

# Revisión de modelos de políticas de inventarios para determinar su aplicabilidad en la gestión de inventarios de repuestos en un ingenio azucarero del Valle del Cauca (Período 2013-2018)

Review of inventory policy models to determine their applicability in the inventory management of spare parts in a sugar mill in Valle del Cauca (Period 2013-2018).

María Del Pilar Toledo Chicaiza  
[María.toledo00@usc.edu.co](mailto:María.toledo00@usc.edu.co)

Geraldin Ordoñez Buitrago  
[geraldine.ordonez00@usc.edu.co](mailto:geraldine.ordonez00@usc.edu.co)

Nathaly Martínez Escobar, M.Sc  
[Nathaly.martinez00@usc.edu.co](mailto:Nathaly.martinez00@usc.edu.co)

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de [Ingeniería Industrial] (1)

## **Resumen**

Las políticas de inventarios de repuestos juegan un papel muy importante dentro del manejo de la gestión de inventarios de los ingenios azucareros del Valle del Cauca, toda vez que la maquinaria y repuestos para la realización de sus productos representan un alto costo, esto deduce que al sobrevalorar o subvalorar la demanda de repuestos, las empresas obtendrán pérdidas en su producción por paros o caerán en excesos en sus inventarios. Es por ello que es importante contar con una buena política de inventario que permita gestionar de manera correcta todas estas situaciones. Por lo anterior se ha realizado una revisión en la literatura de los diferentes sistemas de políticas de inventario de repuestos para así después seleccionar la política de inventario que más se ajusta al tipo de demanda de repuestos en un ingenio azucarero del Valle del Cauca. Entre los sistemas encontrados principalmente están los continuos (s, Q), (s, S), los sistemas periódicos (R, s), (R, s, S) y otros. Es importante aclarar que para dar a conocer la política de inventario de repuestos se llevó a cabo una clasificación ABC la cual permitió dar importancia a los repuestos con más peso y de los cuales solo se tomaron los ítems clase A, posterior a este filtro se dio a conocer el Coeficiente de Variación para cada uno de los ítems, dando como patrón una demanda Errática para la mayoría de los repuestos, luego se llevó a cabo el pronóstico de los cuales se eligieron los de menor ECM que presentaban, finalmente en los 10 ítems de repuestos clase A, se aplicó la técnica de revisión periódica (R,s) y la técnica de revisión continua (s,S) ya que estas se ajustaban al tipo de demanda de estos repuesto, al realizar una comparación con el CTR ( costo total relevante), la política de inventario de repuesto que dio el menor valor en todos sus repuesto clase A, fue la técnica de revisión continua (s,S).

*Palabras Clave:* repuestos, política de inventario, sistema periódico, sistema continuo, demanda, sistema periódico, ingenio.

## **Abstract**

The spare part inventory policies play a very important role in the management of inventory the sugar mills of Valle del Cauca, since the machinery and spare parts for the realization of their products represent a high cost, this deducts that Overvalue or undervalue the demand for spare parts, companies will obtain losses in their production due to work stoppages or will fall in excesses in their inventories. That is why it is important to have a good inventory policy that allows you to correctly manage all these situations. Therefore, a literature review of the different spare parts inventory policy systems has been carried out in order to then select the inventory policy that most closely matches the type of spare parts demand in a sugar mill in Valle del Cauca. Among the systems found mainly are the continuous (s, Q), (s, S), the periodic systems (R, s), (R, s, S) and others. It is important to clarify that in order to publicize the spare parts inventory policy, an ABC classification was carried out, which allowed to give importance to the spare parts with more weight and from which only the class A items were taken, after this filter was given to know the Coefficient of Variation for each of the items, giving as a pattern an Erratic demand for most of the spare parts, then the forecast was carried out, which were chosen with the lowest ECM that they presented, finally in the 10 items of spare parts class A, the technique of periodic review (R, s) and the technique of continuous revision (s, S) were applied since these were adjusted to the type of demand of these spare, when making a comparison with the CTR (cost relevant total), the spare inventory policy that gave the lowest value in all its class A spare parts, was the continuous review technique (s, S).

*Keywords:* spare parts, inventory policy, periodic system, continuous system, demand, periodic system, ingenuity.

## 1. INTRODUCCIÓN

Todas las empresas dependen del funcionamiento eficaz de su maquinaria que está sujeto a interrupciones imprevisibles. Cuando estas interrupciones causadas por averías se producen, técnicos de mantenimiento intentan restaurar las máquinas a través de la reparación o la instalación de piezas de repuesto en un plazo de tiempo de respuesta. La logística de piezas ha sido estudiada por diversos autores, sin embargo, la investigación se ha hecho de manera que integra poco las localidades de cobertura del técnico, su política de llevar el inventario y sus políticas operacionales (Renovetec, 2013). Para las compañías es clave fundamental el eficaz funcionamiento de sus máquinas ya que estas son empleadas para la realización de sus productos, las piezas de repuestos son determinantes para que las máquinas operen de manera correcta evitando así paros en las mismas, es por ello que resulta más caro arreglar el problema que prevenirlo. Es preciso en este punto donde radica la importancia de tener la (disponibilidad de repuestos) a la hora de requerirlos, el tener un buen sistema de política de inventario permitirá a la compañía conocer la cantidad de repuesto (demanda) para así satisfacer los tiempos de respuesta para reabastecer las piezas dañadas, y así cumplir debidamente con la planificación inicial realizada dentro de las organizaciones.

Dado lo expuesto anteriormente, se resalta lo mencionado por Giannoccaro (2003) donde afirma que los inventarios generalmente representan entre el 20% y 60% de los activos totales de las empresas. Por lo cual las políticas de gestión de inventario son fundamentales para determinar el beneficio de dichas empresas, siendo un porcentaje considerable en el momento de tomar decisiones acertada en su buen manejo.

Tal es el caso de lo señalado por Insuasty Peña (2014), en su trabajo realizado donde la falta de repuestos de la maquinaria agrícola en un ingenio azucarero, puede causar hasta una pérdida de \$ 1.152.000.000, con paros aproximadamente de hasta 2 meses por falta de repuestos, teniendo en cuenta que el inventario de repuesto representa el 40% de los materiales del taller agrícola. Son evidentes los problemas que se generan cuando no se cuenta con un buen sistema de gestión de inventarios donde no se lleva un control de cómo, quién y cuánto dentro de la demanda establecida usará cada ítem de repuesto, esto conlleva al aumento de riesgos en pérdidas invaluable dentro de la compañía. Por otro lado, en el trabajo realizado en una empresa de tejeduría por (Chumpitaz Miguel, 2011) donde afirma que existen causas por las cuales no son tan efectivas las compra y estas se dan por que no existe una política de inventario que les permita saber a la compañía qué cantidad hay que comprar y en qué momento, Por ello, muchas veces se compra más de lo debido o no se compra los repuestos necesarios, esto se ve reflejado económicamente con problemas de paros de máquinas por falta de repuestos que oscilan aproximadamente \$506.925.000 (esto de acuerdo a su caso).

Pero lo anterior no es materia sencilla, puesto que los inventarios para repuestos deben mirarse de manera diferente. Según (Kennedy, Wayne Patterson, & Frendelar 2002) los inventarios de repuestos no son productos intermedios o finales que se vendan a un cliente, y las políticas que rigen los inventarios de piezas de repuesto son diferentes de las que rigen el WIP(work-in- process) y otros. Es por esto que se requiere un método de políticas de inventario que incluya las variables correctas para una planificación adecuada.

Es por ello que se han hecho diversos estudios al respecto, donde se afirman que, para tener un sistema de control de inventarios dentro de las empresas es necesario tener una respuesta clara a tres interrogantes que constantemente se presentan: ¿Cuándo se debe emitir una orden de compra?, ¿Cuánta cantidad se debe pedir?, ¿Cada cuánto se debe revisar el inventario? Esto con el fin de tener lo que el cliente requiere, en la cantidad que solicita y a tiempo, sin caer en inventario de ítems que no presentan movimiento o que haya un faltante de aquellos repuestos que tienen mayor movimiento (Houtumb, 2014).

Con relación a lo anterior se realizó este proyecto de investigación, el cual contempla la búsqueda en la literatura de los últimos 5 años (2013-2018), en el cual se encuentra una gran cantidad de estudios realizados de políticas de inventario de repuestos y este a su vez se aplica en un ingenio azucarero del Valle, el cual fue fundado el 29 de julio de 1963, el cual ejerce influencia en 7 municipios del departamento del Cauca (Santander de Quilichao, Villa Rica, Puerto Tejada, Padilla, Caloto, Corinto y Miranda) y 6 municipios del sur del departamento del Valle del Cauca (Cali, Jamundí, Palmira, Pradera, Florida y Candelaria), con un área total de tierras vinculadas de 38,969 hectáreas netas y gracias a su actividad manufacturera de este ingenio, se generan 5,732 trabajadores a través de toda la cadena de valor (Asocaña, 2018).

Esta aplicación se desarrolla en el departamento de gestión de inventarios de repuestos del equipo(cosechadora) en el cual después de encuesta realizada a funcionarios del ingenio azucarero, se identificó la importancia que este ocupa en

porcentaje dado a los inventarios de repuestos dentro de la compañía lo cual representan un 40% y 60% , además de la importancia que se le da al nivel de servicio que se debe presentar a los usuarios internos como externos y el cual es una variable de decisión muy importante dentro de la conformación de inventario de repuestos, se identificó que en la mayoría de los casos el mantenimiento de los equipos ( cosechadoras) se hacen de manera correctiva y en otras ocasiones preventivas, teniendo en cuenta lo anterior también se evidencio que los inconvenientes más comunes a la hora de solicitar repuestos en el almacén, es la demora en recibir los materiales (repuestos) que se necesitan siendo esto perjudicial para el continuo funcionamiento de la maquinaria, esto anidado a que tampoco cuentan con políticas de inventario de repuestos que respondan a cada cuanto se debe ordenas, cuando se debe ordenar y como se debe ordenar.

Por lo anteriormente mencionado y conociendo la importancia del sector azucarero de la región del Valle, es importante considerar la realización de estrategias a nivel interno que permitan responder al desarrollo y evolución del mismo, donde la prioridad sea lograr mejoras sustanciales a nivel operacional y evitar así impactos económicos desfavorables. El control de los inventarios de repuestos es considerado como una parte vital en la productividad de las compañías. Toda vez que al tener estrategias enfocadas a minimizar este tipo de consecuencias, se podrá asegurar la disponibilidad de los repuestos demandados en el momento preciso en que se requieren, garantizara la continuidad del proceso, de lo contrario, se verá afectada la funcionalidad y operatividad de la maquinaria, que terminara en un paro, en el cual se requiera algún repuesto que no se encuentre en inventario, directamente se genera una afectación en el proceso que disminuye la productividad y en consecuencia, los ingresos económicos y niveles de servicio también se verán perjudicados. Es evidente la trascendencia que tiene el determinar un modelo que permita mejorar la disponibilidad efectiva y oportuna de repuesto a un costo aceptable, a su vez permita una adecuada y efectiva gestión del inventario de repuestos al interior de la organización.

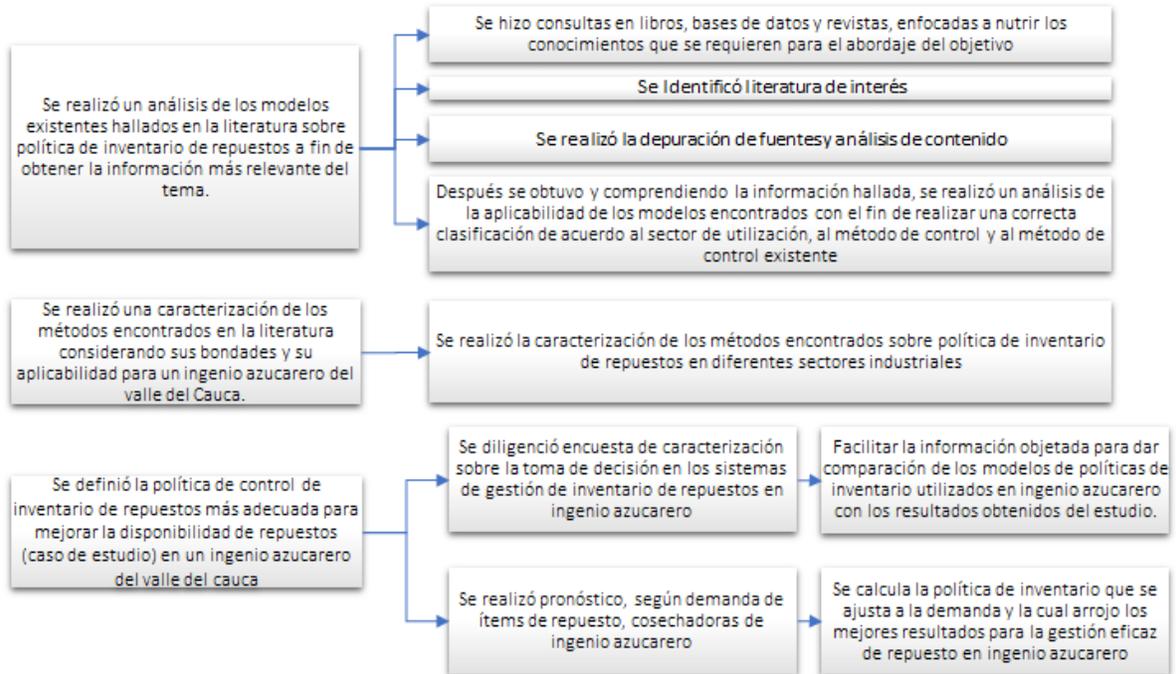
Este documento pretende revisar los modelos de política de inventario de repuestos, para así determinar las políticas más adecuadas para mejorar la disponibilidad de repuestos en una empresa azucarera de la región del Valle, se establece comprender los modelos existentes hallados en la literatura sobre política de inventario de repuestos a fin de obtener información relevante del tema de estudio, segundo Caracterizar los métodos encontrados en la literatura considerando sus bondades y su aplicabilidad para un ingenio azucarero del Valle del Cauca y tercero definir la política de control de inventario de repuestos que más se ajusta para mejorar la disponibilidad de repuestos en un ingenio azucarero de la región del Valle.

## 2. METODOLOGÍA

Para efectuar el trabajo de investigación se hizo necesario llevar a cabo un desarrollo metódico que permita la adecuada consecución de los objetivos propuestos (López-Noguero, 2002, pág. 167) logrando así finalizar exitosamente el proyecto emprendido. Una de las fases más importantes en el desarrollo de este proyecto de investigación fue el de definir el tipo de investigación que se trataría, en este caso, se aplicó el tipo descriptivo, ya que se busca analizar a través de una investigación exhaustiva los aspectos más relevantes de los diferentes métodos aplicados en la gestión de inventarios de piezas de repuestos.

Adicionando un componente de la investigación documental, dado que el universo de la información de este proyecto es resultante del estudio de diferentes fuentes documentales, buscando generar una contribución en este campo de la logística, donde se dio cumplimiento a las diferentes actividades: como primer paso se da inicio con la recopilación de los diferentes métodos de política de inventario, donde se entiende que las políticas de inventarios deben dar respuesta a incógnitas como cada cuanto debo revisar el inventario, cuando debo ordenar y cuanto debo ordenar, teniendo en cuenta si son ítems de demanda dependiente o independientes según lo mencionado por (Vidal, 2010). Con el fin de recolectar información importante sobre las políticas existentes, se realizaron consultas en los diferentes libros, bases de datos y revistas en este caso los inventario y sus políticas, como segundo paso se continuó con la clasificación de las políticas de inventario de acuerdo a su utilización, de modo que su identificación y análisis fuera más simple de llevar, en la siguiente imagen 1 se da a conocer el esquema de investigación.

Figura 1 Esquema de Investigación



Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se efectuó una revisión a encuestas realizadas dentro del Ingenio Azucarero de la región del Valle, la cual fue diligenciada por el personal encargado de los inventarios de repuestos, con el fin de comparar que modelo de política de inventario llevan en la compañía y cuál es la que más se ajusta (política de inventario) según su tipo de demanda. Se clasificó la demanda en datos recolectados en los repuestos de las cosechadoras en un ingenio azucarero de la región del Valle a través de la clasificación ABC, obteniendo el patrón y el comportamiento de las mismas, luego se determinó el pronóstico que más se ajustara al tipo de demanda observado en los datos recolectados, y finalmente la política de inventario más apropiada y que más se ajustaban a los requerimientos de este tipo de repuestos (cosechadoras) de un ingenio azucarero, determinando así la elegida de acuerdo al análisis realizado, según modelos utilizados en estudios realizados el que más se ajusta es la política de revisión continua (s,S) ya que fue la que más se ajustaba al tipo de demanda del ingenio y la cual presentaba el menor CTR, comparado con la política de revisión periódica (R,s).

Es importante recalcar la contribución que tiene un proyecto de investigación cuyo objetivo es identificar a través de la literatura y aplicabilidad de los mismos la política de inventario que más se ajusta al tipo de demanda de los repuestos de cosechadoras de un ingenio azucarero, ya que al contar con una política de inventario que permita gestionar de manera correcta las situaciones que se presentan dentro de su entorno, aportará a la compañía en el no incurrir en costos, asegurando así su productividad.

## 2.1 Recolección de datos

Se utilizaron los criterios ya mencionados con el fin de obtener información destacada sobre el tema: Se delimitó la revisión a un periodo de los últimos 5 años contemplando desde (2013 a 2018). Para tal búsqueda se empleó palabras clave Como: Spare Parts, Inventory Policy On Spare Parts, Inventory Control Spare Parts, Spare Parts Inventory, Spare Parts Industry, Spare Parts Management Inventory, política de inventario en repuestos, control de inventario de partes de repuestos, políticas de repuestos sector agroindustrial etc.

### 2.1.1 Muestra de la revisión literaria

Se realizó una exploración bibliográfica de 67 artículos (compuestos de tesis de grado y artículos), de los cuales se encontró una numerosa información relevante y relacionada al tema, como otra cantidad de información que no aportaba suficiente base para el proceso de investigación. Por lo cual, se realizó una revisión detallada donde se evaluó y se clasificó de toda la información recolectada, por otro lado, se realizó un filtro, cuyo objetivo fue depurar aquella información que

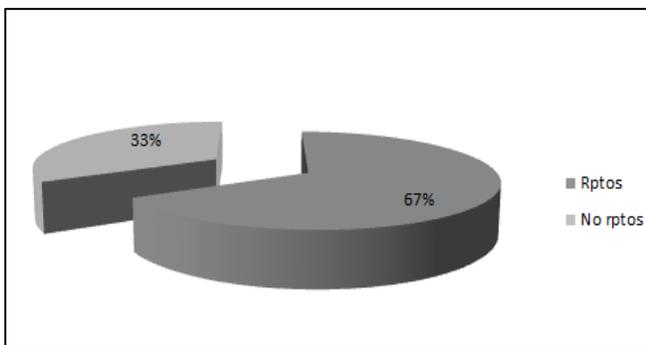
realmente aportara bases suficientes a la investigación.

## 2.2 Resultados de la revisión literaria

Una vez se realizó la fase anteriormente mencionada, se llevó a cabo el desarrollo del siguiente objetivo, cuya meta fue la clasificación de las políticas de inventario de acuerdo al tipo de utilización de las mismas, para que su identificación y análisis fuera lo más simple posible, para ello se efectuó, una descripción detallada de los resultados derivados de los hallazgos, se aclara que por motivo de la variabilidad de las políticas de inventario y del tipo de industria donde se aplica las diferentes políticas halladas en los diferentes artículos, se les asigno a otro tipo de políticas las cuales son objetivo de investigación como ( otros).

### 2.2.1 Estudios Aplicados Vs Teóricos

Figura (2). Participación por estudios aplicados a repuestos Vs estudios teóricos



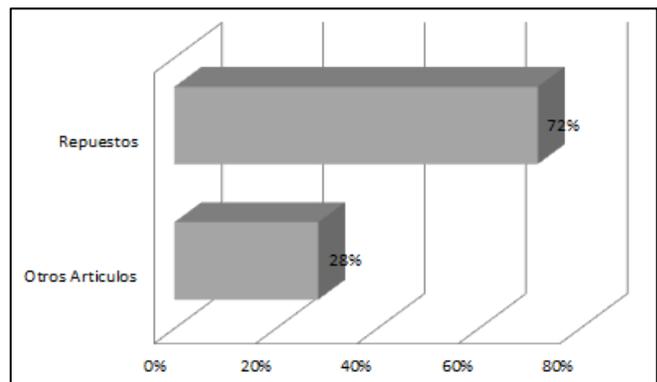
Fuente: Elaboración Propia

De los estudio enfocados a repuestos, de los modelos aplicados, se observaron que 32 (67%) fueron utilizados específicamente para la política de inventario de repuestos, en tanto que solo 16 (33%) son enfocados a estudios teóricos (ver Figura 2), lo cual permite decir claramente que la participación del total de estudios “Aplicados” a la demanda de repuestos fue superior frente a los estudios teóricos.

### 2.2.2 Estudios Teóricos Enfocados a Repuestos Vs Otros

Figura (3). Estudios Teóricos enfocados a repuestos vs otros

Con referencia a los estudios que se realizaron de tipo “Estudios enfocados a repuestos” Vs “Otros Estudios” se encontraron 19 artículos de los 67 revisados están enfocados a otros estudio y 48 están enfocados a repuestos, estos presentaron la distribución observada en la (figura 3), donde se puede ver que 48 (72%) equivalen a estudios enfocados a la demanda de repuestos, mientras que 19 (28%) lo fueron para la demanda de artículos diferente a éstos

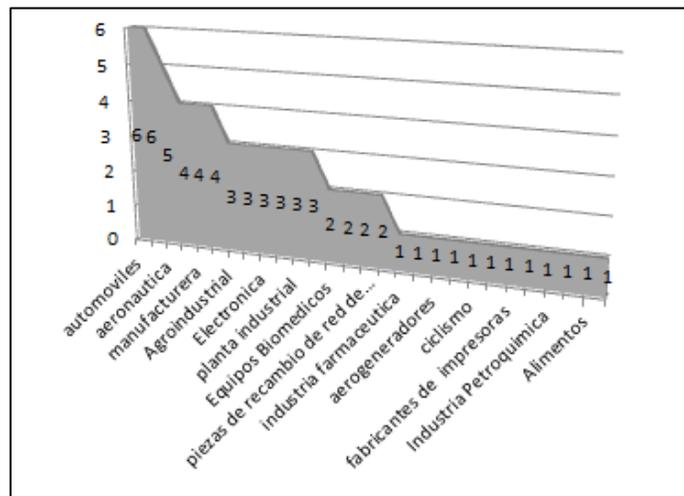


Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.3 Estudios Aplicados Por Tipo de Industria

Dentro de los modelos de las políticas de inventarios se encontró que 48 estudios de los 67 revisados (72%) fueron “Estudios Enfocados a Repuestos” en diversas industrias como aviación, manufactura, automotriz, equipos biomédicos, aeronáutica, agroindustria, ciclismo, alimentos papelera, minera, eléctricos, refrigeración, farmacéutica y Logística (Figura 4). Siendo en la industria automotor y aeronáutica donde más se aplicó este tipo de estudios automóviles (6), seguidos de la aeronáutica (6), igualmente para la industria manufacturera y agroindustrial se emplearon este tipo de estudios en una relación de 4 y 3 respectivamente.

Figura (4). Estudios Aplicados por tipo de Industria



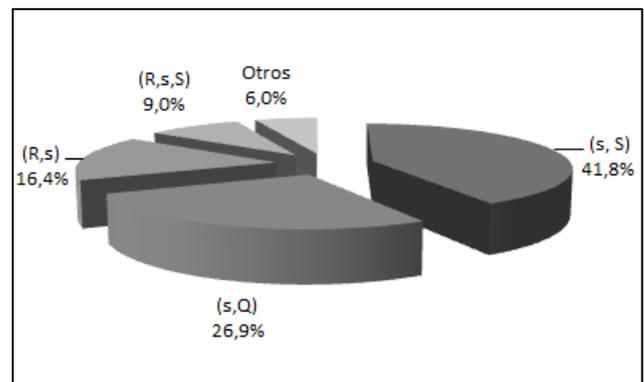
Fuente: Elaboración Propia

#### 2.2.4 Modelos de Políticas de Inventario Encontrados

Antes de iniciar con la representación de los modelos encontrados en la revisión literaria es importante relacionar dos conceptos básicos en este campo: Demanda Determinística y Probabilística. Donde la primera hace referencia a la certeza que se tiene del conocimiento de la demanda para un periodo de tiempo, tal como lo menciona (Vidal, 2010, p173) este tipo de demanda no tiene mucha aplicación, dado que en la vida real casi nunca se cumple con esta condición (variable, pero conocida). Por el contrario, la demanda probabilística asume que la demanda y el tiempo de entrega no son conocidos ni fijos (variables). Pero a pesar de ello se puede sacar una política de inventario con precisión, siendo así la más aproximada a la realidad. En vista de lo anterior, se puede decir que los ítems de repuesto cuya demanda por naturaleza es errática, debido a que tiene grandes variaciones a lo largo del tiempo (Vidal, 2010, p255) es considerada de tipo probabilístico. Es de considerar también que factores como rotación lenta y riesgo de obsolescencia generan en este tipo de demanda un grado de dificultad al momento de determinar un sistema de gestión de inventarios de repuestos que se ajuste a los requerimientos.

Con respecto al tipo de modelo más usado en los estudios examinados, se encontró que fue el (s, S) con un 41,8%, seguido del (s, Q) con un 26,9%, en tanto que, con el 16,4% se encontró el modelo de política (R, s). De la misma manera, los modelos (R, s, S) con un 9% y Otros con 6% terminan de conformar el conjunto de los modelos más significativos en la muestra analizada (Figura 5). De lo anterior se deriva que los sistemas continuos como lo (s, S) y (s, Q), fueron los de mayor aplicabilidad para la elaboración de políticas de inventario (teniendo en cuenta que los estudios son manejados en diferentes industrias).

Figura 5. Modelos de Políticas de Inventario



Fuente: Elaboración Propia

Aunque los modelos mencionados con anterioridad no son el total de la muestra revisada, se aclara que debido a que se encontró el uso de modelos poco comunes para la política de inventario de repuestos cuya participación fue muy baja, se agruparon en el término “Otros” sumando de esta manera el 6% del total de modelos encontrados y para efecto de conocimiento se relacionan con su respectivo porcentaje de participación: (s, S,T), (R,S,T=2R) y (R,T).

Es importante destacar algunos estudios en la gestión de política de inventario como son los estudios teóricos realizados por (Rohi Kapoor 2014) y (Farhad Zahedi-Hosseinia 2017), donde se hace uso de la política de revisión periódica (R,T) para optimizar conjuntamente el mantenimiento planificado y el inventario de piezas de repuesto asociado utilizando las políticas de mantenimiento y reposición más adecuadas, donde arroja resultados de simulación indicando que una política de revisión periódica con un pedido que es dos veces más frecuente que la inspección tiene un costo óptimo en el contexto de las plantas.

También autores como Panagiotidou (2013) y A.B.M. Zohrul Kabir (2015) implementaron una política de revisión de inventario (S, s), teniendo como objetivo es decidir cuándo se debe hacer un pedido y cuántos repuestos deben ordenarse teniendo en cuenta el orden, la tendencia y la escasez. No obstante, se debe aclarar que, si bien ambos artículos tienen un mismo objetivo, en el caso de (A.B.M. Zohrul Kabir 2015), apoyan la revisión continua (S, s), como una política de la edad de Barlow-Proschan, los resultados de la simulación indican claramente que la política de almacenamiento óptima es, en general, más rentable que la política de Barlow-Proschan. Se destacan también los trabajos de (Engin Topana 2013) y (Xiao-Hong Zhanga 2016), donde proponen un procedimiento de solución exacta para encontrar los parámetros de la política de control de inventario que minimizan el inventario de todo el sistema costo de mantenimiento y ordenamiento fijo sujeto a una restricción agregada del tiempo de respuesta promedio. Para esto utilizan el modelo de política de inventario (s, Q).

La política de inventario (s, S), (s, Q) y (R, s), siguen siendo unas buenas opciones para los sistemas de control de inventarios, esto se puede evidenciar en los datos hallados en la revisión de los artículos. Un ejemplo de ellos se puede observar en el caso del estudio realizado por (Wang, 2013) donde proponen un estudio para la optimización del pedido de repuestos en una empresa textil, aplicando una simulación con diferentes métodos y determinando después de esto, que la mejor alternativa es la política de inventario (s, Q).

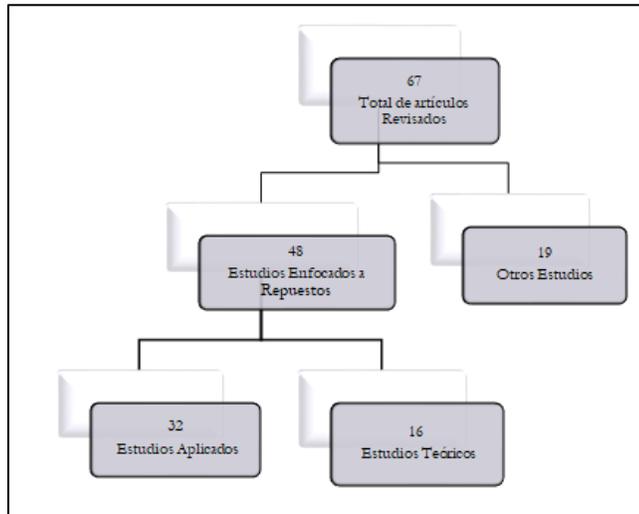
Por otro lado, en el sector aeronáutico manejado en el trabajo realizado por G.J. van Houtumb (2014) donde hace uso de una política (S - 1, S) o también conocida como una política de reabastecimiento de uno por uno. El nivel de base stock, que también denota el nivel de stock inicial, es una variable de decisión, el objetivo es minimizar los costos totales de mantenimiento de inventario, sujeto a una restricción en el número agregado esperado de pedidos pendientes. Siguiendo esta línea de investigación en el trabajo realizado por (Do Rego & De Mesquita 2015) donde utilizaron MA (Moving Average), SBA (Syntetos - Boylan Aproximation) y bootstrapping en la selección por medio de la previsión de la demanda, de las mejores políticas de inventario para cada ítem, cuyo objetivo es minimizar la inversión en repuestos equivalente a la minimización de los costos de mantenimiento del inventario. Del mismo modo (Rohi Kapoor 2014) y (Farhad Zahedi-Hosseinia 2017) donde hicieron uso de la política de revisión periódica (R,T) para optimizar conjuntamente el mantenimiento planificado y el inventario de piezas de repuesto asociado utilizando las políticas de mantenimiento y reposición más adecuadas, donde arroja resultados de simulación indicando que una política de revisión periódica con un pedido que es dos veces más frecuente que la inspección tiene un costo óptimo en el contexto de las plantas. Cabe decir que desde la agroindustria se encontraron solo tres estudios en el período de tiempo indicado previamente, de los cuales solo uno fue realizado en Colombia por (Insuasty Peña, 2014) donde demuestra que la mejor técnica de control propuesta fue la de revisión periódica (R, s), ya que presentó el menor costo total relevante comparada con la técnica de revisión continua (S,s). Como puede apreciarse, los estudios en el campo de las políticas de inventario de repuestos cubren diversos tipos de industria, donde claramente la agroindustria a pesar de ser uno de los sectores que contribuye notablemente al progreso de la economía del país, incluso en el desarrollo mundial, es abordado en una menor proporción.

Finalmente el trabajo realizado por Öztürk (2018) donde muestra los tipos de sistemas de control, definiendo cómo debe llevarse a cabo el sistema de revisión de inventario, mostrando la notación a utilizar y mencionando detalladamente los tipos de sistemas de control teniendo en cuenta que principalmente existen dos sistemas de revisión; Continuo y Periódico, donde s (Punto de reorden o de pedido, es el nivel de inventario efectivo para el cual debe emitirse una nueva orden), Q (Cantidad a ordenar en cada pedido), R (Tiempo que transcurre entre revisión del nivel de inventario efectivo) y S (Nivel máximo de inventario efectivo hasta el cual debe ordenarse).

Cabe aclarar que se desestimaron aquellos artículos cuyos modelos matemáticos se centran exclusivamente en el nivel de decisión estratégico, donde no son específicamente de repuestos, que abordan tareas como el diseño una política, la instalación de centros productivos o de distribución, etc.

### 2.2.5 Enfoque de los estudios

Figura 6. Distribución del Enfoque de estudios



Fuente: Elaboración Propia

De los 67 estudios revisados, se encontró que 48 fueron estudios enfocados a “Repuestos” representando el 72% del total de la muestra, en tanto que 19 fueron enfocados a otros estudios.

De acuerdo con estos resultados se evidenció que, de los estudios enfocados a repuestos, 32 (equivalente al 67%) fueron de tipo aplicados y 16 (correspondiente al 33%) fueron de tipo teóricos (Figura 6). Dado lo anterior, se permite decir que los estudios tendientes a procedimientos aplicados van ganando terreno gracias a que los resultados son derivados de la utilización de pruebas basadas en datos reales, permitiendo que los resultados se acerquen más al comportamiento puntual de la demanda de repuestos analizada.

Dentro de la literatura se obtuvieron trabajo como los resultados obtenidos por Tapia-Ubeda (2014) donde propone una estructura de modelado de optimización de una red, con decisiones simultáneas para ubicaciones de almacén y control de inventario, que permite optimizar los costos de la Red de la Cadena de Suministro de Repuestos, el modelo se especifica para una Políticas de Control de Inventario tradicionales y comúnmente utilizadas adecuadas para una variedad de piezas de repuesto decir,  $(R, s, S)$  Este produce mejoras en el rendimiento del sistema de la cadena de suministro de piezas de repuesto.

De esta manera, estas políticas fueron una herramienta de gran utilidad en el momento de concluir sobre el desempeño de cada uno de los modelos comparados, permitiendo de esta manera tomar la decisión más acertada de acuerdo con las necesidades presentadas en cada estudio.

### 2.2.6 Técnicas de Clasificación de Inventario

Según Vidal (2010), afirma que la clasificación es una de las mejores medidas de control interno de inventarios, ya que es muy importante clasificar los inventarios desde el punto de vista funcional, esto contribuye a evitar algunos de los errores frecuentes en la administración de los inventarios, algunas de las técnicas de gestión del inventario que son empleadas por diferentes organizaciones, y que muchas veces la solución óptima está en el uso de varias de ellas como son: el Just Time, la Clasificación ABC, Dropshipping, Cross-docking, Bulk shipments, Back Ordering y Consigna.

En el caso estudio se tomó como técnica de clasificación de Inventario la clasificación ABC, ya que es una herramienta de poderosa para la gestión. El sistema de pronósticos, como herramienta fundamental para este control, debe por lo tanto estar alineado con dicha clasificación. Específicamente, los ítems clase A deberían ser examinados continua y rutinariamente por los administradores, en conjunto con técnicas relativamente complejas de pronósticos. Los ítems clase B pueden ser manejados de forma automática, con técnicas adecuadas de pronósticos, en general, no tan complejas como las aplicables a ítems clase A, y con la intervención humana solamente en casos de excepción. Para ítems clase C se pueden utilizar las técnicas más simples de pronósticos (Vidal, 2010, p 25).

### 2.2.7 Cálculo del Coeficiente de Variación:

El coeficiente de variación es una medida estadística que permitió analizar la dispersión relativa de un conjunto de datos, también permitió hallar un promedio de consumo por año una desviación promedio por año, con el fin de hallar el coeficiente de variación. Donde si el coeficiente de variación es mayor o igual que 1 (100%), la demanda puede catalogarse como errática (Vidal, 2010, p 57-58) cuya fórmula es la siguiente:

$$C.V \text{ de la demanta} = \frac{\text{Desviacion Estandar de la demanda}}{\text{Demanda Promedio}}$$

Ecuación 1

### 2.2.8 Sistemas de Pronóstico de Demanda:

En la actualidad las organizaciones deben desarrollar un acertado sistema de pronóstico, ya que esto influye en las decisiones futuras, un pronóstico es la estimación anticipada del valor variable, teniendo en cuenta que no es una estimación exacta, sino una aproximación, el objetivo de un pronóstico es reducir la incertidumbre, existen diferentes tipos de pronósticos (promedio móvil, la suavización exponencial simple, la suavización exponencial doble y el método de Croston), la aplicación de estos diferentes tipos de pronóstico depende en gran medida del patrón de demanda que se esté abordando (Zapata Cortes, 2014, p 19).

Promedio Móvil: El promedio móvil consiste en calcular el promedio de los datos del pasado, y es este valor será considerado como el valor pronosticado para el próximo, la fórmula matemática para expresar el promedio móvil puede escribirse como (Zapata Cortes, 2014, p 21-22).

$$F_t = \frac{\sum_i^n = 1St - 1}{n}$$

Ecuación 2

Suavización Exponencial Simple: El método de suavización exponencial es una técnica de pronóstico que busca ponderar los valores de los pronósticos con respecto a los valores reales de los periodos que fueron pronosticados, y con base en esto poder hallar el valor que corresponde al próximo periodo, esta ponderación se realiza con el parámetro “ $\alpha$ ” el cual representa el peso (que tan importante) en el pronóstico que debe tener la demanda real, con respecto al valor del pronóstico para ese periodo (Zapata Cortes, 2014, p22-23) Su fórmula es:

$$F_t = \alpha Dt - 1 + (1 - \alpha)fT - 1$$

Ecuación 3

Suavización Exponencial Doble: Según Vidal (2010) el sistema de pronósticos de suavización exponencial doble tiene en cuenta la posible tendencia (creciente o decreciente) de la demanda, ya que el modelo subyacente que considera es el siguiente:

$$X_t = b_1 + b_2 + e^t$$

Ecuación 4

Croston: Este método combina el pronóstico de la probabilidad de ocurrencia de la demanda y estima el tamaño de ésta, actualizando los parámetros solo cuando ocurre la demanda, Croston propuso un método para pronosticar demandas erráticas, Primero, se pronostica la probabilidad de que ocurra o no una demanda en el período siguiente, de acuerdo con las observaciones anteriores; equivalentemente, esto corresponde a estimar el número de períodos entre ocurrencias de demanda mayores que cero, seguidamente, se pronostica el posible tamaño de la demanda, de acuerdo con las observaciones anteriores sin tener en cuenta las demandas iguales a cero (Vidal, 2010, p 137-138).

Error Cuadrático Medio ECM:

El ECM según Vidal (2010) este se define como: “se define como el promedio de los errores cuadráticos sobre un número determinado de períodos.” (p78), su fórmula es:

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}$$

Ecuación 5

### 2.3 Tipos de Sistema de Control

Es necesario definir que existen dos tipos de demandas, según Li (2017) para los casos donde la demanda es determinística (su demanda es determinada en el tiempo), no se requiere establecer un inventario de seguridad, lo que se debe definir es la demanda durante el tiempo de reposición Lead Time, otro caso es cuando la demanda es probabilística (que cambia en el tiempo constantemente) y el tiempo de reposición también varía, entonces se definen otros criterios que determinen el inventario de seguridad a tener, dentro de los sistemas continuos tenemos las políticas de inventario (s,Q) y (S,s) y dentro de los sistemas periódicos están las políticas (R, s) y (R,s,S).

El Sistema de Revisión Continuo: De acuerdo a Vidal (2010, p 233) este sistema requiere de una revisión constante con el fin de saber cuándo debe realizarse un pedido, dicha revisión se hace cada que ocurre una transacción, requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódico; los tipos de sistemas probabilísticos se describen a continuación.

Sistema (s, Q): En este sistema se pide una cantidad fija cuando el nivel del inventario efectivo llega al punto de reorden o más bajo es decir s, un aspecto importante del servicio es la disponibilidad del producto, que está relacionada con los niveles de servicio en los sistemas de inventario, un modelo de inventario de revisión continua juega un papel muy importante al determinar la disponibilidad de los servicios (Isotupa, 2015).

Sistema (s, S): En este sistema se genera un pedido cuando el nivel del inventario llega al punto de reorden o más bajo, pero en lugar de ordenar una cantidad Q, se ordena una cantidad para que el nivel de inventario efectivo llegue hasta S, este sistema es denominado sistema min-máx, ya que el inventario se encuentra entre un valor mínimo y un valor máximo S, para algunos casos el inventario efectivo es menor, el sistema de control continuo también denominado valoración mín-máx, el cual es un método apropiado cuando la demanda es irregular o errática, La determinación del valor de (s, S) se define como el valor promedio esperado de la demanda durante el período en que se revisa, más el período de reposición lead time, más una cantidad adicional a causa de la variación normal que tenga la demanda durante el período de revisión, la variación es denominada inventario de seguridad (Vidal, 2010, p 228).

Sistema de Revisión Periódica: Este sistema consiste en revisar el nivel del inventario de manera periódica, con una frecuencia de tiempo regular, requiere de un mayor inventario de seguridad comparado con el sistema de revisión continua, a continuación, se muestran los tipos de sistemas de control periódicos (Ballou, 2004, p 357).

Sistema (R, s, S): Es un sistema combinado entre el control periódico y el control continuo, más específicamente (R, s, S), cada R unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo, si se encuentra s por debajo se pide lo suficiente hasta llegar a S, este método produce un costo total relevante menor comparado con los otros sistemas, sin embargo, es más difícil de aplicar y comprender lo que lo hace vulnerable de errores humanos y puede ocurrir que al momento de revisar el inventario esté en una cantidad que no requiere orden, pero al esperar el tiempo R, puede que ya se haya agotado (Pinzón Edwin, 2015).

Sistema de Revisión Periódica (R,s): Según en los estudios realizados por Vidal (2010) para esta política el inventario se revisa cada R unidades de tiempo y se ordena una cantidad igual a la diferencia entre un valor máximo S y el valor del inventario efectivo en el momento de la revisión, inicialmente, debe determinarse el intervalo de revisión R, con la siguiente fórmula:

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

Ecuación 6

Luego de hallar el R, se pasa a determinar la desviación estándar de los errores del pronóstico sobre el tiempo de reposición, teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

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

Ecuación 7

Continuando con el proceso se debe calcular análogamente, la demanda pronosticada sobre el tiempo R + L así:

$$X_{R+L} = dX(R + L)$$

Ecuación 8

Así, el valor máximo de inventario S vendría dado por:

$$S = X_{R+L} + K\sigma_{R+L}$$

Ecuación 9

Costo Total Relevante (CTR)

El CTR, se es necesario para comparar las políticas de control de inventario, ya que este como lo explica (Vidal, 2010, p117) sirve para diseñar la estructura de la función objetivo. Sus parámetros son los siguientes:

A = El costo fijo de alistamiento u ordenamiento [\$/orden].

D = La tasa de demanda del ítem [unidades/año].

r = El costo de mantener el inventario [%/año o \$/(\$ . año)].

v = El valor unitario del ítem [\$/unidad].

Q Tamaño del pedido o de la orden (unidades).

CTR(Q) El costo total relevante en función del tamaño de pedido Q (\$/año). El costo total relevante anual en función de Q vendría dado por:

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \frac{Q}{2} vr$$

Ecuación 10

#### 2.4 Equipo de Caso de Estudio: Cosechadora de Caña de Azúcar JohnDeere CH530.

La cosechadora de Caña de azúcar CH530, es en la cual se hará la propuesta de política de inventario de repuestos para este caso estudio del ingenio azucarero, esta cosechadora, es altamente maniobrable y está diseñada para operar eficientemente en campos pequeños y medianos sembrados con espaciamientos reducidos o convencionales y con cabecera angosta (Lamsa, 2018).

Figura 7 Dimensiones de la Cosechadora de Caña de Azúcar CH530.



Fuente: www.Lamsa.com

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron encuestas de caracterización en la gestión de inventarios de repuestos en ingenio azucarero de la región del Valle. Con el fin de recolectar información sobre el estado actual de la compañía. Como resultado se obtuvo que el porcentaje dado a los inventarios de repuestos dentro de la compañía representan un 40% y 60% , además de la importancia que se le da al nivel de servicio que se debe presentar a los usuarios internos como externos y el cual es una variable de decisión muy importante dentro de la conformación de inventario de repuestos, se identificó que en la mayoría de los casos el mantenimiento de los equipos ( cosechadoras) se hacen de manera correctiva y en otras ocasiones preventivas, teniendo en cuenta lo anterior también se evidencio que los inconvenientes más comunes a la hora de solicitar repuestos en el almacén, es la demora en recibir los materiales (repuestos) que se necesitan siendo esto perjudicial para el continuo funcionamiento de la maquinaria, esto anidado a que tampoco cuentan con políticas de inventario de repuestos que respondan a cada cuanto se debe ordenas, cuando se debe ordenar y como se debe ordenar.

Ahora bien antes de iniciar con la elaboración de los pronósticos y por ende del resultado de la política de inventario que más se ajusta a la demanda de repuestos de las cosechadoras de Caña de Azúcar JohnDeere CH530, se llevó a cabo una clasificación ABC con un único criterio, es importante aclarar que a pesar de que existen clasificaciones como la criticidad, el volumen, el time etc., para este caso de estudio solamente se trató el criterio de costo debido a que fue lo único que se logró obtener por parte de la empresa.

Teniendo en cuenta que el total de repuestos de las cosechadoras fueron de 64 repuestos, de estos , 10 repuestos tuvieron una representación del 79.17% del costo total clasificándolos como clase A, 15 repuestos tuvieron una representación del 14.87% del costo total clasificándolos como clase B y 39 repuestos tuvieron una representación del 5.96 % del costo total calificándolos como clase C , observándose detalladamente en la tabla 1 clasificación ABC de cada uno de los repuestos de cosechadora.

Tabla 1 clasificación ABC de cada uno de los repuestos de cosechadora

MATERIAL	A		B		C	
	COSTO UNITARIO	CANTIDA	COSTO TOTAL (\$/AÑO)	% VOLUME	VOLUMEN ACUMULAD	
CUCHILLA PICADOR 0243005174 3520	\$ 176.429	8604	\$ 1.517.991.664	42,50%	42,50%	<b>A</b>
CUCHILLA BASE 0241380789 3520 J.D	\$ 18.259	18981	\$ 346.568.005	9,70%	52,20%	
POLEA TOBOGAN CB01437522 3520 J	\$ 1.395.509	179	\$ 249.796.186	6,99%	59,20%	
JGO ASPA EXTRAC PRIM 1191396297	\$ 716.388	320	\$ 229.244.204	6,42%	65,62%	
PLATO MOTOR CHARYNN T190616 J.D	\$ 491.218	224	\$ 110.032.795	3,08%	68,70%	
KIT SELLO MOTOR CB11483723 (9900	\$ 213.120	480	\$ 102.297.600	2,86%	71,56%	
BASCULANTE CURVO CB11459302 35	\$ 2.275.000	37	\$ 84.175.000	2,36%	73,92%	
ARO DENTADO 4V4107 3520T JD	\$ 1.675.000	45	\$ 75.375.000	2,11%	76,03%	
RODAMIENTO BASE PIC. CB01453477	\$ 1.530.542	38	\$ 58.160.580	1,63%	77,66%	
GUAYA CB1467761 GIRO CAPUCHON	\$ 886.500	61	\$ 54.076.500	1,51%	79,17%	
CUCHILLA DESCOGOLLA. 0240059956 3520	\$ 62.800	836	\$ 52.500.800	1,47%	80,64%	<b>B</b>
EMBOLO GATO GIRO RE28849 3510 J.D	\$ 2.032.204	25	\$ 50.805.100	1,42%	82,06%	
REFUERZO ASPA EXTRAC PRIM 1191396313 J	\$ 492.239	96	\$ 47.254.918	1,32%	83,39%	
HUB ESTRIADO 0300048145 COSEC JD 3510	\$ 146.366	316	\$ 46.251.679	1,29%	84,68%	
BUJE GATO GIRO R81487 D 3520	\$ 973.614	47	\$ 45.759.855	1,28%	85,96%	
GATO LEVANTE SUSPENSION CB11475577 J	\$ 2.379.555	18	\$ 42.831.990	1,20%	87,16%	
MOTOR HIDR CHARLYMEJE LARGO CB11480	\$ 2.066.918	20	\$ 41.338.350	1,16%	88,32%	
CARRIL SUPERIOR CB01451039 3510 JD	\$ 1.200.000	30	\$ 36.000.000	1,01%	89,33%	
HUB HEMBRA 0300048144 COSEC JD 3510	\$ 136.727	259	\$ 35.412.364	0,99%	90,32%	
JGO ASPA EXTRAC SEC 1190286278 3520 J.D	\$ 754.040	36	\$ 27.145.428	0,76%	91,08%	
KIT EMPAQUE GATO CABINA AH161891 JD 35	\$ 999.066	25	\$ 24.976.656	0,70%	91,78%	
TOPES ESTERA 810384900 3510 J.D	\$ 185.978	116	\$ 21.573.403	0,60%	92,38%	
SENSOR REVOLUCION 0361351673 3510/352	\$ 878.983	23	\$ 20.216.617	0,57%	92,95%	
MOTOR HIDR CHARLYM EJE CORTO CB11480	\$ 2.194.667	9	\$ 19.752.000	0,55%	93,50%	
COMPRESOR A.A TY24304 3510 J.D	\$ 3.210.116	6	\$ 19.260.696	0,54%	94,04%	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1 clasificación ABC de cada uno de los repuestos de cosechadora

MATERIAL	A	79,17%		B	14,87%		C	5,96%	
		COSTO UNITARIO	CANTIDAD		COSTO TOTAL (\$/AÑO)	% VOLUMEN		VOLUMEN ACUMULADO %	35ITEMS
MANGUERA PASAM/SINFIN CB11437913 3520JD	\$ 368.700	51	\$ 18.803.714	0,53%	94,57%				
MANGUERA SINFIN/COLAM CB11440951 3520 JD	\$ 231.683	68	\$ 15.754.413	0,44%	95,01%				
RETEN MOTOR TROZADOR CB11471834 JD	\$ 804.710	17	\$ 13.680.064	0,38%	95,39%				
BUJE VOLANTE 0261305008 JD3520	\$ 420.000	32	\$ 13.440.000	0,38%	95,77%				
KIT CILINDRO DE SUSPENSION 0610297978	\$ 328.086	39	\$ 12.795.359	0,36%	96,13%				
TUERCA VOLANTE 0151340059 3520 J.D	\$ 284.853	37	\$ 10.539.561	0,30%	96,42%				
CABLE EXTRACT. PRIM CB01471989 3520 J.D	\$ 443.515	21	\$ 9.313.813	0,26%	96,68%				
MANGUERA GIRO ELEVADOR 0883001002 3520JD	\$ 187.636	49	\$ 9.194.182	0,26%	96,94%				
RODAMIENTO JD9512 JOHN-DEERE	\$ 685.446	13	\$ 8.910.798	0,25%	97,19%				
PIÑON EJE CB01481607 J.D	\$ 1.591.797	5	\$ 7.958.983	0,22%	97,41%				
VALVULA TENSIONAR CADENA AT280814 JD	\$ 130.000	60	\$ 7.800.000	0,22%	97,63%				
PLATO EMBRAQUE 0621305006 JD3520	\$ 106.719	67	\$ 7.150.140	0,20%	97,83%				
CAUCHO ROLO BASCULANTE AZ43879 JD 3510	\$ 26.929	234	\$ 6.301.286	0,18%	98,01%				
PIÑON SPROCHET CB.11414708 JD 351	\$ 105.700	56	\$ 5.919.227	0,17%	98,17%				
PLUMILLA REF - AH211555 JD 3510	\$ 144.108	38	\$ 5.476.100	0,15%	98,32%				
MANGUERA SIST. HID. CB11437051 3520 J.D	\$ 314.700	17	\$ 5.349.900	0,15%	98,47%				
MANGUERA SINFIN 0881341971 3520 JD	\$ 327.000	16	\$ 5.232.000	0,15%	98,62%				
MANG 3/8 X 2,60M-HR9/16-MR3/4 CB11465389	\$ 425.332	12	\$ 5.103.984	0,14%	98,76%				
MANOMETRO TEMPERATURA 101297 MURPHY	\$ 564.000	9	\$ 5.076.000	0,14%	98,91%				
KIT SELLO MOTOR TROZADOR CB11471835 JD	\$ 336.724	15	\$ 5.050.860	0,14%	99,05%				
SELLO PISTON CADENA T139457 3520 J.D	\$ 233.040	19	\$ 4.427.760	0,12%	99,17%				
KIT EMPAQUE GATO CABINA AH149817 JD 3510	\$ 159.750	25	\$ 3.993.750	0,11%	99,28%				
SHIM AJUSTE RODAMIENTO MOTOR AH112678	\$ 311.153	9	\$ 2.800.377	0,08%	99,36%				
KIT SELLOS MOTOR EXTRACOT CB11423829 COS	\$ 182.570	15	\$ 2.738.549	0,08%	99,44%				
MANGUERA 3/4X1,80M-HR-H90°-JIC 088134780	\$ 277.650	9	\$ 2.498.850	0,07%	99,51%				
SELLO VOLANTE PICADOR CB01419085 JD3510	\$ 121.726	19	\$ 2.312.792	0,06%	99,57%				
TUERCA SOPORTE MESA U10750 3520 J.D	\$ 56.344	40	\$ 2.253.760	0,06%	99,64%				
SELLO CB01477813 3510 J.D	\$ 173.835	12	\$ 2.086.020	0,06%	99,69%				
MANGUERA CIL/SINFIN CB11437050 3520 JD	\$ 242.814	8	\$ 1.942.512	0,05%	99,75%				
SWITCHE VELOCIDAD A/C AN276232 JD 3520	\$ 354.575	5	\$ 1.772.875	0,05%	99,80%				
BUJE SOPORTE MESA CB01432234 3510 J.D	\$ 84.375	16	\$ 1.350.000	0,04%	99,84%				
TORNILLO ZAPATA MASTER T126081 3510 J.D	\$ 15.650	82	\$ 1.283.300	0,04%	99,87%				
RODAMIENTO CONICO MOTOR BASE JD8267 3520	\$ 64.033	16	\$ 1.024.530	0,03%	99,90%				
SELLO PISTON CADENA AT152109 3520 J.D	\$ 47.176	19	\$ 896.337	0,03%	99,93%				
EMPAQUE CULATA MOTOR EXTRACT Z53125	\$ 20.222	31	\$ 626.884	0,02%	99,94%				
VALVULA FILTRO AIRE MOTOR T.23263 JD 351	\$ 85.173	7	\$ 596.213	0,02%	99,96%				
PISTA MOTOR EXTRACTOR VENTILADOR JD7297	\$ 44.800	13	\$ 582.400	0,02%	99,98%				
RELAY AZ41346 3510 J.D	\$ 215.697	2	\$ 431.395	0,01%	99,99%				
KIT SELLO GATO ELEVADOR 0611304751 JD3	\$ 50.000	8	\$ 400.000	0,01%	100,00%				

C

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1 Cálculo del Coeficiente de Variación:

Según Vidal (2010, p 58) afirma que cuando el coeficiente de variación es mayor o igual que 1 (100%), la demanda puede catalogarse como errática, en caso contrario, la demanda puede considerarse como no errática. Por ejemplo el repuesto Cuchilla picadora 0243005174 jd es un repuesto con demanda no errática pues su coeficiente de variación es igual a 0,34 mientras que, el repuesto Aro dentado 4v4107 3520 jd es un repuesto con demanda errática ya que su coeficiente de variación es igual a 1,12. En la tabla 2 se puede observar de manera detallada el coeficiente de Variación (CV) por repuesto y el tipo de demanda.

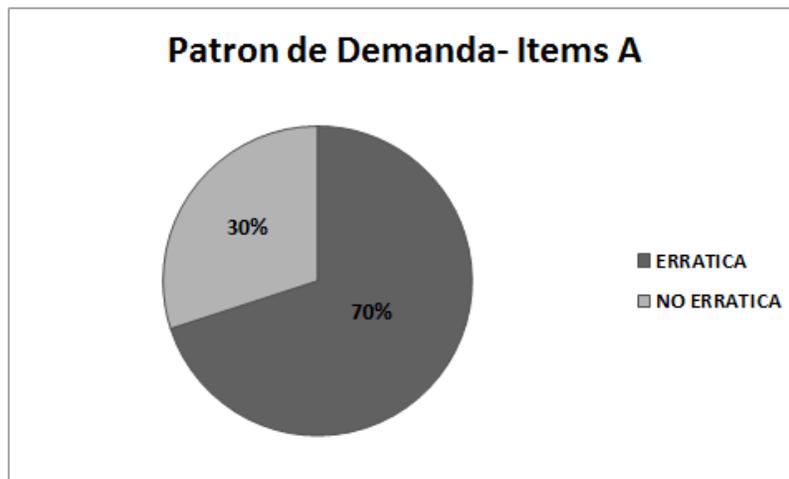
Tabla 2 Coeficiente de Variación de Los Repuestos de Las Cosechadoras de Caña de Azúcar CH530 y su patrón de demanda

Items/Repuestos	Promedio	Desviacion	Coef. Variacion	Patron
Cuchilla picador 0243005174 3520 jd	774,53	263,07	0,34	Perpetua
Cuchilla base 0241380789 3520 j.d	1621,69	576,50	0,36	Tendencia
Polea tobogan cb01437522 3520 jd	5,00	5,72	1,14	Errático
Jgo aspa extrac prim 1191396297 3520 j.d	1,44	1,58	1,09	Errático
Plato motor charynn t190616 j.d	14,83	6,91	0,47	Tendencia
Kit sello motor cb11483723 (9900462-000)	1,03	1,06	1,03	Errático
Basculante curvo cb11459302 3520 jd	1,69	1,72	1,02	Errático
Aro dentado 4v4107 3520t jd	2,58	2,89	1,12	Errático
Rodamiento base pic. cb01453477 3520 j.d	1,58	1,61	1,02	Errático
Guaya cb1467761 giro capuchon jd 3510	2,25	2,27	1,01	Errático

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado se identificó que el 70% de los ítems de repuestos clase A tiene demanda errática mientras que el 30 % restante presentaron una demanda no errática, el procedimiento para hallar el coeficiente de variación para cada uno de los 10 ítems de repuestos fue la división entre la desviación sobre el promedio de cada uno de los repuestos, se pudo observar que la mayoría de los ítems de repuesto, exactamente para 7 de ellos dio un coeficiente de variación mayor a 1 ,los restante 3 repuestos tuvieron un resultado menor a 1, por tal razón. En la figura 8 se ilustra esta categorización.

Figura 8.Patron de demanda- Items clase A



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.1 Selección del método de pronóstico

Se debe tener en cuenta que el sistema de pronósticos es un elemento clave para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para el mejoramiento de su competitividad, ya que, de no tomar las decisiones correctas, se puede caer en extremos como el deficiente servicio al cliente, el exceso de inventarios o, peor aún, ambos factores en forma simultánea se le conoce como un desbalance de los inventarios (Vidal, 2010, p 63).

Según lo anterior se pudo analizar el comportamiento del CV donde se analizaron los siguientes pronósticos (Croston, promedio móvil, suavización exponencial simple, suavización exponencial doble) para los 10 repuestos clase A, los cuales fueron herramientas para poder analizar el comportamiento de la cantidad demandada. Teniendo en cuenta lo anterior se establecieron los parámetros en la tabla 3 pertinentes para cada uno de los pronósticos mencionados.

Tabla 3 Parámetros Pronóstico

Tipo de Pronostico	Tipo de Parametro
Croston	n=3
Promedio Movil (P.M)	Alfa=0,01
Simple (S.E.S)	Alfa Doble=0.953
Suavizacion Exponencial Doble (S.E.D)	Alfa=0,01

Fuente: Elaboración Propia

La selección del valor n se realizó mediante la iteración que varían a n desde 1 a 3, donde 3 tuvo el menor valor en el ECM (medida empleada para elegir el mejor pronóstico para cada uno de los 10 ítems de repuestos clase A).

Tabla 4 Error de Pronóstico de Cada Ítems Clase A

Items clase A	CUCHILLA PICADOR 0243005174 3520 JD	CUCHILLA BASE 0241380789 3520 J.D	POLEA TOBOGAN CB01437522 3520 JD	JGO ASPA EXTRAC PRIM 119139629 7 3520 J.D	PLATO MOTOR CHARYNN T190616 J.D	KIT SELLO MOTOR CB1148372 3 (9900462-000)	BASCULA NTE CURVO CB114593 02 3520 JD	ARO DENTADO 4V4107 3520T JD	RODAMIENTO BASE PIC. CB01453477 3520 J.D	GUAYA CB1467761 GIRO CAPUCHON JD 3510
Promedio	774,53	1621,69	5,00	1,44	14,83	1,03	1,69	2,58	1,58	2,25
Desviacion	263,07	576,50	5,72	1,58	6,91	1,06	1,72	2,89	1,61	2,27
Coef. Variacion	0,34	0,36	1,14	1,09	0,47	1,03	1,02	1,12	1,02	1,01
Patron	Perpetua	Tendencia	Errático	Errático	Tendencia	Errático	Errático	Errático	Errático	Errático
ERROR CROSTON	79949,58	332494,61	48,74	1,77	74,63	0,83	4,64	13,85	2,1	5
ERROR PROMEDIO MOVIL	112279,2959	357406,61	36,31	2,99	51,69	0,91	4,26	14,9	2,23	8,2
ERROR SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE	79949,58	332499,71	48,74	2,79	74,63	0,85	4,66	14,22	2,12	5,4
ERROR SUAVIZACION EXPONENCIAL DOBLE	9618,10	391856,75	39,67	1,99	45,58	0,87	4,13	14,74	2,47	6,8
MIN ERROR	9618,10	332494,61	36,31	1,77	45,58	0,83	4,13	13,85	2,1	5
MEJOR PRONÓSTICO	SED	CROSTON	PM	CROSTON	SED	CROSTON	SED	CROSTON	CROSTON	CROSTON
Desviacion del error	295,63	636,46	6,93	2,00	8,76	1,05	2,24	4,26	1,48	2,56

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 4 se obtuvo los errores de pronóstico para cada uno de los 10 ítems de repuestos clase A, se compararon con los demás pronósticos y se escogió el que diera como resultado el menor ECM, de los cuales 6 de estos repuestos aplicaban para el pronóstico de Croston, 3 repuestos para suavización exponencial doble y 1 para promedio móvil.

A continuación tomaremos de ejemplo 2 repuestos de clase tipo A, de los cuales uno se le aplico pronostico SED y el otro se le aplico Crostos, se expondrá el resultado del ECM menor, con graficas que sustenta dichos resultados.

### 3.1.2 Suavización Exponencial Doble:

Para el pronóstico con suavización exponencial doble se manejó un alfa de 0.01, obteniendo el menor ECM solo para 3 de los 10 repuestos clase A, entre estos 3 tenemos el repuesto plato motor charynn t 190616jd, el cual tomaremos de

ejemplo para demostrar resultados dados a través de este método de pronóstico. La tabla 5 presenta el sistema de pronóstico suavización exponencial doble para el ítem de repuesto plato motor charynn t190616 j.d.

Tabla 5. Sistema de Suavización Exponencial Doble – Repuesto Plato motor charynn t190616 j.d.

Repuesto Plato motor charynn t190616 j.d.			PROMEDIO MOVIL	SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE		SUAVIZACION EXPONENCIAL DOBLE		
3	Mes	Dem xt	Mt	st	xt	st	St[2]	xt
<b>DATE DE INICIO</b>	1	11						
	2	7						
	3	4						
	4	5						
	5	12						
	6	13						
	7	11						
	8	17						
	9	14						
	10	21						
	11	27						
	12	12						
	13	11						
	14	6						
	15	18						
	16	2						
	17	9						
	18	10						
	19	25						
	20	13						
	21	15						
	22	18						
	23	13						
	24	16			12,9166667		13,4424396	10,9582124
<b>SIMULACIÓN</b>	25	18	15,6649	12,9675	12,9167	13,8769	11,2364	16,1884
	26	9	15,9267	12,9278	12,9675	13,4120	11,4438	16,7955
	27	16	16,1884	12,9585	12,9278	13,6587	11,6549	15,5876
	28	15	16,4501	12,9790	12,9585	13,7865	11,8581	15,8736
	29	24	16,7119	13,0892	12,9790	14,7601	12,1347	15,9182
	30	26	16,9736	13,2183	13,0892	15,8314	12,4871	17,6620
	31	19	17,2354	13,2761	13,2183	16,1334	12,8346	19,5282
	32	17	17,4971	13,3133	13,2761	16,2160	13,1569	19,7798
	33	30	17,7588	13,4802	13,3133	17,5299	13,5738	19,5975
	34	12	18,0206	13,4654	13,4802	17,0028	13,9006	21,9029
	35	28	18,2823	13,6107	13,4654	18,0510	14,2962	20,4319
	36	10	18,5441	13,5746	13,6107	17,2836	14,5810	22,2015

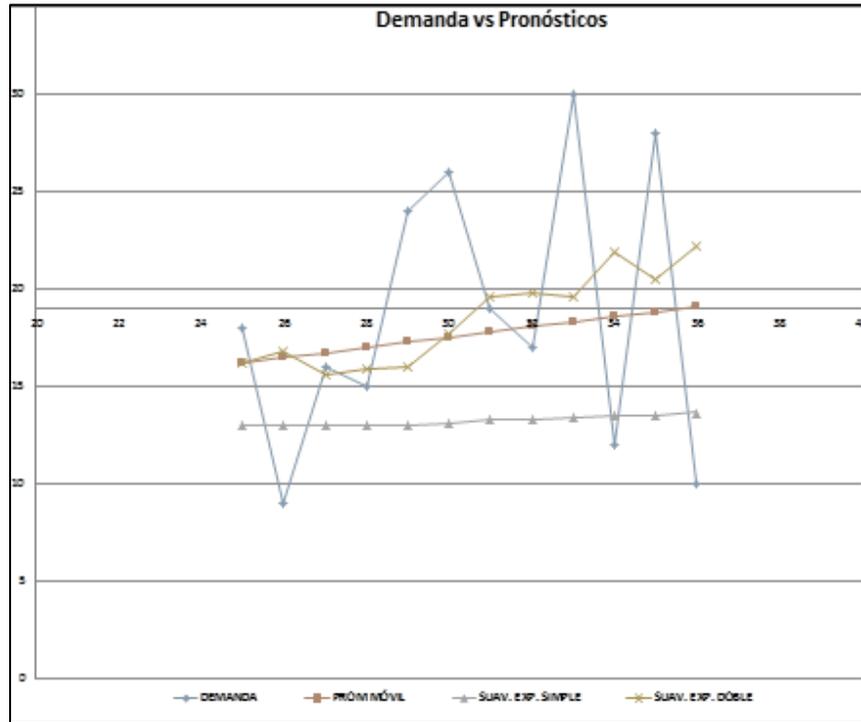
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Comparación Indicadores de Pronóstico - Repuesto Plato motor charynn t190616 j.d.

	Desviación Error	MAD	ECM
<b>MÉTODO DE CROSTON</b>	8,76	6,99	74,63
<b>PROMEDIO MOVIL</b>	6,89	5,5	51,69
<b>SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE</b>	7,38	6,99	74,63
<b>SUAVIZACION EXPONENCIAL DOBLE</b>	8,76	5,89	45,58

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Demanda y pronósticos Suavización Exponencial Doble - Repuesto Plato motor charynn t190616 j.d.



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 6 para el repuesto plato motor charynn t190616 jd. el sistema de pronóstico con menor ECM, fue el pronóstico de suavización exponencial doble, y esto se confirma en lo observado en la tabla 7 donde el patrón de demanda del repuesto es creciente.

### 3.1.3 Método de Croston:

En la tabla 8 y 9 que se presenta a continuación muestra el sistema de pronóstico de Croston para el repuesto aro dentado 4v4107 3520t jd, en donde presento el menor ECM con un resultado 13,85 lo cual dio como método de aplicabilidad el de Croston, se escoge el indicador ECM ya que es el más adecuado para este método de pronóstico con demanda errática, que los otros errores de pronóstico los cuales se alejan del modelo probabilístico normal.

Tabla 8. Comparación Indicadores ECM - Repuesto aro dentado 4v4107 3520t jd

	Desviacion Error	ECM
<b>MÉTODO DE CROSTON</b>	4.26	13,85
<b>PROMEDIO MOVIL</b>	4.08	14,9
<b>SUAVIZACION EXPONECIAL SIMPLE</b>	4.39	14,22
<b>SUAVIZACION EXPONENCIAL DOBLE</b>	4,20	14,74

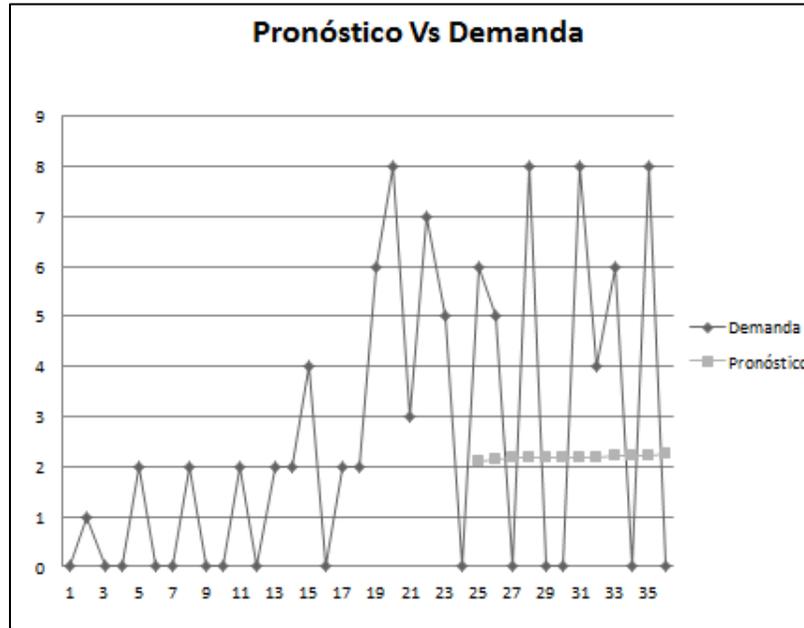
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 .Método de Croston- Repuesto aro dentado 4v4107 3520t jd

ARO DENTADO 4V4107 3520T JD			CROSTON						
3	Mes	Dem xt	n Promedio	z Promedio	Contador	Pronóstico	et Error	et  Error Abs	et^2 Error Cua
DA TODE INCIO	1	0							
	2	1							
	3	0							
	4	0							
	5	2							
	6	0							
	7	0							
	8	2							
	9	0							
	10	0							
	11	2							
	12	0							
	13	2							
	14	2							
	15	4							
	16	0							
	17	2							
	18	2							
	19	6							
	20	8							
	21	3							
	22	7							
	23	5							
	24	0	1,61538462	3,42857143					
SIMULACIÓN	25	6	1,6092	3,4543	1,0000	2,1224	3,8776	3,8776	15,0354
	26	5	1,6031	3,4697	1,0000	2,1465	2,8535	2,8535	8,1422
	27	0	1,6031	3,4697	1,0000	2,1643	-2,1643	2,1643	4,6844
	28	8	1,6071	3,5150	2,0000	2,1643	5,8357	5,8357	34,0549
	29	0	1,6071	3,5150	1,0000	2,1872	-2,1872	2,1872	4,7838
	30	0	1,6071	3,5150	2,0000	2,1872	-2,1872	2,1872	4,7838
	31	8	1,6210	3,5599	3,0000	2,1872	5,8128	5,8128	33,7888
	32	4	1,6148	3,5643	1,0000	2,1961	1,8039	1,8039	3,2542
	33	6	1,6087	3,5887	1,0000	2,2072	3,7928	3,7928	14,3851
	34	0	1,6087	3,5887	1,0000	2,2308	-2,2308	2,2308	4,9765
	35	8	1,6126	3,6328	2,0000	2,2308	5,7692	5,7692	33,2836
	36	0	1,6126	3,6328	1,0000	2,2528	-2,2528	2,2528	5,0749
					Sumatorias		18,7230889	40,7676519	166,247479
					Desv. estándar estimada			4,25784152	3,72209035

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Demanda y pronósticos Suavización Exponencial Doble – Repuesto aro dentado 4v4107 3520t jd



Fuente: Elaboración Propia

Para los repuestos con demanda errática el mejor método de pronóstico es el de Croston ya que fue hecho especialmente para este tipo demanda y ofrece resultados satisfactorios.

Por otro lado se pronosticó la demanda de los 10 ítems repuestos clase A para el año 2018, aclarando que para este pronóstico se tomó los datos de la demanda de cada uno de los ítems de los años (2015, 2016 y 2017) proporcionados por SAP (sistema utilizado en el ingenio en el cual se llevó el estudio), esto se ve reflejado en la tabla 12 donde se muestran los pronósticos de la demanda por mes.

Tabla 12. Pronósticos de la Demanda por Mes Ítems Clase A

Mes	PRONOSTICO DE DEMANDA									
	CUCHILLA PICADOR 0243005174 3520 JD	CUCHILLA BASE 0241380789 3520 J.D	POLEA TOBOGAN CB01437522 3520 JD	JGO ASPA EXTRAC PRIM 1191396297 3520 J.D	PLATO MOTOR CHARYNN T190616 J.D	KIT SELLO MOTOR CB11483723 (9900462-000)	BASCULANTE CURVO CB11459302 3520 JD	ARO DENTADO 4V4107 3520T JD	RODAMIENTO BASE PIC. CB01453477 3520 J.D	GUAYA CB1467761 GIRO CAPUCHON JD 3510
1	803,29	1641,67	10,54	1,88	12,92	1,20	1,40	2,20	1,50	2,26
2	800,95	1638,25	10,62	1,88	12,97	1,20	1,40	2,20	1,50	2,26
3	805,25	1640,81	10,70	1,88	12,93	1,20	1,40	2,20	1,50	2,25
4	802,58	1637,38	10,67	1,88	12,96	1,20	1,40	2,20	1,50	2,25
5	798,47	1626,91	10,67	1,88	12,98	1,20	1,40	2,20	1,50	2,25
6	793,77	1617,54	10,72	1,88	13,09	1,20	1,40	2,20	1,50	2,23
7	797,85	1622,74	10,78	1,88	13,22	1,20	1,40	2,20	1,50	2,25
8	796,21	1624,11	10,88	1,88	13,28	1,20	1,40	2,20	1,50	2,24
9	796,33	1630,42	11,04	1,80	13,31	1,20	1,40	2,20	1,50	2,27
10	796,14	1634,46	11,04	1,80	13,48	1,20	1,40	2,20	1,50	2,27
11	796,90	1642,37	11,09	1,80	13,47	1,20	1,40	2,20	1,50	2,27
12	795,01	1639,35	11,08	1,80	13,61	1,20	1,40	2,20	1,50	2,25

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4 Sistemas de Control, Políticas de Inventario:

Una vez identificados los sistemas de pronósticos con el menor ECM para cada uno de los repuestos clase A, se procedió a determinar la política de control de inventario de repuesto la cual permitió responder a preguntas como cada cuanto, cuando y como comprar, para ofrecer el nivel de servicio adecuado dentro del ingenio azucarero, por lo cual se dio una comparación entre 2 sistemas de política de inventario que más se ajustaban al tipo de demanda de los ítems de repuesto de estudio, por ende se llevó a cabo la aplicabilidad de la técnica de revisión periódica (R, s) y la técnica de revisión continua (s,S), eligiendo la técnica que ofreciera un menor costo total relevante.

Por otro lado, es importante aclarar que no se aplicó la técnica de revisión continua (s, Q), porque esta solo funciona bien cuando los movimientos de inventario no son de considerable magnitud, además de que en esta técnica no debe existir más de un pedido de reposición pendiente en cualquier instancia. Tampoco se aplicó la técnica de revisión continua (R, s, S), ya que no es tan fácil de comprender y de aplicar, lo que la hace susceptible a errores humanos.

### 3.1.5 Sistema de Revisión Periódica (R-s)

De acuerdo a lo contemplado anteriormente, se puede analizar como primera instancia el coeficiente de variación para cada uno de los 10 ítems (repuestos) de clase A, donde se observó que la demanda para estos repuestos es probabilística, por esta razón se aplicó los diferentes tipos de pronósticos (estadísticos). Según la naturaleza de la empresa, en donde se revisa inventario físico una vez por mes, y de acuerdo al comportamiento probabilístico de los ítems el sistema de política de inventario de repuesto es (R, s).

Donde según Vidal (2010) el nivel máximo de inventario S puede ser ajustado fácilmente si el patrón de demanda tiende a cambiar con el tiempo. Esto es lo que se presenta con los repuestos de las Cosechadoras de Caña de Azúcar CH530.

Se seleccionó información dada por SAP de los años (2015, 2016 y 2017), donde para las Cosechadoras de Caña de Azúcar CH530, arrojó 64 ítems (repuestos) a los cuales se les realizó clasificación ABC, y se tomaron 10 ítems (repuestos) según su peso con relación al costo total, siendo estos los que mayor tenían importancia según la cantidad y el costo que se tenía por cada ítems, se calculó el inventario de seguridad para los clase A como se observa en la Tabla 13, con la sumatoria de la demanda del pronóstico redondeado al entero superior y el inventario de seguridad calculado para un nivel de servicio del 97.5%, dio como resultado que el inventario se revisa 1 (una) vez al mes y se pide una cantidad tal, que se llegue al inventario máximo, esto se realizó para cada uno de los 10 repuesto clase A, con lo anterior y con información suministrada por el ingenio se pueden realizar la política de inventario y cuyo resultado se evidencian en las tablas 12.

Tabla 13 Sistema de Revisión Periódica (R-s)

Política de Inventario (R-s)			Items Clase A									
			CUCHILLA PICADOR 0243005174 3520 JD	CUCHILLA BASE 024138078 9 3520 J.D	POLEA TOBOGAN CB01437522 3520 JD	ASPA EXTRAC PRIM 11913962	MOTOR CHARYNN T190616 J.D	SELLO MOTOR CB11483 723	BASCULANT E CURVO CB11459302 3520 JD	ARO DENTADO 4V4107 3520T JD	TO BASE PIC. CB01453477 3520 J.D	CB1467761 GIRO CAPUCHON JD 3510
Demanda del Pronostico	D	und/año	9.583	19.596	130	22	158	14	17	26	18	27
Demanda del Pronostico (Redondeado max)	d	und/mes	799	1.634	11	2	14	2	2	3	2	3
Nivel de servicio actual de la empresa	k	%	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
Tiempo de reposicion	L	mes	0,50	0,50	1,50	0,25	1,00	1,50	1,00	1,00	1,50	0,50
Desviacion estandar de los errores del pronostico	$\sigma_1$	und	295,63	636,46	6,93	2,00	8,76	1,05	2,24	4,26	1,48	2,56
Intervalo de Revisión	R	mes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Inventario de seguridad	IS	und	710	1.528	21	4	24	3	6	12	5	6
Inventario maximo	IV	und	1.509	3.162	32	6	38	5	8	15	7	9

### 3.1.6 Sistema de Revisión Continua (s-S):

También se aplicó la técnica de revisión continua (s,S), para ello se llevó a cabo el cálculo de la desviación estándar con base en el tiempo de reposición para cada uno de los 10 ítems de repuestos clase A, luego se determinó el nivel del servicio cuyo valor es del 97,5% y se calcula el inventario de seguridad el cual está dado por la multiplicación de la desviación estándar/ basado sobre el tiempo de reposición y el factor de seguridad, finalmente se calcula el punto de reorden s y el punto máximo S, para cada uno de los repuestos.

Tabla 13. Sistema de Revisión continua (s,S)

Política de Inventario (S-s)			Items Clase A									
			CUCHILLA PICADOR 0243005174 3520 JD	CUCHILLA BASE 0241380789 3520 J.D	POLEA TOBOGAN CB014375 22 3520 JD	EXTRAC PRIM 1191396297 3520 J.D	PLATO MOTOR CHARYNN T190616 J.D	MOTOR CB11483723 (9900462-000)	BASCULANTE CURVO CB11459302 3520 JD	ARO DENTADO 4V4107 3520T JD	TO BASE PIC. CB01453477 3520 J.D	GIRO CAPUCHON CB1467761 3510 JD
Demanda del Pronostico	D	und/año	9.583	19.596,01	129,82	22,28	158,20	14,40	16,80	26,40	18,00	27,03
Demanda del Pronostico (Redondeado max)	d	und/mes	799	1.634,00	11,00	2,00	14,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00
Tiempo de reposicion	L	mes	0,5	0,50	1,50	0,25	1,00	1,50	1,00	1,00	1,50	0,50
Desviacion estandar de los errores del pronostico	$\sigma_1$	und	263,07	576,50	5,72	1,58	6,91	1,06	1,72	2,89	1,61	2,27
desvia estandar/ base tiempo de reposicon	$\sigma_1$		186,02	407,65	7,00	0,79	6,91	1,29	1,72	2,89	1,97	1,61
factor de seguridad	k	%	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
inventario seguridad	SS		364,59	798,97	13,72	1,54	13,55	2,53	3,37	5,67	3,87	3,15
demanda estimada / tiempo reposicion	XL		399,5	817,00	16,50	0,50	14,00	3,00	2,00	3,00	3,00	1,50
Punto de Reorden s			764,1	1.615,97	30,22	2,04	27,55	5,53	5,37	8,67	6,87	4,65
nivel maximo S	IV	und	1508,7	3.161,82	32,48	6,38	38,28	5,25	8,21	14,81	6,59	9,15

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, y seleccionando como ejemplo el repuesto cuchilla picadora 02430051743520 jd, con esta política cada vez que el inventario llegue a 764, se ordenara un pedido con cantidad igual a 1508, menos el inventario efectivo en el momento de la revisión, para poder obtener el nivel de servicio del 97.5%

### 3.1.7 Cálculo del costo total relevante para la técnica de revisión (R, s) y (s, S):

Este se realizó sumando el costo de realizar un pedido más el costo de mantener inventario, para las 2 técnicas de revisión de políticas de inventario, a continuación se muestra la tabla aplicada para cada uno de los 10 repuestos clase A.

Tabla 14. Costo Total Relevante -Política de inventario (R,s) y (s, S)

Parametro		CUCHILLA PICADOR 0243005174 3520 JD	CUCHILLA BASE 0241380789 3520 J.D	POLEA TOBOGAN CB01437522 3520 JD	JGO ASPA EXTRAC PRIM 1191396297 3520 J.D	PLATO MOTOR CHARYNN T190616 J.D	KIT SELLO MOTOR CB11483723 (9900462-000)	BASCULANTE CURVO CB11459302 3520 JD	ARO DENTADO 4V4107 3520T JD	RODAMIENTO BASE PIC. CB01453477 3520 J.D	GUAYA GIRO CAPUCHON JD 3510
Demanda Mes (Pronostico)	d	9582,752912	19596,00585	129,8249637	22,28433668	158,2027351	14,4	16,8	26,4	18	27,03009314
Error Cuadratico Medio	ECM	9618,1	332494,61	36,31	1,77	45,58	0,83	4,13	13,85	2,1	5
Desviación estándar de los errores del pronostico mensual	und	295,63	636,46	6,93	2	8,76	1,05	2,24	4,26	1,48	2,56
Tiempo Reposicion	L	0,5	0,5	1,5	0,25	1	1,5	1	1	1,5	0,5
valor Item ( Clase A)	v	\$ 176.429	\$ 18.259	\$ 1.395.509	\$ 716.388	\$ 491.218	\$ 213.120	\$ 2.275.000	\$ 1.675.000	\$ 1.530.542	\$ 886.500
Costo de Ordenamiento	A	\$ 25.000	\$ 15.000	\$ 25.000	\$ 15.000	\$ 25.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000
Costo Mantener Inventario	r/mes	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Nivel Servicio	Ns	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
Cantidad Económica de Repuestos	Rund	104,2258991	358,8721152	4,313479286	1,932040765	8,025737092	2,847473987	0,941357449	1,375261169	1,187966818	1,912824053
Calculo R	R	0,13	0,22	0,40	1,04	0,61	2,37	0,67	0,63	0,79	0,85
	vr	44107,15	4564,67	348877,35	179097,03	122804,46	53280,00	568750,00	418750,00	382635,39	221625,00
CTR	R-s	\$ 331.001.317	\$ 117.945.851	\$ 113.949.539	\$ 34.959.767	\$ 72.580.115	\$ 15.548.366	\$ 80.866.296	\$ 61.291.302	\$ 59.300.089	\$ 40.771.927
CTR	s-S	\$ 29.881.198	\$ 10.647.863	\$ 9.781.689	\$ 2.249.148	\$ 6.406.376	\$ 986.137	\$ 3.480.081	\$ 3.743.289	\$ 2.954.628	\$ 2.755.543

Fuente: Elaboración Propia

Como se pudo observar en la tabla 14, donde se realizó la comparación de las políticas de inventario (R,s) y (s,S), cuyos valores con menor CTR fueron para la política de revisión continua (s, S), por lo tanto esta es la política que se le da como sugerencia en tomar al ingenio azucarero al cual se le llevo el estudio.

#### 4. CONCLUSIONES

Gran parte del control y la gestión de inventarios busca determinar las políticas y parámetros de control para producir el nivel de servicio deseado de la manera más económica posible. Todas las organizaciones, de una u otra forma, controlan sus inventarios (Vidal, 2010). Esto con el fin de reducir costos por excesos o por faltantes dentro de los mismos. Las políticas de inventario de repuestos van estrechamente relacionadas con una buena cantidad y calidad de datos que ayuden a proporcionar información para la realización de las mismas, la clasificación ABC ayudó a tener prioridad en aquellos repuestos con mayor impacto económico dentro de los repuestos de las cosechadoras de Caña de Azúcar CH530, con el fin de reducir costos por inactividad en las máquinas.

De acuerdo a la investigación de políticas de inventario de repuesto, la cual tenía prioridad en sectores agroindustriales, en este sector los estudios arrojaron la utilización de la política (s, S) ya que minimizaba el costo total comparado con otras políticas, además que se ajusta a la naturaleza de sus inventarios de repuestos, sin embargo es importante aclarar que fueron muy pocos estudios en este sector comparados con otros. Por otro lado este trabajo de investigación deja nuevos estudios referente a políticas de inventario de repuestos, ya que en el mismo se dio investigación en diferentes sectores con respecto a políticas de inventario de repuestos donde en su mayoría son aplicados en la industria. La realización de la política de inventario que más se ajustó a la demanda del ingenio azucarero en estudio, servirá de guía para la toma de decisiones dentro del mismo (si deciden aplicarlo dentro del inventario de repuestos de las cosechadoras).

Los resultados obtenidos en el capítulo 3 (Discusión y resultados) donde se concluye que el debido proceso para dar una acertada política de inventario parte de todo un conjunto de pasos los cuales incluyen una clasificación ABC de los ítems de repuestos, después obtener el coeficiente de variación el cual da una perspectiva y claridad en cuanto a la tendencia de la demanda (siendo este caso Errática, que refleja la fluctuación de los mismos), siguiendo a este la comparación de los diferentes métodos de pronósticos lo cual arrojó que el pronóstico que más se adaptaba a la demanda de ítems de repuestos de las cosechadoras dentro del ingenio fue el de Croston (método ideal para ítems con demanda errática). Se definió que la política de inventario de repuesto (s, S), la cual minimiza el CTR comparado con la política de inventario (R, s), también esta ofrece como ventaja de adaptabilidad a los cambios que presenta el comportamiento de la demanda, logrando resultados más cercanos a la realidad, siendo así el sistema que contribuye a la mejora de la eficacia para el control de los inventarios de repuestos dentro del ingenio.

Finalmente se puede concluir que los resultados presentados en este caso obedecen a la naturalidad de la organización, ya que bajo otras circunstancias la selección de la política y los resultados de políticas de inventario pueden variar dependiendo de los datos.

#### 5. REFERENCIAS

- A.B.M. Zohrul Kabir, A. S.-O. (2015). Theory and Methodology A stocking policy for spare part provisioning under age based preventive replacement. *ScienceDirect*.
- Asocaña. (2018). *Asocaña*. Obtenido de Asocaña: <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro (5ta Edición ed.)*. Mexico: Prentice-Hall.
- c, Z. L. (2017). Robust inventory management with stock replacement. *Science Direct*, 14.
- Causao, E. (2015). Modelo de inventarios para control económico de pedidos. *Ingenierias Universidad de Medellín*, 15.
- Cheng, C. Y., Chiang, K.-L., & Chen, M.-Y. (2016). Intermittent demand forecasting in a tertiary pediatric intensive care unit. *Journal of Medical Systems*, 1-12.
- Cortés, B. E., & Morales, L. V. (2012). Diseño de un sistema de control de inventarios de respuestos en una empresa

manufacturera de la ciudad de Cali. Cali, Colombia.

- Corzo Bacayo, J. (2005). *Aplicación de un sistema de gestión de inventario*. Ciudad de la Habana.
- Do Rego, J. R., & De Mesquita, M. A. (2015). Demand forecasting and inventory control: A simulation study on automotive spare parts. *In International Journal of Production Economics*, 1-16.
- Engin Topana, b. Z. (2013). An exact solution procedure for multi-item two-echelon spare parts inventory. *ScienceDirect*.
- Farhad Zahedi-Hosseinia, P. S. (2017). Joint maintenance-inventory optimisation of parallel production systems. *ScienceDirect*.
- G.J. van Houtumb, R. B. (2014). System-oriented inventory models for spare parts. *Taylor y franci*.
- Ghodrati, B., Ahmadi, A., & Galar, D. (2013). Spare Parts Estimation For Machine Availability Improvement Addressing Its Reliability And Operating Environment — Case Study. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*.
- Giannoccaro, I. (2003). A fuzzy echelon approach for inventory management in supply chains. *European Journal of Operational Research*, 149(1), 185–196. .
- Guo, F., Jun Diao, J., Zhao, Q., & Qian, D. (2017). A double-level combination approach for demand forecasting of repairable airplane spare parts based on turnover data . *Computers & Industrial Engineering*.
- Hellingrath, B., & Prof. Dr.Ing Cordes, A.-K. (2013). Approach for Integrating Condition Monitoring Information and Forecasting Methods to Enhance Spare Parts Supply Chain Plannin. *IFAC Proceedings Volumes*, 17-22.
- Houtumb, R. (2014). System-oriented inventory models for spare parts. *Science Direct*, 22.
- Hu, Y., & Wen, J. (2014). Agricultural Machinery Spare Parts Demand Forecast Based on BP Neural Network. *Applied Mechanics and Materials*, 635-637.
- Insuasty Peña, A. F. (2014). Diseño De Un Sistema De Control De Inventarios De Repuestos Para Cosechadoras En Un Ingenio Azucarero Del Valle Del Cauca. Cali, Colombia.
- Isotupa, K. S. (2015). An (s, Q) Markovian inventory system with lost sales and. *Sciencie Direct*, 8.
- Lamsa. (2018). *Lamsa*. Obtenido de Lamsa: <http://www.lamsa.com.mx/page/es/cosecha-ca%C3%B1a-de-az%C3%BAcar/cosechadora-de-ca%C3%B1a-de-az%C3%BAcar/>
- Li, Z. (2017). Robust inventory management with stock-out substitution. *Doaj*, 14.
- López-Noguero, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. España: XXI Revista de Educación, Universidad de Huelva.
- m, C. (2011). Propuesta de una política de inventarios de mantenimiento para el área de tejeduría de una empresa textil.
- N. Ahmadi Mobarakeh, M. S. (2017). Improved Forecasts for uncertain and unpredictable Spare Parts Demand in Business Aircraft's with Bootstrap Method. *In IFAC-PapersOnLine*.
- Öztürk, K. E. (2018). An integrated production scheduling and workforce capacity planning model for the maintenance and repair operations in airline industry. *Science Direct*, 9.
- Panagiotidou, S. (2013). Joint optimization of condition-based maintenance. *Doaj*.
- Peña, i. (2014). Diseño de un sistema de control de inventarios de repuestos para cosechadoras en un ingenio azucarero del valle del cauca.
- Renovetec. (11 de 03 de 2013). *Ingenieria Del Mantenimiento*. Obtenido de Ingenieria Del Mantenimiento.
- Rohi Kapoor, S. A. (2014). A stocking policy for spare part provisioning under age based. *Scielo*.

- M.P. Toledo, G. Buitrago, N. Martínez (2019).
- Rosienkiewicz, M., Chlebus, E., & Jerzy, D. (2017). A hybrid spares demand forecasting method dedicated to mining indu. In *Applied Mathematical Modelling*, 87-107.
- Santa Cruz, R., & Corrêa, C. (2017). Previsión de demanda intermitente con métodos de series de tiempo y redes neuronales artificiales: Estudio de caso. *DYNA*, 9-16.
- Sharma, P., Kulkarni, M. S., & Yadav, V. (2017). A simulation based optimization approach for spare parts forecasting and selective maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 274-289.
- Tapia-Ubeda, F. J. (2014). A structure of inventory location mode for spare parts Supply chain network design problems on industrial end user sites. *ScienceDirect*.
- Tovias, F. (2004). Simulating Regional Service Parts Logistics Systems. *Science Direct*, pp 1-6.
- Vasumathi, B., & Saradha, A. (2013). Forecasting Intermittent Demand for Spare Parts. *International*.
- Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestion de inventarios*. cali - valle del cauca: Universidad del Valle.
- Wang, W. (2013). A stochastic model for joint spare parts inventory and planned. *ScienceDirect*.
- Xiao-Hong Zhanga, J.-C. Z. (2016). Joint optimization of condition-based maintenance. *Taylor y francis*.
- Zapata Cortes, J. A. (2014). *Fundamentos de la gestion de inventario*. Ensumer.
- Zhaolin Li a, b. (2017). Robust inventory management with stock-out substitution. *Sciencie Direct*, 14.