

MEJORAMIENTO EN LA GESTIÓN DEL ALMACÉN Y CONTROL DE
INVENTARIOS EN UNA COMERCIALIZADORA DE INSUMOS AGRÍCOLAS DEL
MUNICIPIO DE ROLDANILLO

YENIFER CASTILLO GARCÍA
YULIANA LICETH CASTILLO GARCÍA



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2019

MEJORAMIENTO EN LA GESTIÓN DEL ALMACÉN Y CONTROL DE
INVENTARIOS EN UNA COMERCIALIZADORA DE INSUMOS AGRÍCOLAS DEL
MUNICIPIO DE ROLDANILLO

YENIFER CASTILLO GARCÍA

YULIANA LICETH CASTILLO GARCÍA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR A TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR.

MSc. JULIÁN GONZÁLEZ VELASCO

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ZARZAL

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por darnos la paciencia y sabiduría para alcanzar un logro más en nuestra vida.

A nuestra familia por su apoyo incondicional y ser la motivación para cada día superar los obstáculos a lo largo de la carrera.

A la Universidad del Valle y sus docentes por sus conocimientos y enseñanzas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE GESTIÓN DE INVENTARIO Y ALMACENAMIENTO DE LA COMERCIALIZADORA DE INSUMOS AGRÍCOLAS	15
2. CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO	19
2.1 GENERALIDADES	19
2.2 APLICACIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO O AHP	19
2.2.1 Selección de Criterios Relevantes	19
2.2.2 Establecimiento de las preferencias relativas – Vector Prioridad	20
2.2.3 Análisis de consistencia	22
2.2.4 Clasificación de insumos agrícolas por peso de cada criterio	24
2.2.4.1 Clasificación de Ítems por Margen de contribución	24
2.2.5 Peso final del insumo agrícola	25
2.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO MATRIZ DE DOS CRITERIOS DE FLORES	26
3. DEFINICIÓN DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO Y LA POLÍTICA DEL CONTROL DE INVENTARIO PARA LOS ÍTEMS CLASE A	28
3.1 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS	28
3.1.1 Patrón de demanda de los ítems	29
3.1.2 Señal de rastreo y Outliers	38
3.2 POLÍTICAS DE CONTROL DE INVENTARIO	40
3.2.1 Parámetros	40
3.2.2 Sistema de Revisión Continuo (s, S)	42
3.2.3 Sistema de Revisión Periódico (R, S)	44

4. PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO	48
4.1 REDISTRIBUCIÓN DE LOS INSUMOS AGRÍCOLAS	49
4.1.1 Normas e indicaciones establecidas por el instituto colombiano agropecuario (ICA)	49
4.1.1.1 Para los expendedores	49
4.1.1.2 Para el almacenamiento de insumos agrícolas	50
4.1.2 Clasificación ABC	51
4.1.3 Semaforización	52
4.2 REUBICACIÓN Y CODIFICACIÓN	52
4.3 CURSOGRAMA ANALÍTICO	53
4.4 DISEÑO	56
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍAS	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Problemas encontrados	12
Tabla 2. Clasificación de plaguicidas	18
Tabla 3. Condiciones especiales para productos biológicos	18
Tabla 4. Resultado de la entrevista	21
Tabla 5. Media geométrica	21
Tabla 6. Matriz normalizada	22
Tabla 7. Matriz normalizada y vector prioridad	22
Tabla 8. Índice de consistencia aleatorio	23
Tabla 9. Análisis de consistencia	24
Tabla 10. Ejemplos del peso de los ítems (Margen de contribución)	24
Tabla 11. Ejemplo del peso final de los ítems	25
Tabla 12. Matriz de clasificación de 2 criterios de Flores et al (1992)	27
Tabla 13. Matriz de resultado de clasificación de dos criterios de Flores	27
Tabla 14. Ítems Clase AAA	28
Tabla 15. Coeficiente de variación de los ítems clase A	30
Tabla 16. Sistema de pronóstico y patrón de demanda	31
Tabla 17. Promedio móvil	32
Tabla 18. Suavización exponencial simple	33
Tabla 19. Suavización exponencial doble	34
Tabla 20. Combinado 1	35

Tabla 21. Combinado 2	36
Tabla 22. Combinado 3	37
Tabla 23. Comparación del ECM cada uno de los ítems	38
Tabla 24. Señal de rastreo y outliers para el insumo agrícola burner	39
Tabla 25. Costo de almacenamiento	41
Tabla 26. Tasa de mantenimiento de inventario, r	41
Tabla 27. Cálculo de valores con sistema (s, S) para ítems clase AAA con P1 y P2 especificado	44
Tabla 28. Cálculo de valores con sistema (R, S) para ítems clase AAA con P1 y P2 especificado	46
Tabla 29. Comparación de CTR y nivel de servicio	47
Tabla 30. Política escogida para los ítems clase AAA	48
Tabla 31. Cantidad de insumos agrícolas por línea respecto la categoría	51
Tabla 32. Cursograma analítico actual	54
Tabla 33. Cursograma analítico propuesto	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de la mercancía en el almacén	12
Figura 2. Estructura básica de la gestión de almacén de insumos agrícolas	15
Figura 3. Clasificación ABC con técnica AHP	26
Figura 4. Gráfico demanda insumo agrícola Burner	29
Figura 5. Semaforización	52
Figura 6. Diseño actual de la comercializadora	56
Figura 7. Diseño propuesto	57

INTRODUCCIÓN

Los responsables de las empresas están cada día más preocupados y son cada vez más conscientes de la necesidad de realizar una óptima gestión de los inventarios y una adecuada administración de sus almacenes. Esto sucede porque estos procesos afectan directamente en la gestión del departamento de compras y representan montos de inversión que pueden llegar a representar un porcentaje significativo de sus activos (De Molina, 2016).

El control de los inventarios y la administración de almacenes son conocimientos y actividades que todo administrador y/o gerente de empresa debe manejar y saber diferenciar con claridad, con el objetivo de optimizar las operaciones logísticas de su empresa. Lograrlo tendrá como consecuencia múltiples beneficios en lo funcional, en la gestión de los mismos, pero sobre todo en lo económico (De Molina, 2016).

Según lo anterior la gestión de inventarios es de gran importancia, por tanto para dar solución al problema de desbalanceo de inventarios se sugiere diseñar e implementar estrategias adecuadas de control con la utilización de sistemas de pronósticos, que permitan estimar con precisión el patrón, el promedio y la variabilidad de la demanda de cada ítem que se mantenga en inventario y la clasificación ABC para establecer prioridades de administración y diferenciación de sistemas de control de ítems para cada categoría (Vidal, 2010). Además, se debe analizar la información básica para determinar las políticas de control de inventario, teniendo en cuenta la complejidad que se presenta debido a las variaciones en el comportamiento de la demanda como en el caso de algunos ítems que tienen demanda cero durante los meses evaluados (Cortes & Morales, 2012).

Adicionalmente, el proceso de almacenamiento contribuye a otros aspectos como la disminución de costos de producción, la coordinación entre las actividades de demanda y suministro, y el apoyo a otros procesos organizacionales como la producción y la comercialización.

Para facilitar el control y realización de los inventarios dentro de una organización es necesario contar con un almacenamiento efectivo de los productos, así se puede evitar la acumulación de producto con poca rotación, desabastecimiento de los más rotados y/o caducidad de estos.

En este sentido, una propuesta de un sistema de control de inventario y de mejora en el proceso de almacenamiento para una empresa constituye un importante aporte para las operaciones logísticas de la misma; permite llevar el control de los

ítems, tener claridad sobre las existencias de estos y garantizar el cumplimiento de la demanda eficientemente, mejorando el nivel de servicio al cliente, además de mejorar el aprovechamiento de los espacios, garantizar que los productos se mantenga en buenas condiciones, y ayudar a incrementar la productividad (Blanco, 2016).

En el sector de insumos agrícolas es de gran importancia un adecuado sistema de control de inventarios y distribución del almacén por la gran magnitud de ítems que se manejan, para tener registrado a ciencia cierta las entradas y salidas, evitando así acumulación de ítems que no tienen rotación y asegurando el abastecimiento de los productos más rotados y mediante una apropiada distribución de los ítems evitar contaminación entre productos y asegurar un efectivo almacenamiento.

De manera puntual, en la comercializadora las actividades de inventario y almacenamiento de la mercancía se realizan de manera empírica, los pedidos se hacen tomando como referencia la demanda de la semana anterior solicitando más de lo necesario o poco de lo más requerido, quedando el restante de la mercancía en las cajas (figura 1), lo que genera demoras de 2880 minutos en la ubicación de esta mercancía (tabla 32); cuando no se pide la cantidad necesaria de producto y lo requerido por el cliente no se encuentra disponible se pide prestado en otra comercializadora, lo que no generaría utilidad (tabla 1). En ocasiones cuando llega el pedido la persona encargada de recibirlo, por agilizar no revisa detalladamente si la cantidad de mercancía coincide con lo solicitado, lo que ocasiona faltantes (tabla 1) ; en el momento de almacenar las estanterías y vitrinas no están rotuladas generando demoras de 45 minutos en la ubicación de la mercancía (tabla 32), demoras de 6 minutos en encontrar el producto requerido por el cliente (tabla 32), y caducidad (tabla 1), además, solo se cumple algunas de la normas establecidas por el ICA, lo que deja como consecuencia mala ubicación de los productos en el almacén (figura 1).

Figura 1. Distribución de la mercancía en el almacén



Fuente: Tomado de Comercializadora caso de estudio

En la tabla 1 se puede observar un ejemplo en valores monetarios promedio de los problemas anteriormente mencionados.

Tabla 1. Problemas encontrados

Problema	Costo asociado (\$/mes)	Margen de contribución que se podría dejar de percibir	Total perdida
Caducidad	\$ 950.000	\$ 59.043	\$ 1.009.043
Faltantes en la entrega	\$ 350.000	\$ 21.753	\$ 371.753
Ausencia del producto requerido	\$ -	\$ 900.000	\$ 900.000
TOTAL	\$ 1.300.000	\$ 980.795	\$ 2.280.795

Fuente: Los autores con información suministrada por la comercializadora.

Con base en lo anterior se evidencia que en la comercializadora caso de estudio no existe una metodología que determine la cantidad económica de pedido, ni un cálculo del punto de pedido, no existe un stock de seguridad para insumos de alta rotación, no hay un criterio que determine el momento en el cual se debe realizar la solicitud del pedido, tampoco una adecuada distribución de los productos dentro

del almacén debido al reducido espacio, ni se cumplen todas las normas establecidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el debido almacenamiento de insumos agrícolas.

De lo anterior, se deriva la siguiente pregunta de investigación, ¿Cómo proponer una política de control de inventarios y mejora en el almacenamiento para una comercializadora de insumos agrícolas en Roldanillo Valle que contribuya a minimizar el costo total relevante, aporte un adecuado almacenamiento y genere un nivel aceptable de servicio al cliente?

Para dar respuesta a lo anterior, se realiza una revisión literatura con el fin de escoger la metodología apropiada para el desarrollo del presente trabajo, así proponer mejoras para aspectos de inventario y almacenamiento, a continuación se nombran los artículos y trabajos que se tomaron como referencia:

Autores como Arboleda y Castillo (2016) en su artículo presenta el desarrollo de un modelo de clasificación ABC multicriterio del inventario, el cual permitió mejorar la utilización del espacio volumétrico destinado al almacenamiento e integra algunas técnicas de análisis multicriterio como “Matriz de dos criterios de Flores”, “Proceso Analítico Jerárquico” y “Modelo de optimización lineal alternativo de WanLung” que permiten mayor oportunidad en la toma de decisiones complejas. En cuanto a la aplicación de sistemas de control de inventario Vidal, Londoño y Contreras (2004), implementaron modelos de control de inventario periódico (R, S) para las compras en la bodega central y para los despachos automáticos hacia los detallistas, de forma similar Pérez, Cifuentes, Vásquez y Ocampo (2013) también proponen un sistema de revisión periódica (R, S), con el objetivo mejorar el nivel de servicio actual al cliente. Por otro lado, Díaz y Vélez (2013) en su proyecto de grado buscan proporcionar una herramienta cuantitativa para la toma de decisiones en inventario aplicados a un almacén de materiales perteneciente a una empresa del sector público colombiano, aplicando políticas de inventarios continuas (s,Q) y (s,S). Monsalve y Ospina (2018), en su trabajo de grado proponen una política de control de inventario aplicando clasificación ABC multicriterio con la técnica AHP y el método de dos criterios de Flores et al (1992), diferentes pronósticos de demanda y política de control (s,S) y (R,S). Con respecto a la gestión de almacenes Hurtado y Ortiz (2017), en su trabajo de grado aplican herramientas de ingeniería para incrementar la eficiencia en el proceso de almacenamiento, teniendo en cuenta variables como tipo de mercancía, volumen, rotación y costo, de manera semejante, De la Rosa y Castaño (2008), en su trabajo de grado realizan un clasificación ABC, después un diagnóstico de la situación actual y así lograr identificar las principales problemáticas respecto al almacenamiento y por último, se establecen indicadores de gestión de costos, tiempo, calidad, productividad y se asignarán códigos a cada uno de los materiales para facilitar su ubicación.

Con base en propuestas hechas por autores anteriormente nombrados, éste proyecto se desarrolló en cuatro capítulos de la siguiente manera:

El primer capítulo se realiza el diagnóstico de la situación actual de cada uno de los procesos que integra la gestión de inventario y almacenamiento de la comercializadora, con el fin de identificar los principales aspectos desfavorables, y de esta manera establecer las propuestas de mejora.

En el segundo capítulo se realiza la clasificación ABC multicriterio a partir de la técnica AHP a los 1240 productos que hacen parte de la comercializadora, teniendo como criterios: margen de contribución, inventario promedio y rotación del inventario, para saber cuáles son los ítems más importantes o críticos; para efectos del trabajo y con el fin de analizar los ítems clase A más representativos obtenidos con la técnica AHP, se decide jerarquizar en tres categorías (AAA demasiado importante, AA muy importante y A importante), aplicando el método dos criterios de Flores et al (1992), teniendo en cuenta los dos criterios con mayor peso.

En el tercer capítulo con los ítems clase AAA obtenidos con el método dos criterios de Flores et al (1992), se aplica los métodos de pronósticos de demanda para definir el pronóstico que genere el menor error cuadrático medio, dependiendo de esto se aplica la respectiva política de control de inventarios y se escoge la que dé como resultado el menor costo total relevante garantizando un nivel aceptable de servicio.

El cuarto capítulo contiene las mejoras propuestas por el grupo investigador respecto al proceso de almacenamiento.

Por último, se encuentran las conclusiones del estudio realizado en la comercializadora, el cual constituye un punto de partida para mejorar su gestión de almacenamiento y control de inventario minimizando los costos de logística y aumentando su nivel de servicio.

Finalmente, la importancia de este proyecto radica en aportar los conocimientos adquiridos a la comercializadora para dar una posible solución a los problemas logísticos encontrados durante la investigación, y fortalecer la formación académica con experiencias prácticas que se presenten a lo largo de la vida profesional.

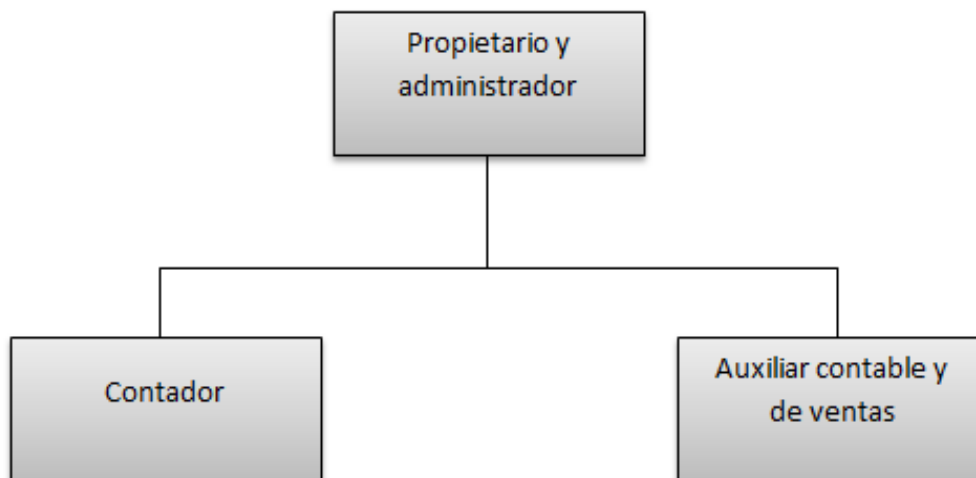
1. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE GESTIÓN DE INVENTARIO Y ALMACENAMIENTO DE LA COMERCIALIZADORA DE INSUMOS AGRÍCOLAS

Con el fin de realizar un diagnóstico del proceso que concierne al área de almacén de la empresa de insumos agrícolas; mediante visitas realizadas, se identificaron los elementos y características clave para el proceso de toma de decisiones referentes al control de inventarios y almacenamiento.

En particular, la empresa comercializadora de insumos agrícolas ubicada en Roldanillo Valle del Cauca inició sus labores el 5 de octubre del 2015, dedicándose a la compra y comercialización de insumos agrícolas para apoyar a los pequeños y medianos agricultores de la región y de municipios aledaños, ofreciendo un buen servicio al cliente.

La estructura básica de la gestión de almacén de insumos agrícolas (figura 2), inicia con el propietario y administrador, en segundo lugar se encuentra la contadora y la auxiliar contable y de ventas.

Figura 2. Estructura básica de la gestión de almacén de insumos agrícolas



Fuente: los autores

El propietario y administrador de la empresa es el encargado de realizar los pedidos a los proveedores, recibirlos y realizar su respectivo almacenamiento,

también se encarga de la atención y asesoría al cliente, despacho de mercancía y visitas técnicas a los clientes directamente en el cultivo.

La contadora se encarga de llevar un registro, pasando de la parte comercial a la parte contable las facturas, digitar los gastos, generar un listado de la cartera de los proveedores, hacer notas contables y de conciliación bancaria, presentar informes de ventas y de compras, renovaciones de cámara y comercio cada año, liquidación del impuesto de industria y comercio, pagar el IVA cada cuatro meses, anualmente la declaración de renta y gestionar los respectivos permisos con la DIAN para facturas.

La auxiliar contable y de ventas se encarga del manejo de la cartera, pago a proveedores, recibos de caja, abonos de los clientes, y en ausencia del administrador es quien queda a cargo de la atención al cliente.

Con respecto al control del inventario el almacén cuenta actualmente con el Software CG UNO 8.5, ya que es una herramienta administrativa muy utilizada por los empresarios por la seguridad, estabilidad y fácil manejo, este programa permite llevar un control de la demanda de los ítems.

El manejo de este inicia desde el momento de la compra cuando llega la factura, se hace una entrada de almacén (EA) para ingresar cantidades, el costo y actualizar la lista de precios de los productos aplicándole el margen de utilidad, con este proceso ya queda el inventario cargado, para proceder a hacer las ventas, estas se hacen a través de las facturas de venta (FV) y de allí se registra ítem por ítem lo que el cliente necesita, aquí da la opción si es factura de contado o factura a crédito, también el medio de pago ya sea efectivo o con tarjeta.

Una vez mencionado los diferentes cargos que intervienen dentro del proceso de gestión de activos, sus responsabilidades y el programa contable que manejan, a continuación se expone el proceso de solicitud del pedido.

El proceso de pedido inicia cuando los asesores de las diferentes casas comerciales visitan el almacén una vez por semana, ellos llevan un control de las líneas de productos que normalmente les solicita el administrador del almacén, por ende ya tienen un listado de los posibles productos que se les va a pedir, estos van nombrando los diferentes productos y el administrador revisa en el sistema del almacén cuantas existencias hay, estas se encuentran referenciadas por nombre y código conforme al catálogo de mercancías del proveedor (actualmente la empresa cuenta aproximadamente con 50 proveedores), además verifica físicamente; se basan en las ventas de la semana anterior, para calcular el tamaño del pedido. Una vez el asesor toma la orden, se demora de 3 a 4 días en llegar el pedido al almacén, la mercancía llega en el transporte de la casa comercial con la respectiva factura, la persona encargada del transporte es la misma que hace la

entrega, se procede a hacer una revisión del estado de la mercancía, posteriormente se hacen las entradas de almacén a través del programa, se ingresa la factura para el manejo de cantidades y de costos para así sacar el margen de utilidad, y se actualizan las lista de precios para proceder a la venta.

Con base en lo anterior se evidencia que el almacén no tiene implementado una política de control de inventarios, que incorporé las técnicas más relevantes en este aspecto, es decir, que el almacén no estima el valor futuro de la demanda de los ítems, utiliza simplemente la experticia del personal y la demanda que muestra el programa, pero solo desde el ultimo pedido, ignorando el patrón y la variabilidad de la misma a través del tiempo, no se lleva un registro del lead time del pedido.

Por lo que se refiere al proceso de almacenamiento, inicia con la llegada de los productos a la bodega, la persona encargada de la recepción de mercancías revisa y verifica de acuerdo al documento de despacho del proveedor, aunque en ocasiones por rapidez no se realiza la respetiva verificación, por lo tanto, se ha presentado faltantes de productos, posterior a ello, se conduce la mercancía al almacén sin una directriz de ubicación, pero cuando el producto que llega se encuentra agotado se organiza directamente en las estanterías o vitrinas según su tamaño, y el restante se deja en cajas para ir abasteciendo a medida que va saliendo.

La línea de productos que maneja la comercializadora son: coadyuvantes, fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas, bactericidas, hormonas, biológicos y semillas.

- **Coadyuvantes:** Productos usados como acompañantes en la formulación, para mejorar y potencializar la acción del ingrediente activo.
- **Fertilizantes:** Productos que son suministrados al cultivo para garantizar una adecuada nutrición de las plantas.
- **Plaguicidas:** Cualquier sustancia química, agente biológico o mezcla de dichas sustancias que se destine a combatir, destruir, controlar, prevenir, atenuar o repeler la acción de los organismos plaga, que afectan la salud o bienestar del hombre, los animales y las plantas útiles.

En la tabla 2 se ilustra la clasificación de acuerdo a la plaga que controla.

Tabla 2. Clasificación de plaguicidas

Plaguicida	Plaga que controla
Insecticidas	Insectos
Funguicidas	Hongos
Bactericidas	Bacterias
Herbicidas	Hierbas

Fuente: los autores

- **Hormonas:** Productos que estimulan el crecimiento, floración y fructificación de las plantas y cultivos.
- **Biológicos:** Producto obtenido a partir de un organismo vivo o de sustancias derivadas del cultivo, son productos económica y ambientalmente aceptables.

Los productos biológicos requieren un manejo especial (tabla 3), deben ser almacenados en un lugar fresco y lejos de los demás productos para evitar contaminación, la caducidad de estos varía de 6 meses a un año, la de las demás familias es de 2 años con excepción de algunos fertilizantes que tiene fecha de caducidad de hasta 5 años.

Tabla 3. Condiciones especiales para productos biológicos

Lugar	Insumo	Temperatura (°C)	Luminosidad artificial
Almacén de insumos	Biológico	16 - 20	Normal

Fuente: los autores

Los demás productos son distribuidos en estanterías o vitrinas teniendo en cuenta el proveedor y otra parte acatando algunas normas del ICA.

De ahí que, la empresa caso de estudio no cuenta con un proceso adecuado para almacenamiento de productos, debido a esto la mercancía está distribuida como anteriormente se menciona, sin un mapa de referencia de ubicación de productos, sin rotulado de cada ítem y no acatan todas las normas e indicaciones del ICA.

Ante esta situación, al momento de generar una venta, el encargado busca el producto gracias al conocimiento de la ubicación de la mercancía y no mediante la consulta de algún mapa de ubicación y rótulo de referencia de mercancías. Por esta razón, se presentan demoras en la entrega del producto requerido por el

cliente (tabla 32), teniendo como consecuencia una disminución en el nivel de servicio al cliente.

Como puede observarse, el proceso de almacenamiento de mercancías no presenta una política establecida en un manual o documento de referencia interno de la empresa, tampoco se tiene en cuenta los productos con mayor demanda.

Con respecto al nivel de servicio, el almacén actualmente no cuenta con un indicador, sin embargo, el personal del almacén estima un nivel de servicio del 85%.

2. CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO

2.1 GENERALIDADES

En este capítulo se plantea una clasificación ABC multicriterio para los 1240 ítems de la comercializadora caso de estudio, con datos históricos de un año (septiembre 2017 a agosto de 2018), basada en la técnica AHP y después aplicando la metodología de dos criterios de Flores et al. (1992), tomando como referencia el trabajo realizado por (Monsalve & Ospina, 2018) y el artículo realizado por Arboleda y Castillo (2016).

2.2 APLICACIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO O AHP

2.2.1 Selección de Criterios Relevantes. Para la selección de criterios, inicialmente se toma como referencia la propuesta planteada por (Castro, Vélez & Castro, 2011), en la cual se identifican los criterios más utilizados en el tratamiento del problema Clasificación Multicriterio del Inventario (MCIC).

Este trabajo va enfocado en algunos de los criterios para producto terminado desde el punto de vista del distribuidor (comercializadora) como lo son: demanda, inventario promedio, costo unitario, costo anual del inventario, costo anual de demanda, tiempo de entrega, durabilidad, reparabilidad, número de proveedores, almacenabilidad y tamaño de lote. Después de una reunión con el propietario y administrador del almacén se determinaron los siguientes criterios:

- **Inventario promedio (\$/mes):** Corresponde al promedio de unidades físicas valoradas en pesos que se mantuvieron en inventario durante usualmente un año para cada ítem. (Castro, et al. 2011).
- **Rotación de inventario (Unidades):** indica la eficiencia de la empresa para manejar el nivel de inventarios. Se calcula al dividir la demanda

(demanda de cada ítems por el costo unitario) de un periodo de tiempo, entre el promedio de inventario entre ese mismo periodo.

- **Margen de contribución (\$/año):** El margen de contribución se obtiene al restar el precio de venta de cada ítem y su costo unitario y posteriormente multiplicar ese resultado por la demanda anual de cada ítem (Alvarez & Huamán, 2017).

El margen de contribución se tomó como criterio por elección del administrador de la comercializadora, además porque en su cálculo se tiene en cuenta la demanda, el precio de venta y el costo unitario que fueron unos de los criterios mencionados anteriormente. Los cálculos de los criterios se evidencian en el [Anexo 1](#)

2.2.2 Establecimiento de las preferencias relativas – Vector Prioridad. Para establecer las preferencias relativas se realizó una entrevista con el propietario, el contador y el auxiliar, la cual consistió en realizar una comparación por pares de criterios con el fin de obtener los datos de entrada para la matriz de comparación de criterios y se tuvo en cuenta la metodología de clasificación AHP utilizando la siguiente escala de medición de Saaty:

- 1 Igualmente preferido
- 2 Preferencia igual a moderada
- 3 Moderadamente Preferido
- 4 Preferencia moderada a fuerte
- 5 Fuertemente preferido
- 6 Preferencia fuerte a muy fuerte
- 7 Muy fuertemente preferido
- 8 Preferencia muy fuerte a extrema
- 9 Extremadamente preferido

En la tabla 4 se muestran los resultados de la comparación de criterios obtenidos por medio de la entrevista realizada al personal de la comercializadora caso de estudio, respecto a la escala anteriormente mencionada.

Tabla 4. Resultado de la entrevista

Entrevista			
Entrevistados \ Criterios	Inventario promedio	Inventario promedio	Margen de contribución
	Margen de contribución	Rotación de inventario	Rotación de inventario
Propietario y Administrador	1/2	4	4
Auxiliar contable y de ventas	2	1/2	3
Contadora	1/2	5	6

Fuente: los autores

En vista de que los valores dados por el personal difieren unos de otros, se calcula la media geométrica para cada pareja de criterios con el fin de obtener un valor único de estas ponderaciones; una vez calculada la media geométrica, se realiza la matriz de comparación de criterios de acuerdo a la técnica AHP; cada celda del recuadro muestra la comparación de un par de criterios; entonces es razonable que siempre exista una diagonal con números iguales a 1, dado que se trata de comparar a cada criterio consigo mismo; en las celdas superiores de la diagonal de la matriz se encuentran los valores de la media geométrica, mientras que en las inferiores se les aplica el principio de relación inversa, es decir, que el número que debe aparecer en las celdas inferiores a la diagonal deber ser igual al recíproco de las superiores, la matriz se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5. Media geométrica

Media Geométrica			
	Inventario promedio	Margen de contribución	Rotación de inventario
Inventario promedio	1,000	0,794	2,154
Margen de contribución	1,260	1,000	4,160
Rotación de inventario	0,464	0,240	1,000
Suma	2,724	2,034	7,315

Fuente: los autores

Posteriormente se construye la matriz normalizada (tabla 6), la cual se calcula dividiendo cada término de la matriz de la media geométrica entre la suma de su respectiva columna.

Tabla 6. Matriz normalizada

Matriz Normalizada			
	Inventario promedio	Margen de contribución	Rotación de inventario
Inventario promedio	0,367	0,390	0,295
Margen de contribución	0,463	0,492	0,569
Rotación de inventario	0,170	0,118	0,137

Fuente: los autores

A partir de la matriz normalizada se procede a calcular el vector prioridad que es igual al promedio de la fila de la matriz y representa la importancia relativa de los criterios comparados. Ver (tabla 7)

Tabla 7. Matriz normalizada y vector prioridad

Vector prioridad				
	Matriz normalizada			Vector Prioridad VP
	Inventario promedio	Margen de contribución	Rotación de inventario	
Inventario promedio	0,367	0,390	0,295	35,06%
Margen de contribución	0,463	0,492	0,569	50,76%
Rotación de inventario	0,170	0,118	0,137	14,18%
Suma				100,00%

Fuente: los autores.

De acuerdo con los resultados, se puede concluir que el criterio más importante para los entrevistados es el margen de contribución 50,76%, el segundo es el inventario promedio 35,06% y por último se encuentra la rotación de inventario con 14,18%.

2.2.3 Análisis de consistencia. Antes de concluir este análisis, se debe calcular el coeficiente de consistencia, el cual según Orejuela y Osorio (2008) valida que

los juicios no tengan errores entre ellos, es decir, que no se haya producido contradicciones en los mismos. Un valor de este coeficiente inferior a 0.10 es considerado aceptable. Para aquellos casos en que sea mayor, las opiniones y los juicios deben ser reevaluados.

Para comenzar el análisis, se debe determinar una suma ponderada, la cual se calcula multiplicando matricialmente los valores de la matriz de comparación de criterios por el vector prioridad de cada alternativa o criterio correspondiente, después, se divide el valor obtenido de la suma ponderada entre el vector prioridad de su criterio correspondiente, luego se determina la media del resultado del paso anterior ($\lambda_{\text{máx}}$).

Donde:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{\text{Suma de elementos del vector anterior}}{m} \quad m = \text{número de criterios}$$

Después se calcula el índice de consistencia para cada criterio con la siguiente fórmula:

$$CI = \frac{\lambda_{\text{máx}} - m}{m - 1}$$

Por último se calcula el cociente de consistencia:

$$CCI = \frac{CI}{IA}$$

Donde, **IA** es el índice de consistencia aleatorio y depende del número de criterios que se comparan.

Algunos autores proponen la tabla 8.

Tabla 8. Índice de consistencia aleatorio

N° de Elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio de Consistencia (IA)	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Fuente: (Toskano, 2005)

En la tabla 9 se ilustran los resultados de los procedimientos anteriores.

Tabla 9. Análisis de consistencia

Análisis de consistencia						
Suma ponderada SP	SP/VP	λ Max	Índice de consistencia IC	Índice Aleatorio	Consistencia	Consistencia %
1,0589	3,0202	3,0203	0,0102	0,5800	0,0175	1,75%
1,5391	3,0320					
0,4265	3,0088					

Fuente: los autores

Con base en lo anterior se puede determinar que no existen problemas de consistencia en la matriz, pues como se observa el resultado es 0,0175 siendo menor a 0,1 el cual es considerado aceptable.

2.2.4 Clasificación de insumos agrícolas por peso de cada criterio. Una vez obtenido el peso de los criterios, se procede a calificar cada insumo agrícola de acuerdo al peso obtenido, esto con el fin de clasificar los insumos y encontrar los ítems tipo A. En este trabajo los ítems se clasifican por cada criterio individualmente y se normalizan los datos mediante la asignación del 100% al ítem que presente el máximo valor y desde allí se le asigna a los otros un peso proporcional al mayor. Por medio de este procedimiento se establece un peso a cada ítem, como se muestra a continuación:

2.2.4.1 Clasificación de Ítems por Margen de contribución. Dado que el margen de contribución de los insumos varían unos de otros de \$ (980.205,22) pesos m/cte a \$ 7.792.377,60 pesos m/cte. Se puede evidenciar que existe gran diferencia en el margen de contribución entre los productos. Por tanto es necesario normalizar dicho costo dividiendo el margen de contribución de cada ítem entre el mayor, a fin de realizar una buena clasificación. Después de normalizados los valores, se multiplica por el peso de criterio para hallar el peso de los ítems para cada criterio evaluado, ver tabla 10.

Tabla 10. Ejemplos del peso de los ítems (Margen de contribución)

Ítems	Margen de contribución(\$/año)	Normalización	Peso del criterio	Peso ítem
BURNER * LT	\$ 7.792.377,60	1,0000	0,51	0,507628
METSULFURON *20GR	\$ 4.620.212,35	0,5929	0,51	0,300980
AMISTAR ZTRA X LT	\$ 4.591.674,01	0,5893	0,51	0,299121
VOLIAM FLEXI X LITRO	\$ 4.300.713,95	0,5519	0,51	0,280167
FINALE * LT	\$ 4.113.150,50	0,5278	0,51	0,267948

Fuente: los autores

Para los criterios inventario promedio y rotación de inventario se hace el mismo procedimiento que en el criterio margen de contribución.

2.2.5 Peso final del insumo agrícola. Para finalizar la clasificación ABC se agrupan en una sola tabla los pesos de los ítems obtenidos por cada uno de los criterios anteriores, se suman entre ellos para obtener el peso final de cada uno de los ítems y por último se ordena de mayor a menor como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Ejemplo del peso final de los ítems

Ítems	Peso margen de contribución	Peso inventario promedio	Peso rotación de inventario	Peso final de ítem
BURNER * LT	0,507628	0,350612	0,002862	0,861103
VOLIAM FLEXI X LITRO	0,280167	0,178732	0,004811	0,463709
AMISTAR ZTRA X LT	0,299121	0,132366	0,004168	0,435655
ECOAZ X 20 LTS	0,093495	0,317617	0,000974	0,412086
METSULFURON *20GR	0,300980	0,050739	0,007525	0,359244
FINALE * LT	0,267948	0,062873	0,012008	0,342829
REBROTE X 10 KLS	0,211226	0,075517	0,006917	0,293660
SOLUPOTADSE * 25 KLS	0,198729	0,071074	0,008200	0,278003
PASO 240 SL X 20 LITROS	0,000896	0,261388	0,000585	0,262868

Fuente: los autores

Para definir cuáles ítems deben formar parte de cada clase (A, B ó C), se escoge un porcentaje de mayor a menor, de acuerdo al orden secuencial dado por el peso final del ítem. De acuerdo a la revisión de literatura los porcentajes y el modo de selección varían unos de otros.

Para la clasificación ABC de la comercializadora se tomó como referencia a Wild (1997) (como se cita en Vidal, 2010) quien recomienda una distribución alrededor de los siguientes valores:

Ítems Clase A = 10% del total de ítems, con alrededor del 65% del total de ventas;

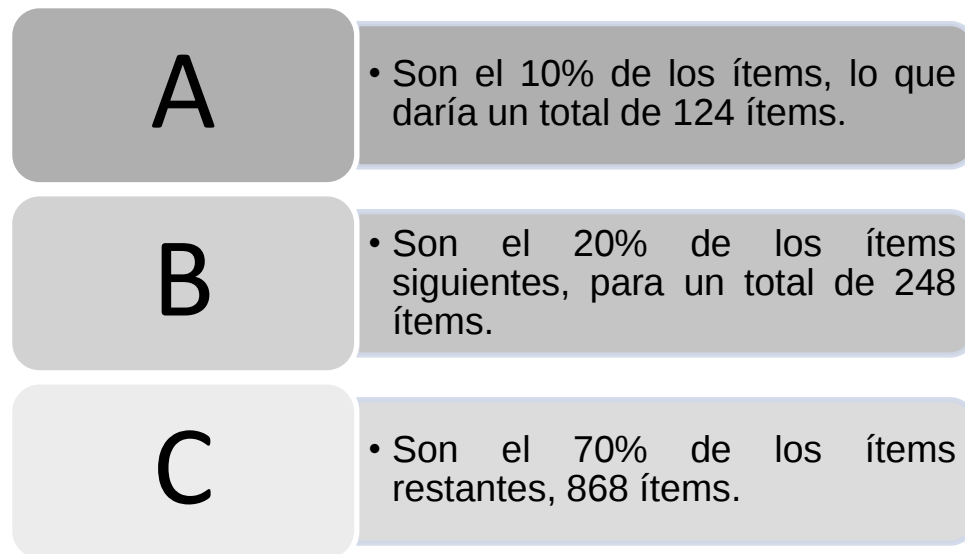
Ítems Clase B = 20% del total de ítems, con alrededor del 25% del total de ventas;

Ítems Clase C = 70% del total de ítems, con alrededor del 10% del total de ventas.

Con base en lo anterior, para el desarrollo del trabajo se manejan los porcentajes de 10, 20 y 70% con respecto al total de ítems de la comercializadora, cabe resaltar que lo planteado del porcentaje en ventas no se cumple porque allí solo se toma en cuenta un criterio a diferencia del trabajo que es multicriterio.

Los resultados de la clasificación se muestran en la figura 3.

Figura 3. Clasificación ABC con técnica AHP



Fuente: los autores

Finalizada la técnica AHP se concluye que de los 1240 ítems totales de la comercializadora 124 ítems son clase A, para efectos del trabajo y con el fin de analizar solo los ítems A más representativos se decide jerarquizar estos en tres categorías, AAA (demasiado importante), AA (muy importante) y A (importante), aplicando la técnica matriz de dos criterios de Flores et al (1992) con base en los dos criterios más importantes.

2.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO MATRIZ DE DOS CRITERIOS DE FLORES ET AL (1992)

Para la aplicación de este método se toma como referencia el artículo elaborado por Arboleda y Castillo (2016), donde desarrollan el método de la siguiente manera: se toma los ítems, dos criterios y se evalúan por aparte, mediante ABC tradicional, para posteriormente ubicarlos dentro de una matriz, reclasificándolos nuevamente y obtener la clasificación ABC bajo dos criterios, como se señala en la tabla 12.

Tabla 12. Matriz de clasificación de 2 criterios de Flores et al (1992)

Matriz de dos criterios		Segundo criterio		
Primer criterio		A	B	C
	A	AA	AB	AC
	B	BA	BB	BC
	C	CA	CB	CC

Fuente: Arboleda y Castillo (2016) tomado de Flores et al (1992)

Una vez clasificado cada uno de los ítems por dos criterios, se debe reclasificar cuál de ellos es A por el primer y segundo criterio, cual es A en el primero y B en el segundo, cual A en el primero y C en el segundo, así sucesivamente hasta agruparlos en cada una de las casillas de la matriz anterior. Posterior a ello, todos los ítems que ingresaron en la matriz como AA, AB y BA se reubican como los nuevos ítems tipo A, los AC, BB y CA se ubican como los nuevos ítems tipo B y por ultimo aquellos que quedaron dentro del BC, CB y CC conforman los ítems tipo C según la metodología de la comparación de dos criterios de Flores et al (1992).

Para la aplicación del método de dos criterios de Flores et al (1992) se toman los 124 ítems clase A y los dos criterios más importantes que son margen de contribución e inventario promedio obtenidos con la técnica AHP y con base en la jerarquización anteriormente nombrada, los ítems clase A obtenidos con la matriz de Flores se toman como AAA (demasiado importante), los B como AA (muy importante) y los C como A (importante).

Después de desarrollar los pasos expuestos anteriormente, se obtiene como resultado la matriz que se evidencia en la tabla 13.

Tabla 13. Matriz de resultado de clasificación de dos criterios de Flores

Matriz de dos criterios		Inventario promedio		
		A (AAA)	B (AA)	C (A)
Margen de contribución	A (AAA)	6	2	4
	B (AA)	2	4	19
	C (A)	4	19	64
TOTAL		124		

Fuente: los autores

La matriz anterior indica que según la metodología de dos criterios de Flores et al. (1992), de los 124 ítems clase A, los tipo AAA son la intersección de los AA(6), AB(2) y BA(2) de los criterios margen de contribución e inventario promedio respectivamente para un total de 10 ítems. Los AA son la intersección de los AC(4), BB(5) y CA(4) para un total de 13 ítems. El restante, 101, corresponden a los tipo A, los cuales son la intersección de los BC(18), CB(18) y CC(65).

Con base en lo anterior el presente trabajo se va a centrar en los 10 ítems AAA (demasiado importantes) resultantes de la clasificación de la matriz de dos criterios propuesta por Flores et al. (1992), dichos ítems se ilustran en la tabla 14.

Tabla 14. Ítems Clase AAA

N°	Ítems	Clase
1	BURNER * LT	AAA
2	VOLIAM FLEXI X LITRO	AAA
3	AMISTAR ZTRA X LT	AAA
4	ECOAZ X 20 LTS	AAA
5	METSULFURON *20GR	AAA
6	FINALE * LT	AAA
7	REBROTE X 10 KLS	AAA
8	SILCAPHOS X 50 KILOS	AAA
9	ANTRACOL * 400 GMS	AAA
10	SOLUPOTADSE * 25 KLS	AAA

Fuente: los autores

Los resultados obtenidos de la clasificación ABC multicriterio por el método AHP y el de dos criterios de Flores et al (1992) para cada uno de los ítems se encuentran en el [Anexo 2](#)

3. DEFINICIÓN DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO Y LA POLÍTICA DEL CONTROL DE INVENTARIO PARA LOS ÍTEMS CLASE AAA

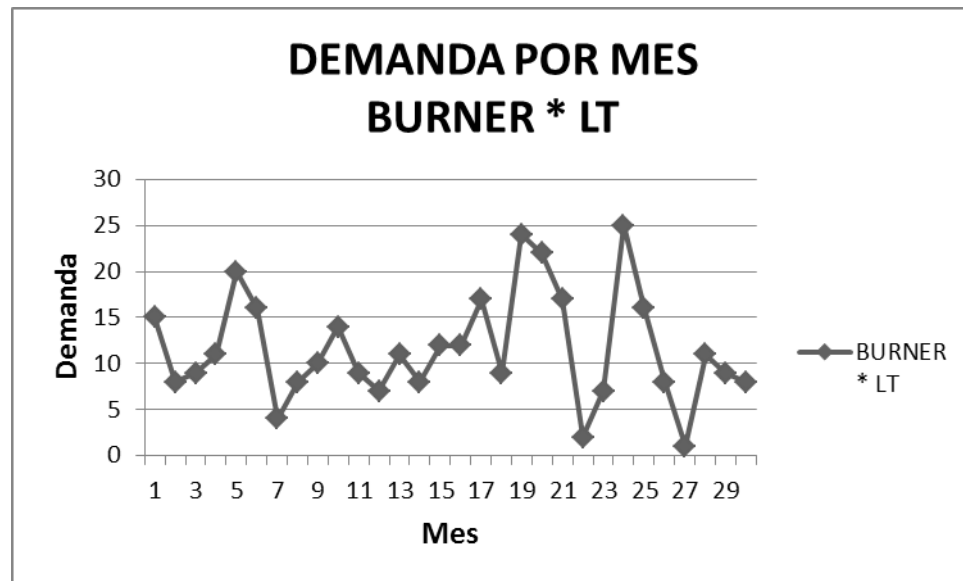
3.1 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS

Posterior a la clasificación ABC multicriterio realizada con el método de dos criterios de Flores et al (1992) en el capítulo anterior, se procede con el desarrollo

del sistema de pronósticos, que tiene como función principal predecir el comportamiento de la demanda de los ítems clase AAA. Los datos utilizados para realizar los pronósticos corresponden a la demanda mensual de los ítems de marzo de 2016 a agosto de 2018, que equivale a un total de 30 meses, cabe resaltar que se toma un rango mayor al que se utilizó en la clasificación ABC multicriterio para mayor precisión en los resultados de los pronósticos.

3.1.1 Patrón de demanda de los ítems. Para escoger el sistema de pronósticos adecuado para cada uno de los ítems se debe definir en primera instancia el patrón de demanda de cada uno de ellos, para ello se graficó cada una de las demandas, se puede observar un ejemplo en la figura 4, las gráficas completas se encuentran en el [Anexo 3](#)

Figura 4. Gráfico demanda insumo agrícola Burner



Fuente: los autores

Además se utilizó la fórmula del coeficiente de variación de la distribución de la demanda, definida como:

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda}}{\text{Demanda promedio}}$$

Según Vidal (2010) Si el coeficiente de variación es mayor o igual que 1 (100%), la demanda puede catalogarse como errática. En caso contrario, la demanda puede considerarse estacionaria o perpetua. Obviamente, entre menor sea el coeficiente

de variación de la demanda, menor es su grado de aleatoriedad. La tabla 15 muestra los resultados.

Tabla 15. Coeficiente de variación de los ítems clase A

ÍTEM	Demanda Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
BURNER * LT	11,67	5,9	0,51
VOLIAM FLEXI * LT	4,97	4,2	0,84
AMISTAR ZTRA * LT	5,97	4,2	0,70
ECOAZ * 20 LTS	1,13	0,3	0,31
METSULFURON * 20 GR	157,60	121,0	0,77
FINALE * LT	64,00	33,8	0,53
REBROTE * 10 KLS	12,57	7,9	0,62
SILCAPHOS * 50 KLS	10,00	6,5	0,65
ANTRACOL * 400 GMS	29,73	15,1	0,51
SOLUPOTADSE * 25 KLS	11,30	8,8	0,78

Fuente: los autores

Como se evidencia en la tabla anterior ninguno de los ítems da un coeficiente de variación mayor de 1, lo que quiere decir que la demanda del 100% de los ítems es estacionaria o perpetua. Después de analizar las gráficas de la demanda se concluye que presentan un patrón perpetuo, estable o uniforme porque el promedio se mantiene por largos periodos de tiempo y su fluctuación permanece dentro de rangos pequeños, teniendo en cuenta que es una comercializadora de insumos agrícolas la demanda de productos es durante todo el año y no por ciertos periodos de tiempo. En la tabla 16 se muestra el patrón de demanda y el sistema de pronóstico, sugerido por Vidal en su libro fundamentos de gestión de inventarios 2010.

Tabla 16. Sistema de pronóstico y patrón de demanda

PATRÓN DE DEMANDA OBSERVADO	SISTEMA DE PRONÓSTICO RECOMENDADO
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto-regresivos (ARIMA)
Errática (Por ejemplo, en ítems clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y la magnitud de las transacciones individuales (Método de Croston y relacionados)

Fuente: (Vidal, 2010)

Con base en lo anterior se escogieron los siguientes sistemas de pronósticos:

Promedio móvil. Para este método de pronóstico se determina un valor de n que minimice el ECM, este varía de 6 a 18, pues de acuerdo a Vidal (2010), dentro de este rango se encuentra el n que arroja el pronóstico con menor ECM. Valores inferiores a 6 pierden demasiada información histórica de demanda y pueden tornar el pronóstico demasiado nervioso al darle demasiado peso a los últimos datos de demanda; por el contrario, valores superiores a 20 pueden considerar historia de demanda muy antigua que ya no refleja la situación actual del sistema.

Suavización exponencial simple. Se realizó con un α óptimo, el cual se obtuvo mediante la herramienta solver de Excel, variando el valor de entre 0.01 y 0.3 de manera que se obtenga el menor ECM. La inicialización del pronóstico se obtuvo promediando los primeros 18 meses.

Suavización exponencial doble. Se realiza de manera similar al pronóstico nombrado anteriormente, con la diferencia que se hallan otras variables como: Beta, pendiente en b y corte en a y b .

Combinación de pronósticos 1. Consiste en asignar la misma ponderación a los factores a_i de los pronósticos considerados.

Combinación de pronósticos 2. El segundo método de combinación de pronósticos consiste en encontrar el valor de los factores a_i cuyo rango de variación se encuentre entre 0 y 1 y su suma sea igual a uno.

Combinación de pronósticos 3. Consiste en encontrar el valor de los factores a_i cuyo rango de variación esta entre -1 y 1. Vidal (2010) Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios, p 114.

En la tabla 17 Se muestran los cálculos obtenidos para el insumo agrícola burnier con la aplicación del sistema de pronóstico promedio móvil, en la tabla 18 del sistema de pronóstico suavización exponencial simple, en la tabla 19 el sistema de pronóstico suavización exponencial doble, en la tabla 20 el sistema de pronóstico combinación 1, en la tabla 21 Combinación 2 y en la tabla 22 Combinación 3.

Tabla 17. Promedio móvil

Mes	Per. T	Demanda x_t	Pronóstico $N=16$ $\hat{x}_t$	e_T	$ e_T $	e_T^2	APE	APE'			
1		15							Valor de N	ECM	Min ECM
2		8							6	70,41	67,10
3		9							7	73,01	
4		11							8	74,19	
5		20							9	72,92	
6		16							10	73,72	
7		4							11	73,45	
8		8							12	75,18	
9		10							13	74,68	
10		14							14	70,93	
11		9							15	67,29	
12		7							16	67,10	
13		11							17	69,70	
14		8							18	68,77	
15		12									
16		12									
17		17									
18	0	9									
19	1	24	11,06	12,94	12,94	167,38	53,91%	116,95%			
20	2	22	12,00	10,00	10,00	100,00	45,45%	83,33%			
21	3	17	12,69	4,31	4,31	18,60	25,37%	33,99%			
22	4	2	12,50	-10,50	10,50	110,25	525,00%	84,00%			
23	5	7	11,63	-4,63	4,63	21,39	66,07%	39,78%			
24	6	25	11,81	13,19	13,19	173,91	52,75%	111,64%			
25	7	16	12,88	3,13	3,13	9,77	19,53%	24,27%			
26	8	8	13,25	-5,25	5,25	27,56	65,63%	39,62%			
27	9	1	12,88	-11,88	11,88	141,02	1187,50%	92,23%			
28	10	11	12,38	-1,38	1,38	1,89	12,50%	11,11%			
29	11	9	12,63	-3,63	3,63	13,14	40,28%	28,71%			
30	12	8	12,50	-4,50	4,50	20,25	56,25%	36,00%			
31	13		12,50	pronostico en tiempo real							
			Suma →	1,81	85,31	805,15					
			MAD y ECM →	7,11	67,10						
			Desv. estándar estimada → $\hat{\sigma}_1$	8,91	8,19						

Fuente: los autores

Tabla 18. Suavización exponencial simple

Mes	Per. T	Demanda x_t	Pronóstico $\hat{x}_t$	e_T	$ e_T $	e_T^2	APE	APE'
1		15						
2		8						
3		9						
4		11						
5		20						
6		16						
7		4						
8		8						
9		10						
10		14						
11		9						
12		7						
13		11						
14		8						
15		12						
16		12						
17		17						
18	0	9						
19	1	24	11,11	12,89	12,89	166,12	54%	116%
20	2	22	11,24	10,76	10,76	115,78	49%	96%
21	3	17	11,35	5,65	5,65	31,95	33%	50%
22	4	2	11,40	-9,40	9,40	88,44	470%	82%
23	5	7	11,31	-4,31	4,31	18,58	62%	38%
24	6	25	11,27	13,73	13,73	188,60	55%	122%
25	7	16	11,40	4,60	4,60	21,12	29%	40%
26	8	8	11,45	-3,45	3,45	11,90	43%	30%
27	9	1	11,42	-10,42	10,42	108,49	1042%	91%
28	10	11	11,31	-0,31	0,31	0,10	3%	3%
29	11	9	11,31	-2,31	2,31	5,33	26%	20%
30	12	8	11,29	-3,29	3,29	10,79	41%	29%
31	13		11,25	Pronóstico en tiempo real				
			Sumas	14,14	81,12	767,19	1906%	718%
			MAD, ECM, MAPE, MAPE' →	6,760	63,933	158,80%	59,83%	
			Desv. estándar estimada $\hat{\sigma}_T$ →	8,472	7,996			
			ALPHA	0,01				

Fuente: los autores

Tabla 19. Suavización exponencial doble

Mes	Per. T	Demanda x_t	S_T	$S_T^{[2]}$	Pronóstico $\hat{x}_t$	e_T	$ e_T $	e_T^2
1		15						
2		8						
3		9						
4		11						
5		20						
6		16						
7		4						
8		8						
9		10						
10		14						
11		9						
12		7						
13		11						
14		8						
15		12						
16		12						
17		17						
18	0	9	14,66	18,54				
19	1	24	14,75	18,50	10,74	13,26	13,26	175,87
20	2	22	14,83	18,47	10,96	11,04	11,04	121,78
21	3	17	14,85	18,43	11,15	5,85	5,85	34,25
22	4	2	14,72	18,39	11,23	-9,23	9,23	85,15
23	5	7	14,64	18,36	11,01	-4,01	4,01	16,06
24	6	25	14,75	18,32	10,89	14,11	14,11	199,10
25	7	16	14,76	18,29	11,13	4,87	4,87	23,67
26	8	8	14,69	18,25	11,20	-3,20	3,20	10,21
27	9	1	14,55	18,21	11,10	-10,10	10,10	101,93
28	10	11	14,52	18,18	10,86	0,14	0,14	0,02
29	11	9	14,46	18,14	10,82	-1,82	1,82	3,33
30	12	8	14,40	18,10	10,75	-2,75	2,75	7,57
31	13	?			10,66	Pronostico en tiempo real		
					Sumas	18,17	80,37	778,93
					MAD y ECM $\rightarrow$		6,70	64,91
					Desv. estándar estimada $\hat{\sigma}_1$		8,39	8,06
					ALPHA	0,010		
					BETA	0,99		
PENDIENTE $b_2(0) =$					-0,03921569			
CORTE $a_1(0) =$					11,4836601			
CORTE $b_1(0) =$					10,7777778			

Fuente: los autores

Tabla 20. Combinado 1

Mes	Per. T	Demanda. xt	Pronóstico		eT	eT	eT ²
1		15					
2		8					
3		9					
4		11					
5		20					
6		16					
7		4					
8		8					
9		10					
10		14					
11		9					
12		7					
13		11					
14		8					
15		12					
16		12					
17		17					
18	0	9					
19	1	24	10,960	13,040	13,04	170,048	
20	2	22	11,390	10,610	10,61	112,569	
21	3	17	11,716	5,284	5,28	27,923	
22	4	2	11,699	-9,699	9,70	94,068	
23	5	7	11,303	-4,303	4,30	18,513	
24	6	25	11,312	13,688	13,69	187,369	
25	7	16	11,793	4,207	4,21	17,701	
26	8	8	11,953	-3,953	3,95	15,629	
27	9	1	11,784	-10,784	10,78	116,290	
28	10	11	11,503	-0,503	0,50	0,253	
29	11	9	11,574	-2,574	2,57	6,627	
30	12	8	11,500	-3,500	3,50	12,253	
51	13	?	11,459	Pronóstico en tiempo real			
			Sumas	11,513	82,147	779,244	
			MAD y ECM →		6,85	64,94	
			Desv. estándar estimada σ [^] _{→1}		8,58	8,058	
			a1=	0,333			
			a2=	0,333			
			a3=	0,333			
			Sumas	1,00			

Fuente: los autores

Tabla 21. Combinado 2

Mes	Per. T	Demanda. x_t	Pronóstico	e_T	$ e_T $	e_T^2
1		15				
2		8				
3		9				
4		11				
5		20				
6		16				
7		4				
8		8				
9		10				
10		14				
11		9				
12		7				
13		11				
14		8				
15		12				
16		12				
17		17				
18	0	9				
19	1	24	11,111	12,889	12,89	166,123
20	2	22	11,240	10,760	10,76	115,778
21	3	17	11,348	5,652	5,65	31,950
22	4	2	11,404	-9,404	9,40	88,438
23	5	7	11,310	-4,310	4,31	18,577
24	6	25	11,267	13,733	13,73	188,596
25	7	16	11,404	4,596	4,60	21,120
26	8	8	11,450	-3,450	3,45	11,904
27	9	1	11,416	-10,416	10,42	108,488
28	10	11	11,312	-0,312	0,31	0,097
29	11	9	11,308	-2,308	2,31	5,329
30	12	8	11,285	-3,285	3,29	10,794
51	13	?	11,253	Pronóstico en tiempo real		
				14,144	81,116	767,194
				MAD y ECM $\rightarrow$	6,76	63,93
				Desv. estándar estimada $\hat{\sigma}_{\rightarrow 1}$	8,47	7,996
				$\alpha 1 =$	0	
				$\alpha 2 =$	1	
				$\alpha 3 =$	0	
				Suma	1,00	

Fuente: los autores

Tabla 22. Combinado 3

Mes	Per. T	Demanda. xt	Pronóstico	e_T	$ e_T $	e_T^2
1		15				
2		8				
3		9				
4		11				
5		20				
6		16				
7		4				
8		8				
9		10				
10		14				
11		9				
12		7				
13		11				
14		8				
15		12				
16		12				
17		17				
18	0	9				
19	1	24	12,890	11,110	11,11	123,422
20	2	22	12,486	9,514	9,51	90,515
21	3	17	12,220	4,780	4,78	22,851
22	4	2	12,508	-10,508	10,51	110,425
23	5	7	12,902	-5,902	5,90	34,836
24	6	25	12,590	12,410	12,41	154,009
25	7	16	12,112	3,888	3,89	15,120
26	8	8	11,915	-3,915	3,91	15,327
27	9	1	12,085	-11,085	11,08	122,869
28	10	11	12,148	-1,148	1,15	1,317
29	11	9	11,908	-2,908	2,91	8,455
30	12	8	11,913	-3,913	3,91	15,308
51	13	?	11,788	Pronóstico en tiempo real		
				2,324	81,080	714,455
				MAD y ECM $\rightarrow$	6,76	59,54
				Desv. estándar estimada $\sigma_{\rightarrow 1}$	8,47	7,716
				a1=	-0,809874616	
				a2=	1	
				a3=	1	

Fuente: los autores

Después de realizar cada uno de los sistemas de pronósticos nombrados anteriormente para cada uno de los ítems, se realizó una comparación entre cada

uno de los métodos con el fin de escoger el que arroje el menor error cuadrático medio ECM. En la tabla 23 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 23. Comparación del ECM cada uno de los ítems

ÍTEMS	Pronóstico (ECM)					
	P.Móvil	S.Simple	S.Doble	Combinado 1	Combinado 2	Combinado 3
Burner * LT	67,096	63,933	64,911	64,937	63,933	59,538
Voliam flexi * LT	32,813	31,536	35,511	32,936	31,536	29,545
Amistar ztra * LT	23,353	23,562	24,392	22,862	22,832	21,769
Ecoaz * 20 LTS	0,180	0,180	0,168	0,164	0,159	0,157
Metsulfuron * 20 GR	24044,165	20737,205	22743,439	21528,119	20627,113	18716,830
Finale * LT	964,579	568,054	572,419	584,729	474,740	255,090
Rebote * 10 KLS	105,809	90,809	94,878	94,890	90,809	87,810
Silcaphos * 50 KLS	57,914	65,282	59,276	56,096	54,695	53,676
Antracol * 400 GMS	233,690	249,256	250,502	242,210	233,690	186,913
Solupotadse * 25 KLS	111,484	114,746	113,495	111,280	110,532	82,763

Fuente: los autores

En la tabla anterior se evidencia que el pronóstico que genera el menor ECM para todos los ítems clase AAA es el combinado 3. El insumo ecoaz presenta un valor menor a uno porque su demanda mensual oscila entre 1 y 2 unidades.

3.1.2 Señal de rastreo y Outliers. El objetivo fundamental de una señal de rastreo es informar acerca de posibles desviaciones, sesgos y problemas del sistema de pronósticos que se está utilizando (Vidal, 2010), se define con la siguiente formula:

$$\text{Señal de rastreo} = \frac{Q(T)}{MAD(T)}$$

Se recomienda que cuando dos o más señales de rastreo sucesivas presentan valores mayores que un valor usualmente definido en el rango (0.40 - 0.60), debe revisarse el sistema de pronósticos, ya que puede estar fuera de control, en el caso de algunos sistemas de pronósticos de ítems comerciales (máximo 0.6).

Los datos atípicos se identifican por medio de la estimación del promedio y la desviación estándar de la demanda en forma directa con base en los datos de demanda disponibles. Se puede, por ejemplo, declarar la presencia de un dato atípico cuando un dato de demanda supera al promedio ± 2.5 veces la desviación estándar (Vidal, 2010), se define con la siguiente formula:

$$\left| \frac{e(T)}{MAD(T)} \right|$$

La presencia de un dato atípico se da cuando ésta supere el valor de 5 ó 6, aproximadamente.

En la tabla 24 se muestra un ejemplo de señal de rastreo y outliers para uno de los ítems clase AAA.

Tabla 24. Señal de rastreo y outliers para el insumo agrícola burner

Dem. (Regresión)	Residuos	Error Suavizado $Q(T)$	MAD Suavizada $MAD(T)$	ECM Suavizado $ECMS(T)$	Señal de rastreo $Q(T)/MAD(T)$	Outliers $eT/MAD(T)$
11,444	3,556	Alpha Beta Constante $w =$ Constante $c1 =$	0,01 0,99 0,1 1,012613381	0,00 3,33 17,06	0,271	2,707
11,405	-3,405					
11,366	-2,366					
11,327	-0,327					
11,288	8,712					
11,248	4,752					
11,209	-7,209					
11,170	-3,170					
11,131	-1,131					
11,092	2,908					
11,052	-2,052					
11,013	-4,013					
10,974	0,026					
10,935	-2,935					
10,895	1,105					
10,856	1,144					
10,817	6,183					
10,778	-1,778					
		1,111	4,104	27,700	0,271	2,707
		1,951	4,645	33,982	0,420	2,048
		2,234	4,658	32,869	0,480	1,026
		0,960	5,243	40,624	0,183	2,004
		0,274	5,309	40,046	0,052	1,112
		1,487	6,019	51,442	0,247	2,062
		1,727	5,806	47,810	0,298	0,670
		1,163	5,617	44,561	0,207	0,697
		-0,062	6,164	52,392	0,010	1,798
		-0,170	5,662	47,285	0,030	0,203
		-0,444	5,387	43,402	0,082	0,540
		-0,791	5,239	40,592	0,151	0,747

Fuente: los autores

Los resultados, señales de rastreo y outliers, obtenidos con la aplicación de los pronósticos nombrados anteriormente, para cada uno de los insumos clase AAA se pueden observar en los anexos: [Anexo 4](#), [Anexo 5](#), [Anexo 6](#), [Anexo 7](#), [Anexo 8](#), [Anexo 9](#), [Anexo 10](#), [Anexo 11](#), [Anexo 12](#) y [Anexo 13](#).

3.2 POLÍTICAS DE CONTROL DE INVENTARIO

Después de identificar los pronósticos con menor ECM para los insumos agrícolas clase AAA, se determina la política de inventario dependiendo del tipo de demanda, esta puede ser: determinística o aleatoria; en este caso sería aleatoria, ya que los reabastecimientos se hacen con base en el consumo, el cual se ve influenciado por variables como: variaciones de precios, competencia, promociones, sin contar con las variables que tienen que ver con aspectos que no están al alcance de las empresas como el clima.

Según (Vidal, 2010) para la demanda aleatoria existen sistemas de inventario continuo y periódicos.

- Sistema continuo: sistema (s, Q) y sistema (s, S).
- Sistema periódico: sistema (R, S) y sistema (R, s, S).

De acuerdo a lo anterior, se decide aplicar sistema (s, S) y (R, S), ya que, se puede demostrar que el mejor sistema de control (s, S) tiene costos totales de pedido, mantenimiento de inventario y faltante de inventario menores o iguales que aquéllos del mejor sistema (s, Q) y el sistema (R, s, S) es más difícil de comprender y aplicar, lo que la hace más susceptible de errores humanos (Vidal, 2010).

En el sistema (s, S) se va a trabajar bajo el supuesto de transacciones de demandas unitarias (sin caídas de inventario por debajo del punto de reorden s), por lo tanto, el tamaño del pedido resulta ser igual a $s - S$ permitiendo que ambos sistemas sean iguales en su totalidad.

Dichos sistemas de control responden a los interrogantes ¿Con qué frecuencia debe revisarse el inventario del ítem? ¿Cuándo debe ordenarse? y ¿Qué cantidad del ítem debe ordenarse en cada requisición?, se realizan con el objetivo de comparar y escoger el que proporcione el menor costo total relevante CTR y a su vez genere un nivel de servicio al cliente mayor o igual a 95%.

Para calcular los sistemas de control para cada uno de los insumos agrícolas clase AAA se debe de tener en cuenta lo siguiente:

3.2.1 Parámetros. Demanda pronosticada (d), Error cuadrático medio (ECM), Tiempo de Reposición (L), Valor unitario del ítem (\$), Costo de ordenamiento (\$), Costo de mantener el inventario (\$), y el nivel de servicio.

Los datos de tiempo de reposición y valor del ítem se obtuvieron de la información suministrada por la comercializadora caso de estudio a partir de datos históricos.

La demanda pronosticada y el ECM se obtuvieron del sistema de pronóstico realizado anteriormente.

Otro parámetro es el costo de llevar o mantener el inventario, el cual incluye los costos de: Operar la bodega, el costo de espacio, costos de oportunidad. Otros costos que se incluyen son los costos de riesgo y los costos de seguros e impuestos los cuales dependen del inventario disponible. El costo de llevar o mantener inventario se determina como un porcentaje anual. Para el cálculo de este se tomó como referencia el trabajo realizado por Idárraga y Zúñiga (2016), con la información suministrada por la comercializadora caso de estudio. En la tabla 25 y 26 se pueden observar los resultados.

Tabla 25. Costo de almacenamiento

Descripción	Valor
Costo de arrendamiento + servicios públicos (\$/mes)	\$ 550.000,00
Costo de personal (\$/mes)	\$ 3.330.000,00
Total (\$/mes)	\$ 3.880.000,00
Costo almacenamiento total (\$/año)	\$ 46.560.000,00

Fuente: los autores

Tasa del costo de mantenimiento del inventario, r

Después de calcular los costos relacionados con el almacenamiento de los ítems en la comercializadora, resulta posible determinar su tasa de mantenimiento mediante su proporción entre el valor promedio de las existencias.

Tabla 26. Tasa de mantenimiento de inventario, r

Tasa de mantenimiento de inventario r	
Costo de almacenamiento	\$ 46.560.000,00
Valor del inventario promedio	\$ 193.856.827,51
Tasa r (%/año)	24%

Fuente: los autores

Igualmente otro de los parámetros es el costo de ordenar o pedir inventario. Cada orden para reponer el inventario tiene varios costos asociados, los cuales generalmente son fijos y no dependen del tamaño de la orden de pedido, estos corresponden al procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden. Para

efectos del costo de ordenamiento, se maneja un valor de \$1.500, el cual fue dado por el administrador de la comercializadora, teniendo en cuenta que pocas veces la comercializadora realiza el trámite de pedido, por lo general los proveedores son los que van y toman el pedido.

Para el costo de faltante la empresa no contaba con una cifra, por lo tanto, se dejó fuera del estudio, ya que el cálculo implicaba tomar en consideración diversos factores de los cuales la empresa tampoco tenía información.

3.2.2 Sistema de Revisión Continuo (s, S). Los pasos realizados para el cálculo de esta política de control son: determinar el valor del Q, hallar el valor de s y de S, identificar el costo total relevante y por último, hallar el nivel de servicio correspondiente. Con P_1 y P_2 especificado de 95%. Para el cálculo de estos se utilizan las siguientes formulas:

Calculo de Q:

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

Donde:

A = costo de ordenamiento
D = demanda pronosticada
v = valor unitario del ítem
r = costo anual de llevar el inventario
Q = Tamaño del pedido

Calculo de s y S:

Primero se calcula la desviación estándar con base en el tiempo de reposición.

$$\sigma_L = \sigma_1 \sqrt{L}$$

Donde:

σ_1 = Desviación estándar de los errores de los pronósticos
L = Tiempo de reposición
 σ_L = Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición L.

Después se determina el factor de seguridad k para P_1 y P_2 considerando un nivel de servicio deseado de 95%.

Calculo de k para P_1 , se realiza con la siguiente fórmula de Excel.

$$k = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV} (0.95)$$

Calculo de k para P_2

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

El factor de seguridad k se obtiene del Apéndice A, del libro de (Vidal, 2010) con el valor de (k) hallado.

Luego se calcula el inventario de seguridad (SS) y la demanda estimada durante el tiempo de reposición ($\widehat{X}_L$).

$$SS = \sigma_L K$$

$$\widehat{X}_L = DL$$

Por último, se obtienen los valores del punto de reorden s y los valores del nivel máximo S.

$$s = SS + \widehat{X}_L$$

$$S = Q + s$$

El nivel de servicio P_1 y P_2 logrado mediante esta política puede obtenerse asumiendo que todos los faltantes se convierten en ordenes pendientes y determinando $P_z(k)$ y $G_z(k)$ respectivamente del apéndice A del libro de (Vidal, 2010) para el factor de seguridad k hallado anteriormente.

Por lo tanto, con la política (s, S) cada vez que el nivel de inventario llegue a s se ordenará un pedido con cantidad igual al inventario máximo S menos el inventario efectivo en el momento de la revisión.

Calculo para P_1 y P_2

$$P_2 = 1 - \frac{\sigma_L G_z(k)}{Q}$$

$$P_1 = 1 - P_z(k)$$

Calculo del CTR

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + SS \right) vr$$

Para cada uno de los ítems clase A se realizan los cálculos con las formulas expuestas anteriormente. La tabla 27 muestra el resultado.

Tabla 27. Cálculo de valores con sistema (s, S) para ítems clase AAA con P1 y P2 especificado

SISTEMA (s, S)																				
CONCEPTO	Amistar Ztra		Burner		Ecoaz		Metsulfuron		Voliam Flexi		Finale		Rebrote		Solupotadse		Silcaphos		Antracol	
Demanda promedio (Mes)	7,88		11,79		1,48		282,51		9,68		7,82		23,61		28,78		15,50		46,30	
Desviación estandar (Mes)	4,67		7,72		0,40		136,81		5,44		15,97		9,37		9,10		7,33		13,67	
Tiempo de entrega (Mes)	0,3		0,3		0,3		0,3		0,3		0,3		0,3		0,3		0,3		0,3	
Costo Unitario (\$)	\$ 179.129	\$ 533.790	\$ 1.289.484	\$ 3.253	\$ 272.111	\$ 38.289	\$ 61.318	\$ 72.138	\$ 56.481	\$ 15.718										
Costo de Ordenar (\$)	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500
Tasa de mantener Inv. (Anual)	24%		24%		24%		24%		24%		24%		24%		24%		24%		24%	
EOQ	3		2		1		114		2		6		8		8		6		21	
oL	3		4		1		79		3		9		5		5		4		8	
Nivel de servicio especificado (95%)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Nivel de servicio obtenido	89,8%	97,8%	95,1%	94,8%	82,9%	97,9%	85,8%	98,5%	91,8%	97,1%	93,1%	96,5%	86,0%	98,5%	85,5%	98,6%	85,08%	98,61%	77,04%	99,21%
k(0.95)	1,27	1,64	1,65	1,64	0,95	1,64	1,07	1,64	1,39	1,64	1,48	1,64	1,08	1,64	1,06	1,64	1,04	1,64	0,74	1,64
s (Min)	6	7	11	11	2	3	179	224	8	8	16	18	14	17	15	18	10	12	21	28
S (Max)	9	10	13	13	3	4	293	338	10	11	22	23	21	24	23	26	16	19	42	49

Fuente: los autores.

Se puede evidenciar que con P1 especificado de 95% el 90% de los ítems obtuvieron un P2 mayor a 90% y con P2 especificado del 95% tan solo un 30% de los ítems arroja un P1 mayor al 90%,

3.2.3 Sistema de Revisión Periódico (R, S). Los pasos realizados para el cálculo de esta política de control son: determinar el valor del R, hallar el valor de S, identificar el costo total relevante y por último, hallar el nivel de servicio correspondiente. Con P_1 y P_2 de 95%.

Calculo de R

$$R = \frac{EOQ}{D}$$

R = Indica cada cuanto se debe revisar el inventario

Calculo de S

Primero se calcula la desviación estándar con base en el tiempo de reposición.

$$\sigma_{R+L} = \sigma_1 \sqrt{R + L}$$

Después se determina el factor de seguridad k considerando un nivel de servicio deseado de P_1 y $P_2 = 95\%$.

Calculo de k para P_1 , se realiza con la siguiente formula de Excel

$$k = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV} (0.95)$$

Calculo de k para P_2

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

El factor de seguridad k se obtiene del Apéndice A, del libro de (Vidal, 2010) con el valor de (k) hallado.

Después se calcula el inventario de seguridad y la demanda estimada durante el tiempo de reposición.

$$SS = \sigma_{R+L} k$$

$$\widehat{X_{R+L}} = D * (R + L)$$

Por último, se obtienen los valores de S.

$$S = SS + \widehat{X_{R+L}}$$

Por lo tanto, la política de inventario (R, S) es revisar el inventario cada R y ordenar una cantidad igual a S unidades menos el inventario efectivo al momento de la revisión.

El nivel de servicio P_1 y P_2 logrado mediante esta política puede obtenerse asumiendo que todos los faltantes se convierten en ordenes pendientes y determinando $P_z(k)$ y $G_z(k)$ respectivamente del apéndice A del libro de (Vidal, 2010) para el factor de seguridad k hallado anteriormente.

Calculo para P_1 y P_2

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

$$P_1 = 1 - P_z(k)$$

Calculo del CTR

$$CTR = \frac{A}{D} + \left(\frac{DR}{2} + SS \right) vr$$

Para cada uno de los ítems clase A se realizan los cálculos con las formulas expuestas anteriormente. La tabla 28 muestra el resultado.

Tabla 28. Cálculo de valores con sistema (R, S) para ítems clase AAA con P1 y P2 especificado

CONCEPTO	SISTEMA (R, S)																	
	Amistar Ztra	Burner	Ecoaz	Metsulfuron	Voliam Flexi	Finale	Rebrote	Solupotadse	Silcaphos	Antracol								
Demanda promedio (Mes)	7,88	11,79	1,48	282,51	9,68	7,82	23,61	28,78	15,50	46,30								
Desviación estandar (Mes)	4,67	7,72	0,40	136,81	5,44	15,97	9,37	9,10	7,33	13,67								
Tiempo de entrega (Mes)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33								
Costo Unitario (\$)	\$ 179.129	\$ 533.790	\$ 1.289.484	\$ 3.253	\$ 272.111	\$ 38.289	\$ 61.318	\$ 72.138	\$ 56.481	\$ 15.718								
Costo de Ordenar (\$)	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500								
Tasa de mantener Inv. (Anual)	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%								
EOQ	3	2	1	114	2	6	8	8	6	21								
Nivel de servicio especificado (95%)	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Nivel de servicio obtenido	92,4%	96,9%	95,8%	93,7%	86,7%	97,9%	89,6%	97,8%	93,4%	96,2%	95,8%	93,8%	89,8%	97,8%	89,1%	98,0%	89,3%	97,9%
k(0.95)	1,43	1,64	1,73	1,64	1,11	1,64	1,26	1,64	1,51	1,64	1,73	1,64	1,27	1,64	1,23	1,64	1,24	1,64
S (Unidades)	11	11	15	15	3	3	356	402	12	12	36	35	27	30	28	31	19	22
R (semanas)	1	1	3	2	1	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: los autores

Con un P1 especificado del 95% el 100% de los ítems obtuvieron un P2 mayor a 90% y con un P2 especificado del 95% el 40% de los ítems obtuvieron un P1 mayor a 90%.

En la tabla 29 se realiza la comparación entre el CTR (Costo Total Relevante) de las dos políticas evaluadas para cada insumo agrícola, con un nivel de servicio P1 y P2 igual a 95%. Además, se muestra el nivel de servicio obtenido para cada uno.

Tabla 29. Comparación de CTR y nivel de servicio

Item	Nivel de servicio especificado (95%)	Sistema (s, S)		Sistema (R, S)	
		Costo Total Relevante	Nivel de servicio obtenido	Costo Total Relevante	Nivel de servicio obtenido
Amistar Ztra	P1	\$ 257.539	89,8%	\$ 288.138	92,4%
	P2	\$ 300.950	97,8%	\$ 323.129	96,9%
Burner	P1	\$ 1.174.837	95,1%	\$ 1.310.898	95,8%
	P2	\$ 1.171.900	94,8%	\$ 1.252.117	93,7%
Ecoaz	P1	\$ 475.398	82,9%	\$ 498.341	86,7%
	P2	\$ 690.439	97,9%	\$ 663.865	97,9%
Metsulfuron	P1	\$ 155.076	85,8%	\$ 160.099	89,6%
	P2	\$ 190.520	98,5%	\$ 195.392	97,8%
Voliam Flexi	P1	\$ 435.756	91,8%	\$ 480.818	93,4%
	P2	\$ 487.987	97,1%	\$ 517.020	96,2%
Finale	P1	\$ 176.273	93,1%	\$ 284.521	95,8%
	P2	\$ 190.242	96,5%	\$ 271.770	93,8%
Rebrote	P1	\$ 197.827	86,0%	\$ 204.727	89,8%
	P2	\$ 242.800	98,5%	\$ 248.648	97,8%
Solupotadse	P1	\$ 230.314	85,5%	\$ 225.399	89,1%
	P2	\$ 283.497	98,6%	\$ 278.836	98,0%
Silcaphos	P1	\$ 146.593	85,08%	\$ 149.947	89,3%
	P2	\$ 181.274	98,61%	\$ 184.705	97,9%
Antracol	P1	\$ 101.328	77,04%	\$ 87.310	84,1%
	P2	\$ 128.271	99,21%	\$ 118.044	98,7%

Fuente: los autores

En general, se puede decir que entre mayor sea en nivel de servicio menor va a ser la probabilidad de que hayan faltantes o que la demanda no pueda ser suplida por el inventario a la mano.

Finalmente, la tabla 30 muestra el resultado de la política escogida para cada uno de los ítems clase A que generó el menor costo relevante cumpliendo con un nivel de servicio igual o mayor a 95%.

Tabla 30. Política escogida para los ítems clase AAA

Item	Costo Total Relevante	Sistema	Nivel de servicio obtenido
Amistar Ztra	\$ 300.950	(s,S)	97,8%
Burner	\$ 1.174.837	(s,S)	95,1%
Ecoaz	\$ 663.865	(R,S)	97,9%
Metsulfuron	\$ 190.520	(s,S)	98,5%
Voliam Flexi	\$ 487.987	(s,S)	97,1%
Finale	\$ 190.242	(s,S)	96,5%
Rebrote	\$ 242.800	(s,S)	98,5%
Solupotadse	\$ 278.836	(R,S)	98,0%
Silcaphos	\$ 181.274	(s,S)	98,6%
Antracol	\$ 118.044	(R,S)	98,7%

Fuente: los autores

En la tabla anterior se puede evidenciar que para el total de ítems clase AAA la política que predomina con un 70% en la política (s,S).

Las políticas aplicadas para los ítems clase A y las tablas resumen se puede observar en el [Anexo 14](#).

4. PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO

Este capítulo tiene como objetivo realizar una propuesta de mejora en el proceso de almacenamiento para la comercializadora caso de estudio, con el fin de minimizar los tiempos de almacenamiento y despacho de la mercancía, evitar contaminación entre productos, pérdidas por caducidad de productos y optimizar la utilización del espacio, con esto se logrará tener un almacén ordenado evitando que los productos estén obstaculizando el tránsito de los empleados y ofreciendo un adecuado nivel de servicio al cliente.

Para cumplir con el objetivo propuesto en primer lugar se plantea una redistribución de los productos dentro del almacén teniendo en cuenta las normas e indicaciones establecidas por las entidades que regulan el comercio de insumos agrícolas, la clasificación ABC multicriterio realizada en el capítulo 2 con la técnica APH y la semaforización de los insumos en cuanto a su fecha de caducidad,

después se propone una reubicación y una codificación de las estanterías y vitrinas teniendo en cuenta lo anterior.

Luego se realiza un cursograma analítico con las diferentes actividades del proceso de almacenamiento y despacho para la situación actual y otro con las propuestas realizadas, con el fin de demostrar la disminución de tiempo durante el proceso, por último, se elabora el diseño actual y el propuesto para comparar ambas distribuciones.

4.1 REDISTRIBUCIÓN DE LOS INSUMOS AGRÍCOLAS

4.1.1 Normas e indicaciones establecidas por el instituto colombiano agropecuario (ICA)

4.1.1.1 Para los expendedores

ARTÍCULO 25o. Toda persona natural o jurídica que distribuya o expendan los productos que trata la presente resolución, deberá cumplir las siguientes obligaciones:

1. Mantener vigente su inscripción ante el ICA y vender productos que tengan registro de venta del ICA, vigente.
2. Exender los productos en los empaques y envases originales de las empresas productoras o importadoras.
3. Almacenar los productos en tal forma que se garantice el mantenimiento de las características ofrecidas.
4. Permitir a los funcionarios del ICA, o a aquellas personas debidamente delegadas o acreditadas, realizar las visitas y toma de muestras para el control de calidad.
5. Presentar la factura o remisión expedida por el productor o distribuidor autorizado, que ampare la compra de los productos que expende, o copia del pedido cuando lo exija el funcionario del ICA o aquel debidamente delegado o acreditado para tal fin.

PARÁGRAFO. Para los plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines, los expendedores deberán tener en cuenta, además de los numerales anteriores, los siguientes:

- a. Exigir la prescripción de un ingeniero agrónomo con tarjeta profesional, para la venta de productos de Categoría Toxicológica I y II.

b. Exender los plaguicidas de uso agrícola solo a través y a personas mayores de edad.

c. El personal encargado de la distribución o expendio debe contar con el respectivo certificado o constancia de previa asistencia a un curso de capacitación y entrenamiento, de conformidad con lo establecido por el ICA, dictado por organismos o personas jurídicas acreditadas.

4.1.1.2 Para el almacenamiento de insumos agrícolas

En las visitas de control realizadas por el ICA a la comercializadora caso de estudio se hacen las siguientes recomendaciones para mejorar el almacenamiento:

- **Agrupación por línea o familia de productos:** los insumos agrícolas deben estar distribuidos en las estanterías y vitrinas de acuerdo a su línea de producto. Las líneas de productos de la comercializadora caso de estudio están comprendidas entre: coadyuvantes, fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas, bactericidas, hormonas, biológicos y semillas.
- **Peso de productos:** El peso de los insumos agrícolas varían unos de otros, por lo cual se recomienda que los productos más pesados deber estar ubicados en la parte de abajo.
- **Productos biológicos:** Estos productos por ser más susceptibles al cambio por temperaturas se recomienda que se mantenga en un ambiente fresco (ver tabla 3), en el caso de la comercializadora se ubican en la parte de atrás, por ser la zona más fresca que ayuda a conservar dichas condiciones.
- **Plaguicidas:** Los productos plaguicidas están compuestos por químicos más fuertes que los demás productos, estos están diseñados para atacar plagas, por tal razón, se recomienda que estén alejados de los demás productos para evitar algún tipo de contaminación.

Todo plaguicida que se utilice en el país deberá obtener concepto previo favorable de clasificación toxicológica y permiso de uso del Ministerio de Salud o su autoridad delegada, conforme a lo dispuesto en el art. 13 del Decreto 1343 de 1991 y demás normas pertinentes.

Que el Decreto 1843, en su art. 14 establece para efectos de la clasificación toxicológica de los plaguicidas, las siguientes categorías:

CATEGORIA I: Extremadamente Tóxicos

CATEGORIA II: Altamente tóxicos

CATEGORIA III: Medianamente tóxicos

CATEGORIA IV: Ligeramente tóxicos

Desde hace 3 años el ICA empezó a sacar de circulación algunos de los plaguicidas con clasificación toxicológica I, por lo tanto, los que se comercializan son muy pocos. Para el almacenamiento de estos se recomienda que se ubiquen en la parte de arriba los plaguicidas con clasificación toxicológica IV y de manera descendente hasta la categoría I.

Las normas expuestas anteriormente se pueden ver en el [Anexo 15](#) y el [Anexo 16](#).

4.1.2 Clasificación ABC

El objetivo de la clasificación ABC para la comercializadora caso de estudio es organizar los insumos agrícolas dependiendo el margen de contribución. Para esta se tendrá en cuenta la clasificación realizada en el capítulo 2 (figura 3) acatando las normas e indicaciones expuestas anteriormente.

En la tabla 31 se muestra la cantidad de insumos agrícolas por líneas de producto con respecto a cada clase, es decir, A, B o C.

Tabla 31. Cantidad de insumos agrícolas por línea respecto la categoría

Familias	Clase A	Clase B	Clase C	Total
Bactericidas	0	1	2	3
Biologicos	1	5	31	37
Coadyuvantes	8	10	50	68
Fertilizantes	32	89	333	454
Fungicidas	31	66	174	271
Herbicidas	16	24	69	109
Hormonas	1	2	17	20
Insecticidas	34	48	168	250
Semillas	1	3	24	28
Total	124	248	868	1240

Fuente: los autores

La información completa se puede observar en el [Anexo 17](#).

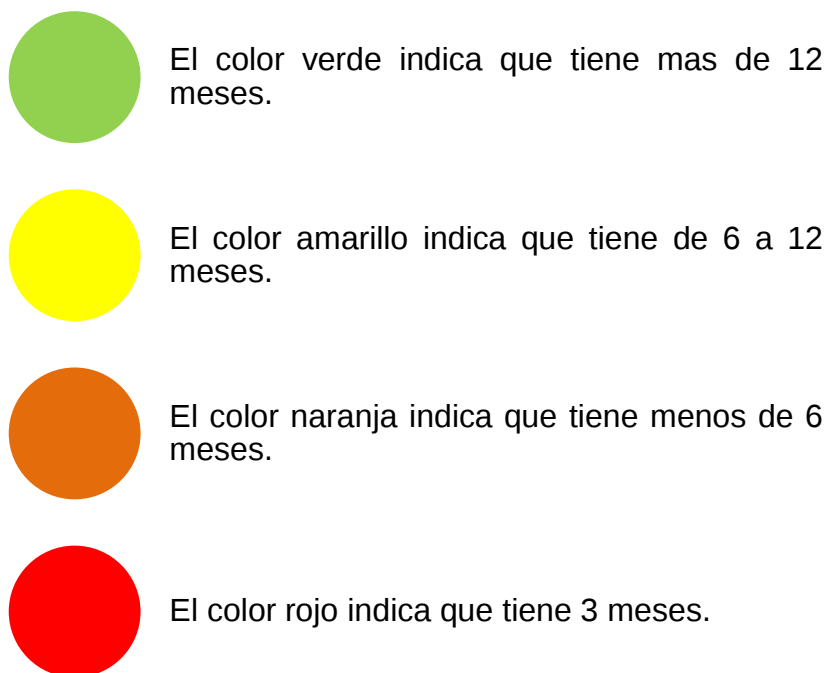
4.1.3 Semaforización

La función de la semaforización en la comercializadora caso de estudio es visualizar en qué rango se encuentra la fecha de caducidad de los ítems, con el propósito de que no hayan pérdidas por ese motivo. Puesto que si no se venden, el proveedor se los puede cambiar si les avisan con mínimo 3 meses de anticipación.

La caducidad de los productos varía dependiendo la línea de producto, para los biológicos esta entre 6 meses y un año, y para los demás familias es de 2 años a excepción de algunos fertilizantes que su fecha de caducidad es de hasta 5 años.

Para la comercializadora caso de estudio se van a trabajar los rangos y colores que se ilustran en la figura 5.

Figura 5. Semaforización



Fuente: los autores.

4.2 REUBICACIÓN Y CODIFICACIÓN

Se hace una propuesta de reubicación de estanterías con la idea de utilizar de mejor manera el espacio de la comercializadora, de evitar que los productos estén cerca a la entrada donde se pueden alterar sus propiedades por altas

temperaturas, de darle lugar específico a las cajas y bultos para que no estén obstaculizando el tránsito y ubicar las semillas lejos de los plaguicidas para evitar contaminación o alteraciones.

La comercializadora cuenta con 15 estanterías metálicas, de 90 cm de ancho por 2 m de alto, de 5 niveles, con 3 vitrinas con 1,5 m de ancho por 45 cm de alto, con 4 niveles cada una y organizador para semillas. El objetivo de la codificación es localizar de forma ágil los productos, lo que minimiza el tiempo de despacho del cliente y de almacenamiento, el recuento de la mercancía a la hora de realizar inventario se hace más rápido y se logra tener un almacén ordenado.

Cada estantería y vitrina estarán asociadas a una codificación correlativa conformada por:

- Número de estantería o vitrina
- Letra de la familia
- Nivel de la estantería o vitrina
- Color de la semaforización

El código de cada estantería será de tres dígitos y un color

- **Primer dígito:** número de posición que ocupa la estantería.
- **Segundo dígito:** letra mayúscula inicial que representa la familia (coadyuvantes, fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas, bactericidas, hormonas, biológicos y semillas) a la que pertenece cada producto, para el caso de los fertilizantes se utilizara la letra T para que no se confunda con los fungicidas.
- **Tercer dígito:** número que indica el nivel de la estantería o vitrina de forma ascendente.
- **Color:** está asociado a la semaforización (figura 5).

4.3 CURSOGRAMA ANALÍTICO

Es una herramienta de ingeniería que sirve para analizar más detalladamente los procesos. En el caso de la comercializadora se dará para los procesos de almacenamiento y despachos de pedidos, en función al operario. Se realizan dos cursogramas el actual y el propuesto con las respectivas recomendaciones, con la finalidad, de mostrar si se produjo una mejora en cuanto al tiempo.

En el cursograma analítico actual se describen cada una de las actividades que componen el proceso de almacenamiento y despacho de productos de la comercializadora, y el tiempo (en minutos) que tarda el administrador en realizar

cada una de estas. Según los tiempos tomados durante el proceso este tiene un total de 2390,5 minutos. Ver tabla 32.

Tabla 32. Cursograma analítico actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO ACTUAL					Operario				
Diagrama no. 1		Hoja: 1 de 1		Resumen					
Producto: Insumos Agrícolas Actividad: Proceso de almacenamiento y despacho Método: Actual Lugar: Comercializadora caso de estudio				Actividad		Actual	Propuesto	Economía	
				Operación ○		12,5			
				Inspección □		12			
				Espera ▢		2912			
				Transporte ⇨		9			
				Almacenamiento ▽		45			
Distancia (mts.)									
Tiempo (min)				2990,5					
Operario (s): Administrador		Fecha: 27-03-2019		Costo					
Compuesto por: Yenifer - Yuliana		Fecha: 27-03-2019		Mano de obra					
Aprobado por: Administrador		Fecha: 27-03-2019		Material					
				TOTAL					
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad					OBSERVACIONES
				○	□	▢	⇨	▽	
1.Descargar la mercancía			5 min	●					
2.Entrar la mercancía al almacén			7 min					●	
3.Verificar cantidad y condiciones			12 min		●				
4.Espera de mercancía para almacenar			30 min			●			Hasta que el administrador este desocupado
5.Traslado de la mercancía a las estanterías y vitrinas			2 min					●	
6.Ubicación de los productos en las estanterías y vitrinas			45 min					●	
7. Espera de mercancía para almacenar			2880 min			●			Se deja en cajas para ir surtiendo los productos agotados
8. Solicitud del cliente			2 min					●	
9.Localizar ubicación del producto requerido			6 min	●					
10.Empacado y entrega del producto			1 min	●					
11.Realizar factura			0,5 min	●					
TOTAL			2990,5 min						

Fuente: los autores con información suministrada por la comercializadora.

Con la propuesta de mejora planteada, se puede evidenciar en el cursograma analítico que se reduce el tiempo de ubicación de los productos en las estanterías y vitrinas en 15 minutos, ya que, con la codificación de estas se ubican los

productos de manera más rápida, también se disminuyó el tiempo de espera de la mercancía para ser almacenada en 1440 minutos, en vista de que los pedidos con la política de control de inventarios son más exactos y por último se redujo el tiempo de localización de los productos en 4 minutos, gracias a la codificación de las estanterías y vitrinas, por consiguiente todo el proceso obtuvo una reducción total de 1459 minutos. Ver tabla 33

Tabla 33. Cursograma analítico propuesto

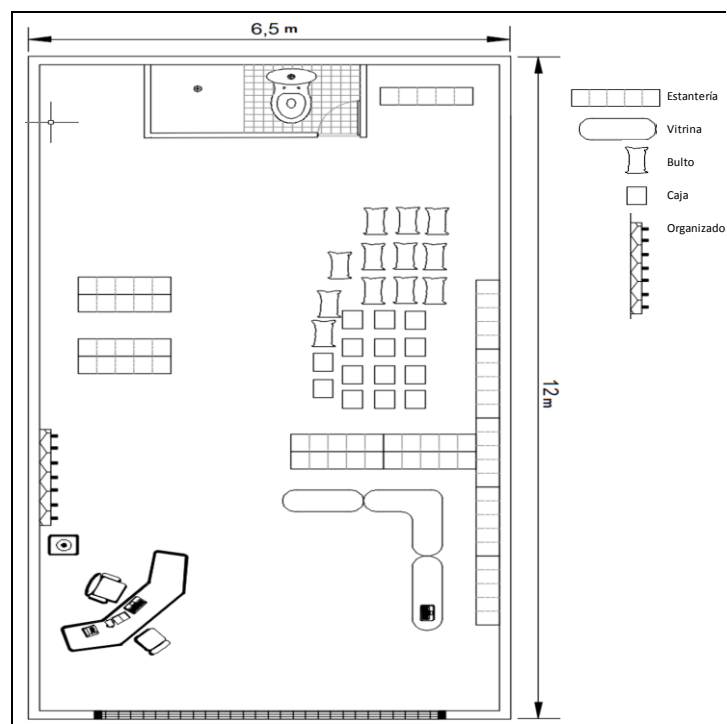
CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO					Operario					
Diagrama no. 1				Hoja: 1		de 1		Resumen		
Producto: Insumos Agrícolas				Actividad		Actual	Propuesto	Economía		
				Operación ○		12,5	8,5	4		
Actividad: Proceso de almacenamiento y despacho				Inspección □		12	12			
				Espera D		2912	1472	1440		
Método: Propuesto				Transporte ⇨		9	9			
				Almacenamiento ▽		45	30	15		
				Distancia (mts.)						
Lugar: Comercializadora caso de estudio				Tiempo (min)		2990,5	1531,5	1459		
Operario (s): Administrador				Fecha no. 1		Costo				
Compuesto por: Yenifer - Yuliana				Fecha: 27-03-2019		Mano de obra				
Aprobado por: Administrador				Fecha: 27-03-2019		Material				
				TOTAL						
DESCRIPCIÓN		Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad					OBSERVACIONES
					○	□	D	⇨	▽	
1.Descargar la mercancía				5 min	●					
2.Entrar la mercancía al almacén				7 min				●		
3.Verificar cantidad y condiciones				12 min		●				
4.Espera de mercancía para almacenar				30 min			●			Hasta que el administrador este desocupado
5.Traslado de la mercancía a las estanterías y vitrinas				2 min				●		
6.Ubicación de los productos en las estanterías y vitrinas				30 min					●	
7. Espera de mercancía para almacenar				1440 min			●			Se deja en cajas para ir surtiendo los productos agotados
8. Solicitud del cliente				2 min				●		
9.Localizar ubicación del producto requerido				2 min	●					
10.Empacado y entrega del producto				1 min	●					
11.Realizar factura				0,5 min	●					
TOTAL				1531,5 min						

4.4 DISEÑO

El layout es un esquema detallado de las instalaciones de la planta, éste esquematiza la distribución de los elementos que la componen. El layout es una herramienta que busca anticipar problemas de capacidad de espacio, mejorar la distribución de locaciones y optimizar el flujo de productos. Entre los problemas que ha solucionado el layout, están los problemas de espacio, procesos y planeación de recursos (Mejía, Orozco & Palencia, 2016).

En el caso de la comercializadora analizada cuenta con una superficie de 78 m², compuesta por un baño y el resto del espacio se utiliza para el almacenamiento de insumos agrícolas, distribuidos en estanterías y vitrinas, en la parte de adelante lado izquierdo se encuentra el escritorio, dispensador de agua y organizador de semillas, en el lado derecho las vitrinas y la registradora, en la mitad al lado derecho se almacenan los bultos y cajas con mercancía, al lado del baño los insumos biológicos, en medio al lado izquierdo se encuentran ubicadas las estanterías con los plaguicidas y el resto de las estanterías están ubicadas en forma de T al lado derecho y parte del centro del almacén, cabe aclarar que solo hay una puerta de entrada y salida, observar el diseño actual en la figura 6.

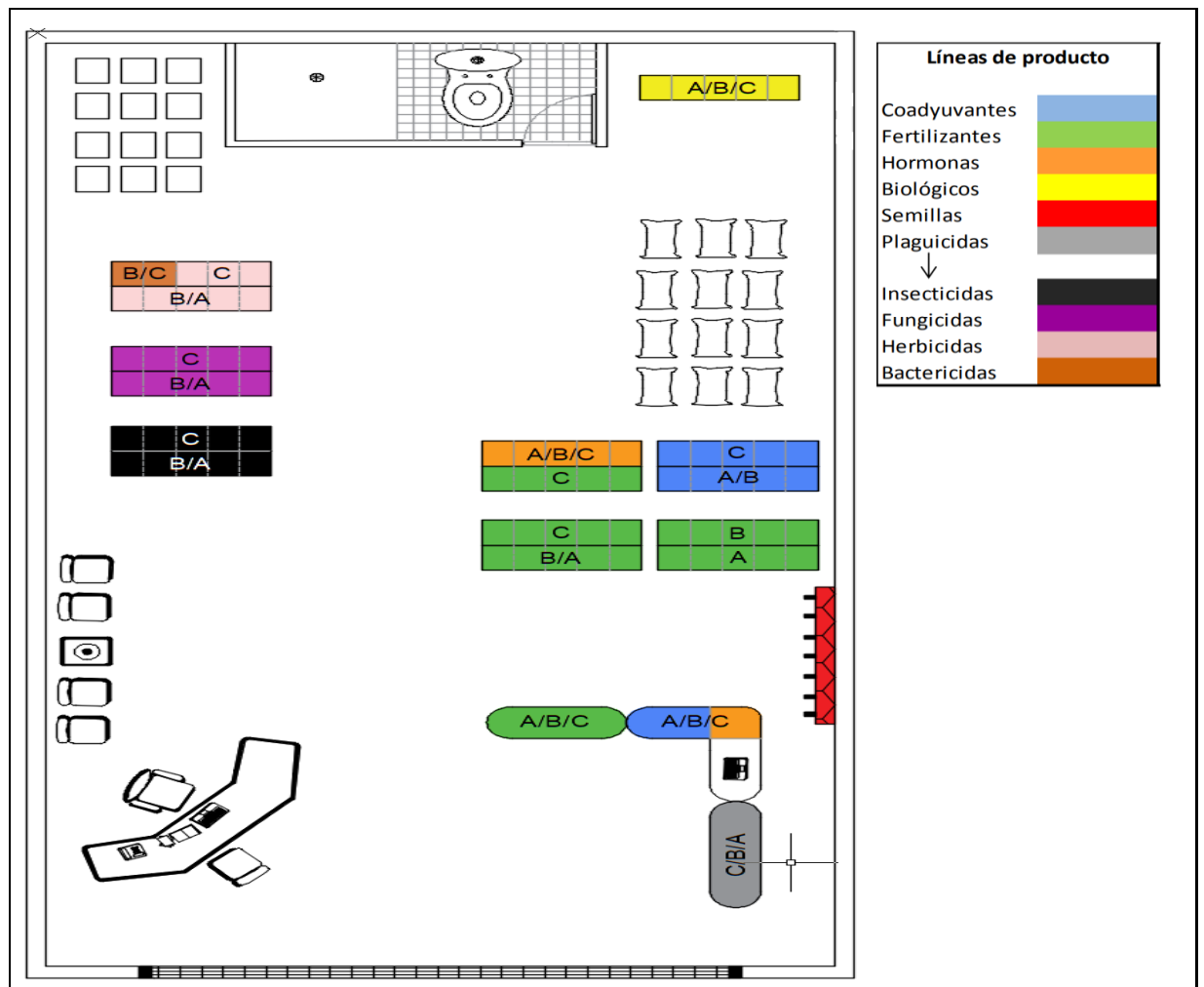
Figura 6. Diseño actual de la comercializadora



Fuente: los autores

Analizando la distribución actual descrita anteriormente, se observa que las estanterías se encuentran muy pegadas unas de otras, lo que dificulta el tránsito y el acceso a la hora de entregar los productos ocasionando demoras, los bultos y cajas al estar revueltos ocasionan desorden, algunas estanterías están muy cerca a la entrada donde le llaga fácilmente los rayos del sol alterando sus propiedades y el organizador de semillas está al lado de los plaguicidas, por estos motivos se decide hacer una propuesta de reubicación (ver figura 7), considerando que, el reordenamiento de las diferentes zonas del almacén es una pieza fundamental dentro de la optimización del mismo, ya que permite reducir tiempos de ubicación de la mercancía (tabla 33), aumentar la capacidad de almacenamiento y favorecer el flujo continuo y ordenado de entrada y salida de materiales (Otero, 2011).

Figura 7. Diseño propuesto



Fuente: los autores

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el diagnóstico a la comercializadora se evidencio fallas en los procesos de inventario y almacenamiento, pues se realiza de manera muy empírica, lo que ocasiona acumulación de mercancía cuando se pide más de lo necesario y faltantes cuando se pide poco, además no se tienen en cuenta todas las normas del ICA para la ubicación de los productos, las estanterías y vitrinas no tienen rotulación, generando demoras en la organización y entrega de los productos al cliente.
- El margen de contribución anual que se deja de percibir en la comercializadora por falta de implementación de una política de inventario, es de \$ 11.769.540 pesos m/cte, además, de los costos asociados a los productos, en total sería una pérdida anual de \$ 27.369.540 pesos m/cte.
- La clasificación ABC multicriterio resulta relevante para el trabajo presentado, ya que, a diferencia de la clasificación ABC tradicional permite clasificar los ítems teniendo en cuenta diversos criterios tales como, costo, margen de contribución, rotación, criticidad, demanda, inventario promedio, entre otros, que son relevantes para determinar la importancia de cada ítem. Además, Realizar dos métodos de clasificación ABC multicriterio, permitió enfocar los estudios del presente trabajo en los ítems más relevantes.
- Para la realización de la clasificación ABC multicriterio se escogieron los criterios margen de contribución, inventario promedio y rotación de inventario, y por medio de la aplicación de la técnica AHP se obtuvieron una ponderaciones de 50.76, 35.06 y 14.18% para cada criterio respectivamente.
- Con la aplicación de la técnica AHP a los 1240 ítems de la comercializadora, teniendo en cuenta las ponderaciones de los criterios y utilizando los porcentajes 10, 20 y 70% con respecto a la cantidad de ítems, se obtuvo como resultado 124 ítems en clase A, 248 en clase B y 868 en clase C.
- Con el desarrollo del método de dos criterios de Flores et al (1992) y considerando los dos criterios con mayor ponderación, se logró jerarquizar los ítems clase A, en tres categorías AAA(demasiado importante), AA(muy importante) y A(importante), con el fin de analizar los más representativos, obteniendo 10 ítems clase AAA, 12 AA y 102 A.

- En el proceso de análisis de la demanda de los ítems clase AAA, se evidencia que la demanda del 100% de los ítems es estable, perpetua o uniforme, por tratarse de insumos agrícolas que son demandados durante todas las épocas del año.
- De la aplicación de los sistemas de pronósticos a los 10 ítems clase AAA, se concluye que la combinación 3 es la que genera el menor error cuadrático medio.
- Dado que la demanda es aleatoria se utiliza sistemas de control de inventario (s, S) y (R, S) para determinar cual genera el menor costo total relevante con nivel de servicio mayor o igual a 95%, después de comparar los resultados obtenidos por ambas políticas se concluye que la (s, S) cumple con los parámetros establecidos para un 70% de los ítems clase AAA.
- Con las mejoras propuestas al área de inventario y almacenamiento, por medio del diseño de reubicación del almacén y mediante el cursograma analítico propuesto, se evidencia un almacén ordenado, aplicando las normas e indicaciones sugeridas por los entes reguladores de insumos agrícolas y se observa una disminución en los tiempos de operación, espera y almacenamiento.
- Se recomienda considerar la variabilidad del lead time en la definición y aplicación de sistema de control de inventarios; ya que para la realización de este trabajo se asumió que el lead time es constante.

BIBLIOGRAFÍAS

Arboleda, J., & Castillo, J. A. (2017). Modelo integrado de clasificación abcmulticriterio, aplicado en el área de picking de un centro de distribución de repuestos. *Revista de investigación en ciencias estratégicas*, 3(2), 15-34.

Álvarez, J. R., & Huamán, J. J. (2017). Evaluación Agregada: Un Sistema de Control Conjunto y Estrategia de Pronósticos en una Empresa Importadora y Distribuidora. *Global Partnerships for Development and Engineering Education*, Boca Raton FL, United States.

Balaji, K., & Kumar, V. S. (2014). Multicriteria inventory ABC classification in an automobile rubber components manufacturing industry. *Procedia CIRP*, 17, 463-468.

Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (5ta Ed.). Pearson Educación.

Blanco, A. M. (2016). *Diseño de propuesta de distribución del almacén para mejorar la gestión de inventarios de la empresa repuestos el palenque S.A.S.* Ingeniería industrial, Universidad pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.

Chen, H., & Li, P. (2015). Optimization of (R, Q) policies for serial inventory systems using the guaranteed service approach. *Computers & Industrial Engineering*, 80, 261-273.

Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro* (3er Ed.). México DF: Pearson educación.

Chu, C. W., Liang, G. S., & Liao, C. T. (2008). Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *Computers & Industrial Engineering*, 55(4), 841-851.

Cortés, B., & Morales, L. (2012). *Diseño de un sistema de control de inventarios de repuestos en una empresa manufacturera de la ciudad de Cali.* Santiago de Cali, Colombia. Ingeniería industrial, Universidad del Valle.

De la Rosa, A. F., & Dovale, P. (2008). *Optimización de los Procesos de Almacenamiento: Diseño de un Sistema de Gestión y Control de Inventarios para la Empresa ECA Ltda.* Administrador industrial, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.

De Molina, A. (2016). Gestión de inventarios y almacenes. Recuperado el 22 de febrero de 2019, en <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/gestion-de-inventarios-y-almacenes/>.

Díaz, S., & Vélez, L. M. (2013). *Diseño de un sistema de control de inventario para una institución de formación pública colombiana*. Ingeniera industrial, Universidad del Valle. Zarzal, Colombia.

Flamarique, S. (2017). Gestión de operaciones de almacenaje. *Marge Books*.

Flores, B. E., Olson, D. L., & Dorai, V. K. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer modelling*, 16(12), 71-82.

García, L. A. M. (2011). Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes. *Ecoe Ediciones*.

Gómez, C. O., & Cabrera, P. O. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et technica*, 2(39).

Gutiérrez, Ó. P. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Cuadernos de Administración*, 22(38).

Hurtado, A. F., & Ortiz, J. A. (2018). *Diseño de un proceso de almacenamiento para una empresa distribuidora y comercializadora de productos para la construcción y el hogar ubicada en el municipio de Cali*. Ingeniería industrial, Universidad de San Buenaventura. Santiago de Cali, Colombia.

Hurtado, T., & Bruno, G. (2005). *El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Trabajo de grado (Licenciado en Investigación Operativa)*, Universidad Nacional de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas. EAP de Investigación Operativa., Lima.

I Cos, J. P., De Navascués, R., & Esteban, M. Y. (1998). Manual de logística integral. *Ediciones Díaz de Santos*.

Idárraga, A. J., & Zúñiga, D. (2016). *Propuesta de un modelo de control de inventarios para conjuntos de ítems en una comercializadora de productos farmacéuticos de la región*. Ingeniería industrial, Universidad del Valle. Zarzal, Colombia.

Instituto Colombiano Agropecuario. (1995). Normas del ICA en materia de Insumos agrícolas, Resolución No. 3079.

Mejía, C. M., Orozco, B., & Palencia, J. M. (2016). *Propuesta para un layout del almacén de la comercializadora S&E en la ciudad de Medellín*.

Ministerio de Salud. (1992). Capítulo III del Decreto 1843 de 1991, archivo interno entidad emisora. Resolución No. 10834

Miranda, L. M., & Villamizar, A. *Propuesta de mejoramiento de la cadena de abastecimiento enfocada en la gestión de inventarios, proceso de almacenamiento y preparación de pedidos en el CEDI de COLNOTEX SA* (Bachelor's thesis, Facultad de Ingeniería). Ingeniería industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C, Colombia.

Monsalve, A. M., & Ospina, K. A. (2018). *Propuesta de un modelo de control de inventario de repuestos para una empresa manufacturera de alimentos del norte del valle del cauca*. Ingeniería industrial, Universidad del Valle. Zarzal, Colombia.

Liu, Y., Ni, W., & Ge, Z. (2017). Fuzzy decision fusion system for fault classification with analytic hierarchy process approach. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*.

Londoño, M. P. (2012). *Propuesta de mejoramiento del sistema de almacenamiento y control de inventarios para Betmon* (Bachelor's thesis, Facultad de Ingeniería). Ingeniería industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C, Colombia.

Otero, E. D. (2011). *Aplicación inteligente de la metodología "Lean Manufacture" en el negocio del Repuesto Automotor*.

Parra, D., Pedraza, L., & Torres, V. (2011). *Una clave para el éxito: la logística del almacenamiento* (Doctoral dissertation, Universidad del Rosario).

Pérez, I., Cifuentes, A. M., Vásquez, C., & Ocampo, D. (2013). Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios. *Ingeniería Industrial*, 34(2), 227-236.

Rezaei, J. (2007). A fuzzy model for multi-criteria inventory classification. *Analysis of Manufacturing Systems*, 167-172.

Snyder, R. (2002). Forecasting sales of slow and fast moving inventories. *European Journal of Operational Research*, 140(3), 684-699.

Van Jaarsveld, W., & Dekker, R. (2011). Spare parts stock control for redundant systems using reliability centered maintenance data. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(11), 1576-1586.

Vidal, C. J., Londoño, J. C., & Contreras Rengifo, F. (2011). Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N puntos de venta. *Ingeniería y competitividad*, 6 (1).

Vidal, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Programa Editorial Universidad del Valle.

Wan Lung, Ng (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 344-353.

Yu, M. C. (2011). Multi-criteria ABC analysis using artificial-intelligence-based classification techniques. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3416-3421.

Zhu, H., Liu, X., & Chen, Y. F. (2015). Effective inventory control policies with a minimum order quantity and batch ordering. *International Journal of Production Economics*, 168, 21-30.

Zuluaga, C. A. C., Gallego, M. C. V., & Urrego, J. A. C. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos. *Iteckne*, 8(2).