

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS QUE OPTIMICE
LOS COSTOS TOTALES RELEVANTES EN UNA FERRETERÍA EN EL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA**

IVÁN GIOVANNI MONROY GARCÍA



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (3751)
ZARZAL – VALLE DEL CAUCA
2019**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS QUE OPTIMICE
LOS COSTOS TOTALES RELEVANTES EN UNA FERRETERÍA EN EL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA**

IVÁN GIOVANNI MONROY GARCÍA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero
industrial**

Directora:

Msc. Vivian Lorena Chud Pantoja

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (3751)

ZARZAL – VALLE DEL CAUCA

2019

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	8
1.1	GENERALIDADES DEL PROBLEMA	9
1.1.1	Antecedentes del problema	9
1.1.2	Planteamiento del problema	10
1.1.3	Formulación del problema	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo General	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
1.3	JUSTIFICACIÓN	12
1.4	DISEÑO METODOLOGICO	13
2	CARACTERIZACIÓN DE LA GESTION DE INVENTARIOS	15
2.1	EL CONTROL DE INVENTARIOS EN LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA	16
2.2	IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS	17
3	CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO DE ITEMS	24
3.1	ANÁLISIS PREVIO DE LOS DATOS	25
3.2	CLASIFICACIÓN ABC TRADICIONAL	25
3.3	CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO	26
4	SIMULACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS Y PREVISIÓN DE LA DEMANDA	30
5	SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS	36
5.1	SISTEMA DE CONTROL CONTINUO (S, Q)	36
5.2	SISTEMA DE CONTROL PERIÓDICO (R, S)	38
5.4	COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO Y ACTUAL	40
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	44
	BIBLIOGRAFÍA	45
	ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intervalos de revisión de inventario en mano	19
Tabla 2. Periodo de reposición por línea de producto	20
Tabla 4. Descripción de los costos de almacenamiento.....	21
Tabla 5. Cálculo del costo de mantener el inventario.....	22
Tabla 6. Cálculo del costo de ordenamiento	22
Tabla 7. Costos de faltante B2 por ítem	23
Tabla 8. Resultados Clasificación ABC Tradicional.....	26
Tabla 9. Valorización de los criterios.....	27
Tabla 10. Ponderación de criterios.....	27
Tabla 11. Patrones de demanda de los ítems clase AA.....	30
Tabla 12. Resultados de las técnicas en ítem 20004.....	33
Tabla 13. Resultados pronósticos ítems clase AA	35
Tabla 14. Notación sistema de control continuo.....	36
Tabla 15. Equivalencias sistema de control periódico.....	38
Tabla 16. Notación adicional sistema de control periódico.....	38
Tabla 17. Comparación sistema de control periódico y continuo.	40
Tabla 18. Comparación sistema actual y propuesto.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño Metodológico.....	15
Figura 2. Diagrama de Flujo proceso de funcionamiento sistema actual de inventarios	18
Figura 3. Patrón de demanda del ítem 20004	30
Figura 4. Comportamiento demanda Item 20004	33
Figura 5. Comportamiento demanda Item 80015	34
Figura 6. Comparación sistema actual y propuesto	42

1 INTRODUCCIÓN

El alto nivel de competencia en algunos sectores económicos obliga a las compañías a revisar constantemente sus resultados y evaluar la estrategia del negocio y de las áreas funcionales, esto es particularmente cierto en sectores donde el ingreso al mercado es relativamente fácil y la demanda por los productos es alta (Porter, 2008), tal es el caso del sector ferretero en Colombia. Se estima que este vende anualmente USD6,368 millones y representa alrededor de 31.266 establecimientos comerciales en el país (Portafolio, 2019). Además de esto, el crecimiento constante del sector de la construcción, uno de los principales impulsores del sector ferretero, expone la necesidad de una mayor oferta y un incentivo para que nuevos agentes ingresen al mercado.

La historia del sector ferretero en Colombia tiene sus inicios durante la década de 1960 cuando algunas familias de descendencia europea en Bogotá y otros lugares del país se encargaron de establecer esta actividad en las zonas comerciales de las ciudades (Dinero, 2010). Casi 60 años después, el sector cuenta con un dinamismo más complejo, siendo impulsador de diferentes industrias, entre ellas la construcción y la manufactura; la modernización del sector y la mejora en las prácticas administrativas, sin embargo, han sido relegadas durante un periodo donde la expansión ha sido la prioridad.

La existencia de grandes superficies de este sector en Colombia como Homecenter, Easy, HomeSentry y empresas próximas a ingresar al mercado, representa un desafío para la continuidad de las PYMES en este sector. Las empresas de grandes superficies cuentan con ventajas competitivas al poder ofertar menores precios, obtener una disminución relativa de los costos fijos producto de las economías de escala y un mayor acceso a tecnologías y recursos. Esto debido a que Según el artículo de la revista Dinero (2019) La competencia global y local es el principal desafío que enfrentan las pequeñas y medianas empresas, según la encuesta anual de Brother International Corporation. Un 54% de los 800 negocios encuestados en Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador, señalan a éste como su principal reto en 2019. Por otro lado, (Gonzales & Solís, 2011) señalan que las empresas tradicionales de este sector cuentan con una precaria adecuación tecnológica, los procesos administrativos son altamente informales, no existen procedimientos formales para actividades como la administración de la relación con proveedores, políticas de cartera, gestión de ventas, capacitación, incentivos o ascensos y los datos para tomar decisiones son usualmente el resultado de la experiencia y no la medición.

Una expansión en la demanda implica la oportunidad de tomar una mayor cuota de mercado, pero también significa la oportunidad para otros actores de ingresar al mercado y restar la participación de otros. Un paso fundamental en la supervivencia es revisar los resultados y establecer planes y políticas que garanticen la continuidad del negocio, esta

actividad es un compromiso de todas las áreas y debe ser el resultado de un proceso meditado y riguroso.

El área de operaciones no es la excepción, los encargados de esta función en las compañías deben procurar establecer programas que incidan en mayores niveles de desempeño económicos e impulsen toda la compañía. Una de las funciones más críticas en esta área es la gestión de inventarios, y es particularmente relevante en empresas de comercio como las ferreterías, donde los inventarios son el recurso más importante y es necesario desarrollar estrategias que optimicen los costos y satisfagan los requerimientos de servicio.

Las maneras de hacer a las pymes de este sector más dinámicas y competitivas son variadas, (Franco-Ángel y Urbano, 2014) mencionan que un factor imprescindible es ser más estratégicos en sus decisiones, no solo desde el nivel más abstracto de la alta gerencia, sino también desde la perspectiva de las áreas funcionales, siendo la gestión de operaciones e inventarios una de las más relevantes. Desde los años 1980 los beneficios de las buenas prácticas en la gestión de inventarios han sido cada vez más evidentes, sin embargo, en muchos casos, el desarrollo de buenas políticas de inventario parece algo mundano comparado con la formulación de estrategias (Silver, Pyke y Douglas, 2017). De este modo, desarrollar políticas integrales de inventario que resulten en menores costos e incidan en los resultados globales de este tipo de empresas es un desafío que debe ser abordado.

El presente proyecto, motivado por la importancia de proponer políticas que tengan un impacto directo en los resultados de las compañías en mercados altamente competitivos como el sector ferretero y el interés de estudiarlo en una empresa local, expone el desarrollo de un sistema de control de inventarios que tiene como finalidad minimizar los costos totales relevantes, las etapas del proyectos comprenden la caracterización de la compañía en función de la gestión de inventarios, el desarrollo de una clasificación ABC para determinar los ítems que requieren mayor concentración de esfuerzos, la implementación de modelos de pronóstico de demanda, el desarrollo de políticas de inventarios para ítems seleccionados, y por último, la discusión de los resultados.

1.1 GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1.1 Antecedentes del problema

Desde sus inicios, la organización ha optado por realizar sus actividades de forma empírica en todos los procesos relacionados con su cadena de valor. Siendo una empresa perteneciente al sector Ferretero, maneja una gran cantidad de artículos de toda índole tanto para consumo domestico como industrial y comercial. A medida que la

empresa crece y se expande también lo hacen sus problemáticas, las cuales se deben resolver adecuadamente, satisfaciendo las necesidades demandadas por el cliente. Solo se tiene una periodicidad fija de revisión de artículos, sin tener un control o una disposición adecuada de la cantidad real vs la realmente requerida en el tiempo requerido. Por lo que ha sido una problemática que ha jugado negativamente debido a la falta de planificación y control de los inventarios. Esto repercutiendo en la atención optima y deseada del cliente hasta su actualidad.

1.1.2 Planteamiento del problema

La Logística es concebida como el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, productos en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente. (RLEC. Reverse Logistics Executives' Council, 2006)

De acuerdo con lo anterior, con la logística se puede lograr la reducción de costos en el manejo de materiales e información y diferenciación del producto gracias al servicio que se le proporcione al cliente; de esta manera la logística toma un papel de importancia en las empresas.” (Cristopher, 1994)

Dentro de la logística se encuentran el inventario, el cual esencialmente es el almacenamiento de los productos que se venderán a los consumidores, sin embargo, también existen inventarios de materias primas, producto terminado y de material en proceso. El inventario es considerado como un mal necesario el cual debe reducirse al mínimo, de igual forma es una parte esencial de todas las empresas ya que es algo trascendental en todo el sistema de flujos debido a que según Aguilera (2011) La gestión de inventarios es “Proveer o distribuir adecuadamente los materiales necesarios a la empresa, colocándolos a disposición en el momento indicado para así evitar aumentos de costos perdidos de los mismos, permitiendo satisfacer correctamente las necesidades reales de la empresa a las cuales debe permanecer constantemente adaptado. Por lo tanto, la gestión de inventarios debe ser atentamente controlada y vigilada” esto permitiendo la ejecución de las actividades del sistema en forma relativamente independiente.

Por otro lado, Krajewski, L. et. al. (2008) habla de la administración de inventarios, es decir, la planificación y control de los inventarios para cumplir las prioridades competitivas de la organización, es un motivo importante de preocupación para todos los gerentes de todo tipo de empresas. La administración eficaz de los inventarios es esencial para realizar el pleno potencial de toda cadena de valor.

La empresa objeto de estudio, no es ajena a las problemáticas relacionadas anteriormente. Debido a que el empirismo y la intuición priman sobre los enfoques cuantitativos, la metodología actual de control de inventarios está basada en la experiencia del personal. No se conoce con precisión datos o indicadores relevantes, como cantidad de productos total en inventarios, su valor, etc. Esto implica que la información que se brinda sea muy subjetiva, es decir, depende en gran medida de la percepción del personal.

Por otro lado, la empresa no cuenta con personal exclusivamente encargado de la gestión de inventarios, aunque hay personal operativo en bodega, este no es de tiempo completo dedicado a labores de inventarios. Además, se detectaron referencias de ítem que ya han cumplido su ciclo de vida y han salido del mercado, siendo reemplazados por productos de características similares, dejando considerable cantidad de existencia obsoleta en almacenamiento. Sin embargo, no han sido cuantificados.

También se pudo constatar que no existe una clasificación de los ítems de la Empresa, esto quiere decir que en la actualidad no hay una medida que permita establecer cuáles productos deberían requerir más atención dentro del sistema. En lugar de esto, los tomadores de decisiones han establecido una categorización de los ítems de acuerdo a la línea de producto, la cual puede ser clasificada de la siguiente manera: aluminio, pinturas, piscinas, PVC, mangueras, grifería, varios, tornillería, herramientas, cementos, cerámicas, cerrajería, eléctricos, hierro, plástico.

Además, la Empresa no tiene establecido un sistema de control de inventarios formal, siendo afectada por la inexistencia de técnicas de pronóstico y control de inventarios que logren un buen balance entre el nivel de servicio y costo. Es notorio el interés de ser reconocidos por tener un nivel de servicio alto por ello se prefiere tener inventario excesivo sobre los faltantes. Esto yendo en contra de lo que menciona Krajewski, L. et. al. (2008) donde define que la principal razón para tener inventarios bajos es que el inventario representa una inversión monetaria temporal. Como tal, la empresa incurre en un costo de oportunidad, que aquí denominamos costo de capital, originado por el dinero que está inmovilizado en el inventario y que podría usarse para otros propósitos.

Esta política deriva en costos de mantenimiento relativamente altos, alrededor de 24.305.500 pesos Colombianos. Aunque el nivel de servicio generalmente es aceptable, la falta de un adecuado control de inventarios ha provocado que la empresa en repetidas ocasiones se encuentre con desabastecimiento en la mercancía.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el presente trabajo de investigación aborda la problemática de carencia de un sistema de control de inventarios oportuno y adecuado basado en la naturaleza y criticidad de los productos y de la organización.

1.1.3 Formulación del problema

Con base en lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Con qué metodología se puede proponer de un sistema de control de inventarios que optimice los costos totales relevantes en una empresa comercializadora de herramientas en el norte del Valle del Cauca?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Proponer un sistema de control de inventarios para una empresa comercializadora de herramientas del Norte del Valle del Cauca que disminuya el costo total relevante asociado con su actividad comercial y genere un nivel de servicio adecuado establecido por la Empresa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el entorno de gestión de inventarios de la empresa objeto de estudio.
- Realizar una clasificación ABC multicriterio para los ítems comercializados por la Empresa.
- Aplicar técnicas de pronóstico de la demanda para un conjunto ítems representativo del portafolio de productos de la Empresa.
- Elaborar una política de control de inventario para el conjunto ítems representativo del portafolio de productos de la Empresa.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La razón del proyecto es tener un adecuado nivel de respuesta y de inventario, esto fundamentado en que:

Los niveles de inventario tienen que mantenerse entre dos extremos: un nivel excesivo que causa costos de operación, riesgos e inversión insostenibles, y un nivel adecuado que tiene como resultado la imposibilidad de hacer frente rápidamente a las demandas de ventas y producción (alto costo por falta de existencia) (Gil, 2009).

Los principales objetivos de la gestión de stock (inventario) son: Apoyar la rentabilidad de la compañía. Disminuir las ventas perdidas. Entregar oportunamente los productos. Dar un nivel adecuado de servicio con un costo de stock en equilibrio y responder ante imprevistos de la demanda y la oferta (amortiguador) (Mora García, 2010).

Todo esto encamiado a la administración o gestión de inventarios. Que según Garcia (1996) es la aplicación de procedimientos y técnicas que tienen por objeto establecer,

poner en efecto y mantener las cantidades más ventajosas de materias primas, producción en proceso, artículos terminados y otros inventarios, minimizando los costos a que den lugar, para contribuir a lograr los fines de la empresa.

1.4 DISEÑO METODOLÓGICO

En la primera fase de proyecto se realiza el diagnóstico y caracterización de los procesos relacionados con la gestión de inventarios, conociendo así cuáles son sus fortalezas y debilidades. Además de definir las causalidades y restricciones de los mismos esto teniendo en cuenta los factores tanto procedimentales, humanos y los inherentes a la naturaleza de la organización que pueden incidir en un mal manejo de los artículos. Además, identificar los parámetros relacionados con los procesos y disposiciones de la gestión de inventario y sus respectivos costos de manejo. De este modo poder tener una evaluación completa de los procesos relacionados, determinando así las inconformidades y falencias más críticas, aplicando métodos de investigación. Todo esto en miras de tener una base para proponer mejoras estratégicas en los procesos y actividades que influyan con un nivel de servicio óptimo.

De la misma forma, se presenta la segunda fase del proyecto. Teniendo en cuenta el diagnóstico, se define la clasificación de los ítems. Esta clasificación ABC normalmente se ha realizado tomando en consideración el costo-volumen, donde los ítems clase A constituyen un número relativamente bajo de ítems pero con una alta representación en las ventas anuales, además, se consideró la técnica de análisis multicriterio para realizar la clasificación es el TOPSIS, esta técnica basada en distancia es sencilla de implementar y reporta resultados capaces de lidiar con múltiples criterios en entornos con un alto número de SKUs. Distinto al método AHP, cuya propuesta inicial requiere para un problema con n criterios de selección y m alternativas un número de $n(n - 1)/2 + n(m(m - 1)/2)$ comparaciones, lo cual lo hace impráctico para aplicaciones con una gran cantidad de ítems donde no se cuenta con software especializado, el método TOPSIS requiere un número relativamente bajo de datos ingresados por el tomador de decisiones. Los pasos para llevar a cabo un análisis multicriterio con TOPSIS incluyen, la obtención de las evaluaciones de las alternativas para cada criterio, la normalización de las valoraciones, la ponderación de estos, el cálculo de las distancias ideal y anti ideal, y el cálculo del coeficiente de cercanía que determina el orden de la clasificación.

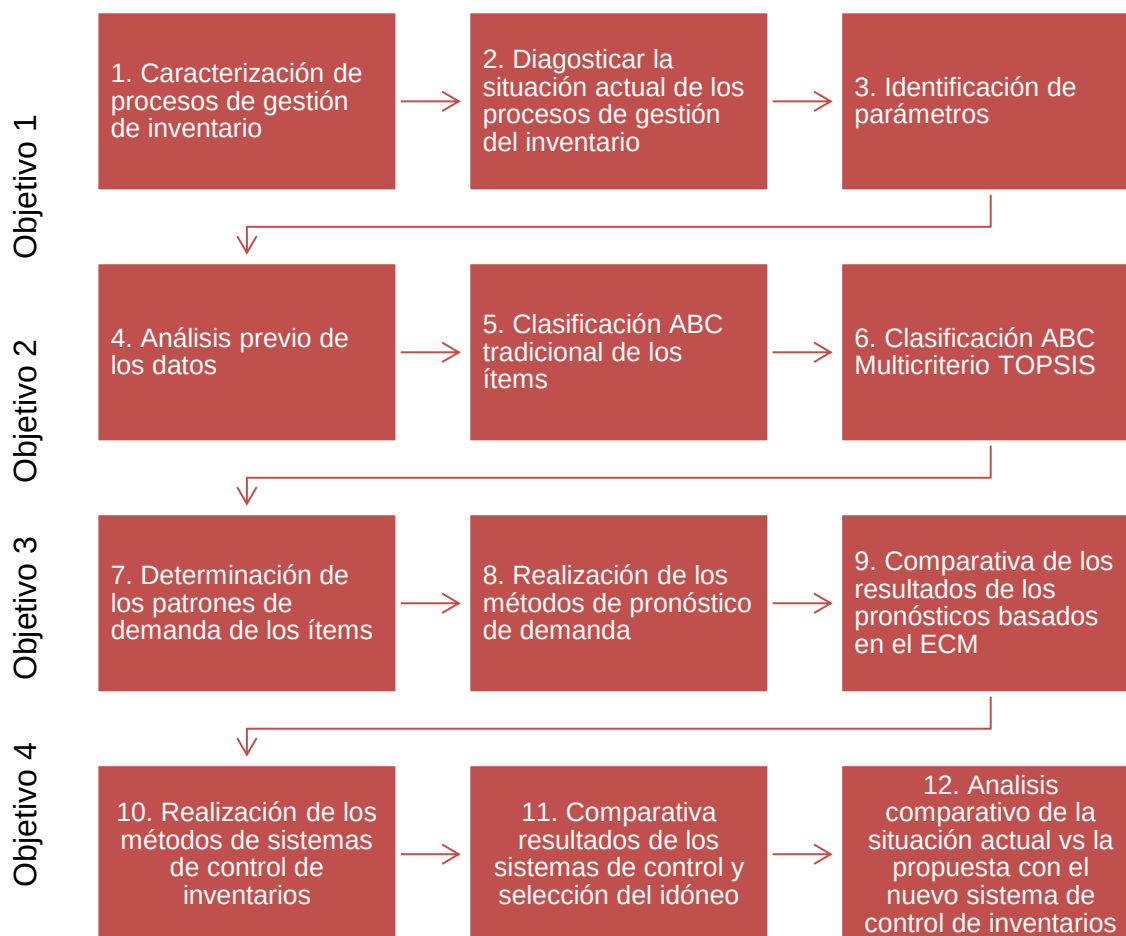
Teniendo en cuenta el orden de la clasificación de los ítems realizada en el inciso anterior, se pasa a darle solución a la tercera fase donde se va a realizar el análisis de la demanda y la simulación de los pronósticos de los ítems. Permitiendo conocer desde una base histórica de ventas, la proyección a futuro del comportamiento de estos artículos representativos en las entradas de la organización. Utilizando diferentes metodologías como son Promedio móvil, Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial

Doble, Método de Croston y un Pronóstico combinado dependiendo del patrón de la demanda que tengelan, ya sea Perpetua, Decreciente, Creciente, Tendencial o Errática. Dando como resultado la selección del menor error cuadrático medio.

Finalmente, para darle completa solución a la propuesta se presenta la cuarta fase para definir la política de control de inventarios que sea mas adecuada para la naturaleza de los artículos, de las ventas y de la organización, definiendo el punto de reorden, el inventario de seguridad y el Costo Total Relevante. Además de validar la propuesta de mejora realizando un análisis comparativo de la gestión actual del inventario con el propuesto. Para así poder reconocer en que porcentaje o en que situaciones de forma monetaria hay una mejoría, además conocer si la propuesta genera un cambio positivo en la forma y el tiempo en que se manejan los procesos de gestión de inventario.

A continuación, se anexa el diagrama de flujo que bosqueja las actividades a seguir para la realización de los objetivos previamente establecidos. Donde las actividades uno (1), dos (2) y tres (3) son parte de primera fase del proyecto, así mismo las actividades cuatro (4), cinco (5) y seis (6) son para la solución del segundo objetivo, luego para la consecución del tercer objetivo las actividades siete (7), ocho (8) y nueve (9) y las actividades diez (10), once (11) y doce (12) finalmente son para darle total realización al proyecto, en su fase cuatro que seria la final.

Figura 1. Diseño Metodológico



Fuente: Elaboración propia, 2019.

2 CARACTERIZACIÓN DE LA GESTION DE INVENTARIOS

En esta parte del proyecto se abarca el estudio y documentación de las características de operación de la Empresa, principalmente sobre el control de inventarios. Para obtener la información se realizaron visitas al personal administrativo y operativo de la Empresa, en las cuales se abordaron los aspectos: relación del sistema de control de inventarios (SCI) con la planeación estratégica de la Empresa, las problemáticas asociadas al SCI y la obtención de información que permita analizar cuantitativamente el desempeño del sistema. Cada uno de estos puntos se discute a continuación.

2.1 EL CONTROL DE INVENTARIOS EN LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA

La planeación estratégica es una actividad de alto nivel gerencial, en la cual la gerencia intenta mirar hacia el futuro y determinar las acciones que pueden resultar en una mayor ventaja competitiva, el resultado de este proceso direcciona las actividades de todas las áreas funcionales (Alkhafaji, 2003). Otra terminología del concepto la presenta Chiavenato (1995) donde para el la planeación estratégica “se refiere a la manera como una empresa intenta aplicar una determinada estrategia para alcanzar los objetivos propuestos. Es generalmente una planeación global y a largo plazo”. En esta sección se analiza la existencia e inclusión de las actividades relacionadas con la gestión de inventarios en los procesos de planeación estratégica de la Compañía. Donde también, para Munch, (2006) “La Planeación es decir por adelantado, qué hacer, cómo y cuándo hacerlo, y quién ha de hacerlo. La planeación cubre la brecha que va desde donde estamos hasta dónde queremos ir. La tarea de la planeación es exactamente: minimización del riesgo y el aprovechamiento de las oportunidades.”

Se logra constatar que la gestión de inventarios es considerada una labor relevante para el logro de los objetivos empresariales, la gerencia subraya que una correcta administración de este tipo de recursos es primordial para empresas en el sector de las ferreterías.

Tener una política de inventario para ciertos productos en el sector ferretero permite conocer con mayor precisión la cantidad y el momento de realización de pedidos con lo que se lograría reducir costos y liberar capital sujeto a inventario en bodega. La Política de Inventario debe diseñarse sobre óptimos viables con el propósito de minimizar la magnitud de costos logísticos: las compras, con el manejo inteligente del recurso dinero, el almacenaje y la conservación de artículos, simplificando operaciones y disminuyendo los plazos de operación. (Matamoros & Garcia, 2010). Sin embargo es preciso mencionar que no todas las actividades involucradas en el control de inventarios son consideradas igualmente importantes, comentan que el pronóstico de la demanda – que es una actividad previa al diseño de una política de inventario – no representa el mismo grado de prioridad debido a que la empresa ha obtenido cierto conocimiento empírico sobre los niveles mínimos de demanda para cada periodo del año, los cuales normalmente representan valores superiores a la demanda real, lo cual no compromete las ventas, pero si abre un problema de sobrecostos. Esto yendo en contra de la realidad, teniendo en cuenta el concepto brindado por Campos (2014) donde menciona que un pronóstico de demanda es una estimación cuantitativa de las cantidades de un producto o servicio que serán requeridas por el mercado en ciertos periodos en el futuro. Donde en general las organizaciones requieren de al menos tres pronósticos que se diferencian por su horizonte y unidades de tiempo y así tener una planificación acertada del stock.

En general, es posible observar la existencia de la necesidad de mejores prácticas en la administración de los inventarios, por ejemplo, la formalización de políticas de control de inventarios, desarrollo de una clasificación de productos que permita conocer cuáles ítems son más relevantes para la obtención de mejores resultados y el desarrollo de un sistema de pronóstico de la demanda para ítems clasificados como críticos.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS

Un punto importante de la caracterización es obtener datos y conocer los procedimientos y restricciones del sistema de control de inventarios que sirvan para establecer una política de control de inventarios. Donde Krajewski, L. et. al. (2008) hace mención que independientemente del sistema de inventario que se use, la precisión de los registros es un factor crucial para su éxito. Además, que menciona que hay un método que permite alcanzar y mantener esa precisión, consiste en asignar a empleados específicos la responsabilidad de enviar y recibir materiales, y de registrar con precisión cada una de esas transacciones. Un segundo método consiste en guardar el inventario bajo llave para impedir retiros de material no autorizados o sin el debido registro. Este método también ofrece protección contra el almacenamiento del material recién recibido en lugares equivocados, donde podría quedarse perdido durante meses.

La Empresa cuenta con un conjunto de bondades que facilitan la operación, entre estas, los costos de transporte se reducen a 0, ya que son asumidos por los proveedores, no hay restricción en la cantidad mínima de pedido, por último, la empresa tiene una política de inventarios encaminada a tener productos de forma excesiva para poder cumplir con las demandas de los clientes, sin tener en cuenta el balance del inventario, prefiriendo el inventario excesivo sobre los faltantes. Esta política deriva en costos de almacenamiento relativamente altos, como anteriormente se menciona, esta problemática fundamentada de igual manera en lo que menciona Zapata (2014) que tener el tipo de materiales adecuados en stock lleva a reducción del inventario global de la empresa y a evitar los problemas mencionados al tener exceso de inventarios, donde en este caso se puede resaltar que se evita la obsolescencia de materiales en la bodega, lo cual al final es un gasto.

Clasificación de los productos

Se pudo constatar que no existe una clasificación ABC en la Empresa, esto quiere decir que en la actualidad no hay una medida que permita establecer cuáles productos deberían requerir más atención dentro del sistema. En lugar de esto, los tomadores de decisiones han establecido una clasificación de acuerdo a la línea de producto, la cual puede ser clasificada de la siguiente manera: aluminio, pinturas, piscinas, PVC, mangueras, grifería, varios, tornillería, herramientas, cementos, cerámicas, cerrajería, eléctricos, hierro, plástico. Es importante resaltar que gran parte de la información que

posee la Empresa se encuentra relacionada con esta clasificación, por ejemplo, los tiempos de reposición y periodos de revisión, se encuentran calculados por cada línea de producto.

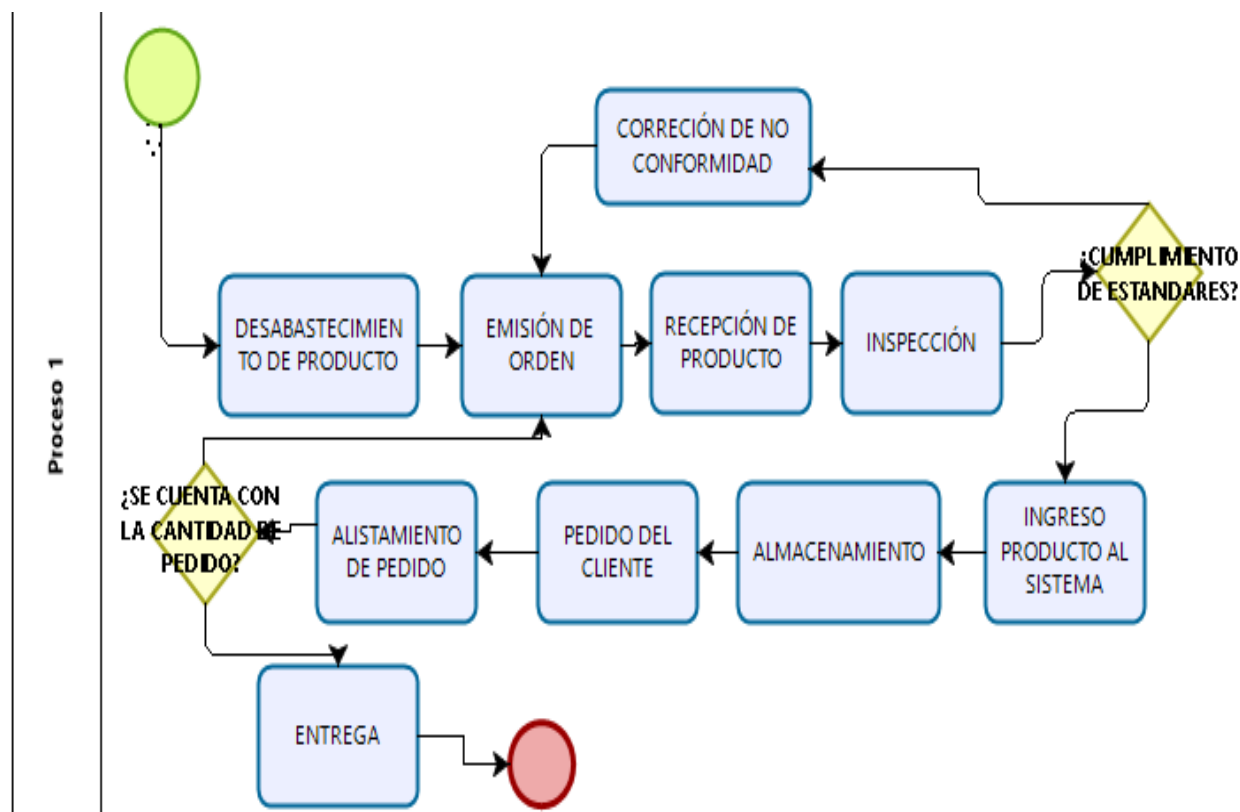
Nivel de servicio

La alta competencia en el negocio de las ferreterías hace que para estas sea una prioridad mantener las estanterías llenas y evitar ventas perdidas. Se puede observar un alto interés en este asunto, definido el nivel de servicio como “la probabilidad de “no” tener un agotado en cada ciclo de reposición” (Vidal, 2010), la Empresa tiene como objetivo un nivel de servicio superior al 98% para todos los productos, a pesar de que este dato no se encuentra cuantificado en la actualidad, la gerencia estima un nivel de servicio de alrededor del 90%.

Política de control de inventarios

El control de inventario se encuentra incluido dentro del proceso de abastecimiento de la Empresa, el cual es representado en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de Flujo proceso de funcionamiento sistema actual de inventarios



Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la actualidad, la Empresa no tiene establecida una política de control de inventarios formal, sin embargo, sí existen unos intervalos de revisión fijos, durante los cuales se observa el nivel de inventario efectivo y con base en este se decide si es necesario o no realizar una orden de compra. Esto implicando que la toma de decisiones no se realiza como un proceso secuencial adecuado sino puramente subjetivo en cuanto al criterio del encargado. Teniendo presente que Según Pacheco et al. (2008) el proceso de decisión implica necesariamente que haya una comparación entre las posibles alternativas: en primera instancia es necesario separar el problema en los elementos que lo componen, para así realizar una comparación entre ellos, dicha comparación se realiza proporcionando medidas a los criterios para establecer preferencias entre un elemento y otro, es decir, una jerarquía. La carencia de una regla para fijar las cantidades de pedido y los valores en los cuales se realiza la orden, hacen que dicho procedimiento no pueda ser clasificado como una política de inventario formal, pero si señalan un punto de partida que puede ser utilizado posteriormente para objeto de comparación.

Intervalos de revisión

Se cuenta con la existencia de unos intervalos de revisión fijos, como se presenta en la Tabla 1, durante los cuales se observa el nivel de inventario efectivo y con base en la experiencia o intuición del administrador se decide si es necesario o no realizar una orden de compra. La carencia de una regla para fijar las cantidades de pedido, hacen que dicho procedimiento no pueda ser clasificado como una política de inventario formal.

Tabla 1. Intervalos de revisión de inventario en mano

Familia de producto	Intervalo de revisión (días)
Aluminio	7
Pinturas	7
Piscinas	60
PVC	7
Mangueras	120
Grifería	7
Varios	30
Arandelas y tornillos	15
Herramientas	30
Cementos	3
Cerámicas	30
Bisagras, chapas y candados	30
Eléctricos	15
Hierro	7
Plástico	15

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tiempo de Reposición (Lead Time)

La Empresa mantiene unos valores de tiempo de reposición clasificados por proveedores de líneas de productos. Como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Periodo de reposición por línea de producto

Familia de producto	Lead time (días)
Aluminio	7
Pinturas	7
Piscinas	7
PVC	3
Mangueras	7
Grifería	3
Varios	7
Tornillería	7
Herramientas	7
Cementos	1
Cerámicas	7
Cerrajería	7
Eléctricos	7
Hierro	3
Plástico	7

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Costos y parámetros de la gestión de inventarios

Se considera los mencionados como factores de importancia para la gestión y control de inventarios por (Vidal, 2010), el valor unitario del ítem (v), la tasa mantener el inventario (r), el costo de ordemaniento (A) y el costo de inventario faltante (B).

El caso del valor unitario se presenta en el inciso de anexos en el Anexo 1. en el cual se relaciona cada ítem con el valor correspondiente; los demás criterios se abordan a continuación. Siendo este ubicado en la pestaña “Costo Unitario V” del documento. Corresponde al precio del artículo pagado al proveedor incluyendo los fletes y costos variables relacionados. Puede depender del tamaño de pedido, de acuerdo con los descuentos por cantidad. Es muy importante, ya que el costo de llevar el inventario depende de él (Vidal, 2010).

Costo de mantener inventario

Los costos de mantenimiento de inventarios en la Empresa, se presentan en la tabla siguiente, y los componen la mano de obra realizada por el operario de bodega, calculado por 2 horas diarias de trabajo dedicado a la bodega, mantenimiento de equipos, póliza de hurto y pérdida, calculada como un 2% del costo de inventario promedio y pérdida, servicios públicos y el costo de oportunidad del capital invertido en inventario efectivo, calculado mediante el rendimiento de un CDT por un año en la entidad bancaria Bancolombia.

Tabla 3. Descripción de los costos de almacenamiento

Costos de mano de obra Operario Bodega	
Salario ()	828.116
Contribución al sistema general de pensiones	99.374
Contribución al sistema general de seguridad social en salud	70.390
Contribución al sistema general de riesgos profesionales	4.306
Subsidio de Transporte para el año 2018	88.211
Subsidio Familiar (3% ICBF, 2% SENA, 4% Cajas de compensaciones)	74.530
Costo Total Mensual (Salario mas seguridad social)	1.164.927
Costo Total Anual (Salario mas seguridad social)	13.979.129
Total Anual Prima de Servicios (1 salario incluyendo subsidio de tte x cada semestre)	916.327
Total Anual Prima de Servicios (1 salario más intereses de 12% anuales)	1.192.487
Vacaciones remuneradas (15 días hábiles) (no incluye Aux. de transporte)	414.058
TOTAL ANUAL	16.502.001
TOTAL MENSUAL	1.375.167

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tasa costo de mantener inventario corresponde a la división del valor de los costos de mantenimiento sobre el inventario promedio anual.

Tabla 4. Cálculo del costo de mantener el inventario

Costo de mantenimiento (Anual)	
Descripción	Costo ()
Mano de obra	4.125.500
Mantenimiento equipos	500.000
Póliza de hurto y perdida	4.800.000
Servicios publicos	3.840.000
Costo de oportunidad	11.040.000
Costo total anual de mantener inventario	24.305.500
Costo de inventario promedio	240.000.000
Costo de mantener Inventario (r)	10,13%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Costo de ordenamiento

Este costo comprende aquellos valores incurridos que no dependen del tamaño de la orden, (Vidal, 2010) menciona que este costo está comprendido por el costo de preparación de los formatos, correos, llamadas telefónicas, autorizaciones, recepción e inspección, manejo de facturas y costo de transporte independientes del tamaño. Indagaciones en la Empresa señalan que los costos fijos de transporte son despreciables para todas las líneas de producto, ya que son asumidos por los proveedores.

Tabla 5. Calculo del costo de ordenamiento

Cargo	Actividad	Tiempo Estimado actividad (minutos)	Tiempo Estimado actividad (horas)	Costos
Coordinador	Formato producto faltante	10	0,17	1.139
Administrador	Emisión de orden(factura de compra)	20	0,33	3.352
Coordinador	Recepción de pedido	20	0,33	2.279
Coordinador	Inspección de pedido	40	0,67	4.558
Administrador	Ingreso del producto al sistema	20	0,33	3.352
Coodinador	Almacenamiento	50	0,83	5.697
Administrador	Plan telefónico			2.333
Coodinador				1.167
	Papeleria			300
		Costo de ordenar		24.177

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Costo de faltantes

Los costos faltantes son difíciles de cuantificar y la estimación de estos se debe basar en técnicas conservadora. Para el cálculo de este dato se optó por el costo especificado (B_2v) por cada unidad de faltante, donde v es el valor unitario del ítem y B_2 es una fracción del costo del producto faltante, este método es aplicable a este caso ya que en el caso de una venta faltante, las ventas se suelen perder totalmente y se genera un costo que es la utilidad unitaria que se deja de recibir, en estos casos es prudente utilizar B_2 (Vidal, 2010), así este costo es determinado por el margen que genera su venta unitaria.

Tabla 6. Costos de faltante B_2 por ítem

Item	B_2
12153 ESTUCO PLASTICO SIKA 1/1	3.388
12155 ESTUCO PLASTICO KL	405
14226 UNION SANIT 2	294
160108 LAVAPLATOS 1X50 ESCURRIDOR MONOCONTROL	18.328
17021 LIMPIADOR 1/32	2.287
17032 SUPERBONDER	574
17075 SOLDADURA PVC 1/16	3.338
18266 MARMOLINA X KL	431
19466 BROCA MURO 3/8	772
20004 CEGRIS X BTO	1.915
50308 INTER SENC/GALICA	1.770
...	...
80008 ALAMBRE NEGRO C-18	523
12135 ESMALTE DOMESTICO PINTEX 1/1	12.433

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se mencionó anteriormente, la Empresa tiene la capacidad de pronosticar las necesidades futuras, aunque estos pronósticos no se hagan de manera eficiente. Los valores pronosticados y cantidades ordenadas generan un problema de sobre costo que

la gerencia ha detectado. Sobre estas es válido afirmar que se debe a prácticas internas de la Empresa y no a circunstancias exógenas. El personal administrativo de la empresa informa que estas son: desconocimiento de datos reales del sistema que no permitan cuantificar el desempeño de las actividades y establecer planes de acción, discrepancia entre los datos de inventario real y contables, la empresa no cuenta con personal exclusivamente encargado de la gestión de inventarios, aunque si hay personal operativo en bodega, no existen técnicas formales implementadas para el pronóstico de la demanda y el control de inventario, y por último, el empirismo y la intuición priman sobre los enfoques cuantitativos.

El diagnóstico realizado indica que el mayor problema asociado a la gestión de operaciones son los costos, los cuales han sido afectados por la inexistencia de técnicas formales de pronóstico y control de inventarios que logren un buen balance entre el trade-off nivel de servicio y costo.

3 CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO DE ITEMS

La empresa caso de estudio pertenece al sector ferretero, cuenta con 3216 ítems, para este proyecto se consideraron los datos de ítems comprendidos en 2 años, entre el 01-04-2017 hasta el 30-03-2019. Con un valor en ventas de 1.608.900.321 pesos colombianos, los mencionados 3216 ítems hacían el análisis más complejo, sumado a esto, los recursos siempre limitados con los cuales cuentan las empresas, hacen necesario establecer en cuales referencias se deben concentrar mayores esfuerzos. Una de las maneras de realizar este agrupamiento es mediante una clasificación ABC, cuyo resultado indica tres grupos de ítems ordenados por el nivel de importancia.

La clasificación ABC normalmente se ha realizado tomando en consideración el precio venta unitario-volumen, este método es fácil de abordar y su resultado es una clasificación, donde los ítems clase A constituyen un número relativamente bajo de ítems pero con una alta representación en las ventas anuales, los ítems clase C son aquellos con una baja representación en las ventas anuales conformado por un número muy alto de ítems, y los ítems clase B son aquellos en medio de estos dos grupos, algunos porcentajes comunes para la representación total de ítems y ventas son, los ítems clase A constituyen del 10 al 20% de los primeros ítems dentro de la clasificación, contando por el 60% al 80% del valor total de las ventas anuales; los ítems clase B constituyen entre un 20 y un 40% del total de ítems, contando por entre el 20% al 30% restante del valor anual; y los ítems clase C, usualmente los más numerosos, constituyen el resto, contando por una pequeña parte del total de la inversión en inventario, la cual usualmente no pasa del 10% del total de ventas de la empresa. (Vidal, 2010).

Luego, se presenta la técnica de análisis multicriterio seleccionada para realizar la clasificación, el TOPSIS, esta técnica basada en distancia es sencilla de implementar y reporta resultados capaces de lidiar con múltiples criterios en entornos con un alto número de SKUs (Bhattacharya, Sarkar, & Mukherjee, 2007). Distinto al método AHP, cuya propuesta inicial por Saaty, requiere para un problema con n criterios de selección y m alternativas un número de $n(n - 1)/2 + n(m(m - 1)/2)$ comparaciones (Mamat y Daniel, 2007), lo cual lo hace impráctico para aplicaciones con una gran cantidad de ítems donde no se cuenta con software especializado, el método TOPSIS requiere un número relativamente bajo de datos ingresados por el tomador de decisiones. Los pasos para llevar a cabo un análisis multicriterio con TOPSIS incluyen, la obtención de las evaluaciones de las alternativas para cada criterio, la normalización de las valoraciones, la ponderación de estos, el cálculo de las distancias ideal y anti ideal, y el cálculo del coeficiente de cercanía que determina el orden de la clasificación (Ishizaka & Nemery, 2013).

3.1 ANÁLISIS PREVIO DE LOS DATOS

La Empresa objeto de estudio reportó inconsistencias en el ingreso manual de los datos, un error común fue el ingreso del precio en la casilla de la cantidad y viceversa. Se informó también, que muchos de los ítems allí presentes correspondían a referencias únicas que se solicitaron a la Empresa como pedido especial y por lo tanto no son mantenidas como una referencia constante.

Estos dos factores fueron tenidos en cuenta para depurar el conjunto de datos. Para dar solución a las inconsistencias en los datos, se analizaron datos repetidos y se combinaron en una sola referencia y se intercambiaron las entradas de datos donde el precio y la cantidad estaban errados. Los datos cuyas ventas fueron ocasionales y ya no se venden, fueron excluidos.

Este análisis permitió reducir el conjunto inicial a uno otro más representativo de los ítems que son comunes en la empresa y coexisten diariamente en las actividades de control de inventarios. El resultado de este análisis, significó un conjunto de 664 ítems que representan el 79,70% de las ventas. Esta información ubicada en el inciso de anexos en el Anexo 1. En la pestaña de “Cantidad de ventas x Periodo”

3.2 CLASIFICACIÓN ABC TRADICIONAL

Para la realización de esta clasificación se tomó el enfoque desarrollado por (Vidal, 2010). En el cual los productos son ordenados en orden descendente de acuerdo al valor total de la ventas anuales $D_i p_i$, donde D_i representa la demanda durante el periodo analizado y p_i determina el precio promedio. Una vez realizado el cálculo se procede a ordenar los elementos en orden descendente y se realizan los agrupamientos mediante los

porcentajes determinados, para la clase A 15,06% del total de ítem representan un 80,74% del total de ventas, clase B 24,85% del total de ítem representan un 13,04% del total de ventas, clase C 60,09% del total de ítem representan un 6,22% del total de ventas. A continuación, se muestran los resultados de la clasificación, el procedimiento se encuentra asociado en el inciso anexos en el Anexo 1 En la pestaña nombrada “Clasificación ABC tradicional”.

Tabla 7. Resultados Clasificación ABC Tradicional

	%VENTAS ACUMULADAS	% ACUMULADO DE TOTAL DE ÍTEM	No ÍTEM
CLASE A	80,74%	15,06%	100
CLASE B	13,04%	24,85%	165
CLASE C	6,22%	60,09%	399
	100,00%	100,00%	664

Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.3 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO

La clasificación ABC multicriterio tiene como propósito determinar aquellos ítems súper importantes dentro de la clase A, estos incluyen otros criterios y se abordan mediante la técnica de TOPSIS. Donde según Garcia et. al (2017) es el proceso de selección de alternativas, es realizado desde un punto de vista multicriterio, en base del ordenamiento de acuerdo a preferencias. El orden de preferencia que se le asigna a cada alternativa, está en función de los criterios de evaluación, los cuales son características propias de la gestión de inventarios

Definición de los criterios

Para la definición de los criterios, se recurrió a la información proveída por la gerencia, respondiendo mediante una encuesta a la siguiente pregunta:

Cuando realiza actividades de abastecimiento, control de inventarios y compras, ¿cuál es el grado de importancia que asignaría a cada uno de los siguientes criterios? Responda en una escala de 1 a 10, donde 1 representa una importancia nula y 10 indica un criterio extremadamente importante. Ver tabla 9.

Se seleccionaron los dos criterios que la gerencia considera más importantes, siendo estos la utilidad y la demanda del producto; adicional a estos, la lectura académica sugiere la inclusión del lead time como un criterio relevante para la toma de decisiones y análisis, este criterio es considerado por (Bhattacharya, Sarkar, & Mukherjee, 2007;

Ramanathan, 2004; Flores & Whybark, 1985). En la siguiente tabla se muestra las respuestas.

Tabla 8. Valorización de los criterios

Criterio	Valoraciones
Demanda	10
Utilidad	10
Lead Time	9
Valor unitario del producto	8
Penalización por stock-out	8
Facilidad de encontrar el producto en el mercado	5
Criticidad	4
Sustituibilidad	4
Tamaño de orden de compra	4

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La ponderación de los 3 criterios seleccionados se llevó a cabo por decisión de la gerencia. De este modo, los criterios definidos y las ponderaciones son relacionados en la tabla 10.

Tabla 9. Ponderación de criterios

Criterio	Ponderación
Demanda	40%
Utilidad	40%
Lead Time	20%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Implementación del TOPSIS

Los 100 ítems Clase A resultantes, fueron relacionados en una tabla con la suma de la demanda y el promedio del margen de venta durante el periodo de análisis, el lead time de cada ítem se encuentra en la última columna. La implementación de TOPSIS sigue la metodología mencionada por (Ishizaka & Nemery, 2013).

Obtención de la matriz de valoraciones

La valoración de n alternativas representadas por el subíndice a , respecto a m criterios representados por el subíndice i son obtenidos en la matriz $X = (x_{ia})$.

Normalización de la matriz de valoraciones

Con la finalidad de hacer comparables las distintas unidades de los criterios (demanda, días) es necesario normalizar estas. Los valores de la matriz son normalizados mediante la técnica de normalización distribuida, donde los desempeños son divididos entre la raíz cuadrada de la suma de cada valoración cuadrada por columna. La fórmula 1 representa la valoración normalizada bajo esta técnica.

$$r_{ia} = \frac{x_{ia}}{\sqrt{\sum_{a=1}^n x_{ia}^2}} \quad \text{para } a = 1, \dots, n \text{ e } i = 1, \dots, m.$$

Cálculo de la matriz ponderada de valoraciones

Seguidamente, se calcula la matriz ponderada. Esta matriz es construida multiplicando cada valoración normalizada r_{ia} por el porcentaje asignado a cada criterio w_i . Cada una de las valoraciones ahora tiene el valor de:

$$v_{ai} = w_i * r_{ai}$$

Cálculo de las acciones ideal y anti ideal

La idea fundamental del TOPSIS es que la solución óptima es aquella que representa la distancia más corta desde el punto de la solución ideal y la distancia más larga de la solución anti ideal (Ishizaka & Nemery, 2013). Un método común para calcular estas soluciones es seleccionando los mejores y peores resultados de cada criterio en la matriz normalizada, de tal modo que.

La solución ideal sea $A^+ = (v_1^+, \dots, v_m^+)$ y la solución anti ideal $A^- = (v_1^-, \dots, v_m^-)$, donde $v_i^+ = \min_a(v_{ai})$ y $v_i^- = \min_a(v_{ai})$ si el criterio a debe ser minimizado, en caso de maximización, $v_i^+ = \max_a(v_{ai})$ y $v_i^- = \max_a(v_{ai})$.

Cálculo de distancias

El siguiente paso es el cálculo de las distancias desde las soluciones ideal y anti ideal de cada elemento de la matriz. La fórmula es la distancia euclidiana tomando cada criterio como componente, aunque cabe resaltar que otros enfoques como la distancia de Manhattan también son válidos.

Distancia desde la solución ideal.

$$d_a^+ = \sqrt{\sum_i (v^* - v_{ia})^2}, \quad a = 1, \dots, m$$

Distancia desde la solución anti ideal.

$$d_a^- = \sqrt{\sum_i (v^- - v_{ia})^2}, \quad a = 1, \dots, m$$

Determinación de los coeficientes de cercanía

El coeficiente de cercanía es calculado mediante la fórmula X, esta siempre se encuentra en el rango [0, 1], elementos cercanos a la solución ideal se aproximan a cero y elementos cercanos a la solución anti ideal se aproximan a cero.

$$C_a = \frac{d_a^-}{d_a^+ + d_a^-}$$

La implementación de la metodología TOPSIS se encuentra en el inciso de anexos en el Anexo 1. En la pestaña del documento llamada “Cla Multi TOPSIS”

Clasificación ABC Multicriterio Resultante

Una vez calculados los coeficientes de cercanía, estos son ordenados en orden descendiente para determinar la clasificación. Ver Anexo 4.

Se consideró la Clase AA, con un porcentaje acumulado de ítem del 15% y un porcentaje de coeficiente de cercanía del 42,10%, con una cantidad total de 15 ítem. Para la Clase AB se conto con un porcentaje acumulado de ítem del 25% y un porcentaje de coeficiente de cercanía del 28,46%, con una cantidad total de 25 ítem. Finalmente para la Clase AC se evidencio un porcentaje acumulado de ítem del 60% y un porcentaje de coeficiente de cercanía del 29,44%, con una cantidad total de 60 ítem. Como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 10. Resumen Clasificación ABC Multicriterio

	% Coeficiente de Cercanía	% Acumulado de ítem	No ITEM
CLASE AA	42,10%	15,00%	15
CLASE AB	28,46%	25,00%	25
CLASE AC	29,44%	60,00%	60
	100,00%	100,00%	100

Fuente: Elaboración propia, 2019.

4 SIMULACION DE LOS PRONÓSTICOS Y PREVISIÓN DE LA DEMANDA

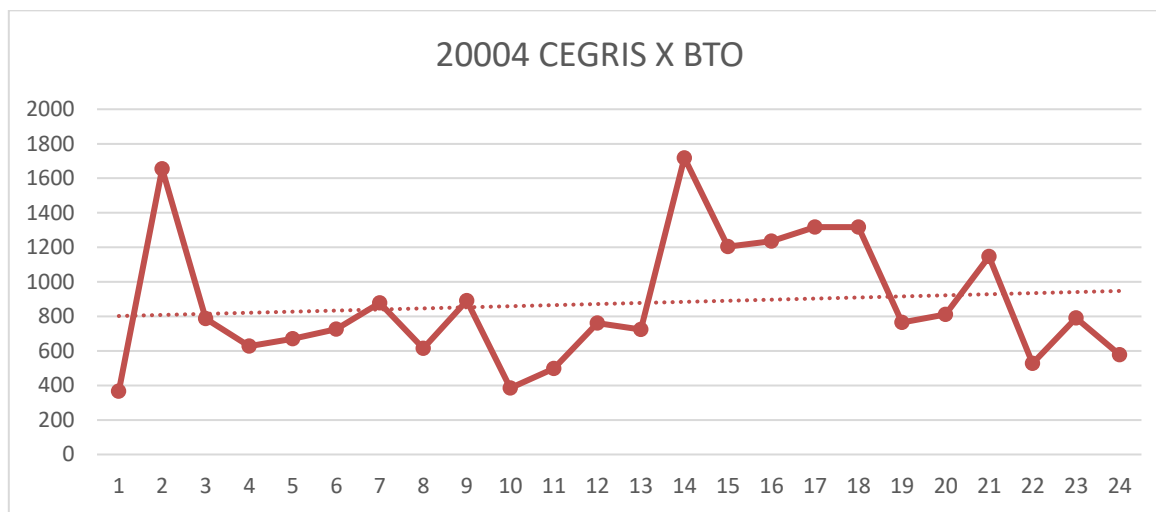
El tercer objetivo del proyecto implica el desarrollo de pronóstico de demanda para un conjunto representativo de ítems, para este conjunto de datos se tomaron los ítems clase AA.

El primer paso para el análisis de la demanda fue el cálculo del coeficiente de variación para detectar si la demanda es o no errática, para determinar si la demanda es errática se emplea el criterio mencionado por (Vidal, 2010), en el cual, si el coeficiente de variación es mayor o igual a 100% es decir 1, esta puede ser considerada como tal.

$$C.V. \text{ de la demanda} = \frac{\text{Desviación Estándar de la demanda}}{\text{Demanda Promedio}}$$

Para los casos donde la demanda no presentaba este comportamiento, se construyeron los gráficos que representan los datos de demanda, su observación permitió determinar un patrón demanda y sugerir un método de pronóstico. A continuación se muestra el comportamiento del patrón de demanda del ítem 20004 CEGRIS X BTO, eje X número de periodos “meses” y en el eje Y cantidad demandada.

Figura 3. Patrón de demanda del ítem 20004



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los ítems seleccionados para el pronóstico de demanda y posterior cálculo de política de inventarios se encuentran en siguiente tabla.

Tabla 10. Patrones de demanda de los ítems clase AA

ITEM	Coef. Variación	Pendiente	Patrón de demanda	
20004 CEGRIS X BTO	0,42	6,31	Perpetua	Perpetua
80015 AMARRA ZINC	0,54	7,90	Tendencial	Creciente
30023 COMBO LAGUNA BLANCO	2,33	0,14	Errática	Errática
12141 PLUS 5/1	1,82	0,08	Errática	Errática
120597 IMPADOC X KL	0,94	12,12	Tendencial	Creciente
80034 PERFIL BLOQUELON 6MT	1,66	0,06	Errática	Errática
30032 SANITARIO LAGUNA BLANCO	1,48	0,02	Errática	Errática
80159 HIERRO 1/4 KL CHIPA	0,92	-7,16	Tendencial	Decreciente
22301 BUGUI ANTIPINCHAZO METAL	1,25	0,09	Errática	Errática
12145 LATEX 5/1	1,50	0,13	Errática	Errática
21730 BUGUI METAL	1,08	0,04	Errática	Errática
80111 VARILLA 3/8 - 9,5	0,55	7,55	Tendencial	Creceinte
20003 CEBLANCO X KL	0,88	16,18	Tendencial	Creceinte
50039 ALAMBRE CENT N12	0,89	3,31	Tendencial	Creceinte
15012 LAMINA GAL 4X8CAL18	3,84	0,09	Errática	Errática

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La columna 4 de la tabla indica el patrón observado respectivamente, cabe mencionar que solo se detectaron demandas con comportamiento errático, tendencial y perpetua, no se identificaron patrones distintos a los anteriores. A todos los ítems se aplicaron las técnicas de promedio móvil, suavización exponencial simple, suavización exponencial doble, para el caso de los ítems con demanda errática se incluyó el método de Croston y por último el pronóstico combinado. En el inciso de anexos en el Anexo 1 se presenta la información previamente mencionada en la pestaña “Patrón de demanda”

El sistema de pronósticos es un elemento clave para el cumplimiento de los objetivos en una organización y para mejorar su competitividad (Vidal, 2010), mediante los indicadores de errores del pronóstico se puede medir la precisión del modelo, evitando tomar malas decisiones, representados en un mal servicio al cliente y unos elevados costos.

Los pronósticos nunca serán exactos, pero aplicados correctamente dan un gran acercamiento al comportamiento real de la demanda.

Promedio Móvil

Este sistema es uno de los más simples, es adecuado para patrones de demanda estables o perpetuos, con poca o ninguna tendencia. (Vidal, 2010)

Suavización Exponencial Simple

Este modelo busca corregir el supuesto anterior en el que se asigna el mismo peso a todos los datos históricos de la demanda, es por ello que se plantea aplicarle un peso a la última observación de demanda y su complemento al pronóstico anterior. De igual manera estimar el parámetro b para posteriormente definir un inventario de seguridad que responda a las variaciones aleatorias. (Vidal, 2010)

Suavización Exponencial Doble

Este sistema de pronósticos tiene en cuenta la posible tendencia (creciente o decreciente) de la demanda, mediante, b_1 que representa el componente constante de la demanda y b_2 representa el componente de tendencia de la demanda de acuerdo a su signo. (Vidal, 2010).

Pronostico Combinado 2

Con el fin de reducir el Error Cuadrático Medio y así aplicar el mejor sistema de pronóstico, se asignó un peso a los sistemas tales como promedio móvil, suavización exponencial simple, suavización exponencial doble y en los casos necesarios método Croston, teniendo en cuenta que la suma de dichos pesos debe ser igual a 1.

Método de Croston.

Adecuado para pronosticar demanda errática o intermitente, su modelo divide los eventos en dos. Primero, se pronostica la probabilidad de que ocurra o no una demanda en el período siguiente. Seguidamente, se pronostica el posible tamaño de la demanda, de acuerdo con las observaciones anteriores sin tener en cuenta las demandas iguales a cero. (Vidal 2010)

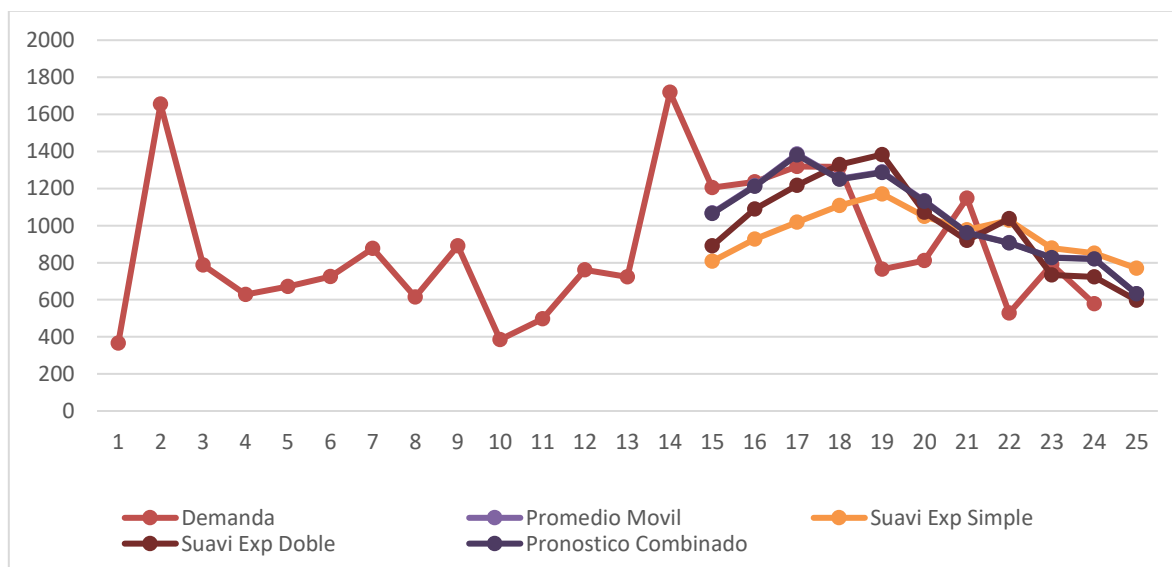
A continuación, se muestra los parámetros más relevantes para cada técnica empleada en los ítems 20004 CEGRIS X BTO y 80015 AMARRA ZINC.

Tabla 11. Resultados de las técnicas en ítem 20004

20004 CEGRIS X BTO					
	Mejor N	Alfa	Beta	Pesos PC	ECM
Promedio móvil	3	NA	NA	0,99	64576,76
Suavización Exp Simple	NA	0,30	NA	0,00	96934,40
Suavización Exp Doble	NA	0,30	0,70	0,00	91681,80
Método Croston	NA	NA	NA	NA	NA
Pronóstico combinado	NA	NA	NA	NA	64059,47

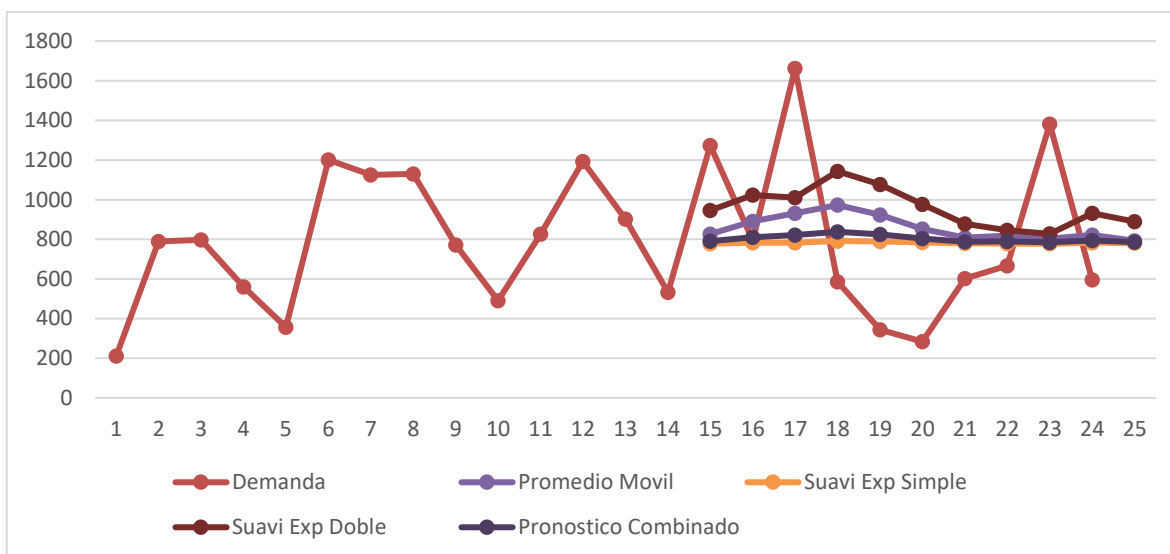
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 4. Comportamiento demanda Item 20004 CEMENTO X BTO



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 5. Comportamiento demanda Item 80015 AMARRA ZINC



Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla siguiente relaciona cada uno de los ítems seleccionados con la técnica que representa el menor ECM, el valor del ECM, la demanda en tiempo real para el siguiente periodo y la desviación estándar, estos dos últimos datos son empleados en el siguiente capítulo donde se plantean el sistema de control de inventarios.

Tabla 12. Resultados pronósticos ítems clase AA

Item	Pronóstico Sugerido	Min ECM	Pronóstico Aplicado	Demanda Pronosticada	Sigma 1
20004 CEGRIS X BTO	Suavización Exp Simple	64059,47	Pronóstico combinado	631,26	253,10
80015 AMARRA ZINC	Suavización Exp Doble	194956,34	Pronóstico combinado	785,81	441,54
30023 COMBO LAGUNA BLANCO	Método Croston	0,20	Método Croston	0,91	0,45
12141 PLUS 5/1	Método Croston	6,47	Método Croston	3,25	2,54
120597 IMPADOC X KL	Suavización Exp Doble	38358,11	Pronóstico combinado	312,74	195,85
80034 PERFIL BLOQUELON 6MT	Método Croston	2,75	Pronóstico combinado	1,18	1,66
30032 SANITARIO LAGUNA BLANCO	Método Croston	1,01	Pronóstico combinado	0,75	1,01
80159 HIERRO 1/4 KL CHIPA	Suavización Exp Doble	21215,30	Pronóstico combinado	275,62	145,65
22301 BUGUI ANTIPINCHAZO METAL	Método Croston	1,24	Método Croston	1,33	1,11
12145 LATEX 5/1	Método Croston	4,29	Método Croston	2,48	2,07
21730 BUGUI METAL	Método Croston	0,22	Pronóstico combinado	0,68	0,47
80111 VARILLA 3/8 - 9,5	Suavización Exp Doble	24179,88	Pronóstico combinado	343,30	155,50
20003 CEBLANCO X KL	Suavización Exp Doble	67939,88	Pronóstico combinado	394,53	260,65
50039 ALAMBRE CENT N12	Suavización Exp Doble	12139,93	Pronóstico combinado	201,08	110,18
15012 LAMINA GAL 4X8CAL18	Método Croston	0,8037	Pronóstico combinado	0,56	0,90

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el Anexo 6 se presenta toda la información previamente mencionada en la pestaña del documento “Pronósticos”. donde se evidencian los resultados de todos los tipos de pronósticos de todos los ítems clase AA. Permitiendo así identificar la información necesaria para realizar la propuesta del sistema de control de inventarios.

5 SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS

El último objetivo específico del proyecto comprende el desarrollo de políticas de inventarios para el conjunto de ítems representativos seleccionados en el capítulo anterior. Las políticas de inventario intentan responder a tres preguntas fundamentales en la gestión de inventarios, ¿con qué frecuencia revisar el nivel inventario?, ¿cuánto ordenar? y ¿cuánto ordenar? (Vidal, 2010). El control de inventarios de productos con demanda aleatoria se encuentra dividido en dos grupos, las políticas de inventario de revisión continua, en las cual existe información en tiempo real para conocer los niveles del inventario, sin embargo, esta práctica es difícil de implementar debido a los altos costos implicados, las políticas de inventario de revisión periódica establecen intervalos de revisión del inventario, estos últimos son más comunes en la práctica. En la actualidad, la Empresa objeto de estudio desarrolla su política de inventario mediante una estrategia de revisión periódica, no obstante, la cantidad de re-orden no se encuentra calculado.

Se emplearon las técnicas de revisión periódica (R, S) y de revisión continua (s, Q), para su respectivo análisis, posteriormente se compara los Costos Totales Relevantes de cada política.

A continuación, se describen los procedimientos para cada política de inventarios.

5.1 SISTEMA DE CONTROL CONTINUO (S, Q)

Bajo este sistema, se emite una orden de compra de tamaño Q cada vez que el inventario efectivo alcanza un nivel s. El procedimiento descrito se basa en el supuesto de que los faltantes se convierten en ventas perdidas y en la existencia de un nivel de servicio P2 de 98%.

Tabla 13. Notación sistema de control continuo.

Notación	Significado	Unidades
A	Costo fijo de ordenamiento	/orden
D	Demanda anual	unidades/año
d	Demanda mensual	unidades/mes
$\hat{\sigma}$	Desviación estándar obtenida a partir de los errores del pronóstico	unidades/mes
$G_z(k)$	Función especial de la demanda unitaria	Probabilidad
k	Factor de seguridad	Adimensional

L	Lead time	Meses
Q	Tamaño del pedido	Unidades
r	Tasa del costo de mantenimiento del inventario	%/año
s	Punto de reorden	Unidades
v	Valor unitario del ítem	/unidad
$\hat{x}_L$	Demanda esperada durante el periodo de reposición L	Unidades
$\hat{\sigma}_L$	Desviación estándar de la demanda durante el periodo de reposición L	Unidades

Fuente: Vidal, C. (2010)

Paso 1. Determine el valor de Q , $\hat{x}_L$ y $\hat{\sigma}_L$.

$$Q = EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

$$\hat{x}_L = d * L$$

$$\hat{\sigma}_L = \hat{\sigma}\sqrt{L}$$

Paso 2. Determine un valor para el inventario de seguridad de tal modo que

$$G(k) = \frac{Q}{\sigma_L} \left(\frac{1 - P_2}{P_2} \right)$$

Paso 3. Calcule el punto de utilizando la ecuación X

$$s = \hat{x}_L + k\sigma_1\sqrt{L}$$

Paso 4. Calcule el Costo Total Relevante (CTR) de acuerdo a la ecuación X, esta ecuación corresponde al CTR calculado con costo de faltante B_2 .

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\hat{\sigma}_L \right) vr + \frac{D}{Q} (B_2 v) \hat{\sigma}_L G(k)$$

5.2 SISTEMA DE CONTROL PERIODICO (R, S)

En este sistema de control de inventarios, el inventario efectivo se revisa cada R unidades de tiempo y se ordena la cantidad equivalente a S menos el inventario efectivo al momento de la revisión, donde S corresponde al inventario máximo.

La notación del sistema (R, S) es básicamente el mismo del sistema (s, Q) y las siguientes equivalencias permiten desarrollar un procedimiento similar al (s, Q).

Tabla 14. Equivalencias sistema de control periódico.

Valor en (R, S)	Equivalencia en (s, Q)
S	s
DR	Q
$L+R$	L

Fuente: Vidal, C. (2010)

Tabla 15. Notación adicional sistema de control periódico.

Notación	Significado	Unidades
A'	Costo fijo incrementado	/orden
R	Intervalo de revisión	Días
S	Nivel máximo de inventario	Unidades
$\hat{x}_{L+R}$	Demanda esperada durante el periodo L+R	Unidades
$\hat{\sigma}_{L+R}$	Desviación estándar de la demanda durante el periodo L+R	Unidades

Fuente: Vidal, C. (2010)

Paso 1. Determine el valor de R, $\hat{x}_{L+R}$ y $\hat{\sigma}_{L+R}$.

$$R = \frac{EOQ}{D} = \sqrt{\frac{2A'}{Dvr}}$$

$$\hat{x}_{L+R} = d * (L + R)$$

$$\hat{\sigma}_L = \hat{\sigma}\sqrt{L + R}$$

Paso 2. Determine un valor para el inventario de seguridad de tal modo que

$$G(k) = \frac{DR}{\sigma_{L+R}}(1 - P_2)$$

Paso 3. Calcule el inventario máximo mediante la ecuación X

$$s = \hat{x}_{L+R} + k\sigma_1\sqrt{L+R}$$

Paso 4. Calcule el Costo Total Relevante (CTR) de acuerdo a la ecuación X, esta ecuación corresponde al CTR calculado con costo de faltante B_2 .

$$CTR = \frac{A'}{R} + \left(\frac{DR}{2} + k\hat{\sigma}_{L+R} \right) vr + \frac{1}{R} (B_2 v) \hat{\sigma}_{L+R} G(k)$$

5.3 COMPARACIÓN (S,Q) Y (R,S)

Se logro comprobar que la revisión periódica es considerablemente menos costosa que la revisión continua, debido a que la frecuencia de ordenamiento es mucho menor. La información completa se presenta el Anexo 1, en la pestaña llamada "CTR".

Tabla 16. Comparación sistema de control periódico y continuo.

Item	CTR (s,Q) (\$)	CTR (R,S) (\$)	Min CTR (Met)	Min CTR (\$)
20004 CEGRIS X BTO	2.124.268	1.697.504	(R,S)	1.697.504
80015 AMARRA ZINC	140.209	66.415	(R,S)	66.415
30023 COMBO LAGUNA BLANCO	253.166	122.702	(R,S)	122.702
12141 PLUS 5/1	558.323	294.358	(R,S)	294.358
120597 IMPADOC X KL	392.795	196.755	(R,S)	196.755
80034 PERFIL BLOQUELON 6MT	187.270	126.915	(R,S)	126.915
30032 SANITARIO LAGUNA BLANCO	199.835	130.798	(R,S)	130.798
80159 HIERRO 1/4 KL CHIPA	549.732	296.721	(R,S)	296.721
22301 BUGUI ANTIPINCHAZO METAL	241.285	132.201	(R,S)	132.201
12145 LATEX 5/1	366.012	206.840	(R,S)	206.840
21730 BUGUI METAL	157.141	78.607	(R,S)	78.607
80111 VARILLA 3/8 - 9,5	1.367.784	685.999	(R,S)	685.999
20003 CEBLANCO X KL	401.166	236.337	(R,S)	236.337
50039 ALAMBRE CENT N12	277.482	138.286	(R,S)	138.286
15012 LAMINA GAL 4X8CAL18	138.850	90.215	(R,S)	90.215
SUMA TOTAL	7.355.319	4.500.653		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para todos los ítem el menor los Costo Total Relevante lo genera la política de control periódica (R,S), generando una disminución de \$ 2.854.666 comparado con la política continua.

5.4 COMPARACION DEL SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO Y ACTUAL

Con el fin de demostrar que la propuesta trae beneficios para la organización, se comparó la metodología actual de inventario con el sistema de control propuesto, usando como referencia la cantidad de inventario máximo (S) para los ítem clase AA, validando el impacto en cantidades manejadas, los costos y administración del inventario.

Tabla 17. Comparación sistema actual y propuesto.

Referencia	Costo Unitario (v)	S Actual	S Propuesta	Valor inventario actual	Valor Inventario propuesto	Comparación	%
20004 CEGRIS X BTO	\$14.902	1200	1092	\$17.882.623	\$16.273.187	\$1.609.436	10%
80015 AMARRA ZINC	\$57	12000	11427	\$688.366	\$655.497	\$32.869	5%
30023 COMBO LAGUNA BLANCO	\$148.220	42	9	\$6.225.220	\$1.333.976	\$4.891.245	367%
12141 PLUS 5/1	\$124.609	48	23	\$5.981.245	\$2.866.013	\$3.115.232	109%
120597 IMPADOC X KL	\$789	750	2308	\$592.020	\$1.821.843	-\$1.229.823	-68%
80034 PERFIL BLOQUELON 6MT	\$62.134	45	20	\$2.796.046	\$1.242.687	\$1.553.359	125%
30032 SANITARIO LAGUNA BLANCO	\$108.497	27	13	\$2.929.409	\$1.410.456	\$1.518.953	108%
80159 HIERRO 1/4 KL CHIPA	\$1.968	1200	1578	\$2.361.247	\$3.105.040	-\$743.793	-24%
22301 BUGUI ANTIPINCHAZO METAL	\$88.215	42	15	\$3.705.043	\$1.323.230	\$2.381.813	180%
12145 LATEX 5/1	\$96.428	30	21	\$2.892.855	\$2.024.998	\$867.856	43%
21730 BUGUI METAL	\$81.563	22	10	\$1.794.396	\$815.635	\$978.761	120%
80111 VARILLA 3/8 - 9,5	\$6.430	1200	1084	\$7.715.490	\$6.969.659	\$745.831	11%
20003 CEBLANCO X KL	\$782	2500	2887	\$1.954.706	\$2.257.295	-\$302.589	-13%
50039 ALAMBRE CENT N12	\$784	7000	1863	\$5.485.550	\$1.459.940	\$4.025.610	276%
15012 LAMINA GAL 4X8CAL18	\$73.172	36	13	\$2.634.193	\$951.237	\$1.682.957	177%
TOTAL				\$65.638.410	\$44.510.692	\$21.127.718	47%

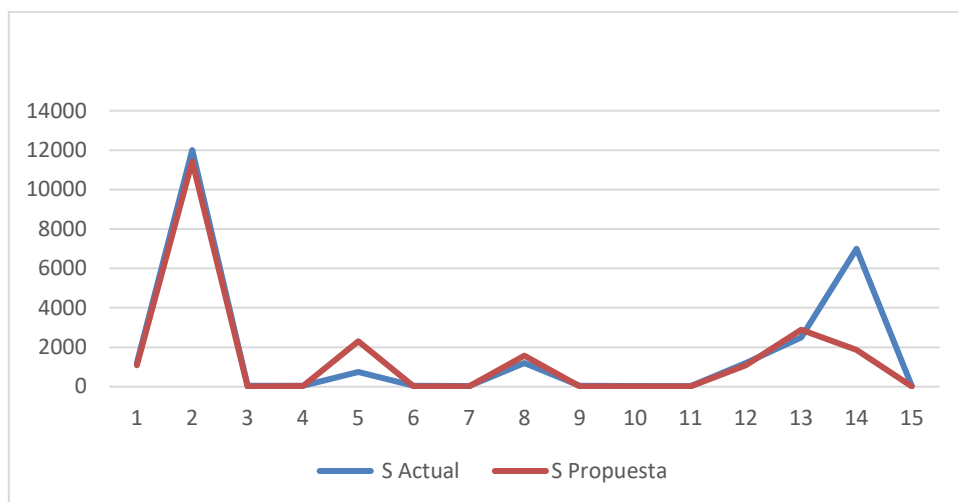
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se puede observar que en el 80% de los ítem el sistema de control propuesto minimiza los costos de capital invertidos en inventarios.

La reducción total del capital invertido en inventarios se estima en \$ 21.127.718, generando una disminución en costos de oportunidad de \$ 971.875.

A continuación, se presenta visualmente la comparación entre las cantidades máximas de nivel de inventario para la metodología actual y el sistema propuesto.

Figura 6. Comparación sistema actual y propuesto.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la caracterización del entorno de gestión de inventarios de la empresa objeto de estudio se evidenció que los procesos relacionados con el manejo del inventario se realizaban de forma totalmente empírica. Teniendo como uno factor determinante a la hora de tomar decisiones y de realizar pedidos el conocimiento de campo adquirido, sin utilizar ningún tipo de metodología o procedimiento que permita disminuir la incertidumbre en las decisiones y aumentar la confianza en cuanto a disponer los artículos suficientes para satisfacer la demanda de los clientes pero sin llegar a incurrir en costos innecesarios de mantenimiento del inventario. Siendo este en la empresa de \$24.305.500.

Un 64,35% de los ingresos totales de la empresa se encuentran en los productos clase A, con un número establecido de 100 referencias, es decir un 3,1% del total de ítem, lo anterior se pudo determinar por la implementación de una clasificación ABC tradicional.

Ya que se disponía de un gran volumen de referencias de ítem, la metodología TOPSIS por su practicidad fue una gran herramienta para determinar el ranking de ítem de máxima importancia para la empresa. Por medio de esta clasificación Multicriterio, se pudieron definir los 3 criterios más importantes para la organización, los cuales son, demanda, utilidad y lead time. La clase AA con tan solo 15 referencias cuenta con una participación en ventas totales de 31,55%, es decir casi un tercio de las ventas totales.

La simulación de los pronósticos dio a conocer que la demanda de los ítem presenta un alto coeficiente de variación lo cual indica una alta variabilidad, los patrones de demanda observados y el sistema de pronóstico sugerido no siempre son los mejores, es por ello que el análisis de los errores del pronóstico juegan un papel fundamental a la hora de definir el sistema de pronóstico más adecuado, “no siempre el sistema de pronóstico más complejo resulta ser el más efectivo”.

Al realizar la comparación de los sistemas de control continuo y periódico en la empresa caso de estudio, se recomienda seguir aplicando la política de control de inventario periódica (R,S) ya que se demostró que sus costos son inferiores en \$ 2.854.666 pesos comparados con una política continua. De igual manera, por medio de la política de inventario (R,S) se logró conocer con mayor precisión la frecuencia de revisión de inventario, su nivel máximo y la cantidad a ordenar para los ítem clasificados como AA.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la gerencia depurar el inventario físico de aquellas referencias de ítem que no registren rotación, mediante estrategias de promoción que permitan su venta, liberando capital invertido y minimizando el riesgo por depreciación, pérdidas por obsolescencia y deterioro. Lo anterior basado en que inicialmente la investigación se desarrolló con el análisis de 3216 ítem obtenidos de los registros de venta de la empresa en un horizonte de tiempo de 2 años, se evidencio ítem con una o muy pocas ventas los cuales se fueron eliminando, en total fueron 2552 ítem que no se tomaron en cuenta, con una participación del 79,30% del total de ítem y 20,30% del total en ventas. En su mayoría la naturaleza de estas referencias es de un alto valor de venta, las cuales el cliente se programa para su adquisición y en su mayoría no debe ser suplida de inmediato, por ello pueden ser trabajadas bajo órdenes de pedido del cliente.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, A. (2011). Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica. Fundación Vértice Emprende; Edición: 1.
- Alkhafaji, A. F. (3 de 4 de 2003). Strategic Management. Routledge. Obtenido de https://www.ebook.de/de/product/2334556/abbass_f_alkhafaji_strategic_management.html
- Bhattacharya, A., Sarkar, B., & Mukherjee, S. K. (8 de 2007). Distance-based consensus method for ABC analysis. International Journal of Production Research, 45, 3405-3420. doi:10.1080/00207540600847145
- Campos, J. (2014) Pronósticos y administración de la demanda. Artículo. Revista Énfasis Logística No. 165. Mexico D.F.
- Chen, Y., Li, K. W., & Liu, S.-f. (10 de 2008). A comparative study on multicriteria ABC analysis in inventory management. 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. IEEE. doi:10.1109/icsmc.2008.4811802
- Chiavenato Idalberto. Introducción a la Teoría General de la Administración. Editorial Mc Graw-Hill. Colombia. 1995.
- Christopher, M. (1999) Logística. Aspectos estratégicos" Editorial Limusa S.A de C.V. Grupo Noriega Editores México, 327 pág.
- Dinero. (2010). Artículo. Ferreterías, se preparan con todos los fierros. Negocios/Comercio.
- Dinero. (2019). Artículo. ¿A qué se enfrentan las Pymes en 2019?
- Edward A. (University of Calgary, C. S. (1 de 12 de 2016). Inventory and Production Management in Supply Chains. Taylor & Francis Inc.
- Flores, B. E., & Whybark, D. C. (3 de 1986). Multiple Criteria ABC Analysis. International Journal of Operations & Production Management, 6, 38-46. doi:10.1108/eb054765
- Franco-Ángel, M., & Urbano, D. (2014). Dinamismo de las PYMES en Colombia: un estudio comparativo de empresas. Revista Venezolana de Gerencia, 19, 319-338.
- García Colín, J. (1996). Contabilidad de costos. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.
- Garcia, J. et. al. (2017). odelo Multicriterio para la Justificación de Inversiones en Robots. revista Cultura Científica y Tecnológica (CULCYT). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Mexico.
- Gil, A. (2009). Inventarios. El Cid Editor

Gonzales & Solís (2011). Análisis descriptivo de la estructura de mercado y estrategias empresariales para las ferreterías pyme en cali: un enfoque microeconómico. Universidad Icesi. Facultad De Ciencias Administrativas Y Económicas. Santiago De Cali

Holguín, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestion de inventarios. Universidad del Valle / Distribuido por Lemoine Editores.

Ishizaka, A. (9 de 8 de 2013). Multi-criteria Decision Analysis. Wiley-Blackwell.

Krajewski, L. et. al. (2008) Administración de operaciones", 8va Edición, PEARSON EDUCACION, México.

Mamat, N. J., & Daniel, J. K. (10 de 2007). Statistical analyses on time complexity and rank consistency between singular value decomposition and the duality approach in AHP: A case study of faculty member selection. Mathematical and Computer Modelling, 46.

Matamoras, I. & Garcia, F. (2010). POLÍTICA DE INVENTARIO, UN APOORTE A LA EFICIENCIA. Artículo Revista Academica "Contribuciones a la Economía". Grupo Eumed.net (Universidad de Málaga)

Mora García, L (2011). Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Munch (2006) Fundamentos de la administración. Editorial: Trillas. México, D.F

Pacheco, J. F., & Contreras, E. (2018). Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. . Santiago de Chile.

Portafolio. (2019). Artículo. Sector ferretero se fortalece en el país con nuevos negocios.

Porter, M. E. (1 de 11 de 2008). On Competition. Ingram Publisher Services. Obtenido de https://www.ebook.de/de/product/7188100/michael_e_porter_on_competition.html

Ramanathan, R. (3 de 2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. Computers & Operations Research, 33, 695-700. doi:10.1016/j.cor.2004.07.014

RLEC. (2006) The Council of Logistics Management. RLEC. Reverse Logistics Executives' Council. Winter/Spring 2006. p.8

Vidal, C. (2010) FUNDAMENTOS DE. CONTROL Y GESTIÓN DE. INVENTARIOS.. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Santiago de Cali

Zapata, J. (2014). Fundamentos de la Gestión de Inventarios. Centro Editorial Esumer. Institución Universitaria Esumer. Medellin. 2014.

ANEXOS



ANEXO 1.xlsx

Anexo 1.