Trabajo de grado

Nombre del estudiante

Angee Catalina Baracaldo Garzón

Nombre del tutor o tutores

Elsy Nathalia Chaparro Hernández

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Ingeniería Industrial

Bogotá D.C., Colombia

2026

ÍNDICE

Contenido

Tabla de contenido

RESUMEN DEL PROYECTO 4
1. TÍTULO DE LA PROPUESTA: 4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: 5
3. Descripción del problema 7
4. OBJETIVO GENERAL 8
4.1 Objetivos Específicos 8
5.JUSTIFICACIÓN: 8
6. MARCO TEÓRICO 10
6.1 Marco Contextual 10
6.2 Fundamentos Teóricos 11
6.3 Gestión de Inventarios 12
6.4 Modelos de Inventarios 13
6.5 Política de Inventarios (s,S) 14
6.6 Clasificación ABC 16
6.7 Nivel de Servicio 18
6.8 Exactitud del Inventario (IRA) 20
6.9 Estado del Arte 22
7. Marco Conceptual 24
Centro de Distribución 24
Clasificación ABC 24
Faltantes de Inventario (Stockout) 25
Sobre stock o Exceso de Inventario 25
Nivel de Servicio 26
Exactitud del Inventario (IRA) 26
Error operativo de inventario 27
Tiempo de Entrega (Lead time) 27
Stock de Seguridad. 28
8. Marco Legal 28
9. METODOLOGÍA 30

9.1 Variables del Estudio 30
9.2 Fases de la Investigación 31
Fase 1: Diagnostico del sistema actual 31
Fase 2: Modelación de la política (s,S) 31
Fase 3: Simulación y validación del modelo 31
10. RESULTADOS 33
10.1 Resultados del diagnóstico 33
Resumen del diagnóstico: 37
10.2 Resultados de la modelación 37
Aplicación del modelo probabilístico (Producto Nestlé) 38
10.3 Resultado de la simulación 40
11. Conclusiones 44
12. REFERENCIAS 46

RESUMEN DEL PROYECTO

Al revisar los problemas de exceso de inventario y desabastecimientos en el Centro de Distribución (CEDI) Bogotá de la empresa Altipal S.A.S., esta investigación proporciona algunas respuestas. El diagnóstico realizado durante el período de Enero a Junio de 2026 señaló un Índice de Precisión de Registro de Inventario (IRA) del 73.92%, exponiendo discrepancias sustanciales entre el stock físico y la información registrada en el sistema WMS. También presenta una brecha económica aproximada de $876,206,000 COP, con la marca Nestlé liderando el 64% de las deficiencias. A la luz de esta investigación, se pretende desarrollar un modelo para la gestión de inventarios basado en la política de revisión continua (s,S) y decidir sobre parámetros relacionados con la demanda, la variabilidad del sistema y los tiempos de reabastecimiento. El enfoque adoptado es realizar un análisis descriptivo-experimental cuantitativo, con datos históricos a ser analizados y la simulación del comportamiento del sistema formulado como modelo. Los resultados se basan en la mejora del nivel de servicio, la reducción de la escasez y el exceso y la mejora de la eficiencia operativa en el sistema logístico.

1. TÍTULO DE LA PROPUESTA:

Diseño de un modelo de gestión de inventarios basado en la política (s,S) para el control de excesos, faltantes y errores operativos en el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La gestión de inventarios en el Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S. estaba gravemente su dimensionada, afectando las decisiones de operación logística y la lógica de la cadena de suministro. En la actualidad, la empresa tiene un inventario valorado en $10,992,226,825 COP de 3,489,770 unidades en 2,059 referencias (SKU), lo que demuestra la naturaleza masiva y complicada del sistema logístico. Desafortunadamente, el indicador de precisión del inventario (IRA) indica un valor de 73.92%, demostrando una discrepancia significativa entre el reporte del sistema WMS y el inventario físico. En términos prácticos, esto implica 537 referencias con valores diferentes que ponen en duda la fiabilidad de la información involucrada en los datos y afectan la entrega de servicios logísticos (Altipal S.A.S., 2026). Además, las carencias también muestran que la marca Nestlé contiene alrededor del 64% de las diferencias, lo que equivale a unos $1,040,000 COP. Este comportamiento es indicativo de la alta criticidad del sistema en la gestión de productos estratégicos, como se describe en el principio de Pareto, donde pocas referencias representan una gran parte del impacto económico derivado del sistema de inventario (Muller, 2019). Estos problemas se atribuyen a fallas en los métodos relacionados con los procesos: conteo cíclico sin clasificación de categorías ABC, ajuste sin soporte documental y personal no debidamente capacitado en el sistema WMS. También resulta en una organización y estructuración restringida de opciones logísticas basadas únicamente en información confiable, ya que el inventario se gestiona de esta manera mediante mediciones empíricas de las condiciones. La precisión del inventario puede considerarse como un fundamento teórico de la gestión de la cadena de suministro, ya que ayuda a asegurar que las decisiones que se toman en este campo se realicen basándose en la calidad de la información disponible. Así, desde esta perspectiva, Heizer, Render y Munson (2020) explican que las cuentas de inventario poco fiables generan distorsiones que conducen a errores del cliente, como la planificación de compras, los procesos de almacenamiento y distribución que aumentan los costos operativos y disminuyen el servicio al cliente. Por lo tanto,

una baja precisión del inventario inevitablemente, al final, conducirá a la disponibilidad del producto, las operaciones, la eficiencia operativa y la respuesta a las fluctuaciones de la demanda en una entidad. Esto lleva a pérdidas en términos de ingresos perdidos porque no se pueden producir ventas para ingresos bajo reconocimiento como ventas (lo cual no se puede) y almacenarlo, y los costos de almacenamiento aumentan, altos costos de almacenamiento, pero también disminución de la satisfacción del cliente. Además, es este problema que, sin un modelo de gestión de inventarios en acción, la toma de decisiones basada en la experiencia operativa se ha convertido en parte de una solución que el sistema necesita perseguir para maximizar el rendimiento. Según Silver et al. (2016), los modelos de inventario estructurados permiten proporcionar los parámetros técnicos para lograr óptimamente el proceso de control de existencias, minimizando la incertidumbre respecto a los procesos de control de existencias, lo que optimiza la eficiencia del sistema. Financiera, la falta de control de inventarios se suma a los problemas y tensa el flujo de caja para el negocio, ya que siempre hay inversiones de capital y no suficientes inventarios y la empresa entra en escasez y menor disponibilidad de nuestro producto en el proceso de producción. Esto hace que la empresa sea menos competitiva y menos capaz de reaccionar al flujo de consumo masivo. Desde estas perspectivas, finalmente se necesita un modelo de gestión de inventarios para calcular factores como la demanda, la variabilidad del sistema y el tiempo de reabastecimiento para desarrollar un criterio de referencia cuantitativo del proceso empresarial para la toma de decisiones. Así, esta política de inventario (s,S) puede actuar como una alternativa para el control de inventarios en entornos de demanda estocástica y alta varianza.(Altipal S.A.S 2026) Basado en lo anterior, este estudio se guía por la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los parámetros necesarios para diseñar un modelo de gestión de inventarios basado en la política (s,S) que permita el control de los niveles de excesos, faltantes y errores operativos en el CEDI Bogotá de la empresa Altipal S.A.S.?

3. Descripción del problema

Como una de las empresas líderes en la distribución de productos de consumo masivo en Colombia, Altipal S.A.S. enfrenta varios desafíos en la gestión de su cadena de suministro, particularmente en el centro de demanda. Esta limitación reduce aún más la capacidad de monitorear los niveles de inventario y la capacidad de respuesta del Centro de Distribución (CEDI) Bogotá, donde se centra gran parte de la operación logística. La práctica actual de gestión de inventarios es reactiva en lugar de científica y experimental, ya que no existe un modelo matemático o herramienta de pronóstico para predecir el comportamiento del sistema logístico. Por lo tanto, surgen dos problemas que afectan la operación:

1. Ineficiencia de capital: El inventario muestra un exceso de inventario que aumenta el costo de almacenamiento y el riesgo de obsolescencia, afectando directamente la rentabilidad de la empresa.

2. Rupturas de stock: La falta de una política de reposición regulada da lugar a frecuentes rupturas de stock, como las basadas en productos de alta rotación y económicamente relevantes, como la línea de productos Nestlé, lo que impacta negativamente en la calidad del servicio y la satisfacción del cliente. Esto se ve agravado por el hecho de que los datos son poco fiables, evidenciado por un indicador IRA del 73.92%, mostrando que hay una discrepancia considerable entre el inventario físico y el que se muestra en el sistema WMS. Este escenario limita la utilización de información histórica para la planificación estratégica y la utilidad de cualquiera de las herramientas de control que puedan utilizarse. En este sentido, la ausencia de criterios cuantitativos, la falta de un modelo de control de inventario no proporciona un equilibrio adecuado entre el costo de mantenimiento, el costo de pedido y el costo de escasez. Según Chopra y Meindl (2019), la gestión efectiva del inventario implica establecer políticas que faciliten una respuesta ágil a la variabilidad de la demanda y aseguren la disponibilidad del producto. Por lo tanto, se sugiere estratégicamente la implementación de un modelo de control de inventario basado en la política (s,S), ya que esta

estructura permite establecer directrices precisas para la reposición de productos, minimiza la incertidumbre del sistema y facilita el control sobre los niveles de inventario. (Altipal S.A.S 2026)

4. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de gestión de inventarios basado en la política (s,S) para controlar los niveles de excesos, faltantes y errores operativos en el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S.

4.1 Objetivos Específicos

4.1.1 Analizar el estado actual de la gestión de inventarios en el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S., mediante el uso de información histórica del sistema WMS y la aplicación de la clasificación ABC.

4.1.2 Determinar los parámetros de la política de inventarios (s,S), incluyendo el punto de reorden y el nivel máximo de inventario, considerando la variabilidad de la demanda y los tiempos de reposición.

4.1.3 Evaluar el impacto operativo y económico del modelo propuesto mediante una simulación comparativa frente al sistema actual.

5.JUSTIFICACIÓN:

Para superar los desafíos asociados con los esfuerzos limitados de gestión de inventarios, la investigación en este documento tiene como objetivo adaptar el modelo a un enfoque estructurado basado en los principios que caracterizan las herramientas estándar de ingeniería industrial, en el Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S. Es necesario dado las deficiencias existentes como la baja precisión del inventario (73.92%), enfatizando la gestión operativa junto con la falta de control, trazabilidad y confiabilidad de la información. Desde el punto de vista de las operaciones, la política de inventario de revisión continua del tipo (s,S) permite la definición

de parámetros técnicos como el punto de reorden (s) y el nivel máximo de inventario (S) para estandarizar el proceso de reposición, minimizando así la discreción en la toma de decisiones. Silver, Pyke & Thomas (2016) encontraron que el uso de dicho modelo en diferentes escenarios con demanda diferencial es apropiado ya que los niveles de inventario pueden regularse mediante criterios cuantitativos, reduciendo la probabilidad de brechas o exceso de inventario. En un contexto organizacional, esto significa una mejora en la calidad del WMS para Altipal S.A.S., y la precisión de las entradas de inventario. Económicamente hablando, el estudio está bien respaldado por la carga financiera sustancial potencial de error de inventario, realizada en desajustes de alrededor de $876,206,000 COP y capital inmovilizado de más de $10,992,226,825 COP. Estos números representan las pérdidas proyectadas debido al exceso de inventario, lo que aumenta el almacenamiento y conduce a la obsolescencia, y las carencias, que reducen las ventas y disminuyen las eficiencias. Como afirmaron Chopra y Meindl (2019), el mal control de inventario tiene un impacto directo en la rentabilidad organizacional al causar un desequilibrio en el nivel de servicios proporcionados con los costos logísticos. La disponibilidad del producto en el punto de venta, así como la capacidad de respuesta a nivel del sistema, se ven afectadas por una buena gestión de inventarios. En ese sentido, analizar las posibles perspectivas de mejora del servicio, especialmente al utilizar el modelo propuesto, como aquellos para bienes de valor competitivo con alta rotación y significancia económica, es factible. Por un lado, dicha disponibilidad es una característica esencial en la distribución masiva de consumidores en entornos competitivos, donde influye directamente en el valor del cliente. Desde un punto de vista organizacional, estructurar un modelo de inventario también ofrece formas de estandarizar los procesos y fortalecer las capacidades del talento humano a través de herramientas técnicas que ayudan a respaldar la toma de decisiones. Esto ayuda a reducir la dependencia de estándares empíricos y aumenta la eficiencia en la gestión de los procedimientos operativos del CEDI Bogotá. Basado en los puntos anteriores, y combinando el modelo de inventario estocástico con datos operativos reales al final del proyecto, esta investigación contribuye académicamente a soluciones aplicadas de la aplicación de la política

(s,S) a la ingeniería industrial. El enfoque facilita validar la aplicabilidad de la política (s,S) y otras herramientas en entornos empresariales reales, sirviendo como base para analizar y desarrollar una mejor comprensión de los sistemas logísticos con alta variabilidad de demanda. De manera similar, el estudio proporciona valor al presentar un caso aplicado que puede ser referenciado en estudios futuros sobre optimización de inventarios en empresas relacionadas con la logística. (Altipal S.A.S 2026)

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Marco Contextual

Como empresa colombiana dedicada a la comercialización y distribución de productos de consumo masivo, Altipal S.A.S. es un jugador relevante dentro de la cadena de suministro nacional. Gestiona grandes volúmenes de mercancía a través de una red de centros de distribución estratégicamente ubicados, operando bajo un modelo de negocio donde hay intermediación entre fabricantes y puntos de venta. Las operaciones de la empresa se establecen con un enfoque logístico integral: suministro, almacenamiento, gestión de inventarios, preparación de pedidos y distribución. En términos del volumen de productos gestionados, el número de SKU y el efecto en la red de distribución, el Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) es reconocido como una de las principales unidades operativas de la empresa. A nivel corporativo, Altipal S.A.S. tiene una estructura funcional con áreas de negocio que comprenden logística, suministro, operaciones y control de inventarios, que interactúan de manera articulada para asegurar la disponibilidad de productos y el cumplimiento del nivel de servicio. La empresa cuenta con aproximadamente 1,500 a 2,000 empleados en todo el país, distribuidos entre personal administrativo y operativo, lo que ilustra la complejidad y magnitud de sus procesos. Tecnológicamente, el negocio utiliza

herramientas de gestión como sistemas WMS (Warehouse Management System), que permiten el registro, control y trazabilidad de inventarios en tiempo real dentro de los centros de distribución. No obstante, incluso con estas soluciones, el proceso de diagnóstico realizado en el CEDI de Bogotá indicó inconsistencias en la precisión del inventario, reflejadas en un indicador IRA por debajo del nivel esperado, lo que impacta seriamente la calidad de la información y la toma de decisiones operativas. Además, el CEDI de Bogotá gestiona más de 2,000 SKU y millones de unidades, resultando en un entorno operativo complicado marcado por la variabilidad de la demanda y que requiere la coordinación de múltiples procesos. En este sentido, la falta de modelos estructurados de gestión de inventarios hace que el sistema sea ineficiente, creando problemas como exceso de stock, escasez y errores operativos. Basado en esto, el contexto organizacional de Altipal S.A.S. ilustra que se deben aplicar herramientas cuantitativas para mejorar el control de inventarios, optimizar los niveles de stock y fortalecer la toma de decisiones en la operación logística. (Altipal S.A.S 2026)

6.2 Fundamentos Teóricos

Con base en la problemática identificada en el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S., caracterizada por la presencia de faltantes, sobre stock y baja exactitud del inventario (IRA), se hace necesario abordar teóricamente los conceptos y modelos que permiten analizar y estructurar soluciones en la gestión de inventarios. En este sentido, los fundamentos teóricos del presente estudio se orientan al análisis de herramientas propias de la ingeniería industrial, tales como la gestión de inventarios, los modelos estocásticos de reposición, la política (s,S) y la clasificación ABC, las cuales permiten explicar el comportamiento del sistema actual y sustentar el diseño del modelo propuesto. A diferencia de un enfoque meramente conceptual, este apartado articula los elementos teóricos con las condiciones reales observadas

en la operación de Altipal S.A.S., permitiendo establecer una relación directa entre la teoría y el problema de investigación. (Altipal S.A.S 2026)

6.3 Gestión de Inventarios

La gestión de inventarios se refiere a las medidas políticas, procedimientos y decisiones tomadas para gestionar el stock en una organización con el fin de mejorar la disponibilidad de bienes mediante la gestión de los costos de almacenamiento, reposición y escasez (Ballou, 2004). Desde un aspecto teórico, el sistema de inventario involucra costos de mantenimiento, costos de pedido y costos relacionados con la deficiencia o falta de stock. Como se indica en la literatura de logística, se requiere un buen equilibrio de inventario para asegurar la alta eficiencia de la cadena de suministro; un inventario excesivo conduce a costos de almacenamiento adicionales y riesgos de obsolescencia, y un inventario bajo significa que hay pérdidas de ventas y una disminución en los niveles de servicio (Heizer et al., 2020). De manera similar, la gestión de inventarios sirve como un mecanismo de desacoplamiento entre la oferta y la demanda, adaptándose a los cambios del mercado para ayudar con la continuidad de las operaciones. Y en la correcta implementación de esto, que es la razón por la cual se utilizan estas herramientas cuantitativas de toma de decisiones basadas en datos en un entorno donde la incertidumbre y la variabilidad de la demanda son muy altas. Diferentes autores de este documento creen que, en el caso de los centros de distribución de productos de consumo masivo, la gestión de inventarios no se basa en criterios empíricos y en sistemas logísticos complejos necesita desarrollar modelos estructurados que incluyan factores como la demanda, los tiempos de entrega, los niveles de servicio, la variabilidad del sistema, etc. (Silver et al., 2016). Refiriéndose al Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S, se detectó que había deficiencias bastante significativas en su gestión de inventarios con un indicador de precisión (IRA) del 73.92%, un gran número de situaciones de falta de stock

y sobre stock en ciertas referencias. Estos escenarios demuestran una falta de control sistemático como resultado de la inexistencia de herramientas de análisis que afectan directamente la eficiencia de las operaciones y la fiabilidad de la información. Además, la gestión empírica del inventario, la ausencia de priorización de productos, así como la baja estandarización de los procesos de control, hacen que el sistema sea menos sensible a la variación de la demanda. En este contexto, construir modelos formales a través de los cuales se puedan optimizar los niveles de stock y tomar decisiones de manera efectiva es clave para fortalecer la gestión de inventarios. (Altipal S.A.S 2026)

6.4 Modelos de Inventarios

Los modelos de inventario son una de las herramientas cuantitativas esenciales de gestión en logística, permitiendo la gestión del reabastecimiento de productos de manera estructurada, determinando el momento y la cantidad para asegurar un reabastecimiento óptimo de productos. Sin embargo, estos modelos operan sobre la base del análisis de la demanda, el cálculo de los costos relacionados con el inventario y la estimación de los tiempos de entrega, entre otros, con el fin de optimizar el rendimiento del sistema. Los modelos de inventario se dividen principalmente en deterministas y estocásticos. Los modelos deterministas consideran que la demanda es conocida y constante a lo largo del tiempo y, por lo tanto, apoyan las decisiones tomadas bajo condiciones de certeza. Sin embargo, la mayoría de los sistemas logísticos actuales existen en un entorno incierto donde los modelos se configuran y son estocásticos para tener en cuenta la variabilidad de la demanda y el tiempo de reabastecimiento (Hillier & Lieberman, 2021).

En tales contextos, los modelos estocásticos son más apropiados para entornos altamente complicados, incluidos los centros de distribución de productos masivos, ya que la demanda fluctúa

constantemente y no puede predecirse con precisión. Según Silver, Pyke y Thomas (2016), la aplicación de tales modelos aumenta la toma de decisiones al considerar el riesgo de escasez y proporcionar stock de seguridad. Además, los modelos de inventario también buscan optimizar el costo total del sistema considerando los costos de mantenimiento, los costos de pedido y los costos de escasez. La correcta identificación de estos costos ayudará a formar una mejor política de suministro y puede ayudar a evitar el exceso de inventario y las escaseces.

Con respecto al Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S., la gestión de inventario aún se basa en criterios operativos y en la toma de decisiones empírica, lo que indica una falta de estructura bien definida para permitir la asistencia técnica en el reabastecimiento de productos. Esto resultó en un inventario irregular, como se observa tanto por el exceso de existencias como por las escaseces, y un bajo indicador de precisión (IRA). Debido al alto número de SKU y la variabilidad de la demanda que caracteriza las operaciones de Altipal S.A.S., la implementación de modelos de inventario, especialmente los estocásticos, se vuelve vital para mejorar la eficiencia del sistema. En este sentido, estos modelos pueden ayudar a implementar criterios cuantitativos de toma de decisiones en el control de inventario y la optimización de existencias. (Altipal S.A.S 2026)

6.5 Política de Inventarios (s,S)

La política de inventario (s,S) es el modelo de revisión continua más común en la gestión de inventarios con condiciones de demanda estocástica. Este modelo tiene dos parámetros básicos que establecen dos fundamentales, que incluyen el punto de reorden (s) y el nivel máximo de inventario (S), los cuales determinan cómo el sistema responde a la reposición de la demanda. Cuando el

nivel de inventario disponible disminuye hasta el punto s, se ejecuta una orden de compra para reponer el inventario hasta el nivel S, lo que permite un control permanente sobre los niveles de stock con el uso de stock de seguridad, siendo este último utilizado para suprimir la incertidumbre relacionada con la demanda y el tiempo de reposición. En teoría, la política (s,S) se basa en la optimización del costo total de inventario, que consiste en costos de mantenimiento, costos de pedido y costos de escasez. Según Silver, Pyke y Thomas (2016), este modelo demuestra ser eficiente en sistemas donde la demanda no es predecible o es variable porque puede equilibrar el riesgo de desabastecimiento con los costos por exceso de stock. Además, la literatura sobre gestión de operaciones destaca los modelos de revisión continua, como él (s,S), por ser receptivos, lo que lleva a tomar medidas en tiempo real debido a un cambio en los inventarios y la tendencia a reducir desabastecimientos (Axsäter, 2015). Por el contrario, el modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido) asume una demanda constante y solo supone que las variables permanecen determinísticas, lo cual no es el caso en la práctica cuando se trata de entornos inciertos. Si el EOQ asume estabilidad y se enfoca en la minimización de costos, esperamos para el modelo (s,S) variabilidad del sistema, mientras que incorpora el cálculo tanto del stock de seguridad como del nivel de servicio en la toma de decisiones. Al igual que con los modelos de revisión periódica (R, S), donde las revisiones también deben llevarse a cabo en intervalos de tiempo predeterminados, la política (s,S) permite una gestión continua de inventarios, lo cual es especialmente relevante en el ámbito logístico donde la demanda cambia en el transcurso de la demanda y los bienes son cíclicos por naturaleza. Por ejemplo, en el caso del Centro de Distribución Altipal S.A.S. Bogotá (CEDI), se identificó el problema como sobre stock y escasez simultáneos, pero aún con baja precisión de inventario (IRA del 73.92%), y la toma de decisiones basada en criterios empíricos. Estas condiciones son indicativas de un sistema que no tiene un mecanismo de sistema controlado donde no hay una directriz definida para reponer inventario. En esta situación, la política (s,S) se adapta adecuadamente al problema detectado, ya que permite el establecimiento de criterios cuantitativos, como los niveles de reorden y máximos y el stock de seguridad, sobre los cuales se basa la toma

de decisiones. Esto asegura una menor variación del sistema y una mejor disponibilidad de productos y nivel de stock. Además, la idoneidad de este modelo para Altipal S.A.S. se justifica con respecto a los atributos operativos (es decir, alto número de referencias (SKU), demanda variable y la necesidad de mejorar el nivel de servicio proporcionado). Sin embargo, la política (s,S) proporciona una respuesta eficiente a estas condiciones, con un mecanismo estructurado para la gestión de inventarios. Por lo tanto, la aceptación de la política (s,S) como modelo de análisis en la investigación se basa en el comportamiento flexible de esta política y su efectividad del sistema (s,S), que sirve como una estrategia contra las escaseces y el exceso de oferta y también ayuda a mejorar el nivel de servicio, por lo tanto, sirviendo como la alternativa adecuada para resolver el problema identificado en el CEDI de Bogotá de Altipal S.A.S.

6.6 Clasificación ABC

La clasificación ABC es un método de gestión de inventarios que se basa en el principio de Pareto, indicando que unos pocos artículos en el sistema contribuyen más al valor total. Esto permite una fácil categorización de la importancia económica de los productos según los inventarios y, como tal, ayuda a controlar y tomar decisiones basadas en estos (Muller, 2019). A nivel teórico, la clasificación ABC se deriva del análisis del valor de consumo anual, que se obtiene del producto de la demanda de cada artículo y su costo por unidad. A partir de donde se obtiene la información, los productos se ordenan de más a menos importantes y se clasifican en tres categorías:

Clase A: el porcentaje más pequeño de artículos que representan alrededor del 10% al 20% del valor. Entre el 70% y el 80% del stock total de mercancías están en este tipo. Estos bienes necesitan un control estricto, monitoreo continuo y una política precisa de reposición.

Clase B: Los artículos de importancia intermedia, según se define, deben gestionarse con un grado moderado de control.

Clase C: Incluye un alto porcentaje de referencias (alrededor del 50% o más), pero con bajo impacto económico, lo que permite controles más simples. En su texto, Heizer, Render y Munson (2020) muestran que la categorización ABC permite a una organización optimizar cuántos recursos se dedican a la gestión de inventarios para asignar recursos al producto que genera el mayor beneficio para la organización. Este método también permite la determinación de políticas de control diferencial que también reducen la complejidad operativa en tales sistemas, que tienden a tener más referencias. Desde una perspectiva operativa, la clasificación ABC apoya actividades que mejoran la eficiencia, incluyendo números de ciclo, monitoreo de inventarios y decisiones de reposición de productos. También reduce los errores logísticos al identificar productos clave y aplicar controles, reduciendo el riesgo de cualquier inconsistencia entre el inventario que se acumula en el sistema físico y el inventario real ya en el sistema. Una observación hecha por analistas del Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S, demostró que no hay una clasificación formal de los productos, por lo que las medidas de control de inventario, incluidos los conteos de ciclo y ajustes, se realizarán de manera uniforme para cada referencia. El resultado es que no hay prioridades para los artículos principales, lo que lleva a una baja precisión del inventario (IRA). Además, se ha demostrado que la marca Nestlé es responsable de aproximadamente el 64% de las faltantes de stock de inventario, lo que indica que algunos productos son más importantes que otros en el problema de inventario. Este comportamiento está en línea con el principio de Pareto y respalda la necesidad de tener una clasificación ABC en el sistema para el seguimiento y la gestión de estos productos. Clasificación ABC en Altipal S.A.S. En este sentido, un sistema ABC permitiría enfocar los controles en productos tipo A, y en particular aquellos pertenecientes a proveedores críticos como Nestlé, lo que podría racionalizar la asignación de recursos para el sistema y mejorar la gestión de inventarios en el control. Además,

esta herramienta facilitará la integración en la política de inventario (s,S) permitiendo definir los parámetros basados en la importancia entre cada grupo de productos. Por lo tanto, la clasificación ABC es un aspecto vital del estudio actual, ya que facilita la estructuración de la priorización de inventarios y mejora el control sobre las referencias más cruciales para aliviar eficazmente los faltantes, mejorar el indicador IRA y optimizar las operaciones logísticas del CEDI de Bogotá de Altipal S.A.S.

6.7 Nivel de Servicio

El nivel de servicio es uno de los factores más críticos en la gestión de inventarios, evaluando la capacidad de un sistema logístico para satisfacer la demanda del cliente de manera eficiente para cumplir con la demanda de toda la cadena de suministro durante el período deseado. Está estrechamente relacionado con la capacidad de encontrar los recursos o productos para vender, así como con la eficiencia con la que se cumple el pedido desde el final de la cadena de suministro. Desde un punto de vista teórico, el nivel de servicio se cuantifica a través de una amplia gama de métodos, siendo los más utilizados el nivel de servicio de ciclo (probabilidad de no escasez en el ciclo de reposición) y la tasa de llenado, que refleja la proporción de demanda que podría ser satisfecha por el suministro de inventario. Chopra y Meindl (2019) afirman que la elección del tipo de nivel de servicio depende de las características del sistema logístico y de la estrategia de una organización. El nivel de servicio se relaciona directamente con las decisiones en la gestión de inventarios (por ejemplo, stock de seguridad y parámetros de modelos de reposición), por lo tanto, es el parámetro que debe decidirse. Así con altos niveles de servicio, se debe mantener un nivel más alto de inventario para reducir el riesgo de escasez de inventario, lo que aumentaría los costos de mantenimiento. Los costos impuestos por niveles de servicio deficientes, por el contrario, reducen los costos de almacenamiento, pero aumentan el potencial de quiebres de stock y ventas

perdidas (Heizer et al 2020). Como resultado el nivel de servicio es un compromiso entre costo y disponibilidad que cada vez más moldea la toma de decisiones en los sistemas de inventario. La clasificación adecuada de este indicador permite la creación de políticas que equilibran la eficiencia operativa con la satisfacción del cliente. Para el Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S., el diagnóstico mostró múltiples escaseces, principalmente sobre productos críticos asociados con proveedores específicos, lo que indica que el servicio no era adecuado. Tal situación tiene implicaciones a nivel operativo e incluso comercial porque impacta la disponibilidad de productos y la capacidad de respuesta a la demanda. Además la falta de modelos de inventario estructurados ha obstaculizado el establecimiento de un nivel de servicio objetivo en el sistema. Requiriendo un modo de gestión reactivo que tenga en cuenta el nivel de suministro inmediato en lugar de un parámetro técnico predeterminado. Por lo tanto, en este sentido, esta implementación de la política de inventario (s,S) permite el uso del nivel de servicio como un factor importante en el concepto de stock de seguridad, lo que logrará una mayor probabilidad de satisfacer la demanda y una disminución en el problema de escasez de stock. En consecuencia, el nivel de servicio se ha determinado como una medida importante en esta investigación, ya que permite evaluar el rendimiento del sistema de inventario y observar los efectos de la implementación del modelo propuesto con respecto a la disponibilidad de productos y el rendimiento operativo del Centro de Distribución de Bogotá de Altipal S.A.S.

6.8 Exactitud del Inventario (IRA)

La precisión del inventario, que generalmente se representa mediante el indicador de Precisión de Registro de Inventario (IRA), refleja la conformidad entre los suministros reales en el almacén y los registros presentados en las bases de datos para clasificar el inventario en los sistemas de información (ISs). Juega un papel crucial en la gestión de inventarios, ya que la solidez de los datos determina la decisión que debe ser llevada a cabo por los sistemas logísticos. Teóricamente la precisión del inventario es un porcentaje de coincidencia entre el inventario real y el inventario registrado y un indicador significativo contra el cual se refleja la calidad en el proceso operativo. Se necesita un alto nivel de precisión para lograr una planificación, abastecimiento y distribución efectivos (Heizer, Render, & Munson, 2020), ya que, si ocurren desviaciones esto también introduce distorsiones en el proceso de reposición y control. Según la literatura de gestión logística, un nivel de precisión inferior al 95% se considera crítico ya que afecta la fiabilidad del sistema y aumenta la posibilidad de errores en el proceso de toma de decisiones. Estas inconsistencias se originan en muchos casos debido a fallas operativas, incluyendo conteos físicos incorrectos, registros incorrectos en los sistemas, ajustes manuales sin soporte documental, y deficiencias en los procesos de recepción, almacenamiento y despacho (Muller, 2019). El indicador IRA no solo cuantifica la precisión del inventario, sino que también identifica debilidades estructurales en las operaciones logísticas, sirviendo como un poderoso marco de diagnóstico y mejora para los sistemas de inventario. Tome como ejemplo el Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S, donde se puede demostrar que el nivel de precisión del inventario fue de hecho del 73.92%, destacando una amplia brecha entre las existencias físicas y los registros correspondientes en el WMS. Este resultado indica un bajo nivel de fiabilidad que se vincula directamente con la efectividad de la gestión de inventarios. Los problemas en el IRA identificados en el diagnóstico se atribuyen a prácticas operativas como ajustes sin soporte, conteos cíclicos desorganizados y una capacitación deficiente para el personal en el uso del sistema. Estas condiciones crean una acumulación de errores que interfieren con la visibilidad real del inventario al tomar decisiones sobre la reposición del producto. Además, la baja precisión del inventario

dificulta el uso de modelos cuantitativos como la política de inventario (s,S) porque estos modelos requieren datos confiables para establecer parámetros como el punto de reorden, el stock de seguridad y el límite de inventario. Para este propósito, mejorar el indicador IRA es uno de los factores más vitales en el estudio actual ya que un sistema de inventario efectivo solo puede funcionar si su base de información se basa en la realidad operativa. Así en el CEDI de Bogotá de Altipal S.A.S., la introducción de la clasificación ABC (que sirve como base para la clasificación de existencias) y la nueva política (s,S) y las medidas de fortalecimiento para lograrlas y para lograr eficiencia con procesos de control efectivos mejorarán y corregirán los errores de inventario al mejor nivel posible mientras mejoran la toma de decisiones en el proceso de toma de decisiones operativas.

6.9 Estado del Arte

La gestión de inventarios ha sido comúnmente investigada en la ingeniería industrial y la gestión de operaciones donde diferentes autores han diseñado sistemas logísticos en tiempos de incertidumbre. Según algunos modelos para obtener la mejora del rendimiento del sistema con la optimización en los niveles de inventario. Silver, Pyke y Thomas (2016), un punto de referencia significativo, crearon la política de inventario "s,S" como un modelo para el enfoque más eficiente en sistemas con demanda estocástica, lo mismo por ejemplo en sistemas de distribución reales y contextos de fabricación para abordar escaseces y excesos. Igualmente, Axsäter (2015) estudia modelos de revisión continua y observa que la política (s,S) funcionará bien bajo requisitos inciertos y períodos de reabastecimiento. Matemáticamente Zipkin (2000) muestra cómo el modelo (s,S) puede adaptarse a un sistema dinámico y nos ayuda a aprender a gestionar la incertidumbre. Scarf (1960) sentó las bases teóricas para el modelo (s,S) al demostrar que era óptimo lo que permite que el modelo se use en problemas de inventario reales cuando se puede predecir una

demanda probabilística. Mientras tanto, Chopra y Meindl (2019) argumentan que las políticas basadas en puntos de pedido pueden mejorar el nivel de prestación de servicios en la cadena de suministro, pero Heizer, Render y Munson (2020) también enfatizan que los modelos de revisión continua son comunes y generalmente se implementan en un entorno corporativo para la toma de decisiones operativas. En el contexto industrial, Hillier y Lieberman (2021) enfatizaron la importancia de los modelos de inventario estocásticos para resolver problemas en problemas de la vida real en la investigación de operaciones. Nahmias y Olsen (2015) mostraron que la política (s,S) se ha utilizado para sistemas de distribución para minimizar interrupciones en el inventario y mejorar el proceso de planificación. Además, Silver (1981) y Federgruen y Zipkin (1984) han desarrollado estudios implementados donde se aplicaron políticas (s,S) en sistemas de inventario multiproducto y pueden proporcionar una gran reducción tanto en costo como en calidad de servicio. Asimismo los modelos de inventario de Chen y Zheng (1994) fueron revisados periódicamente e indicaron su fiabilidad en situaciones de alta variabilidad. En un trabajo reciente, Babai, Ali y Dallery (2011) investigaron el rendimiento de la política de inventario en sistemas de la vida real mostrando que los modelos (s,S) disminuyen la variabilidad de los inventarios y mejoran la estabilidad del sistema. De manera similar Syntetos, Boylan y Disney (2009) estudiaron políticas de inventario implementadas en cadenas de suministro que se encontró que tienen un gran impacto en la mejora de costos y servicios. Ballou (2004) también discute en el campo de la logística que una buena gestión de inventarios puede equilibrar costos y mejorar la eficiencia de distribución y Muller (2019) concluye que la combinación de modelos de inventario con el uso de herramientas como la clasificación ABC es efectiva en la optimización del despliegue de recursos. Por el contrario, estudios empíricos han señalado que del 70% al 80% de la demanda se concentra en pocos productos, validando la aplicabilidad del principio de Pareto en la gestión de inventarios (Silver, Pyke & Thomas 2016, Axsäter 2015). Nuevamente, estudios sobre la precisión del inventario muestran que las discrepancias entre el inventario físico y el registrado causan pérdidas financieras e influyen en la operación logística (Zipkin 2000, Chopra & Meindl 2019). En general,

los estudios en la literatura han encontrado evidencia de que la política (s,S), con la adición de herramientas como la clasificación ABC, es un medio efectivo para realizar el control de inventarios ya que en empresas que experimentan una fuerte variabilidad de la demanda mejora la calidad de la gestión de inventarios.

7. Marco Conceptual

Los elementos para la gestión de inventario en el Centro de Distribución (CEDI) de Altipal S.A.S. se basan en conceptos importantes que también se han utilizado para este estudio. Todos estos se consideran en aplicación por su relevancia en el sistema logístico analizado.

Centro de Distribución

Es una infraestructura logística que se utiliza para el almacenamiento, manejo y distribución de bienes a clientes mayoristas o minoristas. Sirve como un nodo logístico en la cadena de suministro y como lo describe Ballou (2004), los centros de distribución proporcionan un centro logístico que permite la consolidación de carga, la reducción de costos de transporte y la mejora de la eficiencia operativa. Dentro del contexto de Altipal S.A.S., el CEDI Bogotá abarca la operación central del sistema logístico ya que se controlan miles de referencias, reflejando una complejidad operativa y la necesidad de un sistema de control estructurado.

Clasificación ABC

Es un enfoque de información que divide los productos en grupos de inventario y los clasifica a través de un proceso basado en el principio de Pareto, según su importancia económica o la rotación que tienen por día. Este enfoque demuestra cómo los productos están generando la mayor parte del

valor total del inventario al pertenecer solo a un pequeño porcentaje. Lo que hace necesario asegurar que se controlen.

Muller (2019) explica que la determinación adecuada de la clasificación ABC es necesaria para asignar mejor los recursos, enfocar los esfuerzos de control y guiar la toma de decisiones. Para Altipal S.A.S., esta herramienta es esencial para identificar los productos que no deben agotarse, y más importante aún, aquellos de proveedores que están concentrados en la escasez más severa de inventario.

Faltantes de Inventario (Stockout)

Un faltante de inventario ocurre cuando la demanda de un producto supera el stock físico disponible. Esto significa que el cliente quiere comprar, pero el producto no está en bodega.

Este fenómeno afecta directamente dos puntos críticos: el nivel de servicio y la rentabilidad de la operación. Cuando hay un faltante se pierden ventas inmediatas y lo más grave se deteriora la percepción del cliente frente a la empresa (Chase et al., 2014). Chase, Jacobs y Aquilano (2014) señalan que los faltantes son una de las principales consecuencias de una mala gestión de inventarios y representan un riesgo directo para el desempeño de toda la cadena de suministro.

En el caso de Altipal S.A.S., la recurrencia de faltantes evidencia una debilidad para mantener niveles adecuados de inventario y para ejecutar los reabastecimientos en el momento correcto (Altipal, 2026).

Sobre stock o Exceso de Inventario

El sobre stock se presenta cuando la cantidad de producto almacenado es mayor a la demanda real. En otras palabras, se tiene inventario parado en bodega que no se está rotando. Este exceso genera varios problemas operativos y financieros. El más evidente es el aumento en los costos de almacenamiento, seguros y

obsolescencia. Además, ocupar espacio con producto que no se vende impide utilizar ese espacio para referencias con mayor rotación, lo que reduce la eficiencia general del CEDI (Ballou, 2004).

Según Heizer, Render y Munson (2020), mantener niveles de inventario por encima de lo necesario es tan riesgoso como tener faltantes, porque inmoviliza capital de trabajo y oculta problemas de planeación de la demanda. En Altipal S.A.S. se identificó la coexistencia de sobre stock y faltantes en referencias distintas. Esto indica que la empresa no cuenta con una política de reposición basada en datos, sino en criterios empíricos, lo que afecta directamente la precisión del inventario IRA (Altipal, 2026).

Nivel de Servicio

El nivel de servicio es una medida de la capacidad del inventario, sin ninguna escasez en una fecha particular, para satisfacer un servicio dado. Esta idea está muy cerca de la disponibilidad del producto y la eficiencia de entrega de la compra por parte de él. Silver et al. (2016) enfatizan que el nivel de servicio siempre ha sido la primera línea de defensa en la creación de políticas de inventario ya que permite equilibrar el nivel de disponibilidad del producto contra el nivel de costo. Las escaseces identificadas en el CEDI Bogotá durante el estudio de caso muestran que el nivel de servicio no es adecuado para gestionar las operaciones logísticas y mejorar la satisfacción del cliente.

Exactitud del Inventario (IRA)

La Exactitud del Registro de Inventario, IRA por sus siglas en inglés, mide qué tan bien coincide el inventario físico con lo que reporta el sistema de información. Es decir, si el WMS dice que hay 100 unidades, el IRA verifica cuántas hay realmente en estantería. Este indicador es clave porque toda la planeación se basa en los datos del sistema. Cuando el IRA es bajo se pierde la credibilidad de la información y eso se traduce en errores de compra, reposición y despacho (Heizer et al., 2020).

Heizer, Render y Munson (2020) afirman que una baja exactitud de inventario impacta de forma directa la eficiencia organizacional, pues genera fallas en la planificación, el abastecimiento y la distribución.

En el caso de Altipal S.A.S., el IRA registrado de 73.92% está muy por debajo del estándar del sector, que se ubica entre 95% y 98%. Este resultado refleja variaciones importantes en la gestión y confirma la presencia de errores operativos en el manejo del inventario (Altipal S.A.S 2026).

Error operativo de inventario

El error operativo de inventario corresponde a las diferencias entre lo que registra el sistema y el stock físico real. Estas diferencias se originan por fallas en los procesos logísticos del día a día. Dichas fallas pueden presentarse en cualquiera de las etapas: recepción, almacenamiento, picking, despacho o en el ingreso de información al sistema. Por ejemplo, recibir 10 unidades y registrar 100, o despachar producto sin descontarlo del WMS. Muller (2019) señala que los errores operativos son una de las causas principales de un IRA bajo. Para reducirlos se deben implementar controles como procedimientos estandarizados, conteos cíclicos y herramientas de trazabilidad. En el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S., estos errores operativos se identificaron como una de las principales causas del IRA de 73.92% registrado (Altipal S.A.S 2026).

Tiempo de Entrega (Lead time)

El tiempo de entrega o lead time, es el periodo que transcurre desde que se coloca un pedido al proveedor hasta que el producto está disponible en bodega para su uso o distribución. Este parámetro es fundamental para definir las políticas de inventario, porque se utiliza directamente en el cálculo del punto de reorden y del stock de seguridad. Según Chase et al. (2014), la variabilidad en el lead time genera incertidumbre en la gestión de inventarios. Cuando el tiempo de entrega no es constante aumenta el riesgo de presentar faltantes o por el contrario sobre stock.

Para el caso de Altipal S.A.S., contar con una estimación confiable del lead time es indispensable para aplicar correctamente el modelo de inventario propuesto al contexto real del CEDI Bogotá (Altipal S.A.S 2026).

Stock de Seguridad.

El stock de seguridad es la cantidad de inventario adicional que se mantiene para protegerse frente a la incertidumbre de la demanda y del tiempo de entrega. Su objetivo principal es reducir la probabilidad de presentar faltantes y garantizar un nivel de servicio adecuado al cliente.

Según Chopra y Meindl (2019), el stock de seguridad es un componente esencial de los modelos de inventario estocásticos, ya que permite absorber la variabilidad del sistema sin interrumpir la operación. Definir correctamente este stock es clave para Altipal S.A.S., porque permite mejorar la disponibilidad de producto y evitar agotamientos que afectan tanto la venta como la percepción del cliente (Altipal S.A.S 2026).

8. Marco Legal

La gestión de inventarios en Colombia y también la operación logística en empresas como Altipal S.A.S., están regidas por regulaciones (contables, comerciales) y algunas salvaguardas de seguridad que conducen a una gestión clara, controlable y eficiente en recursos en las organizaciones. En primer lugar, el Código de Comercio Colombiano establece, a través de los artículos 19 y 52, la "organización de la contabilidad bajo el sistema" (para comerciantes), sobre las operaciones y registros, que contiene datos sobre inventarios. Esta es una regulación que requiere la preparación periódica de cuentas detalladas en relación con las realidades de la economía de la empresa, pero que es extremadamente pertinente para empresas como Altipal

S.A.S., que maneja muchos productos y referencias a gran volumen. La adhesión a esta ley es crítica para la veracidad y la elección acertada. De manera análoga, los principios se establecen dentro de la NIC 2 (Las Normas Relativas al Reconocimiento, Estimación y Valoración de Inventarios en los Estados Financieros) de acuerdo con las NIIF. Esta regulación requiere que los inventarios se midan al costo o al valor neto realizable, el que sea menor, y que se tengan en cuenta los costos de adquisición, transformación y otros costos para llevar los inventarios a su estado actual. Esta regulación se aplica especialmente en Altipal S.A.S. debido al hecho de que la consecuencia financiera del proceso de gestión de inventarios y la necesidad de tener pérdidas como resultado de la obsolescencia, deterioro del inventario y el vencimiento de cualquier producto son asuntos materiales. Por el contrario, el tratamiento fiscal de los inventarios bajo el Estatuto Tributario Nacional es bastante preocupante, especialmente en lo que respecta a la deducibilidad de la pérdida de ingresos resultante de la merma, deterioro, obsolescencia o similar. Las empresas deben proporcionar evidencia, ya sea escrita o de otro tipo y si se permite algún ajuste o cancelación, deben documentar adecuadamente todo esto de acuerdo con las disposiciones del Estatuto y proporcionar soporte técnico en términos contables. Para Altipal S.A.S., esto significa que la decisión en sus procedimientos de gestión de inventarios debe ser rastreable, transparente y que se implementen medidas de control, que permitan razones para las diferencias que existen en el sistema. Operativamente, bajo el Decreto 1072 de 2015, el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) establecería disposiciones en relación con las condiciones laborales de las funciones logísticas, como el almacenamiento y manejo de mercancías, y el conteo físico de inventarios. Esta regulación es significativa en el contexto del Centro de Distribución de Bogotá (CEDI), en el cual las actividades conciernen a los riesgos de mercancías, equipos y ambiente de trabajo. Adherirse a estas regulaciones también es necesario para la seguridad de los trabajadores y la continuidad del negocio. Además, las especificaciones anteriores se complementan con métodos líderes internacionales en logística y gestión de inventarios, para la adopción de sistemas de control, trazabilidad y mejora de procesos. Desde este punto de vista, el cumplimiento

normativo no es únicamente una obligación legal, sino también un factor clave para lograr operaciones eficientes y contar con datos confiables en la organización.

En el caso de Altipal S.A.S., dar cumplimiento a la normatividad vigente permite reducir errores operativos y fortalecer la exactitud del inventario IRA (Altipal S.A.S., 2026). Ajustarse a este marco regulatorio está directamente relacionado con las problemáticas del CEDI Bogotá: baja exactitud de inventario, faltantes y debilidades en los procesos de control. Por lo tanto, la implementación de herramientas como la clasificación ABC y la política de inventario (s,S) no solo responde a criterios técnicos, sino que también contribuye al cumplimiento de las disposiciones legales en materia contable, fiscal y operativa.

9. METODOLOGÍA

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se analizan datos numéricos de demanda, costos de inventario y registros extraídos del WMS del CEDI Bogotá de Altipal S.A.S.

El diseño del estudio es descriptivo y experimental de tipo no experimental y transversal. Es descriptivo porque caracteriza el sistema de inventario actual con la información disponible. Es experimental porque se simula la política de inventario (s,S) y se compara su comportamiento frente al sistema que opera hoy. Es transversal y no experimental porque se trabaja con datos históricos, sin intervenir directamente en la operación.

9.1 Variables del Estudio

• Variable independiente: Política de inventario (s,S), definida por tres parámetros: punto de reorden s, stock de seguridad SS y nivel máximo S.

• Variables dependientes: Nivel de servicio, costo total de inventario (costos de mantenimiento, pedido y escasez) y precisión en el inventario (IRA).

9.2 Fases de la Investigación

El desarrollo del proyecto se estructura en tres fases;

Fase 1: Diagnostico del sistema actual

Se caracteriza el inventario actual usando la base histórica del WMS. Para esto se aplica la clasificación ABC con el fin de priorizar los productos de mayor impacto, y se calcula el indicador IRA para identificar las principales causas de las diferencias entre el físico y el sistema.

Fase 2: Modelación de la política (s,S)

Se calculan los parámetros de la política (s,S): punto de reorden, stock de seguridad y nivel máximo. Estos valores se obtienen a partir del análisis estadístico de la demanda, la variabilidad del sistema y los tiempos de entrega lead time.

Fase 3: Simulación y validación del modelo

Se simula el comportamiento de la política (s,S) propuesta y se compara con los resultados del sistema actual. En esta fase se evalúa el impacto del modelo en las tres variables dependientes: costo de inventario, nivel de servicio y exactitud IRA.

Objetivo específico		**Fase metodológica**	**Actividades desarrolladas**	**Herramientas**	**Resultados Esperados**
Analizar el estado actual de la gestión de inventarios en el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S., mediante el uso de información histórica del sistema WMS y la aplicación de la clasificación ABC.		Fase de diagnóstico	*Recolección de datos del sistema WMS. *Clasificación ABC de los SKU. * Análisis del indicador IRA. *Identificación de faltantes y errores	Excel, análisis de datos	Identificación de productos críticos (Clase A), evidenciando que el 64% de los faltantes se concentra en la línea Nestlé y confirmación del IRA del 73,92%.
Determinar los parámetros de la política de inventarios (s,S), incluyendo el punto de reorden y el nivel máximo de inventario, considerando la		Fase de modelación	*Análisis estadístico de la demanda. *Cálculo del stock de seguridad. *Determinación del punto de reorden (s). *Definición del nivel máximo (S).	Excel, modelos probabilísticos	Obtención de parámetros óptimos (s y S) para los productos críticos, permitiendo estructurar una política de reposición

variabilidad de la demanda y los tiempos de reposición.			*Análisis del lead time.		basada en criterios cuantitativos.
Evaluar el impacto operativo y económico del modelo propuesto mediante una simulación comparativa frente al sistema actual.		Fase de simulación y validación	*Simulación del modelo (s,S) *Comparación con sistema actual *Evaluación de costos *Análisis del nivel de servicio	Excel (simulación), análisis estadístico	Evidencia de mejora en el control de inventarios, reducción de faltantes y excesos, y aumento del nivel de servicio respecto al sistema tradicional.

10. RESULTADOS

10.1 Resultados del diagnóstico

Para analizar la información de control de inventario en el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S., se realizó un análisis utilizando datos históricos del sistema WMS de enero a junio de 2026. Basado en el uso de la clasificación ABC, una porción muy pequeña de referencias tiene la mayor participación en el valor del inventario, con especial atención en los productos tipo A que

representan los que tienen el mayor efecto económico y operativo en el sistema. Esto se debe a la evidencia de una distribución estilo Pareto en la que un pequeño componente de productos necesita ser gestionado en la administración de inventarios. La clasificación ABC se llevó a cabo basándose en los datos históricos del sistema WMS, calculando el valor de consumo de cada referencia multiplicando la cantidad demandada por el costo unitario. Posteriormente, los artículos fueron ordenados de mayor a menor según el valor de consumo y se definió el porcentaje y consumo acumulado, y se listaron en las categorías A, B y C para aislar los productos esenciales en el sistema de inventario. En contraste, el análisis del indicador de precisión de inventario (IRA) fue del 73.92%, lo que indica una inconsistencia significativa entre el inventario físico y el inventario que estaba almacenado en el sistema WMS. Esto indica deficiencias en los procesos de control y, por lo tanto, limita la idoneidad de los datos obtenidos para la toma de decisiones logísticas.

Adicionalmente, se analizó la distribución de las diferencias de inventario por proveedor, como se presenta en la Figura 1.

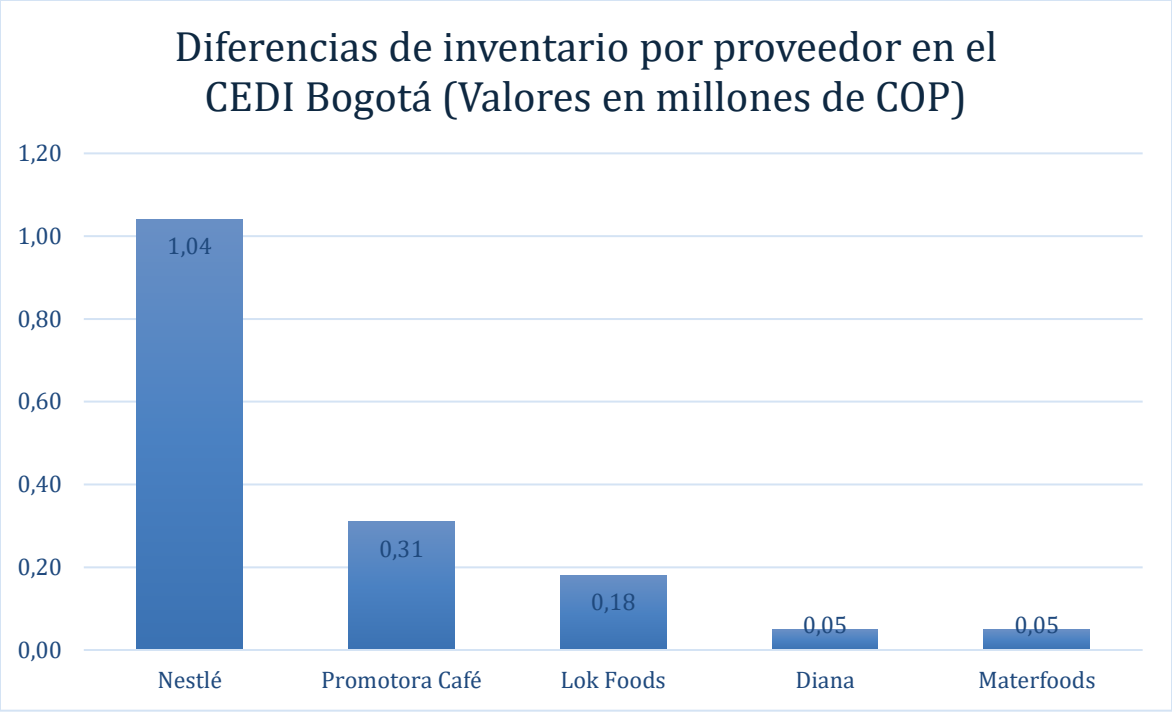


Tabla 1 Diferencias de inventario por proveedor (enero – junio 2026).

Nota. Los valores representan la diferencia absoluta entre el inventario físico y el registrado en el sistema WMS durante el periodo enero – junio de 2026.

Análisis

Basado en el análisis, el gráfico de diferencias de inventario por proveedor indica que la línea de Nestlé exhibe una considerable concentración de inconsistencias (aproximadamente 1.04 millones de COP), lo que corresponde al 64% del total de discrepancias identificadas durante el período de análisis. En contraste, proveedores como Promotora Café (0.31 millones de COP) y Lok Foods (0.18 millones de COP) representan una proporción mucho menor, mientras que Diana y Materfoods registran valores insignificantes (0.05 millones de COP cada uno). Este comportamiento muestra una alta concentración de la distribución del valor, lo cual es consistente con el principio de Pareto, en el que una pequeña proporción de productos genera la mayoría del impacto económico en el sistema. Operativamente, esta concentración significa que los esfuerzos de control de inventario deben dirigirse principalmente a productos críticos (especialmente

aquellos relacionados con la línea de Nestlé) para ayudar a eliminar errores, así como mejorar el rendimiento del sistema.

Adicionalmente, se evaluó el indicador de exactitud del inventario (IRA), cuyos resultados se presentan en la Figura 2.

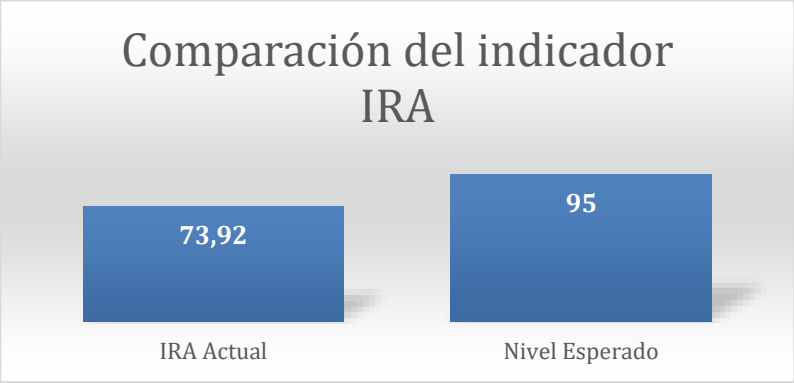


Tabla 2 Comparación del indicador IRA entre el sistema actual y el nivel esperado. Fuente: Elaboración propia.

Nota. El indicador IRA refleja la exactitud del inventario, comparando el inventario físico con el registrado en el sistema WMS.

Análisis

Investigación del Indicador de Precisión del Inventario (IRA): el valor es del 73,92%, lo que está 21,08 puntos porcentuales por debajo del estándar del 95%. Esta diferencia indica una gran discrepancia en la fiabilidad de los detalles del inventario. Desde un punto de vista operativo, tal baja precisión significa un alto riesgo para la toma de decisiones logísticas, ya que los registros del sistema no representan los niveles reales de stock. Debido a esto, tiene un impacto directo en procesos clave como el reabastecimiento de stock, el control de inventario y la planificación de la

demanda, lo que lleva a escasez y excesos de inventario. El nivel actual del IRA indica la necesidad de herramientas cuantitativas para el control de inventario y para eliminar las inconsistencias del sistema.

Resumen del diagnóstico:

En general, los resultados del diagnóstico indican que la práctica de control de inventario en el CEDI Bogotá está altamente defectuosa estructuralmente, evidenciada por un bajo nivel de precisión del inventario con un IRA del 73,92% y una alta concentración de escasez en productos críticos donde el 64% de las discrepancias se concentran en una sola línea. Esto resulta en que el sistema existente utiliza solo criterios reactivos y carece de un modelo de control organizado para responder a la variabilidad de la demanda. Por lo tanto, se debe afirmar que un modelo de gestión de inventario que adopte una visión cuantitativa, como la política (s, S), está justificado para mejorar la precisión del sistema y maximizar la selección óptima de la logística.

10.2 Resultados de la modelación

Los parámetros de la política de inventario (s,S) se desarrollaron analizando la demanda histórica de las referencias seleccionadas. Primero, se describió el comportamiento y la variabilidad de la demanda utilizando instrumentos estadísticos. A partir de esta información se realizó el cálculo del stock de seguridad, el cual se hizo de acuerdo con el nivel de servicio deseado y la variabilidad de la demanda. Luego se determina el punto de reorden (s), que establece el nivel mínimo de inventario a partir del cual se debe generar un pedido. De manera similar, se estableció el nivel máximo de inventario (S), con respecto a la demanda durante el tiempo de reposición. El resultado de estas operaciones determina los parámetros para establecer el funcionamiento del modelo de inventario con respecto a la política (s, S).

Tabla 3. Demanda histórica de los productos seleccionados (Periodo enero – junio 2026)

Producto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Nestlé	1100	1300	1200	1250	1150	1200
Promotora de Café	750	820	780	850	800	790
Lok Foods	450	550	500	520	480	500

Aplicación del modelo probabilístico (Producto Nestlé)

Con el fin de evidenciar la aplicación del modelo probabilístico de inventarios, se presenta a continuación el procedimiento de cálculo para el producto Nestlé.

Datos de entrada

- Demandas: 1100, 1300, 1200, 1250, 1150, 1200
- Lead time: 5
- Nivel de servicio: 95% (Z = 1.65)

Paso 1. Demanda promedio

$D = (1100 + 1300 + 1200 + 1250 + 1150 + 1200) / 6$

$D = 1200$

Paso 2. Desviación estándar

$\sigma \approx 70$

Paso 3. Stock de seguridad

$SS = 1.65 \times 70 \times \sqrt{5}$

$SS \approx 156$

Paso 4. Punto de reorden

$s = (1200 \times 5) + 156$

$s = 6156$

Paso 5. Nivel máximo

$S = 6156 + 1200$

$S = 7356$

Los resultados observados indican la implementación de un modelo de inventario probabilístico en el que la demanda se trata como una variable aleatoria modelada mediante una distribución normal. El stock de seguridad proporciona cobertura de la incertidumbre en el proceso de reabastecimiento, asegurando un nivel de servicio del 95%. Para este propósito, el punto de reorden (s) indica cuándo se debe realizar un pedido, y el nivel máximo (S) es la cantidad a la que se debe llevar el inventario. Este procedimiento verifica el uso del modelo de revisión continua (s,S).

Tabla 4. Parámetros de la política de inventarios (s,S)

Producto	Promedio	Desv Std	Lead Time	Stock de Seguridad	s	S
Nestlé	1200	70	5	156	6156	7356
Promotora de Café	798	33	4	66	3258	4056
Lok Foods	500	35	3	60	1560	2060

Dado los datos mencionados en la Tabla 3 con respecto a la demanda histórica durante seis meses, se calcularon los valores promedio y la desviación estándar para cada producto para caracterizar el comportamiento de la demanda. Con estos datos, se determinaron los parámetros de la política de inventario (s, S) como el stock de seguridad, el punto de reorden (s) y el nivel máximo de inventario (S), mostrados en la Tabla 4.

10.3 Resultado de la simulación

Metodología de Simulación.

La simulación del modelo de inventario (s,S) se creó a partir de la demanda histórica para el período de enero a junio de 2026. Para ello, se modeló mensualmente el comportamiento de la demanda de cada producto y se evaluó el nivel de inventario período a período. El modelo había sido programado basado en las reglas de decisión del nivel de punto de reorden (s) y su nivel máximo (S). Cada vez que el nivel de inventario disminuía a s, se generaba automáticamente una orden de reposición para alcanzar el nivel S, y el tiempo de entrega correspondiente a cada producto se incorporaba en este cálculo. El nivel de servicio se calculó como la proporción de la demanda satisfecha sin experimentar escasez durante el período de análisis, y el cargo de inventario se estimó en función del comportamiento de excesos y faltantes. De manera similar, el indicador de precisión de inventario (IRA) se modificó de acuerdo con el control estructurado del modelo propuesto. Esto aseguró que el rendimiento del sistema actual pudiera compararse objetivamente con el modelo (s,S), resultando en mejoras en la estabilidad y control del inventario.

Formulación del modelo

Para la determinación de los parámetros de la política (s,S), se emplearon las siguientes expresiones:

Demanda durante el tiempo de reposición:

$D - L = D \times L$

Stock de seguridad:

$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{L}$

Punto de reorden:

$s = D \times L + SS$

Nivel máximo de inventario:

$S = s + D$

Donde:

D = Demanda promedio

σ = Desviación estándar de la demanda

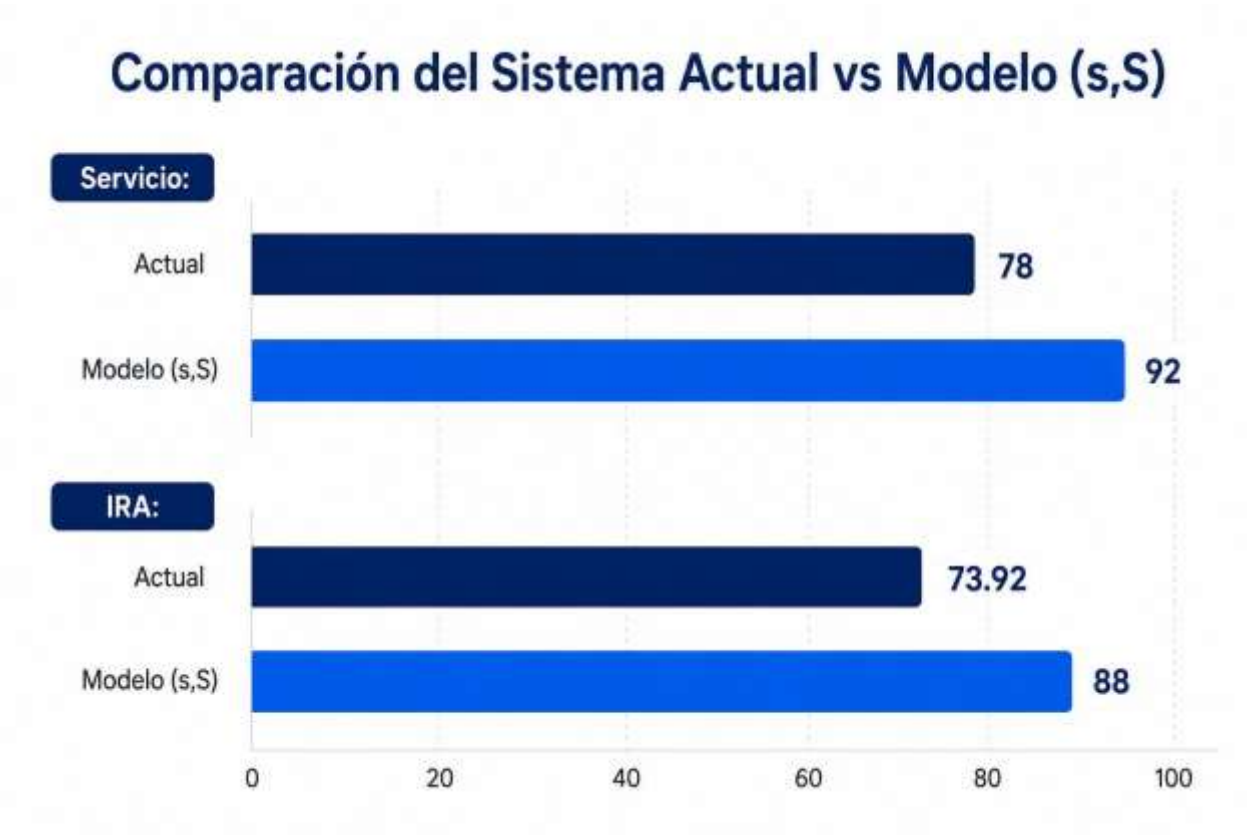
L = Tiempo de reposición (lead time)

Z = Valor asociado al nivel de servicio (para 95%, Z = 1.65)

Estas ecuaciones permiten incorporar la variabilidad de la demanda y garantizar un nivel de servicio deseado, adaptando el modelo a condiciones reales de incertidumbre.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

Indicador	Sistema actual	Modelo (s,S)
Nivel de servicio	78%	92%
Faltantes	Alto	Medio
Excesos	Alto	Controlado
Costos de inventario	Elevados	Moderados
Exactitud (IRA)	73,92%	88%



Análisis de resultados

Al tener en cuenta el modelo (s,S), observamos una gran mejora en el rendimiento del sistema de inventario. El número de niveles de servicio aumentó del 78% al 92%, lo que significa una mejora de 14 puntos porcentuales. Esto confirma que el sistema tiene una mayor capacidad para asegurar

el suministro a tiempo sin experimentar escasez; también está en línea con la inclusión de stock de seguridad en el modelo. Con respecto al indicador de precisión del inventario (IRA), hay un aumento del 73.92% al 88%, lo que indica una disponibilidad de inventario más confiable. Este tipo de comportamiento está relacionado con una mayor organización de los niveles de reabastecimiento y control de inventario. Cuanto menor es el nivel de escasez, más económico se vuelve, pasando de un nivel alto en el modelo anterior a un nivel medio en nuestro modelo propuesto. Esto significa que la política (s,S) permite anticipar la demanda a través del punto de reorden y disminuye el riesgo de agotamiento de existencias. Los niveles de inventario disponibles en una posición de exceso pueden pasar de ser altos a estar en un estado controlado. Está directamente relacionado con la reducción de los costos de almacenamiento. Los gastos de inventario disminuyen de altos a moderados a medida que las tasas de excedente y escasez se reducen simultáneamente; por lo tanto, el uso de recursos se vuelve más eficiente. Interpretación general del modelo Los resultados de la simulación indican que el modelo de inventario (s,S) realiza una operación más estable y controlada en el sistema logístico. El enfoque original se basa en la toma de decisiones mediante mecanismos empíricos de reabastecimiento, mientras que el modelo implementado añade condiciones cuantitativas y el sistema se vuelve más sensible a las desviaciones de la demanda. Esto resulta en una mayor disponibilidad de productos, disminución de discrepancias de inventario y reducción de costos de operaciones. Desde esta perspectiva, la política (s,S) es un buen instrumento para el control de inventario en entornos de demanda cambiante, como el CEDI Bogotá de Altipal S.A.S. Relación con el objetivo del estudio Basado en los resultados obtenidos, se evidencia el cumplimiento del objetivo especificado respecto a la evaluación del impacto del modelo, indicando que la implementación de la política (s,S) permite el desarrollo efectivo de indicadores clave del sistema de inventario relacionados con el nivel de servicio, la precisión del inventario y el control de excesos y escasez.

11. Conclusiones

A través de este estudio, se determinó que la gestión de inventarios en el Centro de Distribución de Bogotá (CEDI) de Altipal S.A.S. sufre de déficits estructurales que están principalmente relacionados con una baja precisión de inventario (IRA del 73.92%), teniendo una alta proporción de faltantes en los artículos principales y ausencia de modelos cuantitativos para la toma de decisiones. El diagnóstico confirmó que la solución actual funciona mediante un enfoque empírico que genera inconsistencias entre el inventario físico y el inventario en el sistema WMS, lo que lleva a un efecto adverso en el servicio, los costos operativos y la calidad de la información. Para implementar el modelo de inventario utilizando la política de revisión continua (s,S), se diseñó un sistema de control estructurado con parámetros cuantitativos como el punto de reorden, el stock de seguridad y el nivel máximo de inventario. Este modelo podría hacer uso de la variabilidad en la demanda, así como de los tiempos de reposición, al tomar una decisión. Esto significa que nuestros resultados de simulación indicaron ganancias de rendimiento notables, con el nivel de servicio aumentando del 78% al 92% junto con el indicador IRA incrementado al 88%, lo que significa una mayor fiabilidad en la gestión de inventarios. Además, los niveles de escasez y exceso se redujeron, resultando en un mejor uso de los recursos y menores costos operativos. Por otro lado, ya se habían constatado algunas restricciones en términos de la fidelidad de los datos utilizados, y discrepancias previas con el inventario han causado que los resultados sean más dudosos de lo deseado. Aquí, la calidad de la información y el proceso operativo son de suma importancia para la efectividad del modelo. Una sugerencia es complementar y mejorar la operación y gestión del modelo (s,S) con mejoras en la gestión operativa, como la estandarización de procedimientos, capacitación del personal, adopción de conteo cíclico a través de la clasificación ABC. El modelo también podría introducirse a un mayor número de referencias y compararse durante largos períodos para probar su estabilidad. Por último, se determina que las

técnicas cuantitativas para el control de inventarios mejoran no solo la gestión de existencias, sino también la toma de decisiones estratégicas, lo que contribuye en gran medida a la excelencia operativa y competitividad de la empresa.

12. REFERENCIAS

Altipal S.A.S. (2026). Reporte de indicadores de gestión de inventarios: CEDI Bogotá [Informe interno].

Axsäter, S. (2015). Inventory control (2nd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15729-0

Ballou, R. H. (2004). Logística: administración de la cadena de suministro (5.ª ed.). Pearson Educación.

Chopra, S., & Meindl, P. (2019). Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación (7.ª ed.). Pearson.

Christopher, M. (2016). Logística y gestión de la cadena de suministro (5.ª ed.). Pearson.

Federgruen, A., & Zipkin, P. (1984). An inventory model with limited production capacity and uncertain demands.

Mathematics of Operations Research, 9(2), 296–316.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). Dirección de operaciones: sostenibilidad y cadena de suministro (12.ª ed.). Pearson.

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). Introducción a la investigación de operaciones (10.ª ed.). McGraw-Hill.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2013). Administración de operaciones: procesos y cadena de suministro. Pearson.

Mora García, L. A. (2023). Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento. Ecoe Ediciones.

Muller, M. (2019). Fundamentos de administración de inventarios. Ediciones Díaz de Santos.

Nahmias, S. (2009). Production and operations analysis (6th ed.). McGraw-Hill.

Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). Production and operations analysis (7th ed.). Waveland Press.

Scarf, H. (1960). The optimality of (s, S) policies in the dynamic inventory problem. En K. Arrow, S. Karlin y H. Scarf (Eds.), *Mathematical methods in the social sciences* (pp. 196–202). Stanford University Press.

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2016). Inventory and production management in supply chains (4th ed.). CRC Press.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2014). Designing and managing the supply chain (3rd ed.). McGraw-Hill.

Zipkin, P. H. (2000). Foundations of inventory management. McGraw-Hill.