



# POSGRADOS

## MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN NEGOCIOS AUTOMOTRICES

RPC-SO-36-NO.825-2021

### OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON  
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN  
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

### TEMA:

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA  
INFORMÁTICA UTILIZANDO LENGUAJE  
DAX Y POWER BI PARA LA GESTIÓN DE  
REPUESTOS COMO SOPORTE AL  
MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

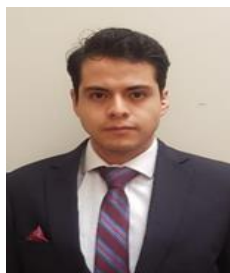
### AUTOR:

CARLOS EDUARDO VÉLEZ BUENO

### DIRECTOR:

CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA

CUENCA – ECUADOR  
2025

**Autor:****Carlos Eduardo Vélez Bueno**

Ingeniero Automotriz.

Candidato a Magíster en Ingeniería Automotriz con  
Mención en Negocios Automotrices por la Universidad  
Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

eduvelez100@gmail.com

**Dirigido por:****Cristian Leonardo García García**

Ingeniero Mecánico Automotriz.

Doctor en Ciencias Aplicadas.

cgarciag@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

2025 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

CARLOS EDUARDO VÉLEZ BUENO

Desarrollo de una herramienta informática utilizando lenguaje DAX y POWER BI para la gestión de repuestos como soporte al mantenimiento automotriz

## **DEDICATORIA**

En un nuevo reto que he enfrentado en mi vida siempre he tenido a mi madre conmigo, mi abuelita que me guía desde el cielo, mi hermanita que siempre saca lo mejor de mí y el resto de mi familia que con su humildad y forma de luchar dando lo mejor de sí, me acompañan para que cada situación se vuelva más fácil de sobrellevar, por ello, dedico este nuevo esfuerzo a ellos de manera que vean que sigo esforzándome para ponerlos orgullosos, a Dios que me dado fuerzas para afrontar nuevos desafíos y a los docentes que siempre tienen algo nuevo que enseñar.

Carlos Eduardo Vélez Bueno

## **AGRADECIMIENTO**

De mi más profundo ser, expreso mi agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad una vez más de seguirme superando, agradezco a todos los docentes que han nutrido mi conocimiento para expandirme a nuevas oportunidades.

También, dar gracias a mi tutor por su paciencia para orientarme en el desarrollo de este proyecto y brindarme el soporte adecuado para mejorar cada aspecto del mismo.

Agradezco a mi familia por su apoyo constante y finalmente quiero agradecer a todas las personas que han formado parte en este periodo de manera directa o indirecta y han permitido culminar así una etapa más en mi vida.

# Tabla de Contenido

Resumen .....	8
Abstract.....	9
1. Introducción.....	10
2. Determinación del Problema .....	12
3. Marco teórico referencial .....	14
3.1 Herramientas utilizadas para la gestión de repuestos .....	14
3.1.1 Importancia de la digitalización en la gestión de repuestos .....	15
3.1.2 La gestión de repuestos como soporte para el mantenimiento .....	16
3.1.3 Uso de software y herramientas tecnológicas.....	16
3.2 Herramientas tradicionales en el sector automotriz.....	17
3.2.1 Registros manuales .....	17
3.2.2 Registros en hojas de datos .....	18
3.2.3 Paneles físicos .....	18
3.3 Herramientas tecnológicas en el sector automotriz .....	19
3.3.1 Excel y programación con Macros .....	19
3.3.2 Excel como herramienta de gestión de repuestos en talleres.....	20
3.3.3 Herramientas ERP con soporte WMS .....	21
3.3.4 Warehouse Management (WMS) .....	22
3.3.5 ERP y WMS como herramienta de gestión de repuestos en talleres.....	22
3.3.6 Power BI en la gestión de inventarios para talleres.....	24
3.4 Metodologías planteadas para el desarrollo de la herramienta .....	24
3.4.1 Metodología ABC .....	24
3.4.2 Modelo Wilson EOQ.....	25
3.4.3 Aplicación de modelos matemáticos en la gestión de repuestos automotrices.....	27
3.4.4 Factores que pueden disminuir la eficiencia del modelo EOQ .....	27
3.5 Indicadores clave para la gestión de inventarios.....	28
3.1 Selección de sistema base para el desarrollo de la herramienta .....	29
3.2 Power BI .....	31
3.2.1 Ventajas de implementar Power BI .....	32
3.2.2 Comparación entre herramientas de BI y sistemas ERP tradicionales.....	33
3.3 Lenguaje DAX y su aplicación en Power BI.....	36

3.3.1	Funcionalidades del Lenguaje DAX .....	37
3.3.2	Funcionalidades de DAX aplicadas a la gestión de repuestos.....	38
3.3.3	Integración de Power BI con otras bases de datos y sistemas.....	39
4.	Materiales y metodología .....	40
4.1	Materiales .....	40
4.1.1	Base de datos .....	40
4.1.2	Hardware .....	40
4.1.3	Software.....	40
4.1.4	Fuentes .....	42
4.2	Metodología.....	43
4.2.1	Diseño de estudio .....	43
4.2.2	Tipos de investigaciones .....	43
4.2.3	Análisis de Indicadores y Variables .....	46
4.2.4	Lectura de muestra de datos .....	50
4.2.5	Matriz de datos.....	51
4.2.6	Aplicativo de modelo matemático.....	52
4.2.7	Implementación de la herramienta digital.....	54
4.2.8	Diseño de Dashboard.....	69
4.2.9	Diseño VROps.....	69
5.	Resultados y discusión .....	84
5.1	Lectura de indicadores clave y toma de decisiones .....	84
5.1.1	Resultados del Análisis ABC .....	84
5.1.1	Resultados de la cantidad económica de pedido clásica y optimizada (modelo Estrella).....	84
5.1.2	Resultados de la rotación de repuestos.....	88
5.1.3	Resultados de la proyección anual.....	89
6.	Conclusiones.....	91
	Referencias .....	92

# Desarrollo de una herramienta informática utilizando lenguaje DAX y Power BI para la gestión de repuestos como soporte al mantenimiento automotriz

Autor(es):

Carlos Eduardo Vélez Bueno

## Resumen

---

El constante crecimiento del parque automotor en Ecuador obliga a optimizar los recursos y procesos para obtener ventaja competitiva, por ello, surge la necesidad de implementar la gestión de repuestos para reducir sobrecostos y tiempos de inactividad operativa.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una herramienta informática para la gestión de repuestos utilizando el software Power BI y lenguaje DAX dada la ventaja de accesibilidad. El proyecto implementa metodologías como la clasificación ABC y el método Wilson (Cantidad Económica de Pedido), presentados mediante indicadores en forma de tarjetas y visualizadores gráficos. La herramienta desarrollada permite apreciar las condiciones de la empresa y analizar oportunidades de mejora, debido a la introducción de criterios técnicos y personalizados que dan como resultado un conjunto de dashboards útiles y aplicables al sector de mantenimiento automotriz multimarca.

### **Palabras clave:**

[Herramienta informática, gestión, indicadores, cantidad económica de pedido, Clasificación ABC]

## Abstract

---

The constant growth of the vehicle fleet in Ecuador requires optimizing resources and processes to gain a competitive advantage; therefore, it is necessary to implement spare parts management to reduce cost overruns and operational downtime.

This project seeks to develop an information tool for spare parts management using Power BI software and the DAX language, taking advantage of its accessibility. The project applies methodologies such as the ABC classification and the Wilson method (Economic Order Quantity), presented through indicators in the form of cards and graphic visualizations.

The developed tool allows for assessing the company's status and analyzing opportunities for improvement by introducing technical and customized criteria, resulting in a set of useful and applicable dashboards for the multi-brand automotive maintenance sector.

**Palabras clave:**

[Computer tool, management, indicators, economic order quantity, ABC Classification]

# 1. Introducción

---

El sector automotriz hoy en día abarca numerosas áreas de servicio al igual que muchas organizaciones de ingeniería, la creciente flota vehicular en las ciudades hace prudente que existan más empresas de servicio de mantenimiento vehicular, lo cual genera mayor competencia, es por ello que buscar oportunidades de mejora es una obligación si se desea mantenerse en el mercado, no solo basta con cubrir ventas de productos y servicios sino saberlos administrar, una mala gestión llega a resultar en pérdidas económicas mayores que no son visibles tan fácilmente. Dado que, en el mercado automotriz, la venta de repuestos se ha vuelto el mayor exponente de ganancias, a tal punto que el mantenimiento se vuelve un complemento al servicio total, por ello, gestionar repuestos es un recurso muy importante que puede optimizarse mediante el uso de una herramienta personalizada.

En las empresas comerciantes ya manejan controles para gestionar almacenes, éstas suelen estar desarrolladas de manera física o empírica con cálculos no apropiados, sin embargo, otras organizaciones con mejor capacidad de gestión manejan sistemas más estructurados, todo esto con herramientas de alto valor económico dado sus necesidades de macroempresa.

El siguiente proyecto busca diseñar una herramienta informática que se enfoque en solucionar los problemas y optimizar la estructura de empresas pequeñas como talleres multimarca que trabaja con una lista de clientes variados, de este modo verificar oportunidades de mejora mediante el uso de metodologías que aplican las ya mencionadas macroempresas, pero limitada a la cantidad de recursos y comportamientos que tendría una organización con lotes más pequeños. Esto se logra mediante software de uso libre que ahorra gastos y es dinámico siempre y cuando se implementa de manera adecuada variables y datos de entrada para obtener indicadores correctamente medidos de salida.

La gestión adecuada de repuestos es relevante en un taller multimarca dado que cualquier situación puede reflejar problemas de tiempo ya sea situaciones donde existen tiempos muertos por la falta de suministro o donde existen bodegas repletas de ítems que no rotan y se devalúan con el tiempo generando pérdidas económicas que a principio no son visibles, pero en el panorama completo llegan a presentar demuestran que gran parte de la empresa no resulta rentable.

El alcance de la herramienta viene dada según la capacidad del usuario para actualizar información, brindar soporte e interpretar los indicadores clave, ya que manejar indebidamente cualquiera de estos procesos puede dar un resultado que afecte la eficiencia de la herramienta, además que, en casos reales las demandas no se reflejan como los cálculos, sino existen picos que ningún modelo matemático va a considerar, así que la relevancia del conocimiento del personal que use la herramienta la limita o explota su potencial.

## 2. Determinación del Problema

El mantenimiento automotriz corresponde a diferentes áreas además de la operativa, siendo complementada por la parte administrativa la cual debe tramitar de manera eficiente los tiempos de mantenimiento y rotación de los activos, para ello es importante cubrir las necesidades de repuestos oportunos, es aquí donde pueden implementarse un gran número de herramientas informáticas que ayuden a la gestión de inventarios, sin embargo, obtener la licencia de estos recursos resulta de un costo adicional exagerado para las utilidades generadas, lo cual no resulta económicamente rentable, por otra parte, los programas disponibles en el mercado no se centran en negocios con las características de este país, muchas veces terminan siendo un recurso no utilizado dada la forma empírica en que se debe resolver los problemas de los activos.

Algunos negocios locales de mantenimiento automotriz multimarca brindan el servicio de venta repuestos además de la asistencia técnica, generalmente empresas pequeñas con menos de diez trabajadores no presentan una metodología de gestión de inventarios, también se ve el problema en empresas de flotas vehiculares las cuales suelen estar entre diez a más trabajadores que requieren que sus activos móviles estén en constante rotación, aun así carecen de herramientas que faciliten la toma de decisiones con respecto a la adquisición de repuestos.

Al realizar una investigación bibliográfica de otros proyectos de titulación, se ha visto la carente implementación de herramientas informáticas personalizadas en la industria automotriz ecuatoriana, sin embargo, debido a los recursos teóricos se pueden implementar algunas medidas de gestión y modelos matemáticos más allá de la industria automotriz.

(Garzón, 2020) implementa la metodología ABC/XYZ para gestión de inventarios y la metodología AHP (Analytical Hierarchy Process) combinando con software de administración de productos para establecer la correcta toma de decisiones, otro caso similar bajo la misma metodología es el de (Abril, 2006).

Además, están presentes algunos servicios para la gestión de recursos, tal es el caso de WareHouse Management System o Estiba el cual permite administrar el inventario de modo que se visualice los que tienen mayor rotación. Sin embargo, dado la facilidad y accesibilidad del software Power Bi y todas sus funciones conectadas base de datos conectadas mediante hojas de cálculo, es conveniente implementar dicho programa dada su practicidad para analizar indicadores que ayuden a la toma de decisiones.

La mayoría de empresas trabaja bajo la metodología Just in Time y aunque práctica, no suele ser efectiva, esto debido a que el repuesto no siempre se consigue o se demora en la llegada lo que da como resultado el aplazamiento de los tiempos muertos, por otra parte, no tener administrado los recursos de la empresa puede ocasionar la acumulación y el deterioro de componentes de baja rotación, ocasionando gastos y pérdidas para la empresa.

## 3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El capítulo tiene como objetivo describir conceptos teóricos y técnicos con el propósito de desarrollar una herramienta automotriz para gestionar repuestos, primero se hace mención a las herramientas existentes diseñadas para estas situaciones y se defiende el desarrollo mediante el programa Power BI y su lenguaje de funciones DAX bajo comparativas estructuradas en función de los objetivos principales. También se establece cuáles son los criterios a seguir, los modelos considerados para el aplicativo y su razón de ser, además de cuáles son los indicadores clave que estructuran esta herramienta para su viabilidad.

Se presenta comparativas de varios recursos informáticos y cual cubre las necesidades definidas en el marco contextual, se propone una estructura personalizada para KPI's y funciones que se implementarán en el desarrollo de este proyecto académico.

### 3.1 Herramientas utilizadas para la gestión de repuestos

El servicio automotriz se ha visto en la necesidad de adaptarse al mercado competitivo cada vez más, es por ello que el servicio postventa se convierte en una competencia de calidad, precio, beneficio y velocidad donde es esencial tener a mano el repuesto para cumplir con lo ofrecido. Todo esto se logra mediante la gestión de la empresa, dividida por sectores y áreas de interés, es ahí donde entra la Gestión de repuestos y se aplica métodos y herramientas que permitan mejorar la eficiencia de la misma, cada empresa pequeña o grande con sus respectivos recursos. Una de las maneras más prácticas de gestionar repuestos ha sido mediante actividades habituales de conteo y registro manual con el objetivo de llevar controles constantes del inventario, sin embargo, el aplicativo de este método ha cambiado con el avance de la tecnología, pues se puede llevar un análisis más puntual de las entradas y salidas de inventario. Los talleres automotrices llevan modelos diferentes de gestión, la mayoría se basa en registros de la cantidad de

productos en almacén, pero no es común encontrar cálculos de demandas, proyecciones, gráficas de comportamientos constantes o por temporadas y así carencia de muchos servicios útiles para un negocio.

### 3.1.1 Importancia de la digitalización en la gestión de repuestos

El cambio de método de almacenamiento de datos de manera física a digital no solo se volvió una herramienta útil, sino también una necesidad obligatoria si se desea estar a la altura de la competencia y mantener el estatus en el mercado. Si bien el almacenamiento cumple un propósito igual, el tenerlo en digital amplía las posibilidades de progreso. Sin embargo, no todas las empresas han logrado normalizar el control computarizado de inventarios, la razón es la complejidad que requiere manejar un proceso como este, se habla de generar información digital si es posible desde el origen de la empresa, desarrollar un historial que permita analizar datos y comportamientos desde muy atrás en el tiempo y la adaptación no solo consiste en transcribir valores o descripciones en un documento digital, sino saberlos analizar comparando el comportamiento, determinando oportunidades de mejora.

A pesar de todos los beneficios existe todavía una resistencia por parte de las organizaciones a este cambio de almacenamiento, las razones son amplias, falta de conocimiento, costos agregados, mayor trabajo, dificultad de adaptación, falta de apoyo interno, carencia de infraestructura tecnológica.

La digitalización de datos se encamina a la mejora de la organización en todas sus áreas, desde la administrativa, táctica y hasta la operativa, el cómo se maneja y optimiza los procesos de desarrollo, disponibilidades, tiempos de producción, inventarios y demanda, relación con clientes. Todo esto puede describirse en tres factores fundamentales:

Mejorar eficiencia operativa: Enfocado a minimizar el error del factor humano, optimizar procesos de razón operativa, táctica, financiera, logística, gestión de proyectos, etc.

Competitividad: El evaluar el mercado según los datos globales y los adquiridos por la empresa permite generar gráficas de comportamiento y análisis de satisfacción del servicio lo cual genera una oportunidad de mejora para adaptarse más rápido a las necesidades de los clientes con el propósito de generar una ventaja competitiva.

Mejora en la toma de decisiones: Desarrollado gracias a herramientas como la inteligencia artificial y BI, las cuales son capaces de generar simulaciones que facilitan la toma de decisiones dado sus presentaciones en gráficas donde indican valores financieros, tiempos, demandas, inventarios en almacén, además de estudios de indicadores clave KPI's las cuales reforman el modo en que se visualizan las áreas de mejora para adaptarse a nuevas dificultades.

### 3.1.2 La gestión de repuestos como soporte para el mantenimiento

La adquisición de repuestos o stock es un proceso que genera muchos gastos para una organización, sobre todo si esta no está estructurada para aplicar historiales y analizar demandas, esto puede dar como resultado una bodega repleta de inventario que no tiene rotación, o en su defecto escases del producto lo que generaría tiempos muertos de producción, además de gastos excesivos los cuales la empresa no va a poder solventar si no se percata de ellos. Es por ello que la gestión de repuestos es empleada en las empresas de mantenimiento técnico de vehículos y maquinaria, esta ciencia analiza los costos generados en el proceso de logística tales como costos por adquisición, por intervención de repuestos, de almacenamiento y costos de no disponibilidad, todos ellos generando costos globales que evitan el crecimiento de la empresa.

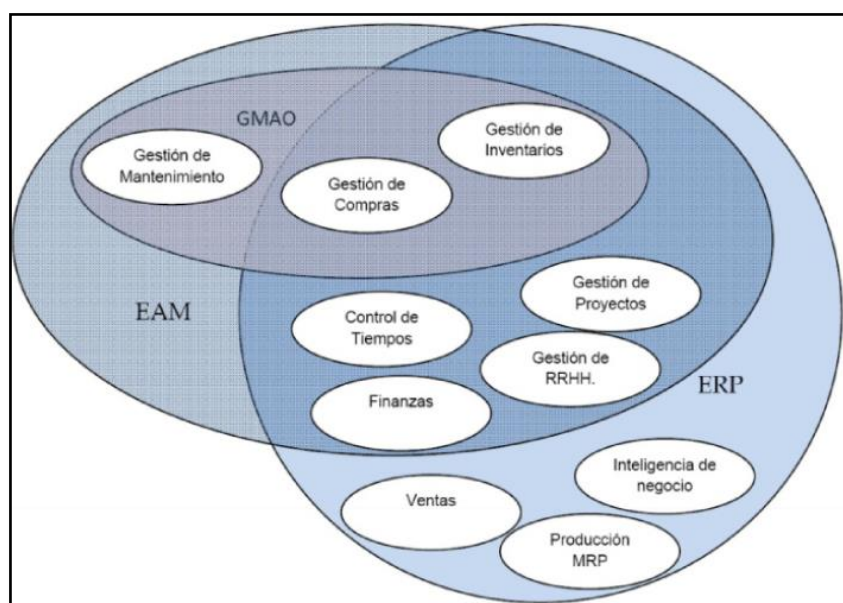
### 3.1.3 Uso de software y herramientas tecnológicas

Ejecutar un modelo matemático para gestionar inventario es mucho más práctico cuando se apoya de una herramienta digital y automatizar cálculos que le tomaría mucho tiempo al cerebro humano promedio, es por ello que, en el mercado existe un número muy extenso de dichas herramientas que puede adquirirse para ejecutar los trabajos, sin embargo, está el dilema de los costos y la eficiencia que tendría en

los talleres multimarca que se manejan con una lista pequeña de clientes, es por ello que debe analizarse la mejor opción que se adecue a las distintas organizaciones que no solo permita estabilizar costos y manejar un histórico de datos sino que ayude en futuro a la mejora y crecimiento de dicha empresa. La Figura 1 demuestra la relación que existe entre varios tipos de herramientas para gestión en empresas.

**Figura 1**

*Funcionalidades de los sistemas GMAO, EAM Y ERP.*



*Nota.* Reproducido de *Sistemas de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO). Requerimientos y funcionalidades* por Martínez, Tormos, Lerma y Fernández (2020), p. 45. Universitat Politècnica de Valencia.

## 3.2 Herramientas tradicionales en el sector automotriz

### 3.2.1 Registros manuales

Una práctica clásica es el conteo personal de cada uno de los productos en bodega, es común que en un taller automotriz o de una tienda de repuestos va ligado con el mantenimiento como asistencia agregada. Se debe tener en cuenta que cada ítem tiene un valor mayor al de su precio de venta (costos agregados por servicio), es ahí

la importancia que tiene cada suministro por lo que considerar la pérdida de uno es un error que trae grandes consecuencias económicas.

También se llevan los libros de registro implementado por empresas más ordenadas optan por controles progresivos y clasificados por fechas, pero también es una práctica manual lo que genera un gran número de archivos físicos con dificultad para encontrar datos puntuales.

### 3.2.2 Registros en hojas de datos

El avance tecnológico ha permitido trasladar los registros manuales a instrumentos digitales, esto trae beneficios como la comunicación y la disposición de esta información en diversos dispositivos, sin embargo, un inventario digital va de la mano con las conocidas proformas donde especifica la salida de un producto. En varios negocios se mantiene un control híbrido entre estas dos herramientas, manuales y digitales, a pesar de ello, el error común es no tener registrado en tiempo real la rotación de los ítems lo cual genera conflicto en la información. Un ejemplo puede ser el sector público, la cual posee un GMAO (programa de gestión de mantenimiento asistido por ordenador) con un módulo centrado en la gestión de inventarios, a pesar de ello, las limitaciones del programa y la fluidez con la que trabajan tienden a llevar aún proformas y registros manuales en gran cantidad lo que resulta muy complicado mantener el ritmo de digitalizarlos.

### 3.2.3 Paneles físicos

Una actividad que se llevaba a cabo antes era la implementación de una pizarra o un panel donde se podía observar información de la disponibilidad de repuestos e inventario, esta práctica carecía de eficiencia por la cantidad de información que podía acumularse, falta de actualización, confusión por el orden, etc. Era algunos de los problemas que se generaba con el paso del tiempo, sin embargo, hoy en día esos paneles pueden ser más didácticos al ser digitales y la información trasladarse de un modo más eficiente. Los paneles no solo se centran en la gestión de repuestos, sino en el mantenimiento, aunque el orden puede hacer algo funcional,

digitalizarla para guardar la información en unidades de almacenamiento resulta más práctico.

### Ejemplo Práctico

Algunas coesionarias y talleres multimarca todavía manejan paneles de seguimiento para mantenimiento y suministro de repuestos, pero también lo mezcla con registros digitales. Actualmente se busca una idea para digitalizar los paneles y que automatice aún más el trabajo.

## 3.3 Herramientas tecnológicas en el sector automotriz

Un paso más adelante en la tecnología arranca con programas que deseaban cubrir más que las clásicas hojas de cálculo, estos programas se dividían en módulos que a su vez se subdividían en sub módulos con el propósito de abarcar en su máxima capacidad todos los registros de una organización.

### 3.3.1 Excel y programación con Macros

Excel, la hoja de cálculo por excelencia, dada su fama y por la diversidad de dispositivos en los que se encuentra disponible, la capacidad de enlazar, además de sus funciones internas que incrementa las ventajas de este software.

Dada la disponibilidad que existe con los programas de Microsoft, Excel se ha convertido en la base de datos estándar de toda empresa, dada la cantidad de aplicativos que se pueden aprovechar, a pesar de ello, la mayoría no ha conseguido emplear su máxima capacidad, como ejemplo se puede mencionar una lista básica como filtros, funciones matemáticas, lenguaje DAX y por supuesto, Macros.

Macros se encamina a una parte más compleja y profesional de Excel, pero a la vez más útil, considerando que no se empleará en trabajos sencillos sino en proyectos de automatizaciones avanzadas. Como tal Macros es una herramienta de programación basado en Visual Basic dentro de una hoja de cálculo, en este caso Excel. Macros se maneja para las reglas del lenguaje de programación “ver y aprender” con el objetivo de automatizar tareas y reemplazar el trabajo manual que

se tardaría mucho más en realizar, como ejemplo en el área automotriz puede ser una hoja de trabajo con tareas de mantenimiento preventivos constantes donde ya se tiene en consideración tiempos, costos, repuestos, etc. Macros facilitará la manipulación al tener una actividad compleja como activar la orden cuando el vehículo se encuentre en el área de servicio, imprimirla o enviarla directamente al técnico y al cliente.

### 3.3.2 Excel como herramienta de gestión de repuestos en talleres

De tal modo, Macros trabaja con una orden de entrada, un proceso de flujo y un resultado de salida, todo bajo la enseñanza que el usuario planteó, ya sea con el clásico lenguaje colocado directamente o con una de las herramientas de Excel que permite resumir la orden con la cual se graba una tarea y se transforma en un código, matriz o datos para cumplir su objetivo. En el área automotriz, Excel se ha convertido en una herramienta esencial si el servicio de suministrar los repuestos es incluido, dado esto, se puede ampliar las actividades que puedan añadirse en este software, ser una simple base de datos normal a convertirse en una herramienta programada con filtros o macros para enlazar los servicios de mantenimiento y suministro de stocks. En la Figura 2 se puede apreciar un ejemplo realizado a partir de una base de datos Excel y programación con Macros.

**Figura 2**

*Diseño de una proforma automatizada con Excel y Macros*

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO								
CÓDIGO	E/CAVADORA-MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1							
TIPO DE MAQUINA	E/CAVADORA							
MARCA	DE EFE							
MODELO	450LC							
AÑO	1							
NÚMERO DE MANTENIMIENTO	39E002							
FECHA ÚLTIMO USO	MANTENIMIENTO							
ESTADO	BIENO							
FECHA DE PRÓXIMO USO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
TIEMPO DE VIDA PARCIAL								
ACTIVIDAD A REALIZAR								
RESPONSABLE	PERIODO	MANTENIMIENTO	FECHA DE REALIZACIÓN	COSTO DE ACTIVIDAD	DURACIÓN	MATERIAL PARA REALIZACIÓN	OBSERVACIONES	
Santiago Israel Salazar Quicho	CADA_250_HORAS	Revisión del nivel de aceite del mecanismo de giro	25/02/25	\$ 50,00	4	Acete Hidráulico	Ninguna	
Santiago Israel Salazar Quicho	CADA_250_HORAS	Revisión del nivel de aceite del mecanismo de giro	25/02/25	\$ 50,00	4	Acete Hidráulico	Ninguna	
Santiago Israel Salazar Quicho	CADA_250_HORAS	Revisión del nivel de refrigerante en el radiador	25/02/25	\$ 50,00	4	Ninguno	Ninguna	
Nixon Rolando Peña Jiménez	CADA_400_HORAS	Cambio de aceite del depósito hidráulico y limpieza del tamiz de aspiración	25/02/25	\$ 50,00	4	Ninguno	Ninguna	
Jorge Bertrán Barrera Quiñones	CADA_500_HORAS	Cambio del filtro de vaciado de la casa de la bomba	25/02/25	\$ 50,00	4	Filtro de aceite	Ninguna	

*Nota.* Elaboración propia

### 3.3.3 Herramientas ERP con soporte WMS

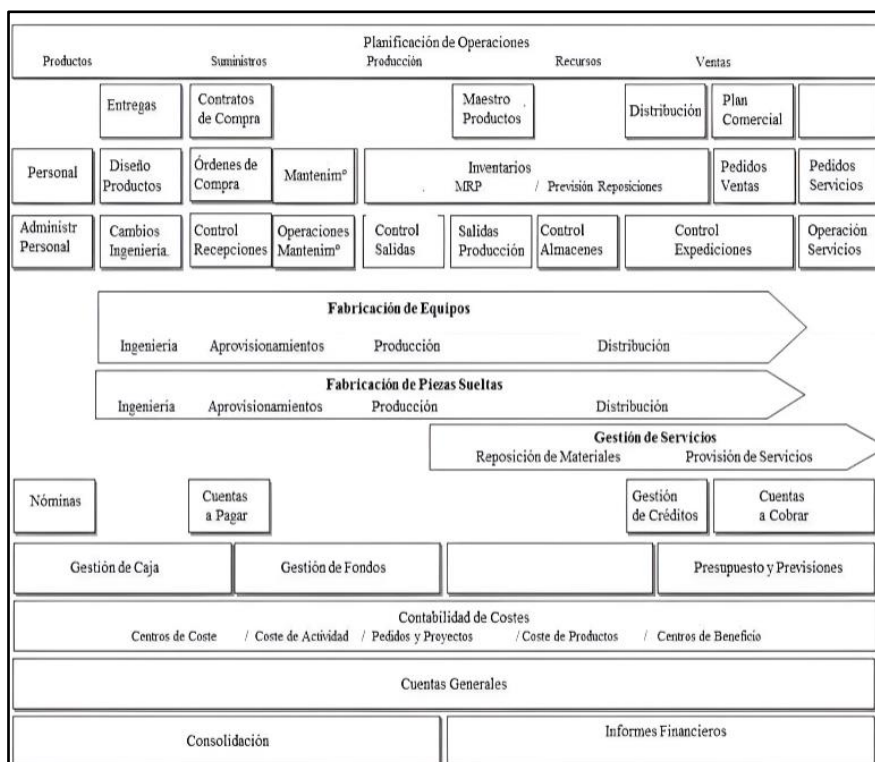
El sistema de gestión integrada para las empresas (ERP) consta de un programa que abarca la gestión de una serie de procesos empresariales a partir de la cadena logística de una organización, de ella nacen en paralelo los grupos enfocados en promover el beneficio de dicha empresa como finanzas, proyectos, recursos humanos, etc.

Para que el sistema puede cubrir las necesidades de mejora el ERP se divide en módulos que abarca cada uno de los puntos que se desea estudiar y optimizar con el propósito de adquirir una respuesta eficiente, de tal manera que debe enfocarse en los datos y problemas de la empresa, esto lleva el nombre de “parametrización” y se desarrolla en cada módulo estudiado.

Si se desea enfocarse en el área de gestión de repuestos implementando el ERP hay que considerar en que apartado aplicaría y cuales sub módulos influyen teniendo en cuenta que este sistema presenta módulos logísticos que abarcan controles de almacén, comercio, aprovisionamiento y reaprovisionamiento, producción, etc. Mientras que, por otra parte, se encuentra el módulo financiero más centrado en costos y gestión de activos. Como se puede apreciar, si se desea implementar un modelo EOQ se necesitaría de comunicación entre ambos módulos para considerar almacenes, stock y los costos que son tan necesarios además de relacionar procesos, transacciones y programas que pertenecen al sistema. También existen instrumentos que abarcan más sectores de una organización como control de calidad, el personal o proyectos que no se consideran para el apartado de gestión de repuestos, pero podrían relacionarse si se abarcan costos más a fondo. La figura 3 indica una serie de módulos y submódulos que se implementan en un ERP según sus necesidades.

**Figura 3**

*Estructura del sistema de gestión integrada para empresas (ERP)*



*Nota.* Reproducido de *Sistemas de gestión integrada para empresas (ERP)* por Domínguez y Navarro, 2014, p. 16. Textos Universitarios Tecnología.

### 3.3.4 Warehouse Management (WMS)

El WMS es el sistema encargado de gestionar almacenes, se subdivide en las áreas más importantes para cubrir suministros, despachos, salidas, reabastecimientos, solicitudes, entre otros y consigue abarcar todos estos servicios gracias a enlaces con sistemas ERP como la recepción de vehículos, mantenimiento, ventas, etc.

### 3.3.5 ERP y WMS como herramienta de gestión de repuestos en talleres

En talleres automotrices no es muy común ver este tipo de herramientas ya que como se mencionó anteriormente, la más utilizada es Excel, sin embargo, existen sistemas que algunos distribuidores y empresas de servicio de mantenimiento más grandes deciden ocupar, estos programas no se enfocan en el área automotriz, sino

que brindan varios servicios mediante diferentes módulos lo que también representa una desventaja.

## Ejemplos de softwares utilizados por empresas en Ecuador

### **Mekano**

Un ERP centrado en ayudar a las empresas en su gestión general, dentro de su sistema incluye módulos centrados a la gestión de almacenamiento donde se percibe el control de ítems, la rotación de los mismos y llevar un control con sistemas de máximos y mínimos.

### **Biss**

Biss corresponde a un programa de Bussines Inteligente utilizado por las concesionarias en Ecuador, sus funciones son generales como servicios de venta de vehículos y posventa, pero también abarca el área de gestión de repuestos con WMS, tiene indicativos de disponibilidad, abrir órdenes de trabajo, precios, digitalización de datos, etc. Este software en línea es personalizado y solo usuarios de la empresa pueden acceder a ella.

### **Sami**

Sami consiste en un software que puede ser considerado un ERP básico o modular ya que carece de muchas actividades que ofrecería un programa completo. Uno de los módulos está dedicado a la gestión de inventarios cuyas características permiten clasificación, conteo y alertas de reabastecimiento, este sistema es empleado en algunos negocios del sector automotriz en Cuenca como talleres que trabajan con almacenes pequeños de suministros constantes como lubricantes y filtros, sin embargo, no es aprovechado el módulo centrado en Warehouse Management, dado que el software está siendo utilizado mayormente para generar facturas, ordenes de trabajo y proformas.

### 3.3.6 Power BI en la gestión de inventarios para talleres.

En la gestión de inventarios, bodegas, stocks, herramientas, etc. Siempre se debe trabajar con una base de datos de las existencias en almacenamiento, es por ello que implementar una herramienta que permita analizar de manera visual dichos datos para el reabastecimiento o evitar estancamiento de productos resulta útil. Power BI es el producto de una herramienta de Business Intelligent para toma de decisiones el cual no suele ser un software de uso libre para una empresa, sino que se ejecuta principalmente por personal al mando, sin embargo, en un taller automotriz que trabaja con inventarios puede ser usada para llevar el control del mismo relacionándolo con una base de datos sólida.

## 3.4 Metodologías planteadas para el desarrollo de la herramienta

En empresas grandes que manejan flujo de distribución a nivel nacional como concesionarias es común que se emplee el modelo de la cantidad económica de pedido ya que resulta en un sistema efectivo dada la gran proporción de producto que rota, por otra parte, en negocios más pequeños como talleres de mantenimiento multimarca rara vez existirá un análisis de la necesidad constante de inventario, generalmente se emplea una asignación y recopilación de productos de manera empírica según persista un modelo de vehículos en un tiempo prolongado, esto genera la saturación de bodegas e incremento de costo de mantenimiento. El emplear de manera correcta un modelo de gestión de costos y repuestos puede generar la diferencia entre rentabilidad y sustentabilidad.

### 3.4.1 Metodología ABC

El modelo ABC tiene la característica de clasificar los repuestos según su participación y valor en ventas, siendo más significativo los productos que mayores ganancias generen a la empresa estableciendo una agrupación de costos, el propósito de este modelo es disminuir en su mayoría la carencia de existencias mediante el conteo cíclico analizando patrones de movimiento en bodega. La

implementación de este modelo consiste en calcular la cantidad de repuestos en cada pedido, las entradas y salidas, después estableciendo mediante la ley de Pareto (regla de 80 – 20) donde figuran que los repuestos más rentables se encuentran en la categoría A, es decir, generan el 80% de ventas totales, después para la categoría B están los que cumplen con el 15% y finalmente la categoría C se establece como el último 5%.

### 3.4.2 Modelo Wilson EOQ

El modelo de gestión de repuestos Wilson también lleva el nombre de la cantidad económica de pedido el cual fue aplicado en 1915 con el propósito de analizar las existencias de stock para cubrir la demanda generada. Al igual que muchos modelos este ha empezado con un simple cálculo a raíz del historial de falencias en maquinaria u otros activos, fue con el pasar del tiempo que tuvo modificaciones la cual ampliaron su nivel de éxito, entre ellas el considerar un stock de seguridad para evitar etapas de no suministro. La figura 4 explica la relación de la cantidad de pedido con el periodo de suministro.

**Figura 4**

*Gráfica de ciclo de inventario según la EOQ.*



Nota. Elaboración propia. Imagen reutilizada de proyecto de titulación de grado (2022).

La implementación del modelo clásico Wilson se ejecuta en varios medios del sector automotriz debido a la alta cantidad de demanda en repuestos así como la facilidad de aplicar el modelo, para ello es importante establecer las variables más relevantes, dado que esta herramienta requiere analizar los gastos empleados en el trayecto de compra y venta de inventarios, también es importante considerar que la eficiencia de la herramienta viene limitada por la fluctuación de adquisición de existencias por parte del mercado debido a que existen periodos donde la demanda es mucho mayor o menor (picos).

El cálculo que formula el aplicativo del modelo matemático puede interpretarse de varias maneras según las necesidades y las variables consideradas, para facilidad de aplicativo puede examinarse que el costo de mantenimiento es proporcional a las unidades físicas en existencia por unidad de tiempo siendo:

$$q = \sqrt{\frac{2C_{ad} * \lambda}{\iota}} \quad (1)$$

Por otra parte, también puede contemplar si el mismo costo de mantenimiento viene expresado en porcentaje del valor monetario de las existencias (precio unitario) en almacén teniendo como resultado:

$$q = \sqrt{\frac{2C_{ad} * \lambda}{\iota * p_u}} \quad (2)$$

Donde

$q$  = Cantidad económica de pedido

$C_{ad}$  = Costo de adquisición o reaprovisionamiento

$\lambda$  = Consumo o demanda

$c$  = Costo de almacenamiento o mantenimiento

$P_u$  = Precio unitario de cada ítem

Cabe resaltar que el cumplimiento de ciertas reglas es ideal para el aplicativo del modelo presentado como una demanda constante que se atribuye a un análisis para determinar la media del historial de ítems consumidor por un periodo de tiempo, también debe suponerse que el tiempo de entrega es conocido y aceptable para la entidad interesada.

### 3.4.3 Aplicación de modelos matemáticos en la gestión de repuestos automotrices.

En el sector automotriz, cubrir la demanda correcta de repuestos significa disminución en el tiempo de mantenimiento de un vehículo como resultado un taller de mayor eficiencia. La aplicación de gestión de repuestos no solo debe ser ejecutada en empresas de un gran número de demanda y rotación de stock, sino que cubrir de manera correcta en cualquier sector de mantenimiento (aunque con más complejidad) ya que en cualquier establecimiento existen procesos que se ejecutan con regularidad un ejemplo de ello es el reemplazo de lubricantes ya que un negocio que no posea suministro adecuado para cubrir la demanda generará pérdidas económicas, tiempos muertos o un cliente insatisfecho dada la demora para ejecutar un trabajo que en alguna organización competidora lo resolvería más rápido.

### 3.4.4 Factores que pueden disminuir la eficiencia del modelo EOQ

Los grandes problemas que perjudican la eficiencia de los modelos matemáticos están en el aplicativo teórico y suposiciones, aunque analizadas nunca llegan a ser certeras un claro ejemplo de esto es la demanda anual, no todos los meses existirá la misma demanda, influirán periodos, fechas específicas y otras fluctuaciones en la necesidad de existencias.

Los costos, aunque considerados en la EOQ pueden variar según proveedor, aunque se analice cuál de ellos presenta mejores beneficios a la hora de adquirir un lote de inventario como descuentos por cantidad es posible que algunos gastos como transporte, comisiones extras o impuestos estén de la mano a un valor de adquisición elevado lo cual perjudicaría el análisis evitando conseguir el mejor trato posible para la empresa.

Los repuestos automotrices tienden a tener un comportamiento en su valor muy variable, puede alterarse la demanda, o bien, ser más comerciable uno fabricado por terceros o llegar a ser obsoleto en poco tiempo, además de la existencia de fechas de expiración en algunos. En caso de almacenamiento, degradación por el tiempo entre otros, esto es algo que el modelo matemático no calcula, es por ello que siempre deberá ser lo más precisa posible al momento de ejecutar el pedido, esto puede lograrse implementando herramientas de regulación y clasificación de stock como el modelo ABC.

### **Ejemplo Práctico**

Un proyecto de titulación comenta mejoras en abastecimiento de repuestos, disminución de costos para la empresa a la cual va dirigida e incremento de eficiencia operativa. (Rojas & Vele, 2024)

## 3.5 Indicadores clave para la gestión de inventarios

El principal implemento que busca aplicarse “Modelo Clásico Wilson” debe tener en consideración una cantidad de valores necesarios para su aplicación, dichos valores se establecen en toda empresa, en algunos casos parece carecer de los mismos, pero es debido su falta de análisis, es por ello que la administración de una organización debe enfocarse a cumplir los objetivos propuestos, misión y visión para ello cataloga sus prioridades en función de indicadores clave, estos pueden ser descritos por la gestión de activos, que consideran en una empresa del sector automotriz con el propósito de tramitar la conservación de equipos, vehículos o inventarios mediante su correcto suministro de repuestos.

La gestión de activos consiste en un proceso de alta demanda de recursos, uno de sus beneficios está en generar ganancias incluso antes de la etapa productiva, sino en temprana implementación, en sí, existe muchas ventajas del aplicativo de la gestión de activos y de la mano, con la aplicación de KPI's.

Los indicadores clave tienen el característico de analizar los datos en la empresa y declarar el comportamiento de la misma, con el objetivo de demostrar el mejor camino a seguir después de analizarlos. Estos indicadores analizan varios aspectos de la producción, buscan cubrir todas sus áreas según circule las funciones en a la organización, determina el estado financiero, servicio al cliente, cobertura de servicios, flujo de área postventa, mantenimiento y asesoramiento.

En base a la normativa UNE EN 15341, que se enfoca a la gestión de mantenimiento, maneja una estructura para definir y clasificar los KPI's según la influencia de factores internos y externos, este modelo puede implementarse a la gestión de activos dado que ambas normativas se enfocan en mejorar tiempos, servicios y reducción de costos entre otros. Con este concepto los indicadores a priorizar en un análisis estructurado de repuestos, en este caso los activos, se catalogan como económicos ya que el modelo en cuestión considera costos que adquirir el stock de un producto, sin embargo, también están detalles enfocados en el cliente y sus necesidades de ser suministrados, esto expande una gama de posibilidades. En la figura 5 se plantea la estructura que define la clasificatoria según la normativa de gestión de mantenimiento.

### 3.1 Selección de sistema base para el desarrollo de la herramienta

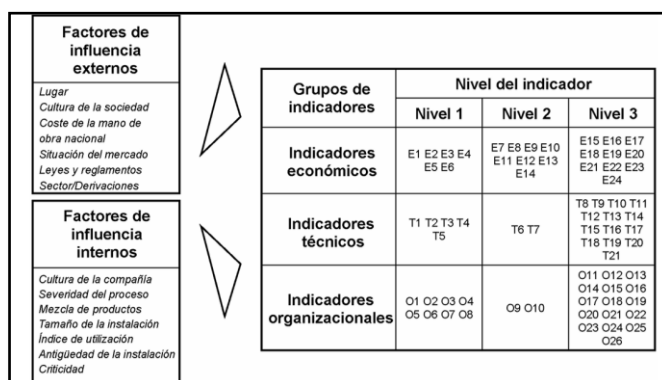
La necesidad de generar una herramienta para el servicio automotriz viene ligada a la capacidad que tiene una empresa de crecer. Si el servicio de mantenimiento es constante, también lo será el servicio de reaprovisionamiento de los repuestos y herramientas, sin embargo, si se carece de la herramienta adecuada da como resultado una gestión deficiente. En el mercado existen muchas herramientas que

presumen de cubrir todas las necesidades que presenta una empresa, en teoría podría hacerlo, pero en la realidad, un negocio necesita personalización para sí mismo, también cabe considerar que un software que promete cumplir con la gestión de una organización lleva costos muy elevados y el uso es limitado, es así como una respuesta obvia para un negocio multimarca recae en diseñar una herramienta con recursos accesibles y de fácil uso.

Para seleccionar la base de la herramienta adecuada enfocada a las necesidades de un negocio automotriz es prudente realizar un cuadro comparativo de las mismas, enfocando en el cimiento de un programa que cumpla con las características que se busca. La Tabla 1 plantea lo mencionado utilizando el recurso de una matriz de evaluación por criterios.

**Figura 5**

*Factores que influyen en el mantenimiento e indicadores clave*



*Nota.* Reproducido de *Indicadores clave de rendimiento de mantenimiento* (Norma UNE – EN 15341), por Asociación española de normalización y certificación, 2008, <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064682>

**Tabla 1**

Matriz de evaluación por criterios de herramientas más empleadas en la gestión de repuestos

<i>Descripción</i>	<i>Excel</i>	<i>Excel con Macros</i>	<i>Power BI y DAX</i>	<i>ERP (WMS)</i>	<i>Registros manuales y paneles</i>
<i>Automatización</i>	✓	✓	✓	✓	✗
<i>Diseño de gráficos</i>	✓	✓	✓	✓	✗
<i>Seguridad</i>	✗	✓	✓	✓	✗
<i>Facilidad de uso</i>	✓	✓	✓	✗	✓
<i>Actualizaciones</i>	✗	✓	✓	✓	✗
<i>Enlazamiento con otras herramientas</i>	✓	✓	✓	✓	✗
<i>Generación de historial de movimientos</i>	✓	✓	✓	✓	✗
<i>Personalizable</i>	✓	✓	✓	✗	✓
<i>Adaptación a las necesidades del negocio</i>	✓	✓	✓	✓	✗
<i>Costo accesible</i>	✓	✓	✓	✗	✓

*Nota:* ✓ representa que cumple con la descripción ✓ indica que cumple con ciertas limitaciones ✗ señala que no cumple con la descripción. Elaboración Propia

El sistema que presenta mayor fuerza es Power BI con lenguaje DAX, por ese motivo es el candidato ideal para ejecutar la herramienta considerando que es un software que en la mayoría de sus funciones se tiene a disposición libre.

### 3.2 Power BI

En el año 2015 Microsoft lanzó la primera versión de la plataforma Business Intelligence (Power BI) enfocada en ser un servicio unificado y escalable para la inteligencia empresarial y de autoservicio. Esta herramienta unificaría varios complementos existentes del Excel como Power Pivot, Power Query, Power Map y Power View mejorándolos con actualizaciones periódicas. Por lo tanto, Power BI

corresponde a una herramienta personalizada con el objetivo de facilitar la toma de decisiones mediante informes o gráficos diseñados a partir de conectar varias fuentes de datos en diferentes formatos, además presenta la capacidad de compartir la información y que varios usuarios puedan ver actualizaciones de dichos informes casi en tiempo real lo que resulta útil para la comunicación dentro de una empresa.

Power BI presenta opciones gratuitas y de pago, obviamente muchas de las características más interesantes que posee son de opción premium, sin embargo, la versión gratuita tiene una variedad de herramientas útiles que pueden servir para desarrollar un análisis enfocado a la gestión de repuestos.

### 3.2.1 Ventajas de implementar Power BI

El programa tiene la capacidad de actualizar datos y gráficos en tiempo real para visualizar la información en varios medios y estar al corriente en la toma de decisiones.

Debido al interés del proyecto en basar sus resultados implementando Kpi's (indicadores) este software tiene la capacidad de hacerlo.

Se puede programar un seguimiento proactivo con una cadena de alarmas en situaciones de riesgo para un posible reaprovisionamiento.

La ventaja de aprender patrones permite establecer una base de datos de flujos de demanda por periodos o temporadas específicas, facilitando la programación del mismo.

Power BI es una herramienta que nace de un antecesor de análisis, Excel, el cual ya era conocido y está al alcance de todos, por lo cual, es una herramienta familiar con el usuario, fácil de usar y con opción económica en comparación a otras opciones.

Al igual que otros softwares clásicos, esta herramienta está disponible en multiplataforma y comunicación cruzada entre dispositivos lo cual permite interactuar en cualquier lugar con acceso a internet.

### 3.2.2 Comparación entre herramientas de BI y sistemas ERP tradicionales.

A pesar de la comparativa anterior es común ver empleado software ERP con soporte WMS en la industria, si bien el sistema ERP es una opción muy certera y de amplias posibilidades para una empresa grande ya que abarca muchos tipos de gestiones, no resulta en una herramienta conveniente para una organización pequeña como un taller multimarca que acaba de empezar, ya que presenta costos elevados que no conviene tener en un negocio de esta magnitud. Por otra parte, el sistema ERP está más dirigido a la idea de administrar o gestionar activos de manera general, resulta óptimo para abarcar varias áreas como entradas y salidas además de facturaciones la conveniencia del uso de este sistema dependerá de la capacidad de la organización para adquirirla y brindarle soporte.

Algo que aclarar es que la comparación viene personalizada para el diseño del proyecto de titulación en la tabla 2, entonces, para poder analizar cuales puntos favorecen a cada sistema es importante examinar los parámetros calificativos que convienen al diseño de una herramienta enfocada en gestión de repuestos mediante las metodologías EOQ y ABC, estas son:

- Capacidad de análisis y ejecución.
- Integración tecnológica en una empresa Automotriz.
- Seguimiento, disponibilidad comunicación de información y plataformas.
- Respaldo de decisiones.
- Adaptación tecnológica y entorno actual.
- Costos.

**Tabla 2**

Tabla comparativa descriptiva de aplicativos entre ERP y Power BI

	ERP	Power BI
Capacidad de análisis y ejecución	Permite ejecutar una serie de operaciones para una organización, estas enfocada a establecer acciones que maximicen la producción en el momento.	Power BI al ser una herramienta que trabaja con bases de datos resulta bastante conveniente para ejecutar informes de comportamiento y proyecciones.
Integración tecnológica en una empresa Automotriz	Enfocada en realizar actividades operativas y de transacción con énfasis en registros de reaprovisionamiento.	Analiza patrones y demandas, picos de comportamiento, según su aplicativo también costo y capaz de trabajar con indicadores.
Seguimiento, disponibilidad de comunicación y plataformas	Dependiendo de la configuración y el número de equipos esta podrá enviar y recibir información.	Dada la diversidad de plataformas en las que se encuentra disponible, es posible comunicarse desde varios dispositivos, ver información en tiempo real y recibir actualizaciones de la información.

Respaldo de decisiones	de	El aplicativo de la curva de aprendizaje depende de la fabricación y diseño de módulos, pero su ejecución puede ser beneficiosa para ejecutar actividades necesarias para la operación inmediata.	Al ser un software fabricado con especificaciones y base de datos, esta se enfoca en aprender la información proporcionada y actuará en base a esa información si esta no se renueva.
Adaptación tecnológica entorno actual	y	Un sistema ERP resulta en una herramienta clásica empleada por corporaciones grandes para actividades comunes como el diseño de facturas, transportación de documentos digitales, recopilación de información entre otras, además de su personalización que será enfocada en cubrir las necesidades planteadas por la	Al ser un software de libre acceso presenta flexibilidad para interactuar y modificarlo si es requerido, además muchas de sus funciones resultan gratuitas y se pueden aprovechar. Este sistema está siendo aprovechado por muchas compañías, y al ser un respaldo de mayor beneficio para una empresa no resulta en un objeto de competencia sino de

	organización, lo que garantiza que sea un sistema cerrado y de alta dependencia de proveedores.	adaptación a un nuevo mercado.
Costos	Va a requerir un pago constante a un proveedor, una adquisición de licencia, mantenimientos, además de costos extras por personalización.	Maximizar las posibilidades puede requerir una suscripción al servicio completo, a pesar de ello, dispone de muchas características en su versión gratuita que en muchos casos de servicios automotrices es suficiente.

*Nota.* Elaboración propia.

Para un negocio que trabaje con inventarios y servicios de mantenimiento de activos estas dos opciones no solo se vuelven una elección, sino resulta en ser complementarios para maximizar su eficacia, sin embargo, dependiendo del tamaño de la corporación y sus objetivos, es importante resaltar la ventaja que presenta una sobre otra, en un negocio pequeño sobresale la disponibilidad y capacidad de personalización por ello la implementación de Power BI es una mejor elección.

### 3.3 Lenguaje DAX y su aplicación en Power BI

El término DAX hace ilusión a un lenguaje de expresiones de análisis de datos implementado en diferentes softwares enfocados al procesamiento de información

respaldados con la licencia de Microsoft entre los cuales están Power Pivot, Excel, Power BI, Bravo, y DAX Studio. Este tipo de lenguaje tiene similitud con las funciones básicas de Excel, pero con una lectura y recibimiento de información diferente.

### 3.3.1 Funcionalidades del Lenguaje DAX

Para comprender la libertad y disponibilidad de las actividades de este lenguaje hay que considerar que existen alrededor de 200 funciones estándar y funciones que se han agregado con el paso del tiempo. Sin embargo, el lenguaje DAX tiene un comportamiento de comunicación al igual que otros lenguajes, es decir, debe poseer una entrada de datos para poder concluir una salida y estas pueden devolver valores numéricos, expresiones, textos o incluso tablas dependiendo del comando empleado según los requisitos del usuario.

#### Funciones clásicas

**Funciones matemáticas y trigonométricas:** Estas funciones son las más comunes, empleadas generalmente en software de hojas de cálculo como Excel de Microsoft o Numbers de Apple.

**Funciones lógicas:** Dichas funciones tienen el propósito de recibir una entrada bajo ciertos criterios de uno o más condiciones para devolver una evaluación de verdadera o falsa, también se encuentran en la programación con las tablas lógicas donde se utiliza las reglas de si, y, o, no, y sus derivados.

**Funciones de información:** Son funciones las cuales analizan conjuntos de valores como tablas y devuelven una conclusión de coincidencia y veracidad.

**Funciones de texto:** Si se desea relacionar textos en diferentes tablas, columnas, celdas o posiciones en general se implementa estas funciones, también pueden emplear una relación cuya entrada sea numérica o textual y devolver en una celda un texto esperado.

**Funciones de fechas:** Como su nombre lo indica, están empleadas para devolver y clasificar celdas, filas, columnas o tablas con datos de fechas.

Funciones de filtro: Su función se encuentra en emplear cálculos más dinámicos, por lo cual se vuelven las más complicadas, también queda considerar que son las que más se diferencian de las funciones básicas empleadas en softwares como Excel.

Algunas funciones específicas que podrían implementarse si se trabajase en Power BI que deben resaltarse son:

- Funciones para describir el desplazamiento o navegación entre tablas interrelacionadas en programas como Power BI.
  - Aplicativo de utilizar tablas como argumentos.
  - Funciones de filtrado mediante el análisis de un contexto existente.
  - Funciones de filtrado específico mediante el análisis de un contexto existente para modificarlo.
  - Funciones con inteligencia de tiempo y cronometradas.
  - Funciones que declaran el uso de variables mediante segmentadores de datos.
  - Funciones que declaran la generación de tablas o columnas mediante lógicas de matriz.

### 3.3.2 Funcionalidades de DAX aplicadas a la gestión de repuestos.

DAX al presentar un gran número de funciones puede ejecutar una combinación de estas enfocadas a un objetivo específico, por ello este tipo de lenguaje puede ser incorporado en un estudio mediante KPIs enfocado en la inteligencia de negocios. Las funciones más avanzadas permiten recrear un análisis cuantitativo de periodos y demandas las cuales pueden emplearse para presentar un histórico de datos que un modelo de gestión necesita para calcular la cantidad a pedir.

Para abarcar el modelo ABC se puede implementar funciones de filtros enfocados a determinar cantidades específicas como demandas en momentos puntuales, inventario con mayor participación económica, stocks de mayor rotación, consumo

de repuestos de una categoría específica, además de implementar clasificaciones de los mismos según lo abarca el modelo ABC.

Un apartado no descartado consiste en presentar constantes alertas enfocadas al movimiento de los repuestos, escases de los mismos en almacén o baja rotación de alguno dando a entender que su inversión podría ser no relevante.

### 3.3.3 Integración de Power BI con otras bases de datos y sistemas.

Power BI representa una herramienta completa capaz de analizar bases de datos de diferentes fuentes o iniciar una desde cero, sin embargo, si la fuente es externa su capacidad de procesarla es muy eficiente, algunas de las fuentes más empleadas provienen de Microsoft Azure, Pdfs, SQL Server, Google Analics, algunas hojas de cálculo como por supuesto Excel, muchas de estas fuentes pueden ser leídas directamente, sin embargo, en el caso de sistemas como SQL Server sería necesario verificar la compatibilidad de importación o adaptarlo mediante DirectQuery (el cual es uno de los modos de conexión de datos sin optar por la importación), esta implementación sería eficaz al momento que se altera la base de datos original y obtener los resultados en tiempo real.

Para una categorización de la fuente de datos tiene que ver con el sistema raíz que permite introducir, extraer, revisar y actualizar la información, un beneficio de la diversidad de Power BI es que puede adaptarse a diferentes fuentes, lo cual, puede ser aplicado en empresas pequeñas o grandes que poseen su propio sistema de categorización de inventarios. Las categorías se presentan como:

- Bases de datos relacionales
- Sistemas ERP (Software de Planificación de recursos Empresariales)
- Sistemas CMMS (Sistemas computarizados de gestión de Mantenimiento)
- GMAO (Sistemas de gestión de mantenimiento asistido por ordenador)
- Archivos de cálculo o planos
- Sistemas de almacenamiento web, nube y APIs Rest

## 4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

El diseño de la herramienta parte de cubrir necesidades puntuales que pueden apreciarse en el área de mantenimiento automotriz, con la libertad de seguir modificándola, adaptándola aún más a las nuevas problemáticas que una organización enfrente, todo esto mediante instrumentos al alcance de todo público.

### 4.1 Materiales

Para la herramienta se requiere cubrir una lista de recursos importantes que sirven de base al cálculo y programación de todos los elementos clave, dichos recursos se dividen entre físicos y digitales y parten de:

#### 4.1.1 Base de datos

El principal elemento con el cual arranca el diseño de la herramienta consiste en elementos físicos o digitales que cubran con la suficiente información requerida para implementar el histórico de datos, esta matriz llevará a cabo una estructura que se mantendrá en el diseño y su implementación para la simulación. La tabla 3 presenta los recursos digitales para el proyecto.

#### 4.1.2 Hardware

Un requisito crucial consiste en un dispositivo electrónico con la capacidad suficiente para correr los softwares de datos y visualizadores, además de otros programas que ayudan al desarrollo del producto final. La tabla 4 expone los recursos físicos utilizados.

#### 4.1.3 Software

En el proceso de desarrollo se busca implementar varias herramientas que sean útiles al momento de trabajar en diseño de herramientas virtuales, aunque no requiera una programación a profundidad dado que no se está desarrollando un programa desde cero, es mejor contar con una lista de recursos digitales que

puedan dar un aporte positivo al proyecto. La tabla 5 enlista los programas que aportaron al desarrollo del proyecto.

### Tabla 3

Base de datos para el diseño de la herramienta

Tabla 1	Consumo	Históricos de salidas con codificación, cantidad y costos.
Tabla 2	Repuestos	Codificación de repuestos, descripción y clasificación por categoría.
Tabla 3	Fechas	Listado de fechas históricas de los consumos.

*Nota.* Elaboración propia.

### Tabla 4

*Listado de recursos físicos para el desarrollo de la herramienta*

Dispositivo	Laptop
Modelo	Gigabyte G6
Descripción	Laptop con suficientes características para el desarrollo de la herramienta.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 5**

*Listado de programas que sirvieron para el desarrollo de la herramienta informática*

Programa	Descripción
Power BI	El programa principal para el desarrollo de la herramienta.
Excel	Software donde se introdujo los datos para la base inicial del proyecto y la fuente que alimenta a Power BI.
Draw.io	Software de uso libre utilizado principalmente para diagramas de flujo.
Canva	Programa con variedad de herramientas para el diseño del dashboard.
Word	Herramienta utilizada principalmente para agrupar toda la información, anotar ideas, puntos clave y pasos.
Power Query	Introducida en Power BI, es la herramienta enfocada a trabajar importación de datos de distintas fuentes.
DAX Engine	Programa integrado en Power BI para trabajar con el lenguaje DAX al generar medidas, tablas o columnas.
Xmind	Instrumento de uso libre limitado, enfocado al diseño de mapas mentales.

*Nota.* Elaboración propia.

#### 4.1.4 Fuentes

Todo proyecto les debe su éxito a sus fuentes que son la raíz de conocimiento, estos incluyen bibliografías, elementos visuales, cursos en línea, normativas, proyectos de titulación bajo el mismo enfoque administrativo, etc.

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Diseño de estudio

Tras la necesidad recurrente de optimizar el espacio de trabajo, también surge la idea de cuanto se puede mejorar la eficiencia con factores internos y externos, manejar una estructura simple, pero organizada se vuelve una necesidad urgente en estos casos, es ahí donde se plantea el uso de programas computarizados y aplicativos digitales, en esta primera etapa se analizó con cuanta profundidad se puede aplicar una herramienta para el sector de mantenimiento automotriz, considerando las principales limitantes que puede presentar la mayoría de negocios en relación a conocimiento y dinero, se optó por un sistema simple, amigable que busca resumir toda la información para que esté a disposición de la parte directiva y facilite la toma de decisiones, es ahí donde se plantea diseñar un Dashboard interactivo e informativo por etapas que se enfoque más que nada en cálculos dinámicos y filtros.

### 4.2.2 Tipos de investigaciones

Este proyecto de investigación busca cubrir ciertas necesidades generadas para la mejora continua de talleres de mantenimiento automotriz que sean proveedores de repuestos directos, por ello, abarca diferentes tipos de investigación:

*Investigación aplicada.* Este proyecto se define como una investigación aplicada o también denominada tecnológica debido al objetivo centrado en cubrir problemas y necesidades, además de estar enfocada a optimizar procesos, en este caso, logística, gestión y suministro de inventarios automotrices.

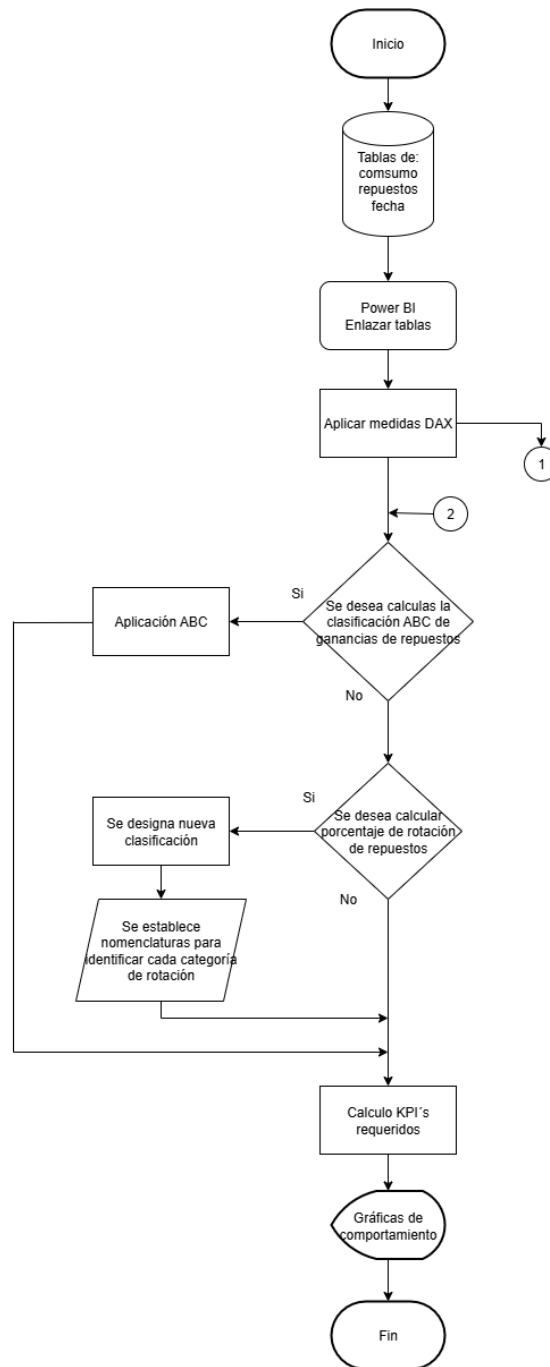
*Investigación exploratoria.* El proyecto se presenta como carácter exploratorio dado que se inspecciona desde cero el funcionamiento dinámico de una flota vehicular sin conocer a principio cuales son los factores clave a analizar, de ahí su nombre, se explora una base, para buscar oportunidades de mejora a partir de las KPI's.

El proyecto arranca con una estructura clave en todo diseño computacional y es el diagrama de flujo el cual con la ayuda del software Draw.io se pudo ejecutar de

modo dinámico y digital, teniendo en consideración los objetivos planteados, los KPI's, utilizados y los procesos que se implementarán en la herramienta. Las figuras 6 y 7 indican el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo de la herramienta.

**Figura 6**

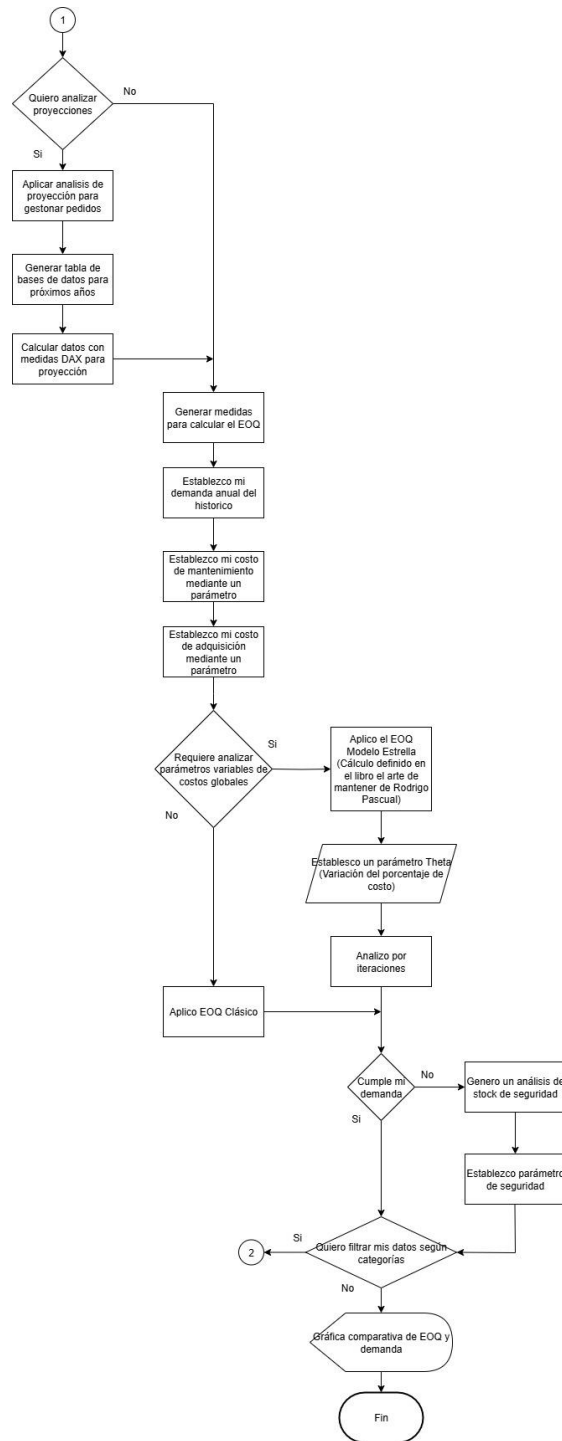
*Diagrama de flujo del diseño de la herramienta (Parte 1)*



*Nota.* Elaboración propia. Primera sección del diagrama completo.

Figura 7

Diagrama de flujo del diseño de la herramienta (Parte 2)



Nota. Elaboración propia. Segunda sección del diagrama completo. Continuación de la figura 6.

### 4.2.3 Análisis de Indicadores y Variables

#### Indicadores

El proyecto será en su mayoría un análisis puntual de gráficos y valores numéricos directos, esto con el propósito de facilitar la comunicación entre usuarios, es por ello que la designación de KPI's, deben cumplir con las características como tener claridad, resumir información, poderse representar gráficamente, cumplir con reglas de aplicativos y en algunos casos, mostrarse como variables que se puedan cambiar a voluntad. La tabla 6 expone los indicadores clave implementados en el proyecto.

Cabe resaltar que todos estos cumplen con las reglas para poder ser aplicados como indicadores clave, los cuales deben ser medibles, informar acerca del comportamiento de la empresa y permitir aplicar la toma de decisiones según su trazabilidad.

#### Variables

El criterio para designar variables en el proyecto consiste en determinar que valores se personalizan en función de la empresa, cuáles son los factores externos que pueden alterar en resultado de los cálculos, como demandas fluctuantes, condiciones económicas, políticas, impuestos, aranceles, variaciones en costos de combustible, entre otros factores, además del impacto que tiene en los gastos principales de cada organización. Para poder designar las variables la implementación se realiza mediante un segmentador de datos y la declaratoria de un parámetro el cual consiste en definir un intervalo que sea lógico en los valores. La figura 8 indica el proceso para designar un parámetro en Power BI, designación del intervalo y el paso que tendrá.

**Tabla 6**

*Indicadores clave seleccionados para aplicarlos en la herramienta*

Indicadores clave económicos	Costo unitario
	Costo total de stock
	Costo de reaprovisionamiento
	Costos globales
	Costos de mantenimiento
	Costos de adquisición
	Porcentaje de variación de costos en función del tiempo (theta)
Indicadores de clave técnicos	Porcentaje de participación de costos por repuesto y categoría
	Demanda anual
	Demanda proyectada
	Porcentaje de crecimiento de demanda anual
	Consumo YTD (Year to Date)
	Stock de cobertura
	Stock de seguridad
Indicadores de clave organizacionales	Porcentaje de stock de seguridad
	Días de cobertura para el stock de seguridad
	Clasificación ABC
	Clasificación de flujo de rotación
	Porcentaje de participación por repuesto y categoría
	Cantidad económica de pedido (EOQ)
Alarma de reaprovisionamiento	
Recuento de cantidad de repuestos	

*Nota.* Elaboración propia. No todos los indicadores serán representados, algunos deberán ser manipulados por el usuario mediante segmentadores.

### Figura 8

*Ventana de designación de parámetros en Power BI*

**Parámetros** [X]

Agregue parámetros a objetos visuales y expresiones DAX para que los usuarios puedan usar segmentaciones de datos para ajustar las entradas y ver resultados diferentes. [Más información](#)

¿Qué ajustará la variable?  
Intervalo numérico

Nombre  
Parámetro

Tipo de datos  
Número entero

Mínimo  
0

Máximo  
20

Incremento  
1

Valor predeterminado  
5

Agregar segmentación en esta página

Crear Cancelar

*Nota.* Captura de pantalla de una ventana de Power BI. Elaboración propia.

El resultado de identificador de variables, corresponde al conjunto de segmentadores manipulables que influirán en el comportamiento de la gráfica, estos elementos seleccionados cumplen la característica de ser cambiantes según el criterio del usuario y condiciones específicas. Estos segmentadores están descritos en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Descripción de indicadores variables para el uso de la herramienta (Parámetros).*

Porcentaje del costo de mantenimiento	El costo de mantenimiento se verá alterado según los gastos de la empresa como mantenimiento de bodega, luz, agua, personal, etc. Al ser difícil de calcular se determina mediante un porcentaje de cada repuesto, varía según el tamaño.
Variable Theta (porcentaje de variación de costos generados en función del tiempo)	Este valor funciona específicamente para un cálculo de cantidad económica de pedido especial el cual busca encontrar soluciones económicas por pedido, este valor determina el crecimiento porcentual del costo de mantenimiento y depreciación de cada repuesto.
Porcentaje de seguridad	Representado en porcentaje de pedido dado que el valor se basa en la cantidad económica de pedido.
Días de cobertura	Factor que representa la demora entre pedido, un stock de seguridad busca cubrir ese periodo de no reaprovisionamiento.
Costo de adquisición	El costo de adquisición varía según proveedor, lugar, impuestos, demora, si es por lote o individual.
Crecimiento de demanda anual	El valor debe variarse dado que existen fechas en las que puede verse alterado dado condiciones externas a la organización, las variaciones de

temporada, la economía del país, las relaciones internacionales y la responsabilidad de los usuarios.

*Nota.* Estos indicadores fueron designados para ser implementados como parámetros de tipo slicer de rango. Elaboración propia.

#### 4.2.4 Lectura de muestra de datos

La fuente de información base para alimentar al programa recae en un histórico de datos mostrado en la figura 9, una matriz que permite el desarrollo de esta herramienta, para ello se aplicó una flota de vehículos muy utilizados en el sector de diferente modelo con el fin simular el flujo de existencias en talleres de mantenimiento.

**Figura 9**

*Fragmento de la base de datos*

FECHA	REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO U	COSTO TOTAL	CATEGORIA	FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA
17/6/2017	CORREA PLASTICA 200MM	5	0,06	\$ 0,30	INSUMO	ACEITE 15W40	168
6/2/2017	AMARRAS PLÁSTICAS 300MM	4	0,09	\$ 0,36	INSUMO	FILTRO DE ACEITE	93
5/9/2017	AMARRAS PLÁSTICAS 300MM	10	0,09	\$ 0,90	INSUMO	FILTRO DE COMBUSTIBLE	81
6/2/2017	AMARRAS PLÁSTICAS	10	0,11	\$ 1,12	INSUMO	FILTRO SEPARADOR	72
8/3/2017	AMARRAS PLÁSTICAS	10	0,11	\$ 1,12	INSUMO	FILTRO DE AIRE	47
15/7/2017	AMARRAS PLÁSTICAS	10	0,11	\$ 1,12	ELECTRICO	GRASA	29
2/2/2017	MINIFUSIBLE TIPO UÑA 15 AMP	3	0,28	\$ 0,84	ELECTRICO	FOCO	28
2/2/2017	MINIFUSIBLE UÑA 10 AMP	2	0,28	\$ 0,56	ELECTRICO	ACEITE 80W90	25
2/2/2017	MINIFUSIBLE TIPO UÑA 20 AMP	2	0,28	\$ 0,56	ELECTRICO	LIMPIADOR DE FRENO	19
6/2/2017	MINIFUSIBLE TIPO UÑA 20 AMP	2	0,28	\$ 0,56	ELECTRICO	RETEN	19
6/2/2017	MINIFUSIBLE UÑA 10 AMP	2	0,28	\$ 0,56	ELECTRICO	PASTILLAS DE FRENO	18
6/2/2017	MINIFUSIBLE TIPO UÑA 15 AMP	3	0,28	\$ 0,84	ELECTRICO	CAUCHO	16
20/3/2017	MINIFUSIBLE TIPO UÑA 15A	2	0,28	\$ 0,56	ELECTRICO	RODILLO	16
20/3/2017	MINIFUSIBLE TIPO UÑA 10A	2	0,28	\$ 0,56	ELECTRICO	WIPE	15
30/8/2017	MINIFUSIBLE TIPO UÑA	2	0,28	\$ 0,56	ELECTRICO	LLANTA	12
25/9/2018	FOCO UÑA 12V	4	0,43	\$ 1,74	ELECTRICO	PERNOS	12
30/8/2017	FOCO UÑA 12V	6	0,44	\$ 2,61	ELECTRICO	BANDA	11
15/9/2017	FOCO UÑA 12V	2	0,44	\$ 0,87	ELECTRICO	AMORTIGUADOR	10
11/10/2017	FOCO UÑA 12V	2	0,44	\$ 0,87	ELECTRICO	BATERIA	10
16/12/2017	FOCO UÑA	2	0,44	\$ 0,87	ELECTRICO	BUJE	10
30/8/2019	MINIFUSIBLE UÑA 10 AMP	10	0,44	\$ 4,37	ELECTRICO	MINIFUSIBLE	10
20/6/2019	RODERAS PRECISION 8 INYECCION CUMMINS	18	0,55	\$ 9,98	MOTOR	MANGUERA	9
20/6/2019	RODERAS DE 14MM	12	0,64	\$ 7,73	MOTOR	ROTULA	9
6/6/2019	ALZAS METALICAS	1	0,68	\$ 0,68	SUSPENSION	ACEITE 20W50	8
6/6/2019	SEGURO RINGE	1	0,88	\$ 0,88	DIRECCION	CABLE	8
13/11/2017	LUIA GRANO GRUESO	2	0,90	\$ 1,79	INSUMO	ACEITE 85W140	7
9/6/2017	LUIA DE HIERRO #180	1	0,90	\$ 0,90	INSUMO	AGUA DESTILADA	7
6/9/2019	LUIA	8	0,92	\$ 7,32	INSUMO	CINTA AISLANTE	7
6/2/2017	CINTA AISLANTE	1	0,94	\$ 0,94	INSUMO	LIQUIDO DE FRENO	7
20/3/2017	CINTA AISLANTE	2	0,94	\$ 1,88	INSUMO	PLUMA	7
6/6/2017	CINTA AISLANTE	3	0,94	\$ 2,83	INSUMO	VALVULA	7

*Nota.* Captura de pantalla de tabla elaborada en Excel. Elaboración propia.

La importancia de encontrar una base de datos que cumpla con todos los requisitos para poder desarrollar la herramienta era vital, sin embargo, no siempre se puede cubrir todas las pautas, por ello, también dependía de adaptar la fuente a una forma manejable, es decir, reinventar toda la matriz y filtrar datos a los que no se les de soporte.

#### 4.2.5 Matriz de datos

Estructurar las tablas principales era primordial pues requería un diseño específico para ser fuente en Power BI, estas tablas se caracterizan por ser las únicas realizadas manualmente en Excel, el resto están diseñadas a partir de Power BI y DAX.

##### Tabla 1

Esta tabla es la principal, debía cubrir salidas y movimientos, cantidades de consumo, codificaciones para facilitar la lectura, fechas de procedimientos, costos y una fecha referenciada para filtrar indicadores por año, trimestre o mes. La figura 10 muestra la estructura de la tabla 1.

##### Figura 10

Tabla Consumo

ID_Consumo	ID_Repuesto	Fecha_Consumo	Cantidad	Costo_Unitario	Fecha_Detallada
C001	R001	1/3/2017	1,5	18,86	8/3/2017
C002	R001	1/3/2017	1,5	18,86	8/3/2017

Nota. Elaboración Propia.

##### Tabla 2: Repuesto

Una tabla informativa, conecta con la primera dada que brinda información de cada repuesto, su clasificación y su código de identificación, así los filtros en Power BI serían más prácticos y fáciles de implementar. La figura 11 indica la estructura de esta tabla.

##### Figura 11

Tabla Repuestos

ID_Repuesto	Nombre_Repuesto	Categoría
R001	ACEITE 15W40	MOTOR
R002	FILTRO DE ACEITE 97309927	MOTOR

Nota. Elaboración Propia.

### Tabla 3: Fechas

La última tabla se enfoca en filtrar cada una de las fechas en todo el periodo que se tiene los datos, esto con el objetivo de enlazar las tablas anteriores según su consumo y demanda en cada situación, así se puede segmentar por periodos y ver comportamientos de cada repuesto en situaciones poco comunes. La figura 12 demuestra la estructura de la tabla fechas.

### Figura 12

Tabla Fechas

Fecha	Año	Mes	Nombre_Mes	Trimestre
1/1/2017	2017	1	Enero	1
1/2/2017	2017	2	Febrero	1

Nota. Elaboración Propia.

Cabe resaltar que cada tabla debe tener al menos una columna igual entre cada una para poderlas relacionar en Power BI.

#### 4.2.6 Aplicativo de modelo matemático

El modelo matemático de la cantidad económica de pedido es dependiente de las variables seleccionadas como segmentadores, además de otros valores que dentro de Power BI pueden calcularse mediante medidas, finalmente el cálculo resulta de un valor cambiante según los filtros y valores que actúen en ese momento, dada la versatilidad del programa es útil poder determinar valores, como la demanda, según una fecha específica y su comportamiento, con esto culminaría el aplicativo matemático, sin embargo, surge una duda de posibilidad de mejora, esto enfocado en optimizar aún más el costo de almacenamiento o mantenimiento, siempre y cuando sea necesario y útil, por ello también involucra un nuevo segmentador (Parámetro Theta).

## Mejora al modelo clásico Wilson (EOQ)

El modelo matemático Wilson siempre trabaja con constantes, esto hace limitante al momento de establecer picos de demanda, dado que se presenta en un promedio anual, sin embargo, uno de los beneficios de hacerlo digital consiste en variar dichos valores mediante los segmentadores, lo cual puede servir para personalizar por periodos puntuales y mejorar la eficiencia en esas fechas, a pesar de ello, también puede optimizarse matemáticamente y esto se logra analizando los lotes de inventario, si bien muchos pueden conservarse por largos periodos, otros resultan en degradación o bien cualquier repuesto pierde valor con el tiempo, es decir, se devalúan. El cálculo de depreciación por periodo de cada ítem es complejo y muy tardado de realizar, por ello se maneja mediante porcentajes y es ahí donde entra un nuevo parámetro, (Theta), el cual está enfocado en determinar la desvalorización de los repuestos en el ámbito de costos de mantenimiento o almacenamiento, lo cual genera un nuevo valor de EOQ. Este proyecto busca aplicar este modelo de mejora bajo el nombre clave de “Modelo Estrella” con el propósito de identificar sus variables, medidas, tablas, columnas, etc. En el resultado final se referirá a él como “Pascual” dado la bibliografía del proyecto.

El modelo estrella de EOQ se basa en la idea de disminuir costos globales considerando depreciaciones de stock, esto se logra mediante la declaración de variables de descuento por tiempo, estableciendo límites de periodos en una integral que tiende al infinito. El objetivo consiste en determinar valores futuros relacionando los presentes con el factor de descuento mencionado, sin embargo, Power BI y DAX no están optimizados para leer o calcular integrales, es por ello que la opción más factible es declarar un número limitado de iteraciones que calcula varias veces la cantidad económica de pedido EOQ, según varíe su parámetro (Theta) como se demuestra en la figura 13.

Cada iteración representa una mejora al valor final del EOQ, esto se logra pues la primera iteración se enfoca en presentar en punto de partida del cálculo, solo expone que se verá alterado por el factor de variación en juego, la siguiente

iteración consiste en pulir el impacto que tienen los parámetros en este nuevo cálculo y así sucesivamente cada iteración pule aún más los valores.

### Figura 13

Código DAX para la cantidad económica de pedido optimizado (Modelo Estrella)

```
-- Semilla inicial con EOQ clásico (para empezar iteración)
VAR EOQ0 = SORT(DIVIDE(2 * D * S, c * IF(theta>0, theta, 0.05))) )

-- Iteración 1
VAR T1 = DIVIDE(EOQ0, D, 0.0001)
VAR f1 = 2 * (1 - EXP(-theta * T1)) / (theta * T1) - (1 - EXP(-theta * T1)) * (1 + theta * T1) / (theta^2 * T1^2) )
VAR EOQ1 = POWER(DIVIDE(4 * D * S, c * f1, 0.0001), 1/3) )

-- Iteración 2
VAR T2 = DIVIDE(EOQ1, D, 0.0001)
VAR f2 = 2 * (1 - EXP(-theta * T2)) / (theta * T2) - (1 - EXP(-theta * T2)) * (1 + theta * T2) / (theta^2 * T2^2) )
```

Nota. Elaboración propia.

En este caso se comprobó que cinco iteraciones son suficientes para la cantidad de stock y tiempo establecido en el estudio, dado que colocar más iteraciones solo aproximan la variación a cero y son descartables.

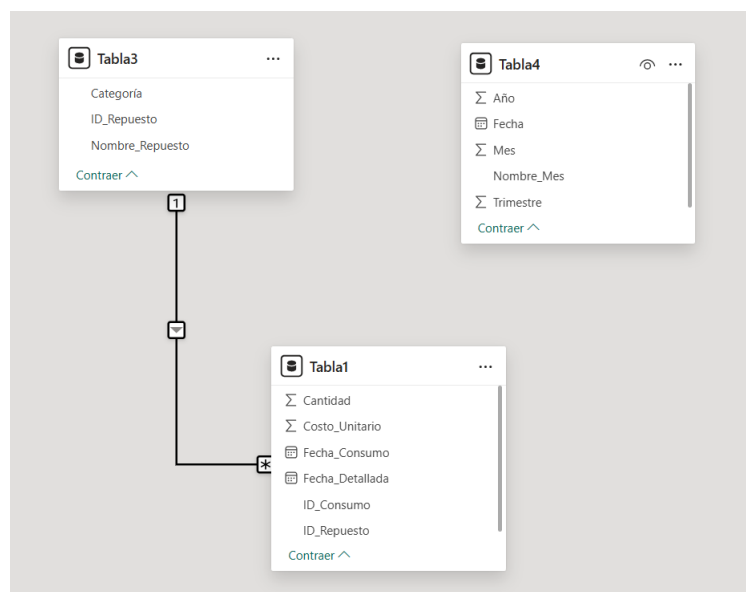
#### 4.2.7 Implementación de la herramienta digital

Power BI tiene un apartado de introducción de datos de una gran variedad de fuentes, entonces el paso consiste en agregar la base al programa y luego enlazar las diferentes tablas con la reglamentación de muchos a uno que establece el propio software, será necesario como mínimo una columna que sea correspondiente a otra en la tabla que se va a relacionar. La figura 14 presenta la interfaz en Power BI para relacionar tablas.

La designación de las visualizaciones, va a depender de las KPI's a implementar, estas requieren mucho análisis, pues, es ahí donde se va a estructurar la aplicación del lenguaje DAX, los segmentadores, las gráficas, los filtros y todos los recursos que Power BI brinda a disposición. Hay que resaltar que la versión utilizada es Power BI Desktop, es decir, la versión gratuita. El proceso no consiste en elegir el gráfico que se desea mostrar desde un inicio, sino seleccionar uno provisionalmente para determinar que aplicativo se podría dar, todo esto relacionándolo con las KPI's.

**Figura 14**

Ventana vista de modelo, enlace de tablas principales en Power BI



*Nota.* Elaboración propia.

### Clasificación ABC

El primero de ellos fue una tabla clásica la cual sería la base para el primer indicador que podía ya implementarse con la base inicial, la clasificación ABC, hay que considerar que el proceso para determinar los valores que influyen en el aplicativo del ABC ya consiste en calcular otras KPI's como demanda, costos, clasificaciones, etc.

En Power BI es prudente determinar cuáles son las formas correctas de exponer información ya que al aplicar DAX puede hacerse de dos maneras, una empleando una medida la cual no tendrá representación numérica en una matriz, pero si será visible en gráficas o tarjetas el resultado, esta opción es la que mejor trabaja con otros filtros que se usan dentro del programa. El otro método es planteando matrices, las cuales se guardarán en la memoria de Power BI y se agregarán a la lista de tablas que se tenía por defecto como base inicial. En este caso podría implementarse ambas, pero el objetivo era tratar de representar una gráfica de pertenencia y evitar que filtros externos afecten al comportamiento del modelado

ABC por ende se optó por el uso de matrices, agregando una nueva tabla al historial, esta generada cien por ciento mediante DAX.

La nueva tabla lleva el nombre de “Resumen repuestos” y se actualizará en futuro para nuevas aplicaciones, en este caso, como se aprecia en la Figura 15 algunas de sus columnas son recicladas de las tablas anteriores, sin embargo, también hay columnas calculadas en mediante DAX, estas son:

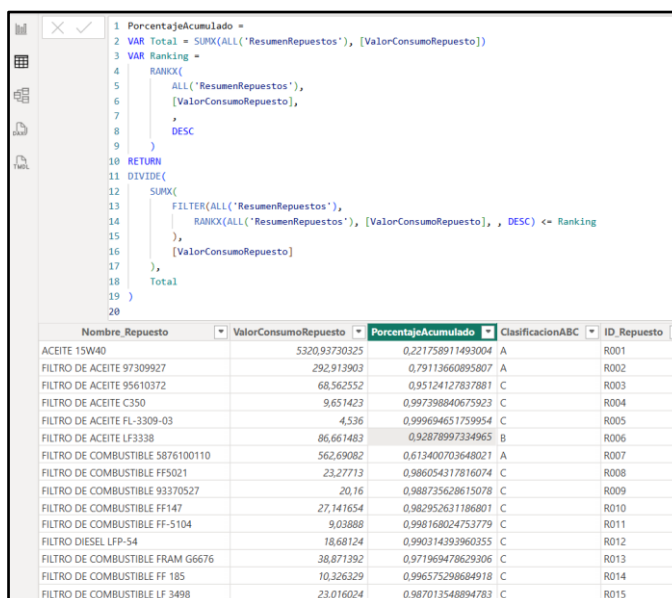
**Valor consumo repuesto.** Esta columna compila el valor económico de todos los consumos que ha tenido cada repuesto, con el fin de determinar la participación económica.

**Porcentaje acumulado.** Se calcula en porcentaje la participación de cada repuesto, para poder definir la categoría establecida por la clasificación ABC.

**Clasificación ABC.** Esta columna es la encargada de designar a que categoría pertenece cada repuesto según su participación financiera, es decir, cuales repuestos son los que generan el 80% de las ganancias A, el 15% B y el 5% C.

**Figura 15**

*Tabla Resumen Repuestos*



```

1 PorcentajeAcumulado =
2 VAR Total = SUMX(ALL('ResumenRepuestos'), [ValorConsumoRepuesto])
3 VAR Ranking =
4     RANKX(
5         ALL('ResumenRepuestos'),
6         [ValorConsumoRepuesto],
7         ,
8         DESC
9     )
10 RETURN
11 DIVIDE(
12     SUMX(
13         FILTER(ALL('ResumenRepuestos'),
14             RANKX(ALL('ResumenRepuestos'), [ValorConsumoRepuesto], , DESC) <= Ranking
15         ),
16         [ValorConsumoRepuesto]
17     ),
18     Total
19 )
20

```

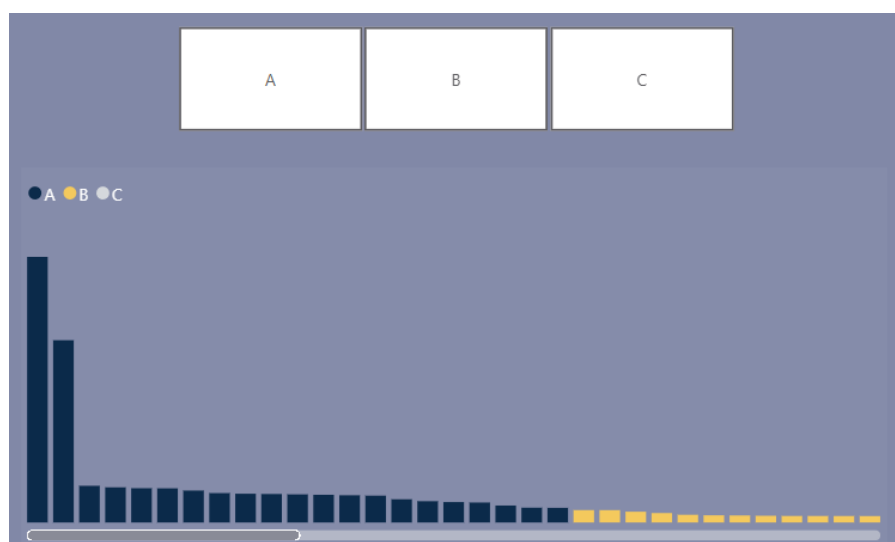
Nombre_Repuesto	ValorConsumoRepuesto	PorcentajeAcumulado	ClasificacionABC	ID_Repuesto
ACEITE 15W40	5320,93730325	0,221758911493004	A	R001
FILTRO DE ACEITE 97309927	292,913903	0,79113660895807	A	R002
FILTRO DE ACEITE 95610372	68,562552	0,95124127837881	C	R003
FILTRO DE ACEITE C350	9,651423	0,997398840675923	C	R004
FILTRO DE ACEITE FL-3309-03	4,536	0,999694651759954	C	R005
FILTRO DE ACEITE LF3338	86,661483	0,92878997334965	B	R006
FILTRO DE COMBUSTIBLE 5876100110	562,69082	0,613400703648021	A	R007
FILTRO DE COMBUSTIBLE FF5021	23,27713	0,986054317816074	C	R008
FILTRO DE COMBUSTIBLE 93370527	20,16	0,988735628615078	C	R009
FILTRO DE COMBUSTIBLE FF147	27,141654	0,982952631186801	C	R010
FILTRO DE COMBUSTIBLE FF-5104	9,03888	0,998168024753779	C	R011
FILTRO DIESEL LFP-54	18,68124	0,990314393960255	C	R012
FILTRO DE COMBUSTIBLE FRAM G6676	38,871392	0,971969478629306	C	R013
FILTRO DE COMBUSTIBLE FF 185	10,326329	0,996575298684918	C	R014
FILTRO DE COMBUSTIBLE LF 3498	23,016024	0,987013548894783	C	R015

*Nota.* Elaboración propia.

La gráfica perfecta para la representación en el modelo es un diagrama de barras con un segmentador que filtre qué categoría se desea revisar como se indica en la figura 16.

### Figura 16

*Gráfica de barras y segmentador con Clasificación ABC*



*Nota.* La imagen corresponde a un Widget y un segmentador en Power BI, al seleccionar cualquier barra o botón filtra automáticamente todos los parámetros en pantalla. Elaboración propia.

### KPI's Principales

Las primeras KPI's que la herramienta informática establece son los valores más comunes y fáciles de obtener mediante DAX, algunos incluso sin valoraciones previas, estos datos corresponden a Demanda, Costo Total y Costo Unitario.

**Demanda.** La demanda es un cálculo estructurado a partir del histórico de datos por periodos, lo más común son costos anuales, pero en este caso el historial pertenece a tres años de salidas constantes, por ende, puede ser una ventaja aplicar la base completa. Para determinar las demandas suele implementarse medidas de probabilidad básica, media, moda, mediana, etc. Sin embargo, usando una función denominada "Calculate" de Power BI, facilita las cosas pues no busca un promedio que me dé un valor constante, sino un comportamiento más auténtico en el periodo

definido, esto garantiza que no solo el valor, sino las gráficas tengan un comportamiento variable enfocado al realista y personalizado por fechas. La figura 17 presenta el código usado para conseguir el valor de la demanda anual.

### Figura 17

*Código DAX para cálculo de la demanda anual*

```
DemandaAnual =  
CALCULATE(  
    SUM(consumo[Cantidad]),  
    VALUES(Repuestos[Nombre_Repuesto]),  
    VALUES(Fecha[Año])  
)
```

*Nota.* Valor calculado en medida DAX. Elaboración Propia.

**Costo total.** El costo total representa las ventas de los repuestos por cada consumo sumado, con esta información se obtiene el total de ventas por repuesto, en la herramienta está implementado como una medida que automáticamente suma los consumos iguales según su codificación (C001, C002, C003, ...), la medida mostrada en la figura 18 identifica el repuesto y calcula el resultado. Gracias a la versatilidad del programa, se puede gestionar con filtros para que determine el valor de cualquier repuesto o incluso totales de todo el stock completo, por categoría o unitario acumulado.

### Figura 18

*Código DAX para cálculo de costo total*

```
Costo Total = SUMX(Consumo, Consumo[Cantidad] * Consumo[Costo_Unitario])
```

*Nota.* Valor calculado en medida DAX. Elaboración Propia.

**Costo Unitario.** Este valor equivale al costo de cada ítem, en este caso no se debe calcular puesto que ya se encuentra en las tablas de histórico de datos.

Cantidad Económica de Pedido

El siguiente paso consiste en uno de los cálculos principales, ya que representa gran parte de los KPI's del Dashboard, además de ser la fuente base de muchas de las gráficas presente en el mismo, es la cantidad económica de pedido que será determinada en conjunto, dos versiones, la Clásica (Modelo Wilson Clásico) y Modelo Estrella (Mejora definida para descuentos por tiempo).

Para ello se definió anteriormente los segmentadores y el uso de ellos, considerando que la cantidad económica de pedido siempre se calcula mediante la fórmula (1). Entonces la designación queda establecida en la tabla 8.

Definido cada parámetro y su función, el EOQ Modelo Estrella se calcula con la fórmula de la figura 12 y el EOQ se calcula mediante una medida establecida con DAX como se presenta en la figura 19.

**Tabla 8**

*Designación de segmentadores que se utilizarán en la herramienta*

Parámetro	Uso
Porcentaje del costo de mantenimiento	Costo de mantenimiento en el modelo clásico.
Variable Theta (porcentaje de variación de costos generados en función del tiempo)	Costo de mantenimiento en el modelo Estrella.
Porcentaje de seguridad	Stock de seguridad en ambos modelos.
Días de cobertura	Stock de seguridad en ambos modelos.
Costo de adquisición	EOQ Clásico y Modelo Estrella.
Crecimiento de demanda anual	EOQ clásico y Modelo Estrella proyectados para el siguiente año.

*Nota.* Los segmentadores no solo influirán en la EOQ, sino en todos los visualizadores y KPI's enlazados. Elaboración propia.

**Figura 19**

Código DAX para cálculo del EOQ clásico

```
1 EOQ =  
2 VAR Demanda = [DemandaAnual]  
3 VAR CostoPed = [Costo_PorPedido_S]  
4 VAR CostoMant = [CostoMantenimiento]  
5 RETURN  
6 IF(  
7     NOT ISBLANK(Demanda) && NOT ISBLANK(CostoMant),  
8     SQRT(  
9         DIVIDE(  
10            2 * Demanda * CostoPed,  
11            CostoMant  
12        )  
13    )  
14 )  
15
```

*Nota.* Se declara nuevamente las variables en el código para facilidad del autor. Elaboración propia.

#### Número de pedidos y Stock de Seguridad

Los valores definidos por el EOQ, establecen la cantidad de suministro de repuestos que debe hacerse por pedido, sin embargo, para completar el cálculo debe analizarse mediante una nueva medida la cantidad de pedidos, el cual utiliza la demanda calculada y el EOQ correspondiente como se demuestra en la figura 20. Esto brindará un valor muy diverso en cada caso, pues el Modelo Estrella considera que los costos de mantenimiento generan pérdidas mayores en función del tiempo por ello recomienda plantear mayor número de pedidos por lote.

**Figura 20**

Código DAX para cálculo de Número de pedidos

```
1 NumPedidos_Clasico =  
2 IF(DIVIDE([DemandaAnual], [EOQ], 0) < 1, 1, ROUND(DIVIDE([DemandaAnual], [EOQ], 0), 0) )  
3
```

*Nota.* Para calcular con el modelo estrella solamente se cambia el origen de la medida EOQ por el EOQ modelo estrella. Elaboración propia.

Una vez obtenido el EOQ, se puede proyectar posibles dudas de cumplimiento de stock, pues no siempre equivaldrá a un valor ideal para responder a la demanda, es ahí donde un nuevo cálculo se hace presente en la figura 21, este es el valor del stock de seguridad, donde se utiliza los parámetros de la tabla 9 en una medida DAX.

### Costo Global

Los costos globales corresponden a la suma de todos los costos involucrados en cada pedido, (costos de adquisición, costos de mantenimiento y costos de unidad por demanda) es importante conocer este valor dado que así se puede determinar la relevancia de aplicar la EOQ, ya sea el modelo clásico o el modelo Estrella y cual conviene más al usuario según sus necesidades. En la figura 22 se establece el código empleado en DAX para obtener el valor de costo global.

### Figura 21

#### *Código DAX para cálculo de stock de seguridad*

```
1 StockSeguridad_Clasico =  
2 VAR EOQ_Actual = [EOQ]  
3 VAR PorcSeguridad = SELECTEDVALUE(ParametroPorcentajeSeguridad[ParametroPorcentajeSeguridad])  
4 VAR ConsumoDiario = [DemandaAnual] / 365  
5 VAR DiasCobertura = SELECTEDVALUE(ParametroDiasCobertura[ParametroDiasCobertura])  
6 RETURN  
7 (EOQ_Actual * PorcSeguridad) + (ConsumoDiario * DiasCobertura)  
8
```

*Nota.* Para calcular con el modelo estrella solamente se cambia el origen de la medida EOQ por el EOQ modelo estrella. Elaboración propia.

Cabe resaltar que el stock de seguridad no se incluye en el número de pedidos calculados previamente, sino se vuelve un pedido extra al lote.

## Figura 22

### Código DAX para cálculo de Costo global

```
1 Costo_Global_Clásico =
2 VAR D = [DemandaAnual]
3 VAR Q = [EOQ]
4 VAR C = AVERAGE('Consumo'[Costo_Unitario])
5 VAR S = [Costo_PorPedido_S]
6 VAR H = SELECTEDVALUE('PorcentajeMantenimiento'[PorcentajeMantenimiento], 0)/100
7 RETURN
8 IF(Q > 0, (D * C) + ((D / Q) * S) + (H * C * (Q/2)), BLANK())
9
```

*Nota.* Para calcular con el modelo estrella solamente se cambia el origen de la medida EOQ por el EOQ modelo estrella. Elaboración propia.

### Demanda Proyectada

Para poder utilizar la herramienta con fines anticipados es puntual establecer la demanda del siguiente año con el código de la figura 23, cabe resaltar que no siempre habrá un incremento. Como se aprecia en el histórico de datos, dependerá de la variación de comportamiento comercial, es por ello que para este punto también se trabaja con un segmentador el cual influye en el crecimiento o decrecimiento de la demanda próxima, es a consideración del usuario seleccionar el porcentaje adecuado, esto en base al comportamiento actual de los KPI's.

## Figura 23

### Código DAX para cálculo de Demanda Proyectada

```
1 Demanda_Proyectada =
2 VAR BaseDemanda = [Demanda_Ultimo_Año]
3 VAR FactorCrecimiento = 'Crecimiento de demanda anual'[Valor de Crecimiento de demanda anual]
4 VAR AnoProy = MAX('Fechas_Proyección'[Año])
5 VAR UltimoAño = CALCULATE(MAX('Fecha'[Año]), ALL('Fecha'))
6 VAR DiferenciaAño = AnoProy - UltimoAño
7 RETURN
8 IF(DiferenciaAño >= 1,
9     BaseDemanda * (FactorCrecimiento ^ DiferenciaAño),
10    BaseDemanda
11 )
```

*Nota.* Elaboración propia.

## Alerta de Reaprovisionamiento

En todo sistema de gestión debe considerar el registro de entradas y salidas, esto es algo que la cantidad económica de pedido busca optimizar para que nunca exista falla de aprovisionamiento, o al menos, disminuir carencia de existencias. Para ello es importante tener alertas constantes del movimiento del stock y sobre todo la alerta de reaprovisionamiento emergente.

Para conseguir simular la alerta, debido a la carencia de información de la base de datos de un stock inicial se simuló un stock de todas las existencias mediante lenguaje DAX, estos valores son generados aleatoriamente, dado que en una empresa siempre existirá movimientos oscilantes de los repuestos. Para calcular estos valores se requiere previamente tener los datos de rotación de cada repuesto, lo cual representa las salidas de los mismos. Con DAX se puede emplear mediante el código de la figura 24 un recuento de todos los consumos de un mismo repuesto y repetirlo para el resto del inventario, de este modo se consigue la rotación total.

La Figura 25 muestra el aplicativo de DAX para generar valores aleatorios que oscilan entre el cero y el doble del consumo final, en este caso las salidas.

### Figura 24

*Código DAX para cálculo de la columna Rotación total*

```
1 RotacionTotal =  
2 COUNTROWS(  
3     FILTER(  
4         Consumo,  
5         Consumo[ID_Repuesto] = ResumenRepuestos[ID_Repuesto]  
6     )  
7 )
```

*Nota.* El código se empleó para crear una columna en la tabla Resumen Repuestos y no una medida para evitar interferencias al momento de ejecutar filtros. Elaboración propia.

## Figura 25

*Código DAX para cálculo de la columna inventario inicial simulado*

```
InventarioInicialSimulado = ROUND(RAND() * [RotacionTotal] * 2, 0)
```

*Nota.* El código se empleó para crear una columna en la tabla Resumen Repuestos y no una medida para evitar interferencias al momento de ejecutar filtros. Elaboración propia.

Posteriormente se calcula el resultado del inventario actual, es decir, después de haber pasado por las salidas, para ello debe considerarse que los valores negativos indican que se requiere más stock para cumplir con la demanda, esos valores serían directamente cero existencias en almacén, lo cual se desea evitar. Al implementar una nueva columna con DAX con el código de la figura 26 se filtra todas las condiciones que se busca cumplir.

Finalmente, la alarma debe ser un indicativo de condicional "SI", lo que quiere decir que, si se cumple las reglas impuestas en el código DAX debe devolver un valor, caso contrario debe dar otro. Para esta alarma el valor no será numérico, sino en texto como se aprecia en la figura 27.

## Figura 26

*Código DAX para cálculo de la columna inventario actual simulado*

```
InventarioActualSimulado = [InventarioInicialSimulado] - [RotacionTotal]
```

*Nota.* El código se empleó para crear una columna en la tabla Resumen Repuestos y no una medida para evitar interferencias al momento de ejecutar filtros. Elaboración propia.

## Figura 27

*Código DAX para alarma de inventario*

```
AlarmaInventario = IF([InventarioActualSimulado] >= 0, "OK", "Reponer")
```

*Nota.* El código está efectuado como medida y devuelve texto. Elaboración propia.

## Rotación de repuestos

Mientras que la clasificación ABC separa los repuestos que generan mayor ganancia en porcentaje a comparación de los otros, la rotación establece cuales son los productos que mayor demanda tienen según las salidas de ventas, esta catalogación permite determinar cuál ítem debe estar siempre con cantidades en almacén. El aplicativo en DAX filtra los repuestos que roten en primera estancia siendo el 70% denominándolo A. Si el porcentaje de rotación se encuentra entre en 70% y el 85% entonces es B y si no cumple ninguno de las dos condiciones resulta en C, es decir, los repuestos de menor rotación o demanda. Para lograr esto primero se debe calcular el equivalente total en porcentaje de rotación total de cada repuesto con el código de la figura 28.

Posterior a ello, se aplica la fórmula de la figura 29 que acumule progresivamente el resultado del porcentaje, con el fin de ordenar los repuestos según la cantidad de rotación.

### Figura 28

*Código DAX para cálculo de la columna porcentaje rotación*

```
1 PorcentajeRotacion =  
2 DIVIDE(  
3     ResumenRepuestos[RotacionTotal],  
4     CALCULATE(  
5         SUM(ResumenRepuestos[RotacionTotal]),  
6         ALL(ResumenRepuestos)  
7     )  
8 )
```

*Nota.* El código se empleó para crear una columna en la tabla Resumen Repuestos y no una medida para evitar interferencias al momento de ejecutar filtros. Elaboración propia.

**Figura 29**

Código DAX para cálculo de la columna porcentaje acumulado rotación

```
1 PorcentajeAcumuladoRotacion =  
2 VAR CurrentRotacion = ResumenRepuestos[RotacionTotal]  
3 RETURN  
4 CALCULATE(  
5     SUM(ResumenRepuestos[PorcentajeRotacion]),  
6     FILTER(  
7         ALL(ResumenRepuestos),  
8         ResumenRepuestos[RotacionTotal] >= CurrentRotacion  
9     )  
10 )
```

*Nota.* El código se empleó para crear una columna en la tabla Resumen Repuestos y no una medida para evitar interferencias al momento de ejecutar filtros. Elaboración propia.

El resultado, un valor numérico que con la ayuda de DAX y con la fórmula de la figura 30 se ejecuta una condicionante de valor que devuelve la clasificación definida anteriormente A, B y C.

**Figura 30**

Código DAX para cálculo de la columna categoría rotación

```
1 CategoriaRotacion =  
2 SWITCH(  
3     TRUE(),  
4     ResumenRepuestos[PorcentajeAcumuladoRotacion] <= 0.7, "A",  
5     ResumenRepuestos[PorcentajeAcumuladoRotacion] <= 0.85, "B",  
6     "C"  
7 )
```

*Nota.* El código se empleó para crear una columna en la tabla Resumen Repuestos y no una medida para evitar interferencias al momento de ejecutar filtros. Elaboración propia.

Relación entre Clasificación ABC y rotación de repuestos

La denominación elegida para la rotación, aunque pueda parecer confusa dado que la clasificación ABC lleva la misma nomenclatura no está definido por error, sino

como estrategia para generar un nuevo segmentador de datos que permita filtrar los repuestos que mayor ganancia generen y mayor rotación o demanda tengan, esto con el fin de dar prioridad a un grupo de repuestos específico en situaciones críticas. La nueva nomenclatura está definida en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Nomenclatura de clasificación ABC y rotación combinada*

Nomenclatura	Descripción
AA	Repuestos de alta impacto económico y alta rotación.
AB	Repuestos de alto impacto económico y rotación media.
AC	Repuesto de alto impacto económico y baja rotación.
BA	Repuestos de medio impacto económico y alta rotación.
BB	Repuestos de medio impacto económico y media rotación.
BC	Repuestos de medio impacto económico y baja rotación.
CA	Repuestos de bajo impacto económico y alta rotación.
CB	Repuestos de bajo impacto económico y media rotación.
CC	Repuestos de bajo impacto económico y baja rotación.

*Nota.* Elaboración propia.

EOQ Proyectado

El último cálculo consiste en establecer relación entre los anteriores segmentadores y la demanda proyectada, este valor está diseñado para poder analizar en caso de una creciente o decreciente rotación de repuestos cuales serían tanto el EOQ, stock

de seguridad, número de pedidos de los siguientes años. De igual manera, este se analiza bajo los mismos criterios del EOQ, con sus respectivas variables y aplicando dos modelos, el Clásico y el Modelo Estrella. Primero bajo el valor de la demanda proyectada se ejecuta el código de la figura 31.

El EOQ ya definido servirá para el resto de cálculos, sin embargo, cabe resaltar que, en el histórico de datos, no todos los años se comportan igual, existen momentos donde la demanda es cambiante, es por ello que el criterio consiste en analizar el EOQ la demanda del último año, como lo indica la figura 32, para proyectar el siguiente.

### Figura 31

*Código DAX para cálculo de EOQ proyectado*

```
1 EOQ_Proyectado =
2 VAR Demanda = [Demanda_Proyectada]
3 VAR CostoPed = SELECTEDVALUE('CostoAdquisiciónPedido'[CostoAdquisiciónPedido])
4 VAR CostoMant = [CostoMantenimiento]
5 RETURN
6 IF(
7     NOT ISBLANK(Demanda) && NOT ISBLANK(CostoMant),
8     SQRT(
9         DIVIDE(
10            2 * Demanda * CostoPed,
11            CostoMant
12        )
13    )
14 )
```

*Nota.* Código calculado en medida DAX. Elaboración propia.

### Figura 32

*Código DAX para cálculo de EOQ según la demanda del último año analizado del histórico*

```
1 EOQ_Modelo_Estrella_Proyectado_Año =
2 CALCULATE(
3     [EOQ_ModeloEstrella_Proyectado],
4     'Fechas_Proyección'[Año] = MAX('Fechas_Proyección'[Año])
5 )
```

*Nota.* Código calculado en medida DAX, funciona para ambos modelos aplicados (clásico y modelo estrella). Elaboración propia.

#### 4.2.8 Diseño de Dashboard

Un dashboard se compone en una herramienta de cuadro de mando que refleja el comportamiento de datos según influencias externas e internas, el objetivo de un dashboard es presentar de manera resumida un grupo de indicadores clave, los cuales permitan facilitar la toma de decisiones de una organización. El dashboard requiere de reglas puntuales para su diseño, como el tamaño, la cantidad de widgets, segmentadores y tarjetas. También las reglas definen que no debe saturarse de información, sino solo la relevante, además, va de la mano de una estructura para su diseño, en este caso, esta herramienta maneja un sistema similar a una metodología de diseño VROps.

#### 4.2.9 Diseño VROps

Esta estructura plantea un concepto de comunicación final a un usuario el cual percibirá información en forma de KPI's además que define una relación entre estos indicadores y el aplicativo de widgets (herramienta de interacción o información en pantalla). La metodología VROps se basa en una estructura.

- Definición del objetivo
- Planificación de flujo de trabajo
- Conocimiento de datos
- Elección de widgets
- Planificación de interacciones
- Pruebas de manejo
- Refinamiento y mantenimiento

##### Definición del objetivo

Esta herramienta plantea presentar los KPI's antes mencionados de manera que el usuario pueda leerlos e interpretarlos inmediatamente para conocer el estatus de la empresa y buscar oportunidades de mejora. Además, busca plantear cuales son los repuestos que se deben brindar exclusiva importancia y una proyección para determinar cantidades y toma de decisiones futuras.

El diseño estructural de este Dashboard corresponde a demasiada información para una sola página, por ello la herramienta se divide en tres páginas, siendo la primera la base de todo análisis y la que brinda la mayor cantidad de información.

- Página 1: Indicadores principales, segmentadores generales y visualizadores de comportamiento.
- Página 2: Relación entre rotación y participación económica, clasificación por categoría y segmentadores.
- Página 3: Proyecciones anuales, segmentadores generales y KPI's de proyección.

#### Planificación de flujo de trabajo

El flujo de trabajo consiste en el funcionamiento de la herramienta en la fase operativa. Esta herramienta busca funcionar según filtros y variables que el usuario desea controlar según las necesidades de la empresa.

Para la interacción del usuario en la primera página se establecieron todos los parámetros que puede alterar para la variación de las KPI's y gráficas que se designarán. Estos parámetros están designados en la tabla 7 y son de completa responsabilidad del usuario. De igual manera, en la página tres del dashboard también se repiten los mismos segmentadores pero con otros objetivos y otra disposición. La figura 33 muestra los indicadores en formato segmentador para que sean variables.

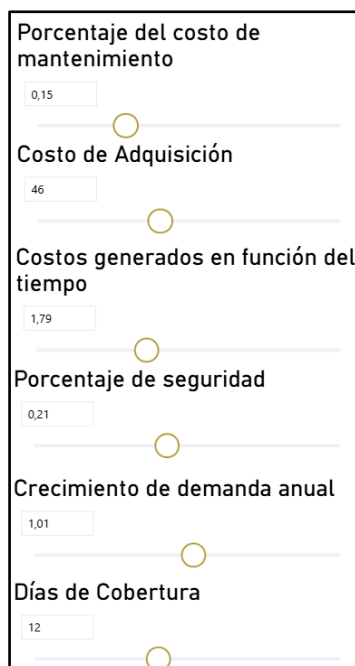
#### Conocimiento de datos

La información que la herramienta usa se basa en datos de entrada la cual consiste en el histórico de consumos de repuestos y los datos de salida, las KPI's establecidas con anterioridad.

En este punto se debe identificar que KPI's irá en cada página, una vez ya definido los segmentadores, se puede empezar a organizar página por página. Las tablas 10, 11 y 12 muestran la designación elegida para la herramienta.

**Figura 33**

*Indicadores en formato segmentador tipo slicer*



*Nota.* Los valores pueden ser seleccionados con el slicer o colocados numéricamente.  
Elaboración propia.

**Tabla 10**

*Indicadores para el dashboard de la página uno*

Indicador (KPI's)	Aplicación
EOQ	Tarjeta (Valor numérico)
EOQ Modelo Estrella	Tarjeta (Valor numérico)
Número de pedidos ambos modelos	Tarjeta (Valor numérico)
	Gráfico de líneas
Demanda	Tarjeta (Valor numérico)
Costo total	Tarjeta (Valor numérico)
Costo Unitario	Tarjeta (Valor numérico)
Costos globales ambos modelos	Tarjeta (Valor numérico)
Stock de cobertura	Tarjeta (Valor numérico)
Clasificación ABC	Gráfico de barras

Etiqueta de nombre	Tarjeta (Texto)
Alarma de reaprovisionamiento	Tarjeta (Texto y código de color)
Demanda proyectada	Tarjeta (Valor numérico)

*Nota.* Elaboración propia.

### **Tabla 11**

#### *Indicadores para el dashboard de la página dos*

Indicador (KPI's)	Aplicación
Clasificación ABC y Rotación	Tarjeta (Texto)
Costo total	Tarjeta (Valor numérico)
Recuento de cantidad de repuesto	Tarjeta (Valor numérico)
Consumo YTD	Gráfico de embudo

*Nota.* Elaboración propia.

### **Tabla 12**

#### *Indicadores para el dashboard de la página tres*

Indicador (KPI's)	Aplicación
EOQ Proyectado	Tarjeta (Valor numérico)
EOQ Modelo Estrella Proyectado	Tarjeta (Valor numérico)
Número de pedidos ambos modelos proyectados	Tarjeta (Valor numérico)
Demanda proyectada	Tarjeta (Valor numérico)
	Gráfico de líneas
Demanda último año	Tarjeta (Valor numérico)
Costo total	Tarjeta (Valor numérico)

*Nota.* Elaboración propia.

#### Elección de Widgets

Los widgets corresponden a las gráficas que en Power BI trabajan como filtros y segmentadores según la declaración de datos que se cargue en las mismas. En este

punto es crucial definir cuáles son los visualizadores que comuniquen suficiente información al usuario, de igual manera muchos KPI's también se representan mediante gráficas para mejorar la comunicación y entender el comportamiento por periodos, incluso si estos ya fueron proyectados por tarjetas. Las tablas 13, 14 y 15 describen la forma seleccionada de representar mediante widgets o visualizadores en los respectivos dashboard de Power BI.

**Tabla 13**

*Designación de visualizadores (widgets) para la página uno*

Indicados (KPI)	Descripción del visualizador seleccionado
EOQ Clásico	La representación de estos cálculos debe darse de manera que el usuario
EOQ Modelo Estrella	pueda visualizarlo de primera mano
Stock de seguridad clásico	para entender el comportamiento que
Stock de seguridad modelo estrella	tendría al responder a su demanda, por
	ello el visualizador ideal corresponde a
	una gráfica de líneas comparativa de
	todos los valores.
Clasificación ABC	El gráfico de barras siempre ha
	representado este tipo de
	clasificaciones con un código de color
	diferente para cada categoría.
Número de pedidos	Una gráfica de líneas comparativa del
	número de pedidos entre ambos
	modelos aplicados para la EOQ dado
	que su variación será mucho mayor.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 14**

*Designación de visualizadores (widgets) para la página dos*

Indicados (KPI)	Descripción del visualizador seleccionado
Clasificación ABC y Rotación	<p>Una gráfica de barras apiladas es ideal para representar en volumen cada clasificatoria de rotación donde un eje horizontal separa la clasificación ABC, de este modo con un código de color puede identificarse cada nomenclatura en cada categoría.</p> <p>Dos gráficas circulares para cada clasificación permiten visualizar la cantidad de participación por categorías de cada repuesto según códigos de colores, de igual manera filtrar según corresponda.</p>
Consumo YTD	<p>La gráfica de embudo es perfecta para visualizar y filtrar la participación los repuestos por año del histórico de datos.</p>
Tabla informativa	<p>Una tabla que permite la información del repuesto según su respectiva categoría, clasificación de participación, fechas, etc.</p>

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 15**

*Designación de visualizadores (widgets) para la página tres*

Indicados (KPI)	Descripción del visualizador seleccionado
Variación de demanda por año	Una gráfica de líneas con la tendencia de la demanda proyectada en los próximos cinco años para revisar cuanto será la demanda en cada fecha según los valores designados en los parámetros.

*Nota.* Elaboración propia.

#### Planificación de interacciones

Anteriormente se habían designado segmentadores, eso sumado a los widgets se posee un conjunto de movimientos que pueden emplearse para determinar el valor a mostrar. En las tablas 16, 17 y 18 se expone la lista de segmentadores con su respectivo formato y descripción de los mismos para cada página.

**Tabla 16**

*Designación de todos los segmentadores para la página uno*

Designación	Tipo	Descripción
Clasificación ABC	Mosaicos	Tres botones que cambian todas las gráficas, tarjetas y filtran los repuestos según las A, B y C de participación de costos. Una lista con los tres años del histórico para comprobar su
Seleccionador de fecha	Lista desplegable	

		comportamiento con el último medido.
		Lista de repuestos que se filtra según los anteriores
Seleccionador de repuestos	Lista desplegable	segmentadores y contiene toda la base de datos ya sea que estén o no en almacén. Un grupo de botones cada uno con una categoría que filtra todos los gráficos y algunos
Categorías	Mosaico	segmentadores para acoplarse a la seleccionada: Motor, Chasis y carrocería, frenos, etc.
Porcentaje de costo de mantenimiento	Valor único (slicer de rango)	Designados para influir en los KPI's de la pantalla y que el usuario sea quien manipule sus características.
Costo de adquisición	Valor único (slicer de rango)	
Costos generados en función del tiempo	Valor único (slicer de rango)	
Porcentaje de seguridad	Valor único (slicer de rango)	
Días de cobertura	Valor único (slicer de rango)	
Crecimiento de demanda anual	Valor único (slicer de rango)	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 17**

*Designación de todos los segmentadores para la página dos*

Designación	Tipo	Descripción
Mando de designación		Un selector de botones con las categorías
Clasificación ABC y Rotación	Mosaicos	combinadas de la Tabla 10

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 18**

*Designación de todos los segmentadores para la página tres*

Designación	Tipo	Descripción
Porcentaje de costo de mantenimiento	Valor único (slicer de rango)	
Costo de adquisición	Valor único (slicer de rango)	Aplicadas bajo las mismas normas que en la página uno solo que estas influyen en
Costos generados en función del tiempo	Valor único (slicer de rango)	indicadores de proyección para el
Porcentaje de seguridad	Valor único (slicer de rango)	siguiente año.
Días de cobertura	Valor único (slicer de rango)	
Crecimiento de demanda anual	Valor único (slicer de rango)	

*Nota.* Elaboración propia.

#### Pruebas de manejo

Este paso es esencial pues consiste en la comprobación de variación de valores y visualizadores según aplique los filtros ya sea con segmentadores o widgets, el comportamiento no solo tiene que ser diferente, sino tener sentido, por ejemplo,

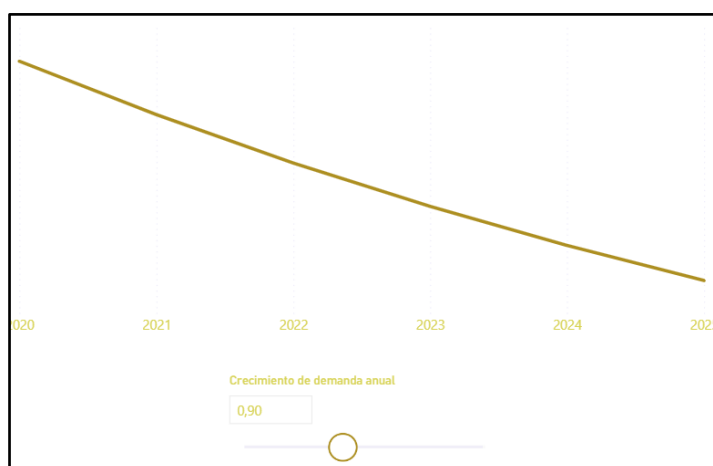
la demanda con un porcentaje de crecimiento menor a uno, la gráfica debería caer como lo indica en la figura 34.

Refinamiento y mantenimiento.

Este proceso consta de dos apartados, el primero consiste en el refinamiento, es decir, implementar los acabados para que el objeto visual cumpla con su objetivo. Para ello uno de los primeros pasos consta en la designación de fondo y paleta de colores. Para ello el software Canva fue la fuente que ayudó a determinar los colores y posiciones correctas de cada ítem del Dashboard, además de servir como un borrador para posibles selecciones. La figura 35 presenta algunos ejemplos considerados para el acabado final.

### Figura 34

*Caída de demanda proyectada*



*Nota.* Al tener un factor de crecimiento de demanda anual menor a uno la demanda decrece por los próximos años de análisis. Elaboración propia.

Según el planteamiento del diseño del Dashboard puede aplicarse sin necesidad de utilizar un fondo y en caso de ser requerido se utiliza la paleta de colores de la empresa para la cual va dirigida. La tabla 19 describe los códigos de colores del logotipo de la Universidad Politécnica Salesiana y los elegidos para la herramienta.

**Figura 35**

*Diseños descartados para el dashboard de la herramienta*



*Nota.* Los diseños fueron descartados dado que ciertos datos no se apreciaban con su respectiva paleta de colores y no cumplían con las reglas de diseño de dashboard. Elaboración propia.

**Tabla 19**

*Listado de código de colores designados para el diseño del dashboard de la herramienta*

Código	Color	Uso
#0b2a4a	Azul negro institucional	Fondo
#46639e	Azul	Fondo de gráficos Títulos
#D8d355	Amarillo Apagado	Separadores de segmentadores
#F9e79f	Amarillo pastel	Subtítulos de página
#274981	Azul oscuro	Fondo de títulos Texto principal
#D8D355	Dorado institucional	Tarjetas principales
#252423	Negro clásico	Texto de tarjetas
#E5E5E5	Gris institucional	Fondo de tarjetas

---

#D4AF37	Oro metálico	Segmentador de categorías	de
---------	--------------	---------------------------	----

---

*Nota.* Los colores corresponden a la paleta original del logotipo de la Universidad Politécnica Salesiana además de algunos agregados. Elaboración propia.

Los colores definidos se implementaron en el dashboard en dos pasos, el primero diseñado el fondo completo en el software Canva para cada una de las páginas con los fondos y estructura designada para cada visualizador y segmentador como se presenta en las figuras 36, 37 y 38.

### Figura 36

*Diseño preliminar sin métricas para el dashboard de la página uno*



*Nota.* Elaboración propia.

El siguiente paso debía colocar las tarjetas, KPI's, visualizadores, segmentadores, widgets y todo lo elegido anteriormente según los códigos establecidos para que el dashboard sea interactivo, diseño personalizado con la corporación a la cual va dirigida y su interpretación sea clara y concisa.

La página uno expuesta en la figura 39 está completada, con la herramienta funcional, todos los semmentagores tipo slicer, mosaicos y listas desplegadas,

además de los visualizadores, cabe resaltar que algunos KPI's están sobrepuestos en los gráficos para dar seguimiento del valor.

### Figura 37

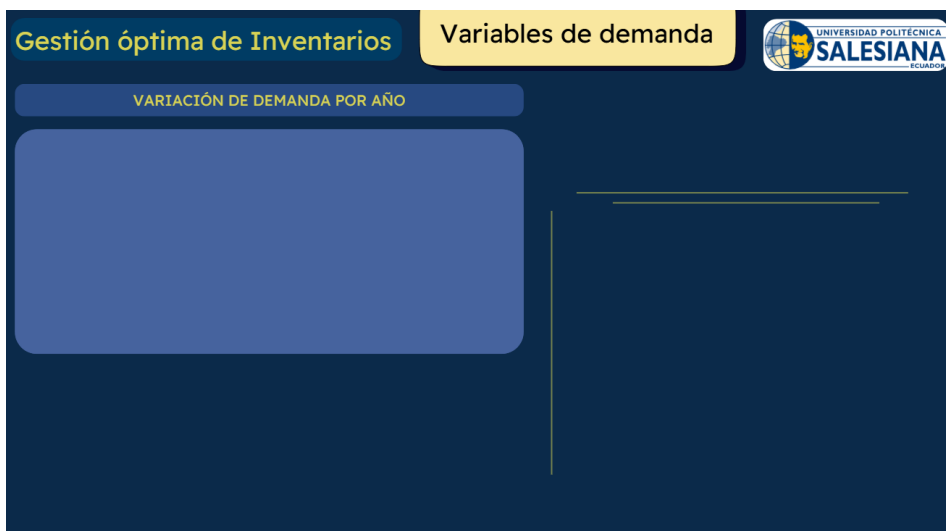
*Diseño preliminar sin métricas para el dashboard de la página uno*



*Nota.* Elaboración propia.

### Figura 38

*Diseño preliminar sin métricas para el dashboard de la página uno*



*Nota.* Elaboración propia.

Las figuras 40 y 41 representan las páginas dos y tres respectivamente las cuales sirven de complemento a los visuales de la herramienta en general, estos con funciones específicas que mejoran la eficiencia al filtrar valores que pueden servir en un futuro.

**Figura 39**

*Dashboard página uno de la herramienta para gestionar repuestos*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 40**

*Dashboard página uno de la herramienta para gestionar repuestos*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 41**

*Dashboard página uno de la herramienta para gestionar repuestos*



*Nota.* Elaboración propia.

Una vez finalizado el refinamiento, se procede con el mantenimiento que corresponde según el funcionamiento de la herramienta y el periodo prolongado. Se debe emplear la constante actualización de información, entradas y salidas, nuevos cálculos agregados y nuevos KPI's que puedan brindar un panorama más amplio, pero sin acumular indicadores en la pantalla.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La herramienta de gestión de repuestos cubre una gran cantidad de indicadores, el propósito de este capítulo consta en analizar los resultados de cada KPI y cada página dedicada, además, de las optimizaciones personalizadas para cubrir puntos específicos. El programa examina datos de una base histórica con un periodo grande de movimientos para concluir en el estudio definido por cada visualizador.

### 5.1 Lectura de indicadores clave y toma de decisiones

#### 5.1.1 Resultados del Análisis ABC

La clasificación ABC consiste en una herramienta altamente útil para analizar ítems en almacenes de repuestos, de este modo se puede identificar que tan fiable es invertir en el stock que se tiene. El emplear segmentadores y un widget permite filtrar las categorías y repuestos que más ganancias generan para la empresa, ese beneficio ayuda notablemente a la hora de analizar el comportamiento de las ventas. El proyecto determinó que los lubricantes componen la mayor cantidad de ganancias de toda la flota, es por ello, que se considera darle prioridad. En la figura 42 se muestra el efecto del segmentador de mosaico en el visualizador ABC y resto de gráficas.

#### 5.1.1 Resultados de la cantidad económica de pedido clásica y optimizada (modelo Estrella)

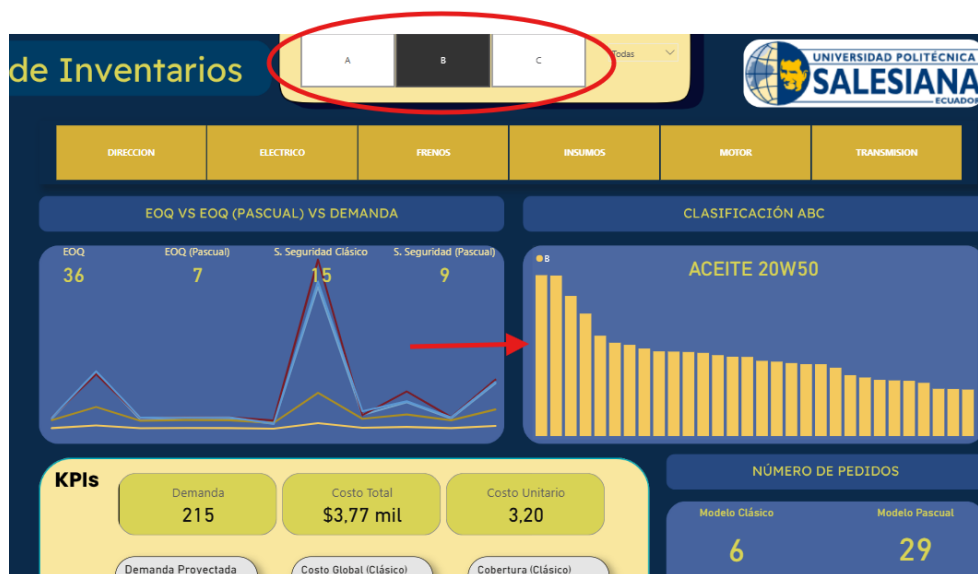
La cantidad económica de pedido siempre resulta en un dato complicado de calcular debido a que depende de la demanda la cual llega a tener fluctuaciones muy grandes en todo el periodo estudiado, sin embargo, gracias a Power BI, este comportamiento lo distribuye en la gráfica de manera uniforme para mejorar la interpretación.

En el caso de estudio los resultados difieren mucho entre un modelo y otro, dado un costo de mantenimiento se ve afectado de manera diferente, es por ello que el

número de pedidos es muy significativo en ciertos casos y los costos globales dan a convenir que el modelo clásico resulta mejor donde la cantidad de repuestos es pequeña y los gastos de depreciación no influyen mucho. El modelo estrella busca disminuir costos en lotes muy grandes cuando la problemática está en periodos largos de almacenamiento y genera pérdidas económicas por devaluación, esto lo soluciona incrementando en gran medida el número de pedidos a comparación del modelo clásico. Con estos resultados, para talleres multimarca que manejan repuestos, los costos globales serán prioridad, por ello es mejor manejar el modelo clásico. La figura 43 indica los segmentadores elegidos para ejecutar un ejemplo con el aceite 14W40 que es el repuesto de mayor demanda y participación económica del histórico de datos.

**Figura 42**

*Función del segmentador ABC*

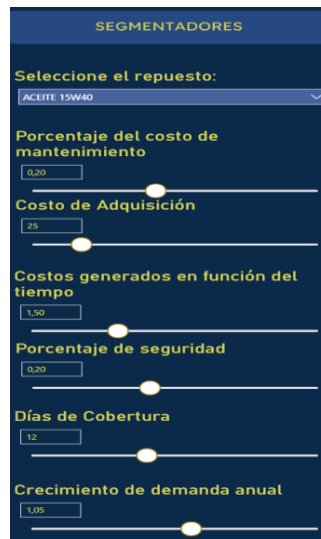


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 44 se muestra los resultados de los datos de entrada introducidos en los segmentadores de la figura 43.

**Figura 43**

*Datos seleccionados para ejemplo de la herramienta*



*Nota.* Los datos seleccionados servirán de influencia para todos los visualizadores y tarjetas de la herramienta. Elaboración propia.

**Figura 44**

*Resultados del ejemplo de la herramienta para el repuesto aceite 15W40*



*Nota.* Los valores van a variar por decimales ya que al hacer pedidos siempre son unidades enteras. Elaboración propia.

La imagen brinda los indicadores requeridos para entender el comportamiento de este repuesto en la empresa. Primero, la clasificación demuestra que es de categoría A, es decir, del grupo que genera el 80% de ventas. Segundo, el EOQ clásico de 27 unidades y EOQ Pascual (Modelo Estrella) de 7 unidades varían en su valor notablemente, alejados de la demanda calculada de 286 unidades, esto debido a que completan su cuota con el número de pedidos.

La gráfica de número de pedidos establece que el modelo clásico necesita menor cantidad de ellos para completar la cuota a diferencia del modelo de Pascual. Mediante la fórmula 3 se presenta la ecuación para encontrar la cantidad cubierta.

$$\text{cantidad cubierta} = \# \text{ de pedidos} * \text{EOQ} + \text{stock de seguridad} \quad (3)$$

El tablero de KPI's da los valores numéricos mediante tarjetas, lo cual se puede interpretar como, el número de ítems que se debe cubrir, es decir, la demanda la cual es de 286 unidades. La cantidad cubierta por ambos modelos utilizados considerando que el modelo de Pascual se acerca más a la demanda con 295 unidades y evita tener inventario sobre adquirido en comparación del modelo clásico que lleva un total de 309 unidades. Sin embargo, el modelo clásico cubre la demanda con menor cantidad de pedidos, solo 11, mientras que el modelo de Pascual son 43 pedidos, cabe resaltar que son anuales. En este caso en particular con el modelo de Pascual, la cantidad de iteraciones establece que su depreciación es considerable, dado que son lubricantes, por ello, considera que es mejor realizar varios pedidos para evitar gastos futuros, pero, los costos globales no lo favorecen, modelo de Pascual con \$5620 y modelo clásico \$5370, entonces, al ser una cantidad muy pequeña de stock, conviene seguir el modelo clásico.

Otro indicador es la porción de venta que genera y el incremento demandado del 5% que tendrá para los años posteriores mediante la demanda proyectada según las condiciones establecidas en la figura 43. Algo que se detalla más en la figura 47.

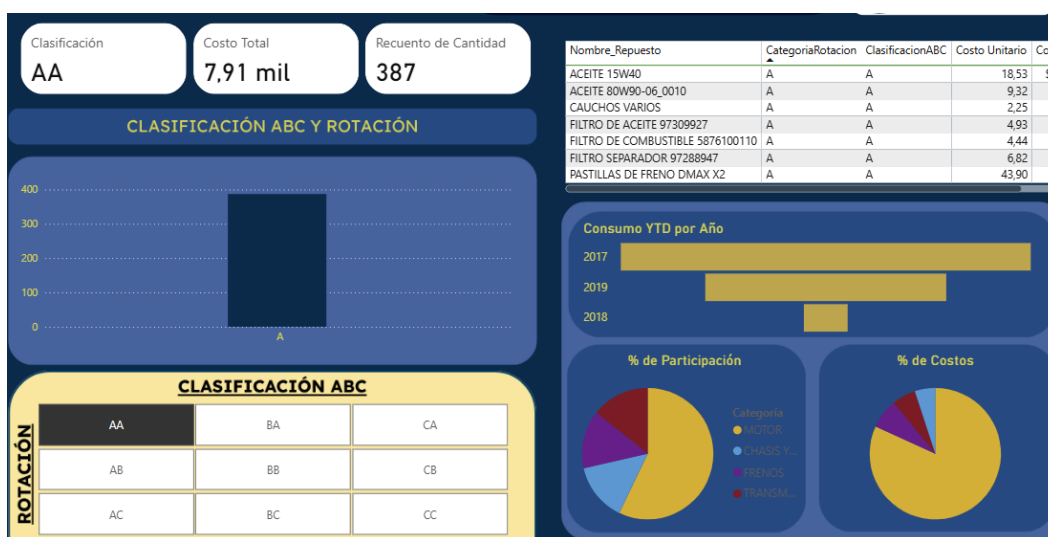
Finalmente, la alerta determina que se debe de reponer el inventario dado que ya escasea de existencias, tiene sentido, debido a que es uno de los repuestos que mayor salida posee.

### 5.1.2 Resultados de la rotación de repuestos

Al analizar la rotación de repuestos y brindar una nomenclatura se puede interpretar mejor los ítems que requieren mayor cantidad de pedido. Sin embargo, la mejor aplicación para esta herramienta viene cuando se enlazan la clasificación ABC y la rotación de repuestos, ampliando el análisis con nuevas designaciones que permite interpretar cual repuesto brinda mayor participación económica y de demanda para dar prioridad a dicho grupo, de igual manera cuales son los que menos aportes brindan a la empresa. En este caso, se logra filtrar aún más los activos, con ello es más fácil determinar conjuntamente con la EOQ, cuáles son los pedidos que deben efectuarse primero. Las figuras 45 y 46 demuestran los resultados correspondientes a los repuestos con mayores ventas y rotación, así como aquellos de menor ventas y demanda respectivamente.

**Figura 45**

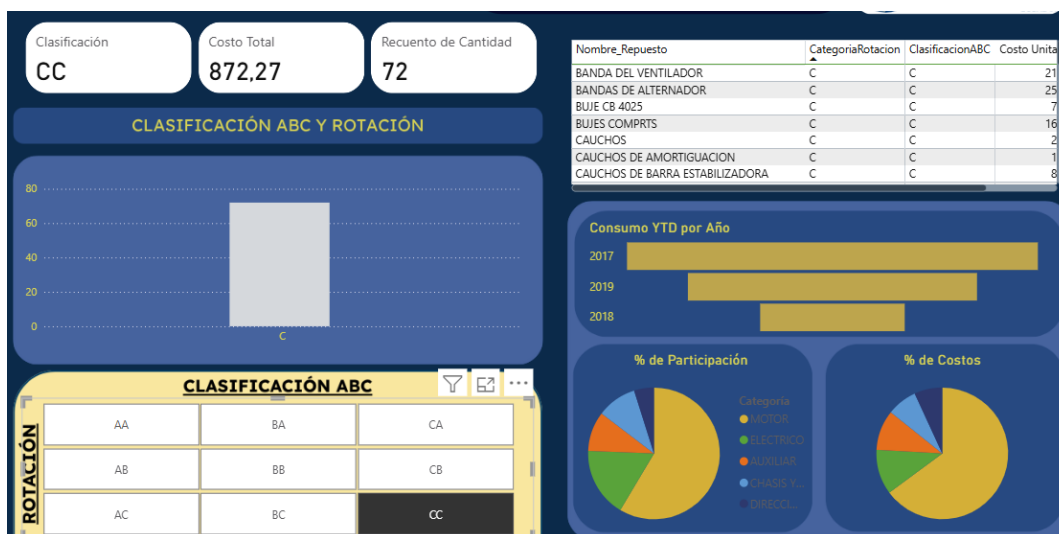
*Filtrado de repuestos de categoría AA (mayor ventas y demanda)*



*Nota.* Los visualizadores demuestran según su clasificatoria las cantidades de ítems involucrados, porcentaje de categorías de repuesto, listado de repuestos, año de mayor rotación, al igual que cantidad respectiva y costos de venta. Elaboración propia.

**Figura 46**

*Filtrado de repuestos de categoría CC (menor ventas y demanda)*



*Nota.* Los visualizadores demuestran según su clasificatoria las cantidades de ítems involucrados, porcentaje de categorías de repuesto, listado de repuestos, año de mayor rotación, al igual que cantidad respectiva y costos de venta. Elaboración propia.

### 5.1.3 Resultados de la proyección anual

Un análisis de proyección para años posteriores permite visualizar, si las condiciones se equilibran, cuál será la cantidad de los futuros pedidos, de este modo se puede implementar un presupuesto anticipado para las próximas adquisiciones, un beneficio adicional es el filtro por repuesto específico, lo cual facilita el análisis, sin embargo, el desconocer el factor que altera la demanda puede ser un problema, ya que se corre el riesgo de una mala interpretación y ejecutar inversiones indebidas, es ahí donde el usuario deberá plantear los conceptos externos que afecte la demanda. Una mala determinación del factor de proyección puede resultar en gestaciones económicas indebidas o no estar preparado para afrontar las demandas del siguiente año. En la figura 47 se muestra un ejemplo de una demanda proyectada según las condiciones establecidas en la figura 43.

La interpretación consiste en que la demanda establecida el último año era de 135 unidades, conjuntamente se establece la cantidad de incremento total para los próximos años es de 181 unidades.

Estableciendo la fecha como se muestra en la figura 48, para el año 2020 la demanda se vuelve 142 unidades redondeando y todos los indicadores cambian en función de los filtros aplicados.

**Figura 47**

*Dashboard de demanda proyectada para el repuesto Aceite 15w40*



*Nota.* La base de datos se basa en los años 2017 hasta el 2019 por ello la proyección es para los años 2020 hasta el 2025. Elaboración propia.

**Figura 48**

*Gráfica de demanda proyectada enfocado en el año 2020*



*Nota.* Seleccionando el año en la gráfica, todos los indicadores cambian automáticamente. Elaboración propia.

## 6. Conclusiones

---

Se estableció un marco teórico bien fundamentado acerca de las herramientas que pueden y se han implementado en diversas organizaciones, entre estas la mención a las ERP con WHS, hojas de cálculo, paneles físicos, registros físicos y Power BI con DAX. Se expusieron ejemplos que actualmente están siendo manejados por algunas empresas, además de mencionar sus pros y contras en el uso de corporaciones pequeñas y grandes. Se estableció comparativas de todas ellas usando una matriz de evaluación por criterios para determinar la más óptima según las necesidades mencionadas. Finalmente se comparó con puntos aún más específicos usando una tabla comparativa descriptiva las herramientas que mejor cumplen los requisitos y el porque la seleccionada fue Power BI dada sus ventajas ante los ERP según las condiciones establecidas. El software elegido también permite libertad y facilidad a la hora de diseñar dashboards interactivos, actualizar información y la comunicación amplia con varios usuarios.

Se propuso metodologías matemáticas como el EOQ y clasificatorias como el ABC para obtener los indicadores clave propuestos, esto permite encontrar valores específicos en la categoría deseada con el fin de conseguir el mejor flujo de información para un dashboard interactivo donde todas las variables involucradas cumplan un rol específico cuando los filtros empiezan a actuar.

El proyecto concluyó en el desarrollo de una herramienta interactiva, fácil de interpretar y que presenta todos los indicadores clave propuestos mediante el uso del software Power BI y lenguaje de fórmulas DAX, además del uso de las metodologías definidas en el presente documento, la cantidad económica de pedido EOQ y la clasificación ABC, también de la libertad de adaptar condiciones para nuevos análisis como el Modelo Estrella o la clasificatoria de rotación, de este modo se maneja mejores valores para un filtrado aún más preciso. La herramienta igualmente cuenta con un análisis proyectado, con el fin de estimar presupuestos, todo esto bajo una correcta selección de paleta de colores siendo la base los rubores de la institución.

## Referencias

Abril García, F. A., & Rodríguez Caballero, W. E. (2006). Diseño e implementación de una herramienta informática para realizar la gestión de inventarios en "Vetiagro Distribuciones S.A" como soporte al sistema logístico [Trabajo de grado, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Bucaramanga]. Universidad Industrial de Santander.

Arlinghaus, J. C., & Knizkov, S. (2020). Lean maintenance and repair implementation: A cross-case study of seven automotive service suppliers. *Procedia CIRP*.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.104>

Asociación Española de Normalización (AENOR). (2008). UNE-EN 15341:2007. Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. AENOR.

Asociación Española de Normalización (UNE). (2020). UNE-EN 15341:2020. Mantenimiento: Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. UNE.  
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064682>

Carrasco Gómez, F. J. (2024). Power BI: Curso práctico. RA-MA. [https://www.ra-ma.es/libro/power-bi-curso-practico\\_158983/](https://www.ra-ma.es/libro/power-bi-curso-practico_158983/)

Correa Espinal, A., Álvarez López, C. E., & Gómez Montoya, R. A. (2010). Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro. *Estudios Gerenciales*, 26(116), 115–141.  
<https://doi.org/10.18046/j.estger.2010.116.598>

Díaz Domínguez, L. F., & Navarro Huerga, M. A. (2014). Sistemas de gestión integrada para las empresas: ERP. Universidad de Alcalá.

Esteban Nicomedes, T. (s.f.). Tipos de investigación [Documento académico]. Universidad Santo Domingo de Guzmán. CORE.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>

Garzón Quiroga, J. A., & Oviedo Moroy, J. A. (2020). Herramienta computacional para la clasificación de productos en empresas distribuidoras de Ibagué. *Revista Vía Innova*, 7(1), 33–40. <https://doi.org/10.23850/2422068X.3335>

Guzmán Prada, A. A., Rodríguez Villamil, I. Y., & Barón Panqueaba, J. A. (2019). Plan de mejora para la gestión del mantenimiento y reparación de vehículos multimarca [Trabajo de grado, Universidad Agustiniana]. Repositorio Institucional UNIAGUSTINIANA.

Illescas Lucero, C. X., & Vélez Bueno, C. E. (2022). Desarrollo de una herramienta informática para la gestión de repuestos como soporte a la mejora del proceso de administración de mantenimiento en el sector automotriz [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca].

International Organization for Standardization. (2014). ISO 55000:2014. Gestión de activos: Aspectos generales, principios y terminología. ISO.  
<https://www.iso.org/standard/55088.html>

Iryopogu, J. (2021). Análisis de datos con Power BI, R-RStudio y KNIME: Curso práctico. RA-MA.

Lassó Ortega, C. L. (2024). Desarrollo de un modelo de gestión para control del stock en inventario de repuestos de maquinaria automotriz utilizando herramientas Lean Manufacturing y Just in Time en un club privado de Quito [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito]. Repositorio Institucional UPS.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28019>

Mejía Espinal, F. A., & Collazos Cárdenas, H. (2014). Aplicación del software Warehouse Management System en la gestión de inventarios de producto terminado en la empresa: Caso de estudio [Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Occidente]. Programa de Mercadeo y Negocios Internacionales.

Menchén Peñuela, A. (2023). DAX: Lenguaje para el análisis de datos. RA-MA.  
[https://www.ra-ma.es/libro/dax-lenguaje-para-el-analisis-de-datos\\_147921/](https://www.ra-ma.es/libro/dax-lenguaje-para-el-analisis-de-datos_147921/)

Microsoft. (2025, mayo 19). Funciones de filtro (DAX). Microsoft Learn.  
<https://learn.microsoft.com/es-es/dax/filter-functions-dax>

Olivos Aarón, S., & Penagos Vargas, J. W. (2013, mayo 21). Modelo de gestión de inventarios: Conteo cíclico por análisis ABC. Ingeniare, Universidad Libre – Barranquilla. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5980490.pdf>

Olarte C., W., Botero A., M., & Cañón A., B. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. Scientia et Technica, 16(45), 223–228. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/scientia/article/view/598>

Pallerola Comamala, J. (2010). Las macros en Microsoft Excel 2010 (2.<sup>a</sup> ed.). RA-MA.

Pascual J., R. (2005). El arte de mantener (Versión 2.85). Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Mecánica.

Pérez González, L. O. (2006). Microsoft Excel: una herramienta para la investigación. MediSur, 4(3), 68–71. Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1800/180019873015.pdf>

Rojas Delgado, J. F., & Vele, C. A. (2024). Optimización de la gestión de inventarios: Estudio de caso en Automotriz Cabrera [Trabajo de titulación previo al título de Ingeniero en Producción y Operaciones, Universidad del Azuay]. Cuenca, Ecuador.

Santander Salmón, E. S., Herrera Sánchez, M. J., & Bravo Bravo, I. F. (2023). La importancia de la digitalización en la administración empresarial mediante un análisis bibliográfico actualizado. DOSO.

Sinsha, C. (2024). *Mastering Power BI: Build business intelligence applications powered with DAX calculations, insightful visualizations, advanced BI techniques, and loads of data sources* (2.<sup>a</sup> ed.). BPB Publications.

Toro López, F. J. (2010). *Costos ABC y presupuestos: Herramientas para la productividad*. ECOE Ediciones.

Velimirović, D., Duboka, Č., & Damjanović, P. (2016). Automotive maintenance quality of service influencing factors. *Technical Gazette*, 23(5), 1431–1438. <https://doi.org/10.17559/TV-20140402074657>

Vázquez León, D. L. (2023). *Propuesta de mejora a la gestión de importaciones de repuestos en la empresa Toyocuenca mediante gestión por procesos y Kaizen* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25061/1/UPS-CT010589.pdf>

Vernal Matute, Á. A. (2012). *Manejo y optimización de las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo en un taller automotriz* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional ESPOL. [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24468/1/Manejo%20y%20optimizacion%20de%20las%20operaciones\\_FIMCP.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24468/1/Manejo%20y%20optimizacion%20de%20las%20operaciones_FIMCP.pdf)