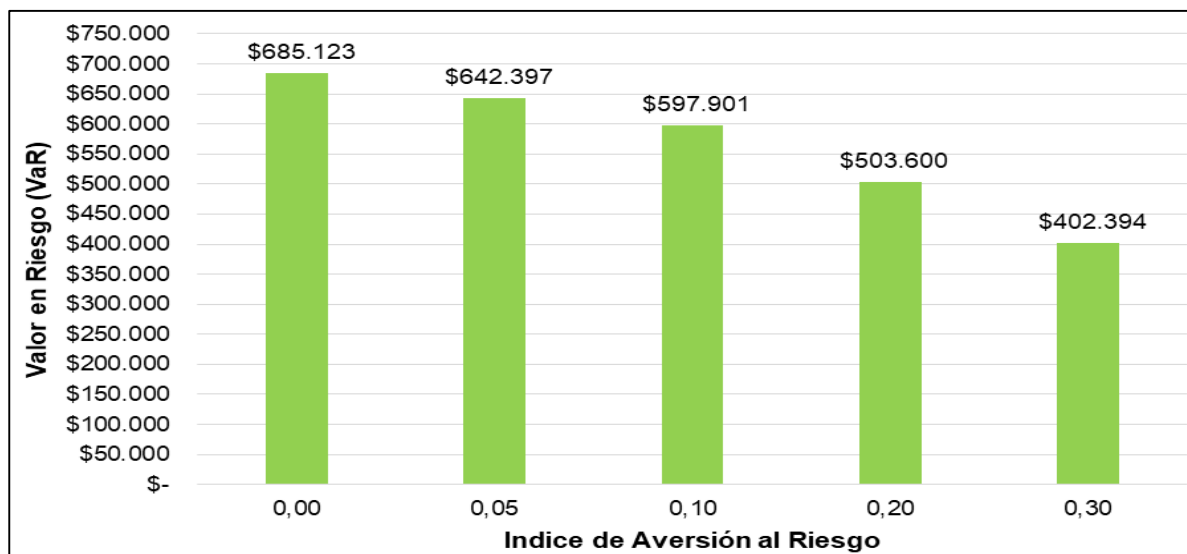
Análogamente, en la Gráfica 6 se ilustra el comportamiento del Valor en Riesgo (VaR) para las lavadoras, en la cual se sigue teniendo como primicia fundamental la disminución de sus cantidades monetarias, cuando el rechazo al riesgo es mayor, es decir cuando se ordenan más unidades para cubrir el riesgo de mayor pérdida. En consecuencia de ello al tener una postura de no rechazar riesgo, la máxima pérdida monetaria o Valor en Riesgo (VaR) que podría experimentar la empresa comercializadora con un ordenamiento aproximado de 17 lavadoras sería de \$685.123; mientras que con 30% de rechazo del riesgo financiero, equivalente a una política óptima de ordenamiento aproximado de 22 lavadoras, la cuantificación de la máxima pérdida sería de aproximadamente \$402.394, lo que sería un mejor panorama para la empresa comercializadora de electrodomésticos.

Gráfica 5. Valor en Riesgo – VaR (Televisores) vs. Índice de aversión al Riesgo



Fuente: elaboración propia

Gráfica 6. Valor en Riesgo – VaR (Lavadoras) vs. Índice de aversión al Riesgo



Fuente: elaboración propia

▪ Comportamiento de los costos

Para analizar los efectos en los costos resultantes de la política de ordenamiento arrojada por el modelo desarrollado en este trabajo, es necesario, como primera instancia determinar los aspectos relevantes a interpretar; los cuales para este

análisis serán: Valor de demanda Aleatoria (ξ), Unidades a ordenar (Z), Costo Total de Faltante (v), Costo Total de Ordenar (c), Costo Total de Mantener (h) y Factor de aversión al riesgo ($Z_{1-PVaR} = 0,0; 0,05; 0,10; 0,20; 0,30$).

Para efectos prácticos de este análisis, se presenta el escenario más crítico que podría tener la comercializadora de electrodomésticos con relación a la demanda, el cual estaría dado por la generación del mayor valor de su distribución (límite máximo), es decir, una demanda de 53 unidades para los televisores $\xi = 53$ y una demanda de 19 unidades para las neveras $\xi = 19$. Lo anterior trae consigo algunos efectos en los elementos de costos relacionados en la Tabla 25 para los televisores y en la Tabla 26 para las lavadoras, en las cuales se puede observar el valor correspondiente de los costos (*costo de ordenar* (c), *costo de mantener* (h) y *costo de faltante* (v)) a medida que aumenta el nivel de aversión al riesgo y en consecuencia las unidades a ordenar, siendo posible determinar además el Costo Total resultante para cada uno de los valores de la política de ordenamiento evaluada.

Tabla 25. Costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Televisores)

TELEVISORES		COSTOS				
		Unidades a ordenar frente a diversos índices de Aversión al Riesgo				
		0,00	0,05	0,10	0,20	0,30
Estructura de Costos		46,00	48,00	50,00	53,00	56,00
C. Unit. de Ordenar (c)	\$ 1.157	\$ 53.222	\$ 55.536	\$ 57.850	\$ 61.321	\$ 64.792
C. Unit. de Mantener (h)	\$ 311	\$ 14.306	\$ 14.928	\$ 15.550	\$ 16.483	\$ 17.416
C. Unit. de Faltante (v)	\$ 115.531	\$ 808.717	\$ 577.655	\$ 346.593	\$ -	\$ -
COSTO TOTAL		\$ 876.245	\$ 648.119	\$ 419.993	\$ 77.804	\$ 82.208

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. Costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Lavadoras)

LAVADORAS		COSTOS				
		Unidades a ordenar frente a diversos índices de Aversión al Riesgo				
		0,00	0,05	0,10	0,20	0,30
Estructura de Costos		17,00	18,00	19,00	20,00	22,00
C. Unit. de Ordenar (c)	\$ 1.826	\$ 31.042	\$ 32.868	\$ 34.694	\$ 36.520	\$ 40.172
C. Unit. de Mantener (h)	\$ 333	\$ 5.661	\$ 5.994	\$ 6.327	\$ 6.660	\$ 7.326
C. Unit. de Faltante (v)	\$ 64.990	\$ 129.980	\$ 64.990	\$ -	\$ -	\$ -
COSTO TOTAL		\$ 166.683	\$ 103.852	\$ 41.021	\$ 43.180	\$ 47.498

Fuente: elaboración propia

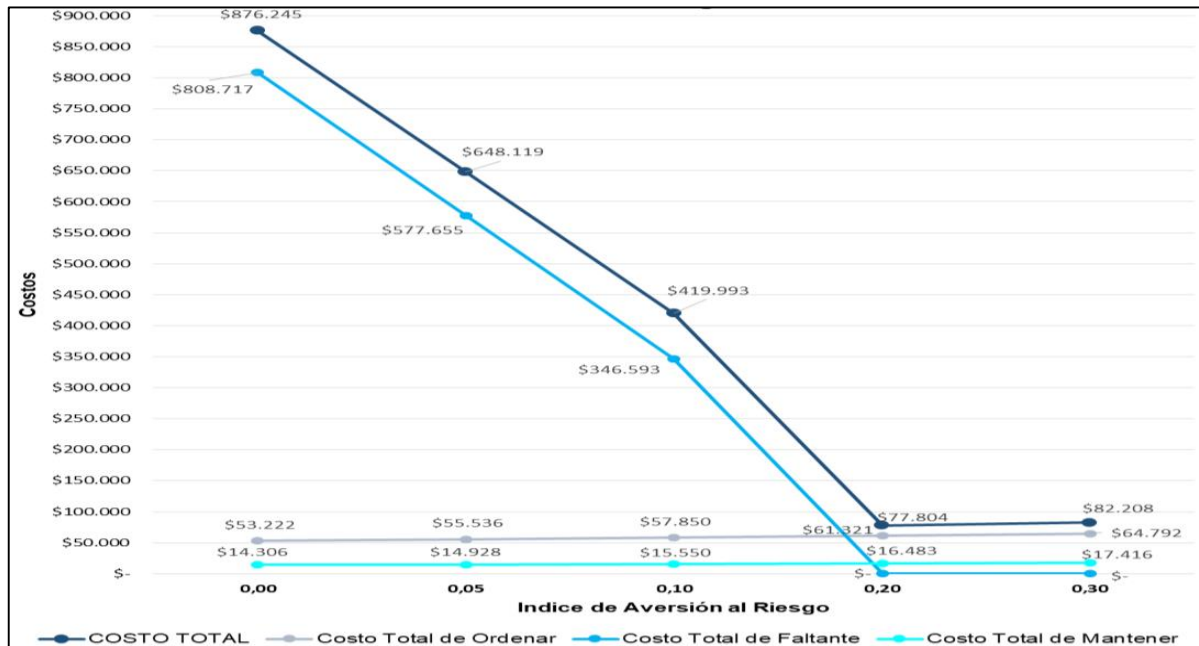
En la Gráfica 7, se busca ilustrar el comportamiento trazado por los televisores, donde es evidente notar que el Costo Total disminuye a medida que se aumenta el nivel de aversión al riesgo, lo cual es ideal para la política de ordenamiento dictada por el

modelo estudiado. Lo anterior se debe principalmente, a la tendencia decreciente del elemento de Costo Total de Faltante (v), ya que este corresponde a la porción más representativa de la estructura de costos y su disminución resulta ser causa de que la política de ordenamiento se acerca al nivel máximo de demanda al aumentar las cantidades a ordenar, incurriendo cada vez menos en costos por unidad de faltantes.

De esta manera, cuando el nivel de rechazo al riesgo es de 30%, con un valor óptimo a ordenar de 56 televisores, se presenta una nulificación total de la posible aparición del costo de faltante (v), dado que dicha cantidad es mayor al valor máximo de la demanda; lo que ocasionaría una disminución importante en el Costo Total de la política, cuyo cálculo se vería reducido a la suma de los costos de Mantener (h) y Costos de Ordenar (c), con un valor final aproximado de \$82.208. Sin embargo, es válido resaltar que existe una mejor posición para la política en términos de costos generados, pues como se observa en la Tabla 25 cuando el índice de aversión al riesgo es igual al 20%, señalando 53 televisores a ordenar, el costo total de la política toma un valor de \$77.804 aproximadamente, cifra menor que cuando el índice de aversión al riesgo es del 30%; suceso ocurrido principalmente, a los efectos generados por el costo de ordenar y de mantener al ordenar una menor cantidad, ya que la eliminación del costo de faltante también es posible al ser las cantidades a ordenar igual a la demanda originada.

Por otro lado, en la Gráfica 7 también es posible apreciar que el costo de mantener (h) y el costo de ordenar (c) presentan un comportamiento creciente con respecto al aumento de las cantidades óptimas a ordenar y al índice de aversión al riesgo, evidenciado por tanto una tendencia poco inclinada o pronunciada. Así, se expone que para un índice de aversión al riesgo nulo (cero) se incurriría en \$14.306 por costo de mantener y \$53.222 por costo de ordenar, mientras que para un nivel de rechazo al riesgo del 30%, se tendrían \$17.416 por costo de mantener y \$64.792 por costo de ordenar; lo que resulta en un aumento de \$3.110 y \$11.570 aproximadamente para los costos de Mantener y Ordenar respectivamente.

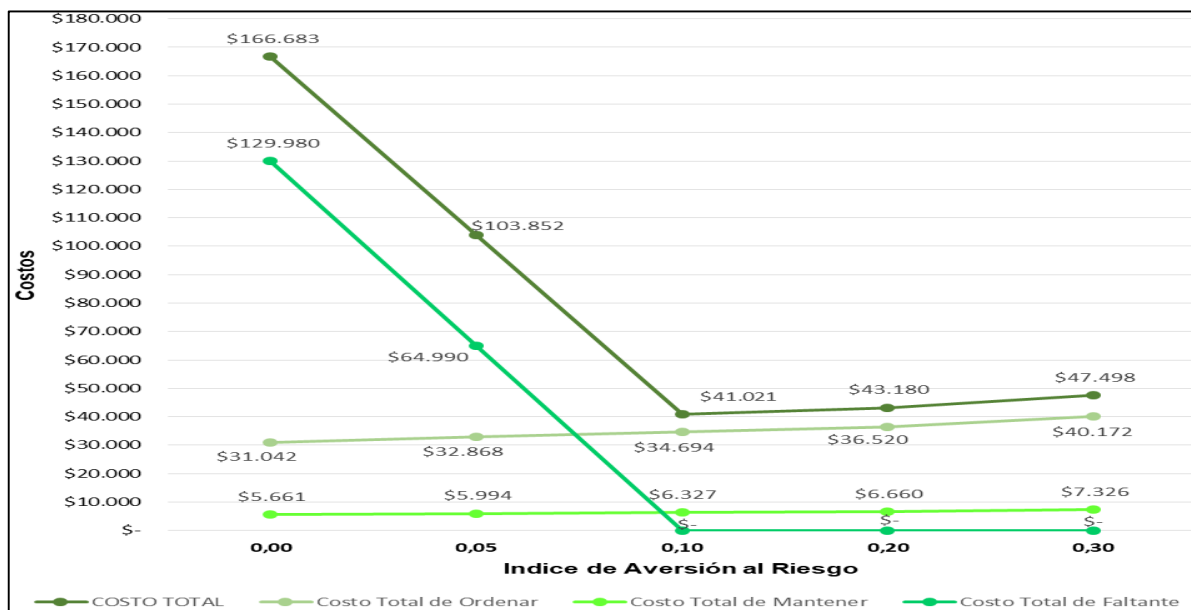
Gráfica 7. Costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Televisores)



Fuente: elaboración propia.

En la Gráfica 8 correspondiente al comportamiento de los costos de las lavadoras, se puede visualizar una tendencia similar a la expuesta en el caso de los televisores, lográndose identificar que la curva trazada por los Costos Totales responde de forma directa y proporcional a los cambios que se generan en la curva de los Costos de Faltantes (v), la cual disminuye a su vez a medida que se aumentan las cantidades a ordenar por un mayor nivel de rechazo al riesgo. Asimismo, los costos de Mantener (h) y de Ordenar (c) presentan una tendencia creciente frente al aumento en las unidades a ordenar; sin embargo, dada la magnitud de los mismos, sus efectos no influyen significativamente en el comportamiento de la curva del Costo Total de la política, esto se debe a que en el punto donde se asume el máximo nivel de riesgo, los costos de Mantener y Ordenar son de \$5.661 y \$31.042 respectivamente; mientras que cuando se estima un nivel de aversión al riesgo del 30%, los costos de Mantener y Ordenar respectivamente son \$7.326 y \$40.172. Lo anterior responde entonces a un aumento de \$881 en el costo de mantener y \$4.832 aproximadamente en el costo de ordenar, lo cual, por obvias razones, no producen un efecto relevante en la valoración de los Costos Totales de la política.

Gráfica 8. Costos bajo diversas políticas de ordenamiento (Lavadoras)



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, con relación a la determinación de una política de ordenamiento de inventario que le brinde a la empresa la posibilidad de tomar sus decisiones con un enfoque de administración del riesgo, se concluye que la empresa para la semana actual deberá:

- Ordenar 56 televisores incurriendo en un costo total aproximado de \$82.208 y en un Valor en Riesgo (VaR) de \$2'176.020.
- Ordenar 22 lavadoras generando un costo total aproximado de \$47.498 y un Valor en Riesgo (VaR) de \$402.394.

Sin embargo, frente a los costos, resulta válido afirmar que la obtención del mínimo costo para cada artículo se da cuándo las cantidades óptimas a ordenar de televisores y lavadoras son iguales a la variable aleatoria de la demanda correspondiente, es decir cuando el índice de aversión al riesgo es del 20%. Además, es importante aclarar que la decisión de ordenamiento, también dependerá del nivel de rechazo al riesgo financiero por parte del decisor en la empresa.

8.7. Aplicación de la técnica tradicional de control de inventarios (s,Q)

Con la finalidad de complementar el análisis de cara a los resultados que se podrían obtener al aplicar un modelo tradicional de gestión de inventarios, se realiza entonces la determinación de la política de ordenamiento basado en el sistema continuo de control de inventario (s,Q) con un costo especificado de faltante B_2 , teniendo en cuenta los datos y supuestos del caso de estudio construido con base al trabajo de Toro (2010). Para la ejecución de la técnica se toma como base lo expuesto por Vidal (2010), de modo que la política de inventarios tanto para los televisores como para las lavadoras se resume en la Tabla 27.

Tabla 27. Política de inventarios (s,Q) para Televisores y Lavadoras.

FACTOR	Televisores	Lavadoras	Unidades
Demanda (d)	26	8	Unid./Semana
Desviación estándar de los errores del pronóstico σ_1	10	5	Unidad
Tiempo de reposición (L)	0,286	0,286	Semana
Valor unitario del ítem (v)	\$1.155.306	\$2.166.343	\$/Unidad
Costo de ordenamiento (A)	\$ 173.500	\$ 173.500	\$/Orden
Costo de mantener inventario (R)	0,014	0,008	Anual
Fracción estimada del costo de faltante (B2)	0,1	0,03	
Cantidad óptima a ordenar (Q)	170	91	Unidad
Demanda estimada durante el tiempo de reposición (XL)	7	2	Unidad
σ_l	5	3	Unidad
Pa	0,9824	0,9415	
p(k)	0,0176	0,0585	
k	2,11	1,57	
Nivel de reorden (s)	19	6	Unidad
G	0,006292	0,024937	
Nivel de Servicio (P2)	99,98%	99,93%	

Fuente: elaboración propia.

Se sugiere por tanto, ordenar 170 televisores cada vez que el inventario final es igual o menor a 19 unidades y ordenar 91 lavadoras cuando que el inventario final sea igual o menor a 6 unidades; es decir, la política de inventarios se resumirá entonces para los televisores como **(s=19, Q=170)** y para las lavadoras **(s=6, Q=91)**. Con el fin de visualizar el efecto de la política sobre los costos, en el Anexo C se recrea un escenario de 21 semanas para la técnica de control de inventarios (s,Q).

9. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como principal objetivo, proponer un modelo de gestión de inventarios para el sector comercial bajo la aplicación de alguna técnica financiera que permitiera minimizar el riesgo financiero asociando a la inversión de adquisición de inventario, dando cumplimiento a su vez a los requerimientos de demanda; para lo cual, se consiguió sugerir el modelo propuesto por Charles Tapiero (2003) basado en la técnica de Valor en Riesgo (VaR), dado que este permite minimizar el riesgo financiero asociado a la gestión de inventario, cuantificar la máxima pérdida monetaria de determinada política de ordenamiento y satisfacer la demanda de determinado bien; llegando por tanto a las siguientes conclusiones:

- Al realizar el análisis comparativo entre los modelos tradicionales de gestión de inventarios y las técnicas financieras aplicables a la administración de los mismos, se obtiene que:
 - Los modelos pertenecientes a la corriente financiera analizados exponen un mejor tratamiento de la demanda en comparación a los modelos tradicionales en su forma básica, ya que dentro de sus estructuras presentan una mejor adaptación hacia diversos comportamientos de demanda. A pesar de ello, dentro de la corriente tradicional, es posible encontrar sistemas comunes de control de inventarios que posibilitan la adaptación de demandas probabilísticas y un evidente interés en mejorar los modelos ya existentes, mediante la creciente adaptación de análisis de series de tiempos, pronósticos y simulación que lo permiten.
 - Con respecto al tiempo de reposición, los modelos tradicionales de inventarios conceden mayores ventajas y un amplio campo de aplicación en cuanto a su tratamiento y cuantificación frente a la corriente financiera, como es el caso de los sistemas de revisión continua y periódica, en los cuales es posible abordar tiempos aleatorios de reposición y definir intervalos de protección para las variaciones aleatorias de la demanda mediante extensiones o adaptaciones.

- Los costos como factor de comparación indican que, la corriente tradicional de gestión de inventarios analizada adquieren una ventaja importante frente a las técnicas financieras, al tratar de concebir mayores factores de costo en su estructura. No obstante, a pesar de que las técnicas financieras estudiadas muestran dificultades en su configuración de costos, algunas de estas pueden cumplir con las necesidades de cada empresa, al ser su sistema de costos conveniente para administrar de forma aceptada los inventarios.
- Frente al horizonte de planeación, ambas corrientes presentan variabilidad y flexibilidad en su tratamiento, dando la posibilidad de aplicar un modelo u otro conforme a las necesidades de tiempo de planeación que se tengan como administrador de inventarios.
- La contemplación del riesgo financiero se convierte en el principal valor agregado de la corriente financiera frente a los modelos tradicionales, puesto que mediante la adaptación de diferentes técnicas, resulta factible la cuantificación del riesgo financiero asociado, como también la determinación de la máxima pérdida monetaria de una determinada política.
- Al examinar aquellos elementos claves para la definición adecuada de la política de inventarios con un enfoque de administración del riesgo, se llega a la conclusión de que es importante que se encuentre constituida por elementos como: la concepción de una estructura básica de costos conformada por el costo de mantener, el costo de ordenar y el costo de faltante de inventario; la consideración de un tiempo de reposición ante posibles contingencias; la contemplación de un comportamiento determinado de demanda establecida por un tipo y patrón específico; la introducción de un horizonte de planeación que ofrezca alternativas de planificación a los decisores; y otros elementos adicionales como la desviación estándar de la función de costos, un índice de aversión al riesgo o nivel de confianza dado por el perfil del decisor, y finalmente la adaptación de alguna técnica financiera que permita la administración del riesgo financiero asociado. Razón por la cual, se justifica la elección del modelo de Tapiero (2003) propuesto, ya que expone un modelo de ordenamiento que

comprende la mayor parte de los elementos claves identificados, generando así, un esquema ideal para llevar a cabo la gestión de los inventarios bajo un enfoque de administración de riesgo financiero.

- Al validar la aplicación del modelo de gestión de inventarios propuesto por Tapiero (2003) basado en el Valor en Riesgo (VaR) en el caso de estudio descrito por Toro (2010), se puede concluir que se convierte en una alternativa aceptable para tomar decisiones de inventarios en un contexto comercial bajo un enfoque de administración del riesgo, siempre y cuando la situación sobre la que se decide contemple condiciones específicas para su correcto desarrollo, tales como: la orientación hacía decisiones de un único pedido, un tiempo de reposición nulo, una estructura de costos con comportamiento normal y una demanda con distribución de probabilidad uniforme (para el modelo en su forma básica). Aunque es evidente que son supuestos poco realistas, el correcto desarrollo del modelo le permitiría a la empresa además de proveer una cantidad óptima a ordenar frente a diversos niveles de aversión al riesgo que dan cumplimiento a la demanda, determinar la máxima pérdida monetaria para cada decisión; razones alentadoras para el planteamiento posterior de futuros trabajos (*Capítulo 10*).
- Finalmente, al comparar los efectos resultantes de aplicar el modelo de gestión de inventarios basado en la técnica financiera Valor en Riesgo (VaR) y el modelo de revisión continua de inventario (s,Q) en representación de la corriente tradicional en el caso de estudio evaluado, se obtiene que este último manifiesta notorias ventajas operativas frente al primero, debido a que consideran un nivel de inventario efectivo, un tiempo de reposición determinado y la capacidad de proyectarse hacia un horizonte de planeación definido; mientras que el modelo de la corriente financiera propuesto, sostiene algunos supuestos que limitan su practicidad operativa dado que trabaja para un único periodo de tiempo (única decisión), no tiene en cuenta el inventario efectivo ni mucho menos el tiempo de reposición, razón por la cual frente a los costos no es posible brindar un veredicto absoluto de cuál es mejor en términos monetarios, dado que la estructura de cada uno no facilita su comparación.

10. FUTUROS TRABAJOS

Como futuras líneas de investigación relacionadas con el presente trabajo, quedan abiertas las posibilidades de realizar un estudio en función de mejorar la aplicabilidad de modelo en el contexto de gestión de inventarios, bajo los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuál sería el tratamiento del modelo propuesto frente a un comportamiento de demanda diferente a una distribución de probabilidad uniforme, por ejemplo, cuando la demanda de los artículos tiende a presentar una distribución de probabilidad normal?
- ¿Cómo hacer que el modelo propuesto considere dentro de su estructura un tiempo de reposición diferente de cero?, y ¿De qué manera esta modificación afectaría la minimización del riesgo financiero?
- ¿Es posible incrementar la capacidad predictiva del modelo, si se articulan con elementos de pronósticos o series de tiempo para su funcionamiento?
- ¿Es oportuno aplicar el modelo propuesto en un contexto productivo, en donde se demanden insumos o bienes (materia prima, producto en proceso o producto terminado) con una demanda dependiente?
- ¿Qué efectos tendría sobre la cuantificación de la máxima pérdida esperada de una determinada política de ordenamiento de inventario, el incluir dentro de la configuración del modelo el costo unitario del ítem?
- Dado que el entorno comercial propicia el hecho de realizar descuentos por cantidad, ¿Cómo podría afectar el hecho de ser considerados en el proceso de control de inventarios bajo un enfoque de administración del riesgo?, y ¿cómo se adaptaría el modelo propuesto por Tapiero (2003) para que sus cálculos se enfoquen hacia la inclusión de dichos efectos?
- ¿Cómo podría adaptarse el modelo de gestión de inventarios propuesto por Tapiero (2003), tal que permita considerar el efecto del inventario efectivo para decisiones proyectadas a más de un periodo?

ANEXOS

ANEXO A. Análisis de uniformidad de los datos de demanda mediante el uso de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov

El estadístico de Kolmogorov-Smirnov (K-S) proporciona un medio para probar si un conjunto de datos u observaciones provienen de una distribución completamente especificada $\hat{F}(x)$; aunque es común usar la prueba Chi-Cuadrado para análisis de este tipo, la prueba K-S proporciona mejores ventajas, en aquellos casos en los que el tamaño de la muestra suele ser pequeño, (Lilliefors, 1967).

El desarrollo metodológico para la evaluación de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para los datos de demanda de los televisores y las lavadores del caso de estudio, se realiza con base a lo expuesto por (Evans & Drew, 2008), (Freedman, 1979) y (Hassani & Sirimal Silva, 2015); quienes en sus trabajos muestran de forma clara y precisa el desarrollo de la prueba de bondad de ajuste mediante la fundamentación teórica necesaria y la postura metodológica práctica.

Como primera medida, se tiene que la prueba K-S parte de la premisa fundamental de que compara una hipotética o distribución de probabilidad acumulada ajustada $\hat{F}(x)$ (*distribución de probabilidad uniforme para el presente caso*) con una distribución empírica $F_n(x)$ a evaluar, la cual es proporcional las observaciones $X_1, X_2, \dots, X_n$ que son menores o iguales a x , siendo posible definir como: $F_n(x) = \frac{I(x)}{n}$ o $F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(X_i \leq x)$.

Donde:

n : Tamaño de la muestra aleatoria o número de observaciones

$I(x)$: Número de X_i 's menor o igual que x , que es igual a 1 cuando $X_i \leq x$ y 0 cuando $X_i > x$

Ahora bien, el estadístico de Kolmogorov-Smirnov D_n para cualquier valor de $\hat{F}(x)$ se encarga de calcular la distancia vertical más grande presente entre $F_n(x)$ y $\hat{F}(x)$ para todos los valores de x y puede ser calculado de las siguientes formas:

- I. $D_n = \max_x \{|F_n(x) - \hat{F}(x)|\}$, según (Hassani & Sirimal Silva, 2015).
- II. $D_n = \max \left(F_n(x) - \hat{F}(x) \right) + |\min(F_n(x) - \hat{F}(x))|$, según Freedman (1979).
- III. $D_n = \max\{D_n^+, D_n^-\}$, bajo lo establecido por Evans & Drew (2008).

Con:

$$D_n^+ = \max_{i=1,2,\dots,n} \left\{ \frac{i}{n} - \hat{F}(x) \right\}, \quad D_n^- = \max_{i=1,2,\dots,n} \left\{ \hat{F}(x) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

Ahora bien, el estadístico K-S estará dado por:

$H_0: F(x) = \hat{F}(x), \forall x$ de la muestra (para una distribución uniforme)

$H_1: F(x) \neq \hat{F}(x)$, para al menos un valor de x de la muestra

De modo que, si D_n excede al respectivo valor de la coordenada (n, α) en la Tabla de valores críticos de la prueba Kolmogorov-Smirnov (Tabla A), se rechaza H_0 para un nivel de significancia de α , (Mohd Razali & Yap, 2011).

Tabla A. Valores críticos de la prueba Kolmogorov-Smirnov

Two-sided test	$\alpha = 0.20$	0.10	0.05	0.02	0.01
$n = 1$	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.358	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.489
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317

Fuente: Zwillinger & Kokoska (2000). Standars probability and Statistics tables and formulae

- **Análisis de demanda (Televisores)**

Al realizar la prueba Kolmogorov-Smirnov para los datos de demanda de los televisores expuesta en la Tabla B, se obtiene que el estadístico K-S es igual a 0,260 ($D_n = 0,260$), siendo menor a 0,269, valor correspondiente a la coordenada (24, 5%); razón por la cual no se rechaza H_0 , concluyendo que los datos se ajustan a una distribución de probabilidad uniforme.

Tabla B. Prueba K-S para la demanda de los televisores

	i	x_i	i/n	$(i-1)/n$	$F(x) = \frac{x_i - a}{b - a}$	$(i/n) - F(x)$	$F(x) - (i-1)/n$
a	1	6	0,042	0,000	0,000	0,042	0,000
	2	7	0,083	0,042	0,021	0,062	-0,020
	3	11	0,125	0,083	0,106	0,019	0,023
	4	14	0,167	0,125	0,170	-0,004	0,045
	5	15	0,208	0,167	0,191	0,017	0,025
	6	16	0,250	0,208	0,213	0,037	0,004
	7	16	0,292	0,250	0,213	0,079	-0,037
	8	16	0,333	0,292	0,213	0,121	-0,079
	9	18	0,375	0,333	0,255	0,120	-0,078
	10	24	0,417	0,375	0,383	0,034	0,008
	11	24	0,458	0,417	0,383	0,075	-0,034
	12	26	0,500	0,458	0,426	0,074	-0,033
	13	27	0,542	0,500	0,447	0,095	-0,053
	14	29	0,583	0,542	0,489	0,094	-0,052
	15	29	0,625	0,583	0,489	0,136	-0,094
	16	29	0,667	0,625	0,489	0,177	-0,136
	17	29	0,708	0,667	0,489	0,219	-0,177
	18	31	0,750	0,708	0,532	0,218	-0,176
	19	31	0,792	0,750	0,532	0,260	-0,218
	20	40	0,833	0,792	0,723	0,110	-0,068
	21	45	0,875	0,833	0,830	0,045	-0,004
	22	49	0,917	0,875	0,915	0,002	0,040
	23	49	0,958	0,917	0,915	0,043	-0,002
b	24	53	1,000	0,958	1,000	0,000	0,042
							$D_n^+ = 0,260$ $D_n^- = 0,045$
							$D_n = 0,260$

Fuente: elaboración propia

- **Análisis de demanda (Lavadoras)**

Al realizar la prueba Kolmogorov-Smirnov para los datos de demanda de las lavadoras expuesta en la Tabla C, se obtiene que el estadístico K-S es igual a 0,319 ($D_n = 0,319$), siendo menor a 0,327, valor correspondiente a la coordenada (16, 5%); razón por la cual no se rechaza H_0 , concluyendo que los datos se ajustan a una distribución de probabilidad uniforme.

Tabla C. Prueba K-S para la demanda de las lavadoras

	i	x_i	i/n	$(i-1)/n$	$\hat{F}(x) = \frac{x_i - a}{b - a}$	$(i/n) - \hat{F}(x)$	$\hat{F}(x) - (i-1)/n$
a	1	1	0,063	0,000	0,000	0,063	0,000
	2	3	0,125	0,063	0,111	0,014	0,049
	3	4	0,188	0,125	0,167	0,021	0,042
	4	4	0,250	0,188	0,167	0,083	-0,021
	5	5	0,313	0,250	0,222	0,090	-0,028
	6	6	0,375	0,313	0,278	0,097	-0,035
	7	7	0,438	0,375	0,333	0,104	-0,042
	8	8	0,500	0,438	0,389	0,111	-0,049
	9	8	0,563	0,500	0,389	0,174	-0,111
	10	8	0,625	0,563	0,389	0,236	-0,174
	11	10	0,688	0,625	0,500	0,188	-0,125
	12	10	0,750	0,688	0,500	0,250	-0,188
	13	10	0,813	0,750	0,500	0,313	-0,250
	14	11	0,875	0,813	0,556	0,319	-0,257
	15	15	0,938	0,875	0,778	0,160	-0,097
b	16	19	1,000	0,938	1,000	0,000	0,063
						$D_n^+ =$ 0,319	$D_n^- =$ 0,063
						D_n	0,319

Fuente: elaboración propia

Verificación de resultados mediante el software PROMODEL

Mediante la extensión Stat::Fit del software PROMODEL, es posible comprobar los resultados anteriormente calculados, en los que se muestra bajo la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov que tanto los datos de demanda descritos por los televisores como los de las lavadoras, pueden ajustarse a una distribución de probabilidad uniforme. A continuación, se plasman los resultados obtenidos:

- Análisis de demanda (Televisores)

Kolmogorov-Smirnov	
data points	24
ks stat	0.26
alpha	5.e-002
ks stat[24,5.e-002]	0.269
p-value	6.45e-002
result	DO NOT REJECT

- Análisis de demanda (Lavadoras)

Kolmogorov-Smirnov	
data points	16
ks stat	0.319
alpha	5.e-002
ks stat[16,5.e-002]	0.327
p-value	5.95e-002
result	DO NOT REJECT

ANEXO B. Código en Wolfram Mathematica del Modelo de gestión de inventarios base propuesto

In[]:= (*Modelo de Gestión de inventarios bajo el enfoque Valor en Riesgo (VaR)*)

(*Parámetros*)

(*Costo de Mantener*)

$h =$;

(*Costo de Faltante*)

$v =$;

(*Costo de Ordenar*)

$c =$;

(*Distribución de demanda Uniforme en $[n, m]$ *)

$n =$;

$m =$;

(*Índice de Aversión al riesgo*)

$z_{1-pVaR} =$;

(*Variable aleatoria de demanda*)

$\xi =$;

(*Valor medio de la demanda*)

$\xi = \frac{m+n}{2}$;

(*Función de densidad de la Distribución de Probabilidad Uniforme*)

$\xi = \frac{1}{m-n}$;

(*Media o esperanza de la Función de Costos*)

$Esp[z_-] = c * z + z (h + v) * F_{\xi} + v (\xi - z) - (h + v) * F_{1,\xi}$;

(*Varianza*)

$Var[z_-] = -z^2 (v - h) * (h + v + 2c) * F_{\xi} -$
 $(v^2 - h^2) * F_{2,\xi} + 2z * (v - h) * (h + v + c) * F_{1,\xi} - (h + v)^2 * (2F_{\xi} - F_{1,\xi})^2 +$
 $2 * (h + v) * ((z(v - c) + v * \xi)) * (z * F_{\xi} - F_{1,\xi}) + v^2 * \left(\left(\frac{m^3 - n^3}{3(m - n)} \right) - \xi^2 \right)$;

(*Con:*)

$F_{\xi} = (\xi) * \int_0^{\xi} 1 dF\xi$;

$F_{1,\xi} = (\xi) * \int_0^{\xi} F\xi dF\xi$;

$F_{2,\xi} = (\xi) * \int_0^{\xi} F\xi^2 dF\xi$;

(*Función Objetivo y Restricciones*)

$Minimize[\{ Esp[z] - z_{1-pVaR} * \sqrt{Var[z]}, z > 0 \&\& D[Var[z], z] > 0 \}, z]$

[mini...

]deriva

ANEXO C. Política s,Q con un costo B2 de faltante

s-Q (Televisores)									
Semanas	Inventario inicial	Demanda	Cantidad a recibir	Inventario final	Faltantes	Costo de mantener	Costo de ordenar	Costo de faltante	Costo total
1	0	49	170	121	0	\$ 18.818	\$173.500		\$ 192.318
2	121	30	0	91	0	\$ 32.971			\$ 32.971
3	91	45	0	46	0	\$ 21.307			\$ 21.307
4	46	6	0	40	0	\$ 13.375			\$ 13.375
5	40	8	0	32	0	\$ 11.198			\$ 11.198
6	32	20	0	12	0	\$ 6.843			\$ 6.843
7	12	10	170	172	0	\$ 28.616	\$173.500		\$ 202.116
8	172	9	0	163	0	\$ 52.100			\$ 52.100
9	163	15	0	148	0	\$ 48.367			\$ 48.367
10	148	52	0	96	0	\$ 37.947			\$ 37.947
11	96	12	0	84	0	\$ 27.994			\$ 27.994
12	84	37	0	47	0	\$ 20.373			\$ 20.373
13	47	20	0	27	0	\$ 11.509			\$ 11.509
14	27	8	170	189	0	\$ 33.593	\$173.500		\$ 207.093
15	189	19	0	170	0	\$ 55.832			\$ 55.832
16	170	51	0	119	0	\$ 44.946			\$ 44.946
17	119	33	0	86	0	\$ 31.882			\$ 31.882
18	86	32	0	54	0	\$ 21.773			\$ 21.773
19	54	7	0	47	0	\$ 15.708			\$ 15.708
20	47	40	170	177	0	\$ 34.837	\$173.500		\$ 208.337
21	177	48	0	129	0	\$ 47.590			\$ 47.590

s-Q (Lavadoras)									
Semanas	Inventario inicial	Demanda	Cantidad a recibir	Inventario final	Faltantes	Costo de mantener	Costo de ordenar	Costo de faltante	Costo total
1	0	19	91	72	0	\$ 12.042	\$173.500		\$ 185.542
2	72	3	0	69	0	\$ 23.585			\$ 23.585
3	69	12	0	57	0	\$ 21.085			\$ 21.085
4	57	2	0	55	0	\$ 18.752			\$ 18.752
5	55	18	0	37	0	\$ 15.419			\$ 15.419
6	37	1	0	36	0	\$ 12.253			\$ 12.253
7	36	16	0	20	0	\$ 9.420			\$ 9.420
8	20	6	0	14	0	\$ 5.754			\$ 5.754
9	14	7	0	7	0	\$ 3.588			\$ 3.588
10	7	3	0	4	0	\$ 1.921			\$ 1.921
11	4	8	91	88	0	\$ 15.297	\$173.500		\$ 188.797
12	88	15	0	73	0	\$ 26.672			\$ 26.672
13	73	9	0	64	0	\$ 22.673			\$ 22.673
14	64	13	0	51	0	\$ 19.007			\$ 19.007
15	51	9	0	42	0	\$ 15.341			\$ 15.341
16	42	2	0	40	0	\$ 13.508			\$ 13.508
17	40	1	0	39	0	\$ 13.008			\$ 13.008
18	39	17	0	22	0	\$ 10.008			\$ 10.008
19	22	16	0	6	0	\$ 4.509			\$ 4.509
20	6	14	91	83	0	\$ 14.674	\$173.500		\$ 188.174
21	83	11	0	72	0	\$ 25.673			\$ 25.673

11. REFERENCIAS

- Ahmed, S., Cakmak, U., & Shapiro, A. (2007). Coherent risk measures in inventory problems. *OPERATIONAL RESEARCH*, 182, 226 - 238.
- Alessandro Andriolo, D. B. (2014). A century of evolution from Harris's basic lot size model: Survey and research agenda. *Production Economics*, 16-38.
- Anaya Tejero, J. J. (2007). *Logística Integral. La gestión operativa de la empresa*. Madrid: ESIC.
- Ángel A. Juan, R. G. (2013). *www.uoc.edu*. Obtenido de Gestión de stocks: Modelos deterministas: http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Stocks_1.pdf
- Avila Bustos, J. C. (2005). *Medición y control de riesgos en empresas del sector real*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá.
- Babiloni, M. E., Cardós, M., Albarracín, J., & Palmer-Gato, M. (2007). Modelos de gestión de inventarios para ítems con demanda intermitente. *International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management*, 1611; 1620.
- Ballou, R. (2004). *Logística - Administración de la cadena de suministros* (5ta edición ed.). México: PEARSON EDUCATION.
- Borgonovo, E., & L., P. (2009). Financial management in inventory problems: Risk averse vs Risk neutral policies. *ELSEVIER*, 118, 233 - 242.
- Brealey, Myers, & Allen. (2010). *Principios de Finanzas Corporativas* (Novena ed.).
- Canavos, G. (1988). *Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y métodos*. Naucalpan de Juárez: McGraw-Hill.
- Chase, R. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros* (12ava ed.). The McGraw-Hil.
- Chen, X., Sim, D., Simchi, & Sun, P. (2007). Risk aversion in inventory management. *OPERATION RESEARCH*, 55 (5), 828 - 842.
- Coello Martínez, A. M. (2015). *Costo de Capital Promedio Ponderado*.
- De Lara Haro, A. (2004). *Medición y control de los riesgos financieros* (3era ed.). Limusa.
- De Lara Haro, A. (2004). *Medición y control de los riesgos financieros* (3era ed.). México D. F.: Limusa.
- Dos Santos, N. M. (2001). *Make-to-Stock vs. Make-to-Order in glass manufacturing*. Lisboa: UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA.
- Evans, D. L., & Drew, J. H. (2008). The Distribution of the Kolmorov-Smirnov, Cramer-von Mises, and Anderson-Darling Test Statistics for Exponential Population

- with Estimated Parameters. *Communication in Statistics-Simulation and Computation*, 1396-1421.
- Fan, Y. *, We, Y.-M., & Xu, W.-X. (2004). Application of VaR methodology to risk management in the stock market in China. *ELSEIVER, Computers and Industrial Enginnering*, 383 -388.
- Fernández, V. (2005). El modelo CAPM para distintos horizontes de tiempo. *INGENIERIA DE SISTEMAS*, 19, 7 - 18.
- Ferrero Bécares, P. (2015). *Aplicación práctica en una empresa del sector farmacéutico*. León.
- Freedman, L. (1979). The use of a Kolmogorov-Smirnov type statistic in testing hypotheses about seasonal variation. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 223-228.
- Gallardo Vargas, D. M. (2 de Diciembre de 2011). Metodología para el cálculo del WACC y su aplicabilidad en la valoración de inversiones de capital, en empresas no cotizantes en bolsa. *Trabajo de grado Magister en Finanzas*. Cali, Colombia.
- Gallego, G., Jin, Y., Muriel, A., Zhang, G., & Yildiz, V. T. (2007). Optimal ordering policies with convertible lead times. *European Journal of Operational Research*, 892-910.
- Gallego, G., Ryan, J., & Simchi-Levi, D. (2001). Minimax analysis for finite horizon inventory models. *IIE TRANSACTIONS*, 33, 874 - 881.
- Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2012). *Principios de la administración financiera*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación de México.
- Gracia Serna, O. L. (1991). *Administración Financiera: Fundamentos y Aplicaciones*. Oscar Leon Garcia .
- Grubbström, R. T. (1986). Evaluation capital costs in a multi-level inventory system by means of the annuity stream principle. *OPERATIONAL RESEARCH*, 24, 136 - 145.
- Gutierrez Pulido, H., & De La Vara, S. R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México DF: Mc Graw Hill.
- Gutierrez, V., & Vidal, C. J. (2008). Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de Literatura. *Revista Facultad Ingeniería Universidad de Antioquia*, 134-149.
- Hanke, J. E., & Reitsh, A. G. (1996). *Pronósticos en los negocios*. Naucalpan de Juárez: Pearson Education.
- Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. *FACTORY*.

- Hassani, H., & Sirimal Silva, E. (2015). A Kolmogorov-Smirnov Based Test for Comparing the Predictive Accuracy of Two Sets of Forecast. *Econometrics*, 590-609.
- HELM. (2008). Continuous Probability Distributions. En *HELM Workbooks* (págs. 18 - 19). Reino Unido.
- Hernández, B. (2000). *Bolsa y estadística bursátil*. Diaz de Santos.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES* (Novena ed.). México: McGrawHill.
- Jammernegg, W., & Kischka, P. (2008). RISK PREFERENCES AND ROBUST INVENTORY DECISIONS. *ELSEVIER*, 269 - 274.
- Kim, S., Kim, J., & Heo, E. (2017). Convenience yield of accessible inventories and imports: A case study of the. *ELSEVIER*, 52, 277 - 283.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones Procesos y cadena de valor* (8va ed.). México: PEARSON EDUCATION.
- Kumar Bagui, S., & Ghosh, A. (2012). Road Project Investment Evaluation Using Net Present Value (NPV) at Risk Method. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 243 - 254.
- Lenard, J., & Roy, B. (1995). Multi - item inventory control: A multicriteria view. *OPERATIONAL RESEARCH*, 87, 685 - 692.
- Lilliefors, H. (1967). ON THE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST FOR NORMALITY WITH MEAN AND VARIANCE UNKNOWN. *Journal of the American Statistical Association*, 399-402.
- Ljung, G. M., & Box, G. E. (1970). Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive-Integrated Moving Average Time Series Models. *Journal of the American Statistical Association*, 1509-1526.
- Loja Guarango, J. C. (2015). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LA EMPRESA FEMARPE LTDA*. Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, Cuenca.
- López, J., & Ocampo, A. (2013). *Diseño de un sistema de inventarios de materia prima para una empresa del sector agroindustrial de la región*. Guadalajara de Buga: Universidad del Valle.
- Luciano, E., & Peccati, L. (1999). Capital structure and inventory management: The temporary sale problem. *PRODUCTION ECONOMICS*, 59, 169 - 178.
- Luciano, E., Peccati, L., & Cifarelli, D. (2003). VaR as a Risk measure for multiperiod static inventory models. *ELSEVIER*, 81 - 82, 375 - 384.

- Manotas Duque, D. F., & Toro Diaz, H. (2009). Análisis de decisiones de inversión utilizando el criterio Valor Presente Neto en Riesgo (VPN en riesgo). *Facultad de ingeniería Universidad de Antioquia*, 49, 199 - 213.
- Mohd Razali, N., & Yap, B. W. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 21-33.
- Mongua G., P. J., & Sandoval R., H. E. (2009). *PROPUESTA DE UN MODELO DE INVENTARIO PARA LA MEJORA DEL CICLO LOGÍSTICO DE UNA DISTRIBUIDORA DE CONFITES UBICADA EN LA CIUDAD DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI*. Universidad de Oriente, Puerto la Cruz.
- Monterrey, T. d. (2012). *Circulo.Tec en Linea con tu desarrollo*. Obtenido de Universidad TecVirtual del Sistema tecnológico de Monterrey.
- Muller, M. (2005). *Fundamentos de Administración de Inventarios*. Norma.
- Nemtajela, N., & Mbohwa, C. (2017). *Relationship between inventory management and*. South Africa: ELSEVIER.
- Ortiz Anaya, H. (2015). *Análisis Financiero Aplicado*. Universidad Externado de Colombia.
- Patil, R., & Singh, G. (2016). *Inventory management and analysis in an orthodontic practice*. CrossMark.
- RAE. (Enero de 2018). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://www.rae.es/>
- Ramírez, G. S., & Manotas, D. F. (2014). Modelo de medición del impacto financiero del mantenimiento de inventario de suministros. *Scientia et technica*, 251 - 260.
- Salameh, M. K., & Jaber, M. Y. (2000). Economic production quantity model for items with imperfect quality. *ELSEVIER*, 64, 59 - 64.
- Selpa Navarro, A. Y., & Espinosa Chongo, D. (2009). La Gestión del Capital de Trabajo como Proceso de la Gestión Financiera Operativa.
- Serrano, A., Oliva, R., & Kraiselburd, S. (2016). On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. *ELSEVIER, Production economics* 183, 14 - 20.
- Sharf, K. I., Ibrahim, J. A., & Udin, Z. (2015). Inventory risk based technique for spare parts utilization. *Sciences & Engineering*, 77:5, 79 - 84.
- Silver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. *Production and inventory management*, 64-74.

- TAHA, H. A. (2005). *Investigación de operaciones*. México: Alfaomega.
- Tapiero, C. (2003). Value at risk and inventory control. *OPERATIONAL RESEARCH*, 163, 769 - 775.
- Toro, L. A. (2010). *Diseño de un sistema de aprovisionamiento en una empresa comercializadora de electrodomésticos en la sucursal de Buga*. Guadalajara de Buga.
- Urbina Baca, G. (2010). *Evaluación de proyectos* (6ta ed.). McGRAW-HILL.
- Van den Berghe, E. (2015). *Diseño y administre su propia empresa* (4 ed.). Bogotá, Colombia: ECOE EDICIONES.
- Van Horne, J. (2010). *Fundamentos de administración financiera* (13ava ed.). México: PEARSON EDUCATION.
- Velázquez Gómez, L. (2012). *ELABORACIÓN DE UNA CÉDULA COMO INSTRUMENTO DE GESTIÓN DE INVENTARIO*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Vidal, C. J. (2005). *Fundamentos de gestión de inventarios*. Facultad de ingeniería Universidad del Valle.
- Vidal, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Villalón, J. (2005). Enfoques diferentes para medir el valor en riesgo (VAR) y su comparación. *OAlib*.
- Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size. *Management Science*, 89.96.
- Weston, F., & Brigham, E. (1994). *Fundamentos de Administración Financiera*. México D.F: McGraw-Hill.
- Ye, S., & Tiong, R. (2000). NPV-at-RISK method in infrastructure project investment evaluation. *CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 126, 227 - 233.
- Zapata Cortes, J. A. (2014). *Fundamentos de la gestión de inventarios*. Medellín: Editorial L.Vieco S.A.S.
- Zwillinger, D., & Stephen, K. (2000). *Standard probability and Statistics tables and formulae*. Chapman & Hall(CRC).