

**PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL INVENTARIO DE PINTURA
AUTOMOTRIZ EN LA EMPRESA PPG INDUSTRIES**

AUTOR

NATALIA ANDREA MAHECHA LOZANO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO

BOGOTÁ D.C.

2017

**PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL INVENTARIO DE PINTURA
AUTOMOTRIZ EN LA EMPRESA PPG INDUSTRIES**

PROYECTO DE GRADO

AUTOR

NATALIA ANDREA MAHECHA LOZANO

TUTOR

JUAN SEBASTIÁN MARTÍNEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO

BOGOTÁ D.C.

2017

TABLA DE CONTENIDO

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	8
INTRODUCCIÓN	10
JUSTIFICACIÓN	11
ALCANCE.....	13
OBJETIVO PRINCIPAL.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
ESTADO DEL ARTE.....	15
MARCO TEÓRICO.....	18
CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	18
GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	19
CLASIFICACIÓN DE LOS INVENTARIOS.....	20
COSTOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE INVENTARIO.....	21
COSTOS DE UN SISTEMA DE INVENTARIO	21
PRONÓSTICOS	22
ERRORES DE LOS PRONÓSTICOS.....	29
MODELO DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA LINEAL ENTERA–MIXTA.....	30
CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	32
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS	34
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE PRONÓSTICO	38
PRONÓSTICO BLANCO OLÍMPICO.....	38
PRONÓSTICO PLATA BRILLANTE.....	40
PRONÓSTICO ROJO VELVET	42
PRONÓSTICO GRIS GALÁPAGOS	44
CAPÍTULO 4. POLÍTICA DE INVENTARIO Y COSTOS ASOCIADOS A LOS INVENTARIOS.....	46

CAPÍTULO 5. MODELO DE INVENTARIO ACTUAL Y ÓPTIMO	48
CONCLUSIONES	53
ANEXOS	54
BIBLIOGRAFÍA	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cadena de Suministro	18
Ilustración 2. Porcentaje de Participación Blanco Olímpico	35
Ilustración 3. Porcentaje de Participación Plata Brillante.....	36
Ilustración 4. Porcentaje de Participación Gris Galápagos	36
Ilustración 5. Porcentaje de Participación Rojo Velvet	37
Ilustración 6. Consumo en Litros del Color Blanco Olímpico	39
Ilustración 7. Consumo en Litros del Color Plata Brillante.....	41
Ilustración 8. Distribución Triangular - Plata Brillante	41
Ilustración 9. Consumo en Litros del Color Rojo Velvet	43
Ilustración 10. Consumo en Litros del Color Gris Galápagos	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Errores de los Pronósticos.....	29
Tabla 2. Clasificación de los productos	34
Tabla 3. Clasificación ABC	35
Tabla 4. Coeficiente de Variabilidad de Cada Producto.....	38
Tabla 5. Pronóstico Blanco Olímpico.....	40
Tabla 6. Pronóstico Plata Brillante	42
Tabla 7. Pronóstico Rojo Velvet.....	43
Tabla 8. Pronóstico Gris Galápagos.....	45
Tabla 9. Costo de Mantener Inventario.....	46
Tabla 10. Costos de Ordenar.....	47
Tabla 11. Demandas Mensuales de los Productos	48
Tabla 12. Cantidades Requeridas en Cada Pedido por Producto.....	48
Tabla 13. Inventario Final del Mes por Producto	49
Tabla 14. Requisición Mensual por Producto.....	49
Tabla 15. N° de Pedidos al Mes y Costos del Modelo Actual.¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 16. Modelo Óptimo de Inventario.....¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 17. N° de Pedidos al Mes y Costos del Modelo Óptimo¡Error! Marcador no definido.	

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Método de Promedios Móviles	24
Ecuación 2. Suavizamiento Exponencial	25
Ecuación 3. Regresión Lineal	26
Ecuación 4. Nivel de la Serie SED	26
Ecuación 5. Tendencia de la Serie SED.....	26
Ecuación 6. Pronóstico SED	27
Ecuación 7. Nivel de la Serie - Método Winters	27
Ecuación 8. Tendencia de la Serie - Método Winters.....	28
Ecuación 9. Componente Estacional - Método Winters	28
Ecuación 10. Pronóstico - Método Winters	28
Ecuación 11. Error del Pronóstico	29

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

PPG Industries® es una empresa y proveedor mundial de pinturas, recubrimientos, materiales de especialidad y fibras de vidrio. Con sede en Pittsburgh, Pennsylvania, opera en más de 70 países de todo el mundo. Por ingresos es la compañía de recubrimientos más grande a nivel mundial.

PPG Industries® fue fundada en 1883 y se expandió rápidamente. Antes de 1900, conocido como el "Cristal Trust", que incluye 10 plantas, tenía una participación del 65 por ciento del mercado estadounidense en placa de vidrio, y se había convertido en el segundo productor más grande de la nación de pintura. Hoy en día, conocido como PPG Industries, es una empresa multimillonaria, tiene 500 corporaciones con 150 plantas de producción en todo el mundo.

El 17 de enero de 2012 PPG Industries Colombia Ltda.® de aquí en adelante PPG, firma la adquisición de Colpisa Colombiana de Pinturas S.A y sus afiliados, después de la aprobación en Agosto 3 de 2011. Con la adquisición de Colpisa, PPG se convierte en el principal proveedor de recubrimientos OEM en Colombia y uno de los principales proveedores de una línea completa de productos para repintado automotriz con una red de distribución en las principales ciudades del país. La relación entre Colpisa S.A. y PPG inicio en 1996 con el suministro a General Motors Colmotores®, de aquí en adelante con su abreviación GM, de todo el sistema de Electro Deposición Catódica y Fosfatos, con productos de tecnología PPG. Esta relación se fortalece en Diciembre de 2007, con la firma de un convenio distribuidor de productos de repintado automotriz.

PPG tiene varias líneas comerciales en las cuales se especifican productos para el sector automotriz (OEM) y le provee sus productos a las grandes ensambladoras alrededor del mundo. Es específicamente en la línea de Original de Ensambladora en la cual presta el servicio de Asistencia Técnica dentro de las instalaciones de GM en Bogotá. PPG es una empresa dedicada a desarrollar fabricar y comercializar recubrimientos con entregas certificadas y cumpliendo con los requerimientos de las partes interesadas, por medio de los

proveedores, procesos, productos y asistencia técnica, siendo esta última el valor agregado de la empresa para con sus clientes. (PPG Industries, 2015)

INTRODUCCIÓN

El proyecto de grado que se presenta a continuación, muestra cómo es posible elaborar una propuesta de políticas de inventario, que generen una reducción económica asociada a los inventarios y que permita tener el inventario necesario para cubrir la demanda de GM, partiendo del estado actual de la empresa.

Esta necesidad surgió ya que PPG actualmente suple los requerimientos de producto en GM pero abasteciéndose en gran cantidad, teniendo algunos costos elevados; en el caso de la pintura automotriz de los colores de baja rotación que pueden estar alrededor de 2 meses en la bodega de GM. En productos de alta rotación se tiene un exceso de inventario ya que el abastecimiento se realiza dos veces a la semana y no se cuenta con un pronóstico de método cuantitativo.

En cuanto a producción, se fabrica la pintura por lotes entre 3024 y 3780 litros por cada producto de los diferentes colores de alta rotación, teniendo en Itagüí, la sede principal de PPG hasta 3 lotes de un solo color. Esto es un gasto injustificado en producción. La asistencia técnica está enfocada en cumplir con los suministros de material requerido por las sabanas de producción de nuestro cliente, en la cual se debe garantizar una cobertura con un correcto FIFO y cumpliendo con los requerimientos de calidad.

Debido a la variación del mercado automotriz, participación y modelos fabricados por GM, PPG debe acogerse a las modificaciones de la demanda de colores y productos solicitados. Por esta razón es necesario tener proyecciones apropiadas de los consumos de los colores y hacer un acertado manejo de inventarios.

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se realizó con el fin presentar una propuesta para la empresa PPG que permita disminuir los costos asociados a los inventarios, teniendo en cuenta el global de las unidades a producir en el sector automotor dependiendo de la caracterización de los colores de temporada y así mismo del mercado colombiano, el cual tiene algunos altibajos que generan una variación en la producción por colores de los automóviles a lo largo del año. Para lograr la cobertura de pintura automotriz, se emplea un sistema push, en el cual se realiza la fabricación de los productos necesarios en función del método de pronóstico empleado por PPG, aunque en grandes cantidades.

Es necesario realizar pronósticos que permitan identificar la pintura automotriz necesaria por colores empleados en la producción de automóviles, contando con un inventario permanente en la bodega de GM para cumplir la demanda sin que se presente un paro a la línea de producción por escases de material.

Actualmente GM debe cambiar sus sabanas de producción por color, debido a las variaciones de materiales importados para la producción de sus autos. Como consecuencia PPG debe crear una estrategia, la cual se pueda acomodar a dichas variaciones presentadas por GM atendiendo a las necesidades de su cliente y cumpliendo sus expectativas, sin incrementar sus costos de operación.

La problemática radica en que no se cuenta con una proyección estimada clara que permita determinar cuántas unidades de tambores (presentación de la pintura automotriz) se necesita mensualmente para suplir con la demanda, teniendo en cuenta que cada unidad de tambor cuenta con 189 Litros y alcanza aproximadamente para pintar 50 automóviles dependiendo el modelo, permitiendo a PPG almacenar en bodega las unidades de tambores necesarias.

En el transcurso del año pasado se ha tenido problemas de demanda de material en colores como Rojo Velvet y Plata Brillante, ya que PPG no tiene por parte de su cliente una proyección real acertada semana a semana y en las diferentes etapas de producción pueden ocurrir problemas que alteren la secuencia de colores. En estos casos se ha tenido que solicitar material de bodega con un costo de transporte elevado ya que se necesita un despacho de material de carácter urgente, con una bodega de producto terminado ubicada en Itagüí Antioquia.

El presidente de la Región Andina de la empresa PPG ha recalcado la importancia de disminuir los costos de producción y el manejo de inventario de producto en los clientes, en este caso GM; ya que es dinero se queda estancado y se pierde flujo de caja. Debido a esto, es necesario utilizar estos recursos de manera más adecuada y que no genere pérdidas significativas para la empresa.

Con este proyecto se mejoraría este aspecto fundamental que ya ha sido detectado por la gerencia de PPG, ayudando a una mejor eficiencia en inventarios que en colores de baja rotación pueden significar hasta 3 meses de material en Stock fabricado, sin ningún tipo de uso.

ALCANCE

Mejorar el sistema de planeación con el que PPG se basa para definir la cantidad de pintura automotriz necesaria en bodega, y así mismo las cantidades producidas de los distintos colores de pintura automotriz que consume GM.

Se realizará una proyección y estudios estadísticos determinados a los productos de alta rotación seleccionados por medio de la clasificación ABC, los cuales estarían cerca al 70% de ventas mensuales de PPG.

Gracias al análisis se generaran políticas que reduzcan los costos asociados a los inventarios, logrando la cobertura requerida por GM, mejorando la planeación de fabricación desde la producción.

OBJETIVO PRINCIPAL

Elaborar una propuesta de política de inventario mediante las proyecciones de las cantidades de pintura automotriz que permita la reducción de los costos asociados a dichos inventarios en la empresa PPG Industries Colombia Ltda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y analizar el método de pronóstico actual de la empresa para la fabricación de la pintura automotriz.
2. Caracterizar los productos de los diferentes colores de pintura automotriz de la empresa con mayor rotación e identificar la política de inventario actual.
3. Proponer los pronósticos adecuados que permitan proyectar las cantidades a producir de pintura automotriz para lograr la cobertura.
4. Elaborar política de inventario que contribuya a la disminución de los costos, realizando una comparación entre una y otra política.

ESTADO DEL ARTE

Siendo PPG una empresa tan importante, es necesario profundizar sobre la variabilidad que presenta el mercado para determinar la cantidad necesaria de tambores de pinturas de diferentes colores para la fabricación de automóviles. Para analizar dicha demanda, se partirá del uso de herramientas de pronóstico que determinaran la cantidad de tambres de pintura de diferentes colores a lo largo de un periodo de tiempo definido.

En el artículo Estrategia de Mejoramiento de los Modelos de Pronósticos de la Demanda con el fin de Optimizar la Gestión Logística de Repuestos Automotrices se menciona que existen 2 tipos de demandas, estas son las demandas determinísticas, las cuales tienen como característica principal un comportamiento conocido con certeza, y a su vez estas demandas se pueden dividir en dos, en estáticas o dinámicas. La demanda estática es aquella que permanece aproximadamente constante en todos los periodos; y la demanda dinámica por el contrario aunque se conoce con certeza varía entre los periodos de tiempo. Por otra parte se encuentran las demandas probabilísticas, también llamadas estocásticas, en las cuales la demanda se comporta de forma variable en el transcurso del tiempo. (Beltrán, 2014)

Los pronósticos juegan un papel importante en las estrategias organizacionales de las empresas, debido a esto es fundamental definir el pronóstico adecuado y su finalidad a partir del entendimiento de la demanda, para su correcto análisis y minimizar los errores en las proyecciones.

“La elaboración de pronósticos es de gran ayuda en la programación de la mano de obra, la obtención de niveles de servicio adecuados y la determinación de los requerimientos de recursos, entre otras aplicaciones”. (Beltrán, 2014, pág. 2)

Lo anterior permite realizar una planeación adecuada de los factores influyentes en la cadena de suministro. Hay que tener en cuenta que los datos obtenidos de la demanda por lo general son diferentes a los datos obtenidos por las ventas de una empresa, puesto que no siempre los productos fabricados según la demanda se convierten en una venta.

Para realizar los diferentes pronósticos es necesario tener datos históricos que permitan llevar a cabo su correcto análisis, para esto hablaremos de series de tiempo. Una serie de tiempo es el conjunto de datos obtenidos y registrados de manera continua en intervalos de tiempo fijos, para así realizar observaciones, a una variable en particular (Bermúdez & Londoño, 2013). Para identificar y analizar la serie, es necesario evaluar diferentes patrones tales como: Tendencia, estacionalidad, ciclo y aleatoriedad.

“El objetivo del análisis de una serie temporal es la identificación de patrones de comportamiento para prever la evolución futura, asociadas a fenómenos aleatorios; de esta forma el estudio del comportamiento pasado permite crear un modelo probabilístico para la predicción del futuro, los cuales son denominados procesos estocásticos”.

(Bermúdez & Londoño, 2013, pág. 17)

La demanda puede variar dependiendo de la operación de la empresa, para esto es necesario realizar una planeación que contemple los recursos necesarios que permitan lograr la cobertura requerida o estimada. A través de dos enfoques se pueden realizar los pronósticos de la demanda, estos enfoques son cualitativos y cuantitativos. El primero está compuesto por diferentes técnicas que dependen del juicio personal, con base en criterios cualitativos que permiten determinar la demanda, por esta razón también es llamado método intuitivo; en el segundo se encuentran técnicas estadísticas, que permiten el análisis de datos y la obtención de resultados de tipo cuantitativo, para tomar decisiones en términos de la demanda. (Zuluaga, Molina, & Guisao, 2011)

Los pronósticos son útiles para la toma de decisiones puesto que contribuyen al entendimiento y buen desempeño de los recursos necesarios en la cadena de suministro.

“Los pronósticos permiten reaccionar con rapidez en los procesos administrativos de planeación, programación, producción y control, logrando así un incremento en la eficiencia operacional”. (Bermúdez & Londoño, 2013, pág. 18)

Las técnicas de pronóstico se deben seleccionar manifestando las diferencias geográficas que afectan los patrones de demanda. Esto puede variar dependiendo de que toda la demanda sea pronosticada y luego se realice una descomposición por ubicación geográfica, esto se conoce como pronóstico de arriba hacia abajo, pero si cada una de las ubicaciones geográficas son pronosticadas de manera individual y luego agrupada, esto se llama pronóstico de abajo hacia arriba. Todo esto depende de cómo se realizara la demanda si incluirá todos los productos fabricados o si se hará un seguimiento individual. (Frausto, 2009)

Como se menciona en el artículo La Planeación de la Demanda como Requisito para la Gestión de las Cadenas de Suministro en las Empresas en Colombia, algunas ventajas de los pronósticos a nivel operativo y estratégico son (Zuluaga, Molina, & Guisao, 2011, pág. 15):

- Reducción de los excesos de inventarios, que generen sobrecostos.
- Menor nivel de productos agotados cuando la demanda supera a la oferta, que permita lograr la cobertura.
- Disminución de la necesidad de fabricar innecesariamente para cubrir la posible demanda no anticipada.
- Reducción de las horas extras a través de pronósticos mejorados, que ayuden a planear la mano de obra.

Lo anterior demuestra la importancia de los pronósticos de la demanda que facilita un enfoque multifuncional, dependiendo del horizonte de planeación, ya que sea a corto, mediano o largo plazo, planificando el aprovisionamiento.

MARCO TEÓRICO

CADENA DE ABASTECIMIENTO

“La cadena de suministro es la coordinación e integración de todas las actividades asociadas al movimiento de bienes, desde la materia prima hasta el usuario final, para crear una ventaja competitiva sustentable. Esto incluye la administración de sistemas, fuentes, programación de la producción, procesamiento de pedidos, dirección del inventario, transporte, almacenaje y servicio del cliente”. (Santos, 2014, pág. 14)

Esto quiere decir que se puede definir como un conjunto de actividades que satisfacen la necesidad del cliente y tiene como objetivo principal maximizar el valor total generado en todas las etapas de la cadena de abastecimiento.

La cadena de suministro es la integración de todas las empresas involucradas en la manipulación, almacenaje, distribución y comercialización de los productos. (Moscoso, 2014)



Ilustración 1. Cadena de Suministro.

Tomada de Diseño de un Modelo de Optimización de la Logística Externa en Industrias de Distribución de Productos Automotrices en el Ecuador. (Santos, 2014)

Dentro de la cadena de suministro se encuentran algunas actividades claves, entre las cuales cabe resaltar el manejo de inventarios, donde se establecen las políticas de inventarios y la organización de los inventarios con relación al plan de ventas y al plan de producción. (Moscoso, 2014)

GESTIÓN DE INVENTARIOS

El control de inventarios permite generar ganancia que es el objetivo principal de una compañía. Si no se cuenta con un sistema óptimo en la gestión y control de inventarios se pueden generar consecuencias como desperdicios y dinero estático que sería aprovechable en otra inversión (Alan & Prada, 2017); por ello, es recomendable y necesario tener un registro pertinente de los productos de la empresa, que permita tener un panorama claro y detallado del movimiento del inventario y buscando mantener un balance entre la oferta y la demanda.

“Un sistema de inventario es la serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventarios y determinan los niveles que se deben mantener, el momento en que las existencias se deben reponer y el tamaño que deben tener los pedidos”. (Díaz, 2015, pág. 33)

INVENTARIOS

El inventario son las existencias de cualquier producto o recurso empelado en una empresa, estas existencias deben cumplir una demanda (Díaz, 2015). Cuando hablamos de demanda nos referimos a la tasa de uso de un producto (Utreras & Guilcapi, 2015). Esto quiere decir que es un producto que se encuentra almacenado para lograr cumplir una cobertura y satisfacer demandas futuras.

También se puede decir que el inventario significa la existencia de productos terminados que se encuentran ubicados en un lugar y momento determinado y tiene como objetivo fundamental mantener una demanda y garantizar la operación continua de la compañía. (Alan & Prada, 2017)

CLASIFICACIÓN DE LOS INVENTARIOS

De acuerdo a la relación con el proceso de producción, el inventario se puede clasificar en materias primas, producción en proceso, productos terminados y materiales y suministros, según sus características. Estos inventarios se pueden definir como (Alan & Prada, 2017):

Inventario de Materia Prima: Está compuesto por los materiales utilizados en el proceso de fabricación del producto terminado.

Inventario de Producción en Proceso: Son los materiales que se encuentran en los productos parcialmente terminados, se puede decir que a mitad del proceso de producción.

Inventario de Productos Terminados: Hace referencia a los productos finales del proceso productivo y que son trasladados como productos terminados.

Inventario de Materiales y Suministros: Es la materia prima secundaria requerida para la elaboración del producto.

De acuerdo a la relación con la función logística, el inventario se puede clasificar en diferentes tipos, estos son: inventario de ciclo, de anticipación, en tránsito, de promoción y de seguridad. Estos inventarios se pueden definir como (Moscoso, 2014):

Inventario de Ciclo: Es aquel que depende de las diversas políticas de pedido, y se entiende como la frecuencia y cantidad de la colocación de pedidos.

Inventario de Anticipación: Se define como la adquisición con anterioridad a una necesidad o para lograr una ventaja frente a la alza de los precios.

Inventario de Tránsito: Es el inventario que se encuentra entre el movimiento de proveedores y clientes.

Inventario de Promoción: Es el que se maneja para realizar una acción promocional.

Inventario de seguridad se define “como el nivel de producto que se debe mantener en inventario para prevenir desabastecimiento cuando la demanda o el tiempo reabastecimiento sean bastante variables o inciertos”. (Utreras & Guilcapi, 2015, pág. 30)

El nivel adecuado del stock de seguridad está dado por los siguientes factores: El alcance del conocimiento sobre la demanda y el nivel requerido de producto disponible (Moscoso, 2014). Cabe resaltar que en una empresa se mantiene en su stock por lo menos el 40% de su capital de trabajo, lo que conlleva a lograr una reducción de este porcentaje. (Santos, 2014)

COSTOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE INVENTARIO

Los costos incurridos en mantener inventario son: costos de almacenamiento y espacio, costos de servicio, costos de obsolescencia y costos de oportunidad. Estos se describen como (Utreras & Guilcapi, 2015):

Costos de almacenamiento y espacio: Es el dinero asociado al uso de la bodega de almacenamiento en término de volumen. Una bodega puede ser rentada o puede pertenecer a una empresa. Cuando se alquila el espacio de la bodega, se cobra un valor con base al peso del producto que se requiere almacenar y así mismo al periodo de tiempo que permanece en ese lugar, a diferencia de si el espacio de almacenamiento es propiedad de la empresa, ya que costos se estiman mediante la distribución de los costos variables asociados con la operación de la bodega.

Costos de servicio: Estos costos cubren cualquier imprevisto establecido en una póliza aseguradora de la compañía e impuestos de ley que se tenga que pagar por el producto.

Costos de obsolescencia: Se pueden definir como la estimación de la tasa a la que el valor del producto almacenado decrece en consecuencia a que su valor de mercado baja.

Costos de oportunidad: Son los costos que implica el valor del dinero relacionado con el manejo del inventario que podría ser invertido ya sea en otro negocio o en un banco, pueden significar hasta el 80% del costo total del inventario.

COSTOS DE UN SISTEMA DE INVENTARIO

Para emplear un modelo es necesario tener la estructura de los costos adecuada. Donde se involucran los costos de mantener inventario (explicados anteriormente), el costo

de ordenar, el costo unitario del artículo y en algunos casos es costos de inexistencias (Rodriguez & Fernando, 2011). Estos costos se pueden definir como:

Costos de Ordenar: Es el costo vinculado al proceso de realizar una orden de pedido y recibirlo. En algunas ocasiones este costo es independiente a las unidades solicitadas.

Costos Unitario del Artículo: Es el costo asociado a comprar o producir artículos. Esta expresado en \$/und.

Costos de inexistencia: Son los costos ocasionados por faltantes y que reflejan las consecuencias de estar sin material en un momento específico.

PRONÓSTICOS

“Un pronóstico de la demanda es una predicción de lo que sucederá con las ventas existentes de los productos de una empresa”. (Díaz, 2015, pág. 5)

Cabe resaltar que los pronósticos de la demanda juega un papel fundamental en la planeación de la producción de una empresa. Por otro lado un pronóstico es una predicción de eventos futuros que se emplea con la finalidad de llevar a cabo una excelente planeación. (Alan & Prada, 2017)

Esto quiere decir que los pronósticos permiten tener un panorama futuro de las proyecciones de la demanda de una empresa, por lo cual cada una de las áreas de la empresa tomará esta información para poder planificar y controlar sus actividades y llevar a cabo el proceso de toma de decisiones. (Alan & Prada, 2017)

EL HORIZONTE DEL PRONÓSTICO

“El horizonte del pronóstico se define como la cantidad de periodos entre hoy y la fecha del pronóstico que se elabora”. (Frausto, 2009, pág. 26)

Se determina el horizonte mediante la frecuencia de observación de los datos históricos obtenidos, para reconocer en los pronósticos cuantas etapas a futuro tendrá. Lo anterior quiere decir que el horizonte es de gran importancia ya que si este se cambia es necesario cambiar el pronóstico que se desarrolla.

PRONÓSTICOS OBJETIVOS

Estos pronósticos son aquellos fundamentados en datos históricos y se derivan del análisis de estos. Entre estos se encuentran los modelos causales y los métodos de series de tiempo.

MODELOS CAUSALES

En estos modelos se utilizan datos provenientes de fuentes distintas a las series que están pronosticando, son utilizados en el área de finanzas y economía para pronosticar valores de variables macroeconómicas.

MÉTODOS DE SERIES DE TIEMPO

Las series de tiempo tienen como objetivo encontrar patrones predecibles y repetitivos en los datos pasados que toma la variable y proyectarlos al futuro en un periodo de tiempo. (Beltrán, 2014)

“La información del patrón de observaciones pasadas puede inferirse y usarse para pronosticar valores futuros de las series”. (Utreras & Guilcapi, 2015, pág. 35)

Estos métodos se pronostican con base a los patrones en los datos históricos prediciéndolos en el futuro. Los patrones que se presentan frecuentemente al realizar el análisis de series de tiempo, son:

Tendencia: En una serie es el patrón que representa el crecimiento o declive a través del tiempo. (Bermúdez & Londoño, 2013)

Estacionalidad: Es el patrón regular de variabilidad que se repiten en intervalos fijos de tiempo. Se encuentra asociados a diferentes factores como la hora del día el mes, la temporada entre otros. (Díaz, 2015)

Ciclos: Cualquier patrón de secuencias de valores por arriba o debajo de la línea de tendencia en las series de tiempo. (Frausto, 2009)

Aleatoriedad: Es una serie que no presenta un patrón reconocible para los datos por sus variaciones imprevisibles. (Utreras & Guilcapi, 2015)

MÉTODOS PARA PRONOSTICAR SERIES ESTACIONARIAS

Para pronosticar series estacionarias se pueden emplear dos métodos de pronóstico, estos son: los promedios móviles y el suavizamiento exponencial, este es el más utilizado en las aplicaciones de control de inventarios.

MÉTODO DE PROMEDIOS MÓVILES

Promedio móvil se utiliza para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda y reducir los efectos de las posibles variaciones. Se realiza calculando la demanda promedio para los N periodos más recientes, la demanda más antigua utilizada es sustituida por la más reciente dentro del rango N y se vuelve a calcular el promedio (Díaz, 2015). La ecuación para este modelo es:

$$F_{t+1} = S_t = \frac{(D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1})}{N} \quad (1)$$

Ecuación 1. Método de Promedios Móviles

t: Periodo definido en días semanas, etc.

N: N° de observaciones base

F_t: Pronóstico calculado en el periodo $t - 1$

D_t: Valores de la demanda

SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL

El método de suavización exponencial utiliza un promedio ponderado de los valores pasados de la serie de tiempo. Este método tiene como objetivo usar los datos para ir corriendo el pronóstico del siguiente periodo.

$$F_t = F_{t-1} - \alpha(F_{t-1} - D_{t-1}) \quad (2)$$

Ecuación 2. Suavizamiento Exponencial

t : Periodo definido en días, semanas, etc.

α : Peso dado para la corrección del pronóstico.

F_t : Pronóstico calculado en el periodo $t - 1$

D_t : Valores de la demanda

La constante de suavizamiento α se encuentra entre los valores de 0 a 1 y determina la medida en que un dato actual influye en la siguiente observación de la serie de tiempo. Entre más α se acerque a 1 el nuevo pronóstico será más cercano la observación actual, y cuanto más próximo se encuentre a 0, mayor será el peso otorgado a la historia de la demanda para el pronóstico de la demanda futura y será similar a la predicción del periodo inmediatamente anterior. (Bermúdez & Londoño, 2013)

MÉTODOS PARA PRONOSTICAR SERIES CON TENDENCIA

Para pronosticar series con tendencia ascendente o descendente, se puede utilizar el método de regresión lineal y el suavizamiento exponencial doble, también llamado método de Holt.

REGRESIÓN LINEAL

En el análisis de regresión se analizan las variaciones de una variable respuesta en función de una o más variables independientes o predictivas. La regresión lineal es la relación matemática más simple entre dos variables, una dependiente y otra independiente.

En este modelo probabilístico el valor esperado de Y (variable dependiente) es una función lineal de la variable independiente X . (Bermúdez & Londoño, 2013). Se debe emplear la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (3)$$

Ecuación 3. Regresión Lineal

Y : Variable Dependiente.

X : Valor de la variable Independiente.

β_0 : Valor de la variable dependiente cuando la variable independiente es 0.

β_1 : Coeficiente de la regresión lineal, indica el incremento en la media de la variable respuesta por cada unidad de aumento en la variable independiente.

ε : Desviación aleatoria o término de error aleatorio.

SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DOBLE

El modelo de Holt permite el suavizamiento simultaneo en la serie y tendencia, a través de dos constantes de ponderación: α y β respectivamente. Una gran ventaja es la flexibilidad de estos coeficientes La tendencia representa el comportamiento promedio de la demanda en un periodo de tiempo. (Utreras & Guilcapi, 2015)

Para la estimación este modelo de pronóstico es necesario resolver las siguientes ecuaciones:

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (4)$$

Ecuación 4. Nivel de la Serie SED

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (5)$$

Ecuación 5. Tendencia de la Serie SED

S_t : Nivel de la serie de tiempo t .

G_t : Tendencia de la serie de tiempo t .

α : Parámetro de suavizamiento de nivel.

β : Parámetro de suavizamiento de tendencia.

Aunque los parámetros de suavizamiento pueden ser los mismos, para brindar una mayor estabilidad al estimado de la pendiente, es decir $\beta \leq \alpha$. El pronóstico se define con la ecuación 6.

$$F_{t,\tau+t} = S_t + \tau G_t \quad (6)$$

Ecuación 6. Pronóstico SED

Para Inicializar se puede utilizar una regresión Lineal con la ecuación $y = mx + b$, donde S_0 es el corte con el eje y es decir el intercepto y G_0 representa la pendiente.

MÉTODOS PARA PRONOSTICAR SERIES ESTACIONALES

“Una serie estacional es aquella que tiene un patrón que se repite cada N períodos, para algún valor de N (que es cuando menos 3)”. (Utreras & Guilcapi, 2015, pág. 41)

Para pronosticar series estacionales se puede usar el método de Winters, que está basado en un suavizamiento exponencial triple. Para este método se utilizan tres ecuaciones de suavizamiento diferentes, las cuales pronostican la intercepción, la pendiente y los factores estacionales.

El nivel actual de la serie desestacionalizada está dado por:

$$S_t = \alpha \frac{D_t}{C_{t-N}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (7)$$

Ecuación 7. Nivel de la Serie - Método Winters

La tendencia se actualiza de la siguiente manera:

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (8)$$

Ecuación 8. Tendencia de la Serie - Método Winters

Los factores estacionales tienen la siguiente ecuación:

$$C_t = \gamma \frac{D_t}{S_t} + (1 - \gamma)C_{t-N} \quad (9)$$

Ecuación 9. Componente Estacional - Método Winters

Pronostico realizado para el periodo t:

$$F_{t,\tau+t} = (S_t - \tau G_{t-1})C_{t+\tau-N} \quad (10)$$

Ecuación 10. Pronóstico - Método Winters

S_t : Nivel de la serie de tiempo t.

G_t : Tendencia de la serie de tiempo t.

C_t : Componente estacional.

γ : Parámetro de suavizamiento del componente estacional.

α : Parámetro de suavizamiento de nivel.

β : Parámetro de suavizamiento de tendencia.

N : Longitud de las estaciones.

m : Cantidades de estaciones.

Para llevar a cabo este modelo es necesario Inicializar S_o y G_o como se realiza en el Suavizamiento Exponencial Doble y luego verificar que $\sum C_j = N$, de lo contrario normalizarlo con la siguiente ecuación: $C_{Norm} = \left(\frac{C_j}{\sum C_j} \right) N$ y por consiguiente poder realizar los cálculos para hallar el pronóstico.

Si γ toma un valor alto quiere decir que los datos son más recientes, pero si los 3 parámetros de suavizamiento toman valores bajo el pronóstico se parecerá a los datos anteriores.

ERRORES DE LOS PRONÓSTICOS

“El error de pronóstico en cualquier periodo se define como la diferencia entre el pronóstico para el periodo y la demanda real para el mismo periodo”.

(Utreras & Guilcapi, 2015, pág. 46)

$$e_t = F_t - D_t \quad (11)$$

Ecuación 11. Error del Pronóstico

Existen diferentes medidas de exactitud que permite conocer el comportamiento de los errores durante el período de pronóstico, entre estos tenemos: el error medio (ME), el error media absoluta (MAD), el error cuadrático medio (MSE) y el error porcentual absoluto medio (MAPE), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Errores de los Pronósticos

Error Medio	$EM = \frac{\sum e_t}{n}$
Error Medio Absoluto	$MAD = \frac{\sum e_t }{n}$
Error Porcentual Absoluto	$MAPE = \frac{\sum e_t / D_t}{n}$
Error Cuadrático Medio	$MSE = \frac{\sum e_t^2}{n}$

Fuente: Elaboración Propia

El MAD y el MSE son utilizados para medir la dispersión de los errores, con el fin de medir la precisión del pronóstico, es decir, identificar que tan cercanos o alejados encuentran los valores del pronóstico de los reales. El MAPE es de gran utilidad para medir el rendimiento de los pronósticos. (Zuluaga, Molina, & Guisao, 2011)

MODELO DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA LINEAL ENTERA-MIXTA

La demanda varía con el tiempo, pero sigue siendo determinística, lo cual genera que ya no puede considerarse como óptima la cantidad constante de pedido. Ahora esta cantidad puede variar entre los pedidos y debe ser determinada en cada orden solicitada.

Este modelo es tomado del libro Fundamentos de Gestión de Inventarios (Vidal, 2005, págs. 120-121)

Se consideran los siguientes parámetros y variables de decisión.

r = El costo de mantener el inventario [%/unidad de tiempo]

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

A = Costo de Ordenamiento [\$/orden]

D_i = Demanda del periodo i , $i = 1, 2, \dots, N$.

X_{ij} = Cantidad ordenada en el periodo i para ser utilizada para la demanda del mes j

$j \geq i$, donde N es el número de periodos posteriores considerados bajo análisis

$Y_i = 1$, si se realiza un pedido en el periodo i ; 0 si no se realiza ningún pedido

Se va a asumir que el inventario inicial, al comienzo del período 1 es cero, lo mismo que el inventario al final del horizonte de planeación, o sea al final del período N . Bajo estos supuestos, se puede formular el siguiente modelo de programación lineal mixta:

Función objetivo:

La función objetivo está dada por:

Minimizar C = Costos de ordenamiento + costos de almacenamiento.

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^N AY_i + (vr)(1) \sum_{i=1; j=i+1}^{N-1} X_{ij} + \dots + (vr)(2) \sum_{i=1; j=i+2}^{N-2} X_{ij} + \dots + (vr)(N-1) \sum_{i=1; j=i+N-1}^1 X_{ij} \\
 &- 2) \sum_{i=1; j=i+N-2}^2 X_{ij} + \dots + (vr)(N-1) \sum_{i=1; j=i+N-1}^1 X_{ij}
 \end{aligned}$$

Restricciones del Modelo:

a) Por satisfacción de la demanda:

$$X_{1N} + X_{2N} + X_{3N} + \dots + X_{NN} = D_N \text{ (Demanda del periodo } N\text{)}$$

b) Restricciones lógicas. (No se pueden tener unidades disponibles en cada periodo, si no se ha efectuado un pedido):

$$\sum_{j=N-1}^N X_{N-1,j} \leq \left(\sum_{i=N-1}^N D_i \right) Y_{N-1}$$

$$\sum_{j=N}^N X_{Nj} \leq \left(\sum_{i=N}^N D_i \right) Y_N$$

c) Restricciones obvias:

$$X_{ij} \geq 0 \text{ para todo } i, j.$$

$$Y_i \in \{0,1\} \text{ para todo } i.$$

El conjunto de restricciones lógicas aseguran que si no se ha realizado un pedido en cierto período i ($Y_i = 0$), entonces todas las variables X_{ij} para ese período es cero, por lo que no hay unidades solicitadas.

CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Actualmente la empresa PPG cuenta con un pronóstico subjetivo el cual le permite realizar la producción de la pintura automotriz requerida por GM. Este pronóstico se basa en los conocimientos de cómo se mueve la línea OEM, para esto se considera las opiniones de las áreas involucradas para la planeación, y se realizan estimaciones que pueden predecir las cantidades necesarias a fabricar. Adicionalmente el equipo de trabajo que se encuentra en las instalaciones de GM, en cara al cliente tiene un mayor reconocimiento de lo que se podría consumir en un futuro para determinar las cantidades. Se puede concluir que a pesar de que se cuenta con los datos históricos del consumo no son utilizados para realizar métodos cuantitativos de pronóstico.

En PPG la producción de la pintura automotriz se realiza por lotes, aproximadamente cada lote cuenta con 20 unidades y se cuenta con tres lotes disponibles para disponer de ellos en el abastecimiento, divididos en producto terminado y securización.

Hoy por hoy la empresa se abastece los días lunes y jueves, con una ventana programada para el ingreso de material a las 7 am, estos mismos días son los que se realizan el pedido en horas de la tarde, es decir se llevan a cabo 2 veces semanalmente. En excepción se recibe y se hace el pedido en horas de la mañana los días martes, si el lunes es festivo. Para realizar el pedido de abastecimiento, la recepción de material y visualizar el inventario en la bodega principal en Itagüí y en GM se utiliza la herramienta Oracle.

Antes de realizar el pedido es necesario hacer el inventario diario, para saber cuánto producto se tiene almacenado en la bodega de GM, verificar las sabanas de producción para identificar cuantas unidades son necesarias pedir de los diferentes colores de pintura automotriz y confirmar en Oracle cuantas unidades se encuentran disponibles y de que lote.

Para hacer la solicitud de los tambores de pintura con su respectivo número de lote, es necesario verificar si estos se encuentran aprobados previamente. Cuando se solicita un lote

nuevo es imperativo realizar una prueba donde se evalúan diferentes parámetros y si se encuentran dentro de las especificaciones, se aprueba ese lote.

CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Para realizar la clasificación de los tambores de pintura por color se emplea el esquema de clasificación ABC, en la cual se dividen los productos en tres grupos diferentes (ver Tabla 2.):

(A) Alto consumo en litros.

(B) Moderado consumo en litros.

(C) Bajo consumo en litros.

Tabla 2. Clasificación de los productos

PRODUCTO	CONSUMO ANUAL LT	% DEL VALOR TOTAL	ACUMULADO	CLASIFICACIÓN
Base Coat Blanco Olímpico D-MS	40257	25,77%	25,77%	A
Base Coat Plata Brillante D-MS	28728	18,84%	44,61%	A
Base Coat Gris Galápagos D-MS	23058	15,12%	59,73%	A
Base Coat Rojo Velvet D-MS	20790	12,14%	71,87%	A
Base Coat Gris Ocaso D-MS	13230	8,67%	80,55%	B
Base Coat Negro Ebony D-MS	10395	6,82%	87,36%	B
Base Coat Azul Noruega D-MS	5292	3,47%	90,83%	B
Base Coat Amarillo Urbano D-MS	4914	3,22%	94,05%	B
Base Coat Rojo Lisboa D-MS	4158	2,73%	96,78%	C
Base Coat Beige Marruecos D-MS	4158	2,73%	99,50%	C
Base Coat Verde Cocktail D-MS	756	0,50%	100%	C

Fuente: Elaboración Propia

El propósito de clasificar los productos por grupos es establecer el grado de rotación de los mismos. Este indicador o factor seleccionado es de gran importancia puesto que si hay un alto consumo en litros de pintura hay mismo será el ingreso. Adicionalmente, se comprueba según alguna información de la empresa que los colores clasificados como A son aquellos que tienen un precio mayor en comparación a los otros.

Tabla 3. Clasificación ABC

INT.	CLASIFICACIÓN	PRODUCTOS	PARTICIPACIÓN	CONSUMO	% REP. CONSUMO
0%- 80%	A	4	36%	112833	72%
81%-95%	B	4	36%	33831	22%
96%-100%	C	3	27%	9072	6%

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos adquiridos de los consumos mensuales de los años 2014, 2015 y 2016 se realiza el cálculo para hallar el nivel de participación de los colores seleccionados en la clasificación ABC, como se muestra en la Tabla 3. Los colores de pintura automotriz son: Blanco Olímpico, Plata Brillante, Gris Galápagos y Rojo Velvet.

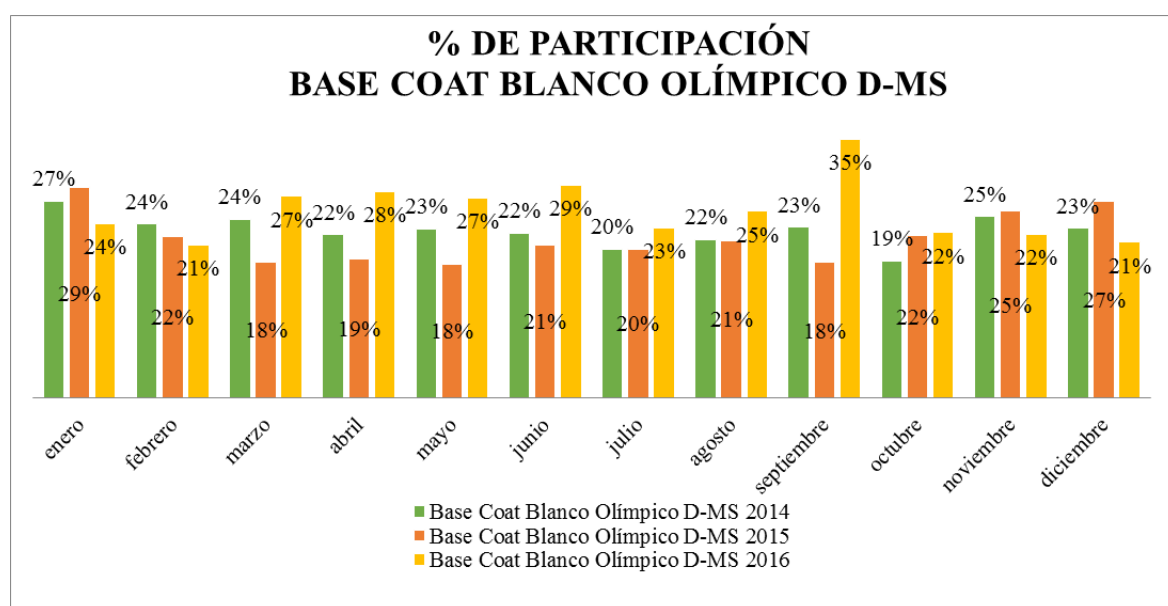


Ilustración 2. Porcentaje de Participación Blanco Olímpico

Fuente: Elaboración Propia.

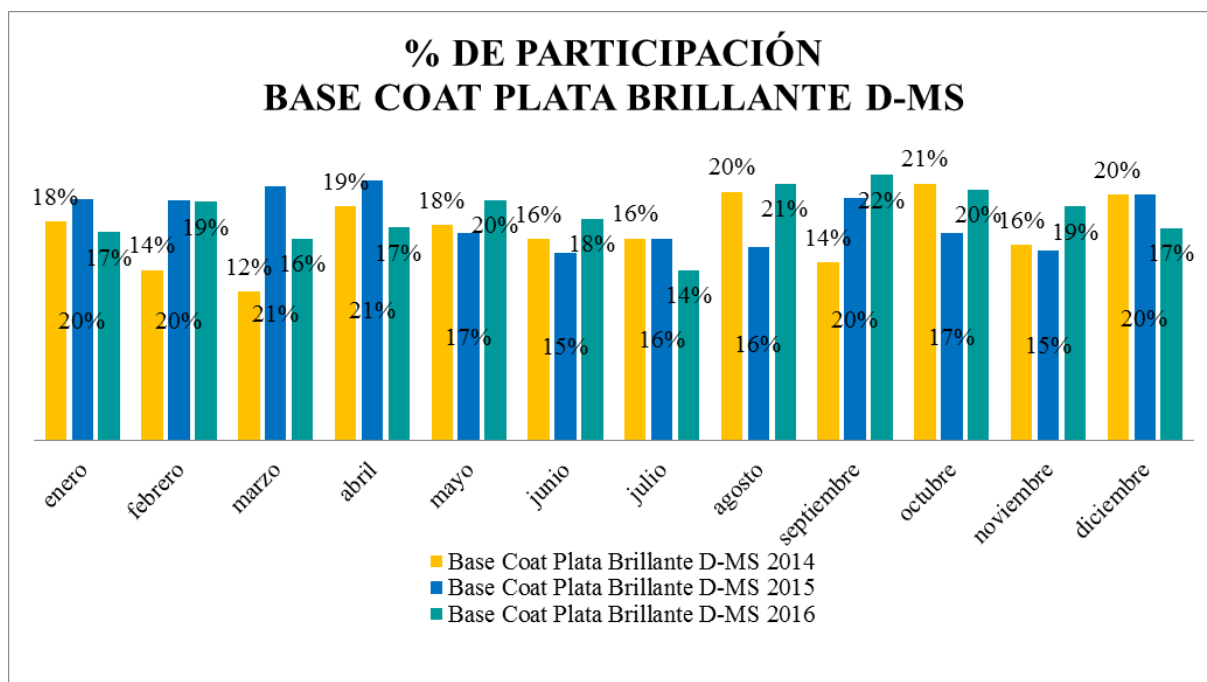


Ilustración 3. Porcentaje de Participación Plata Brillante

Fuente: Elaboración Propia

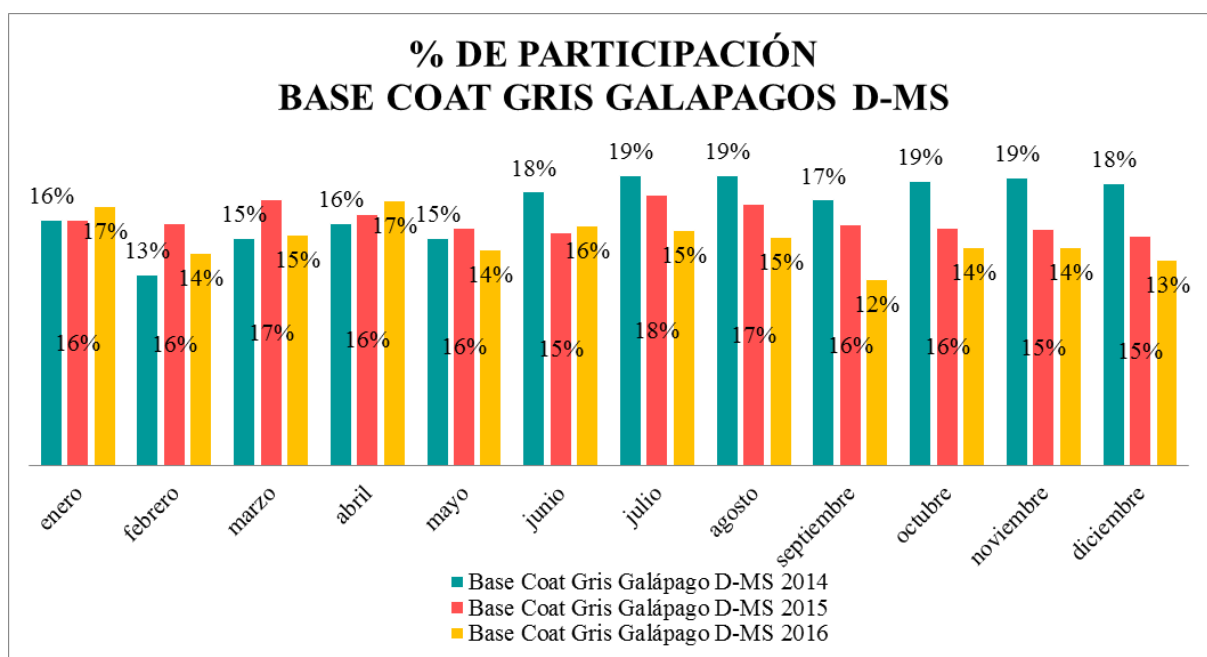


Ilustración 4. Porcentaje de Participación Gris Galápagos

Fuente: Elaboración Propia

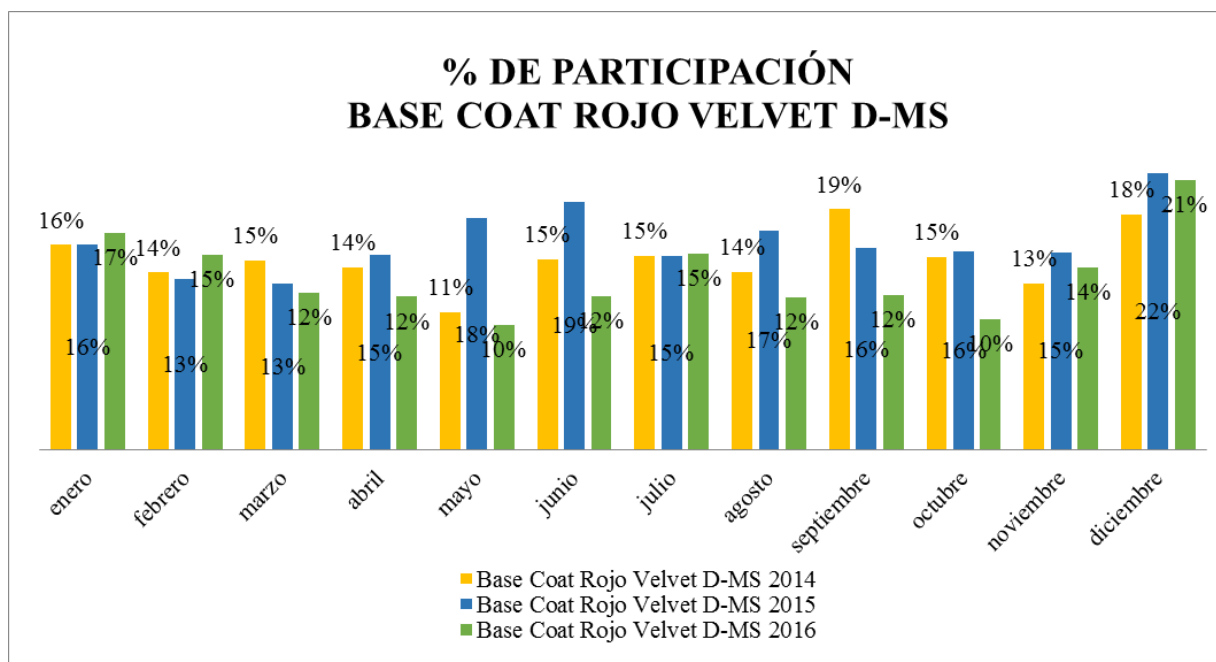


Ilustración 5. Porcentaje de Participación Rojo Velvet

Fuente: Elaboración Propia

Se lleva a cabo el análisis del porcentaje de participación de los colores de pintura automotriz previamente seleccionados, como se aprecia en las Ilustraciones de Porcentaje de Participación por Color y en promedio, la participación en el año 2014, 2015 y 2016 de estos productos fue del 72%. Los otros productos de media y baja rotación en los mismos años representan el 28%.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE PRONÓSTICO

Para identificar qué tipo de pronóstico se debe utilizar, se observaron los datos históricos de estos productos y se determinó el coeficiente de variabilidad.

Tabla 4. Coeficiente de Variabilidad de Cada Producto

PRODUCTO	COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	VARIABILIDAD
Base Coat Blanco Olímpico D-MS	19,54%	BAJA
Base Coat Plata Brillante D-MS	21,59%	MEDIA
Base Coat Rojo Velvet D-MS	18,20%	BAJA
Base Coat Gris Galápagos D-MS	19,86%	BAJA

Fuente: Elaboración Propia

Los productos que se pronosticaran mediante modelos determinísticos son el Blanco Olímpico, Rojo Velvet y Gris Galápagos, ya que tiene un coeficiente de variabilidad menor al 20% y se clasifican en bajo. Para el producto Plata Brillante se realiza un modelo estocástico que permita determinar su pronóstico.

A continuación se muestra las gráficas de los consumos anuales de los diferentes productos, con el objetivo de determinar cuáles son los patrones relacionados y realizar el pronóstico que más se adecue a estos.

PRONÓSTICO BLANCO OLÍMPICO

En el consumo del color Blanco Olímpico se evidencia un comportamiento estacionario, como se muestra en la Ilustración 6. En los periodos del 27 al 36, se muestra un cambio del comportamiento en comparación a los periodos anteriores.

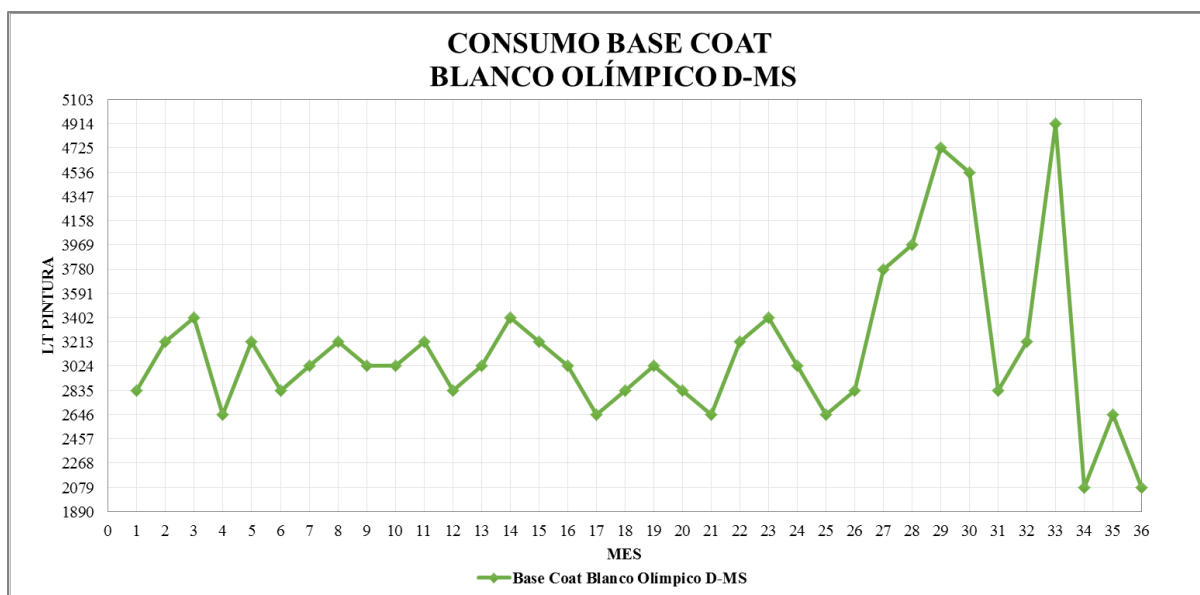


Ilustración 6. Consumo en Litros del Color Blanco Olímpico

Fuente: Elaboración Propia

Esto se debe a que en el año 2016, en el periodo de mayo se realizó el cambio de tecnología en la pintura, paso de bajos solidos con un porcentaje en solidos oscilando entre 16-18 a medios solidos con un porcentaje entre 20-22. Con la tecnología anterior, ya que el producto venia más concentrado, era necesario utilizar disolvente para su uso, actualmente el producto ya viene listo, por esta razón la demanda aumenta de forma considerable. Esto se puede considerar como una razón atípica, por lo tanto se omitirán estos periodos y se realizara el pronóstico sin tenerlos en cuenta, ya que el comportamiento es estacionario se realiza un pronóstico de Suavizamiento Exponencial Simple, con un $\alpha = 0,10$ obtenido mediante SOLVER.

Debido a que PPG maneja el consumo de los colores con múltiplos de 189 ya que es la cantidad de litros que contiene un tambor, se realizan las aproximaciones pertinentes a todos los pronósticos generados de aquí en adelante. En la Tabla 5. se muestra el pronóstico para el color Blanco Olímpico. El desarrollo del pronóstico se encuentra en el Anexo 1.

Tabla 5. Pronóstico Blanco Olímpico

PERIODO	PRONÓSTICO	PRONÓSTICO LT DE PINTURA	CANT. TAMBORES
ene-17	2991,65	3024	16
feb-17	2991,65	3024	16
mar-17	2991,65	3024	16
abr-17	2991,65	3024	16
may-17	2991,65	3024	16
jun-17	2991,65	3024	16
jul-17	2991,65	3024	16
ago-17	2991,65	3024	16
sep-17	2991,65	3024	16
oct-17	2991,65	3024	16
nov-17	2991,65	3024	16
dic-17	2991,65	3024	16
TOTAL ANUAL	35899,74	36288	192

Fuente: Elaboración Propia

PRÓNOSTICO PLATA BRILLANTE

Como se mencionó anteriormente los datos del consumo del color Plata Brillante presentan una variabilidad media (en la Ilustración 7. se puede observar el comportamiento de los datos). Por esta razón mediante el Input Analyzer se quiere determinar a qué distribución estadística se ajusta mejor a los datos, para esto se verifica el p-value de las pruebas, si este es menor o igual al nivel de confianza ($\alpha=0.05$) se rechaza la hipótesis nula, de lo contrario no se rechaza la prueba y se escoge esa distribución.

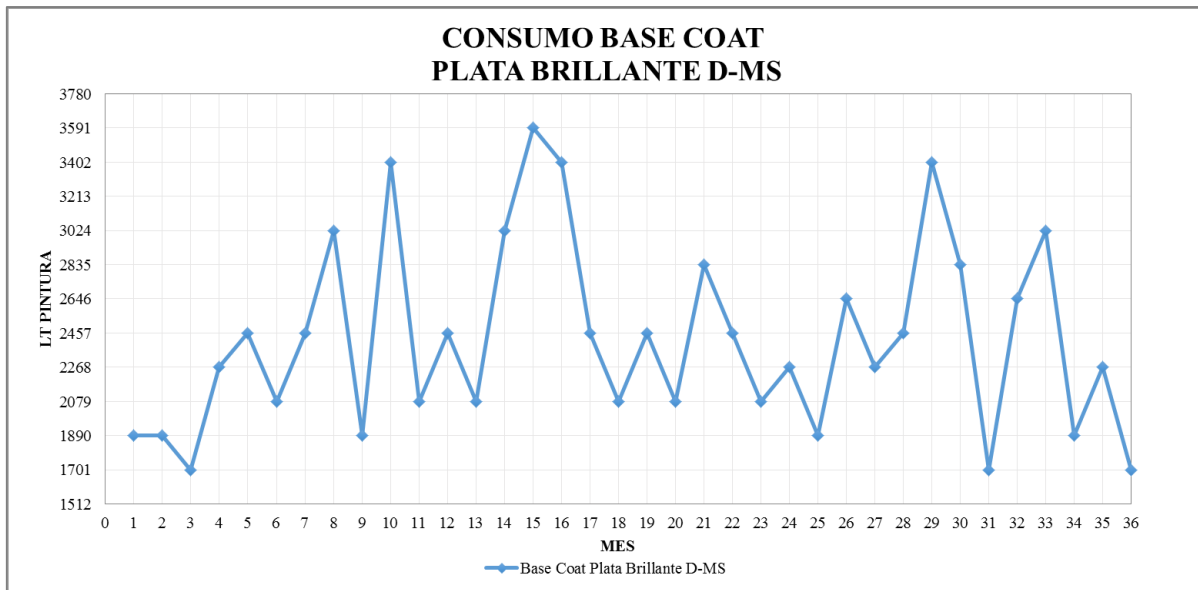


Ilustración 7. Consumo en Litros del Color Plata Brillante

Fuente: Elaboración Propia

Se realiza la prueba y arroja como resultado que la mejor distribución que se ajusta a los datos de este color es la Distribución Triangular (ver Ilustración 8.) con un p-value de 0.23 y un error de 0.01939.

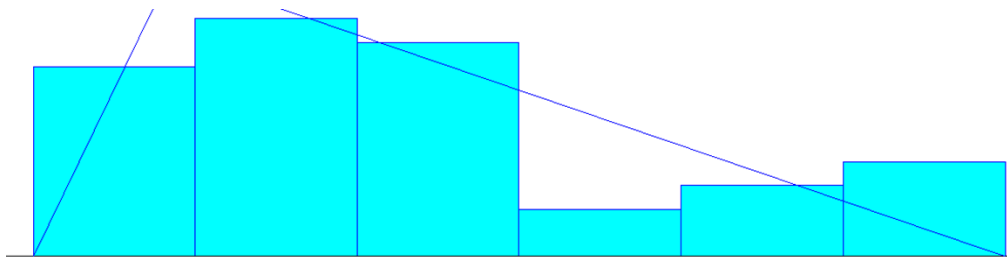


Ilustración 8. Distribución Triangular - Plata Brillante

Fuente: Elaboración Propia

Se generan 1000 números aleatorios por cada mes a pronosticar, en este caso 12 meses. Empleando el generador de la variable aleatoria que se distribuye de forma triangular se obtienen los datos del pronóstico del color de Plata Brillante, el cual se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Pronóstico Plata Brillante

PERIODO	PRONÓSTICO	PRONÓSTICO LT DE PINTURA	CANT. TAMBORES
ene-17	2245	2268	12
feb-17	2630	2646	14
mar-17	2310	2457	13
abr-17	2779	2835	15
may-17	2609	2646	14
jun-17	2116	2268	12
jul-17	2592	2646	14
ago-17	2638	2646	14
sep-17	2308	2457	13
oct-17	2231	2268	12
nov-17	2469	2646	14
dic-17	2720	2835	15
TOTAL ANUAL	29647	30618	162

Fuente: Elaboración Propia

PRONÓSTICO ROJO VELVET

Dado el comportamiento de los datos del consumo de color Rojo Velvet se evidencia una tendencia creciente hasta el periodo 18 y decreciente hasta el periodo 34 (ver Ilustración 9). Por este motivo un buen pronóstico que se ajuste a este patrón, ya que tiene en cuenta las tendencias crecientes y decrecientes es el método de Holt también llamado Suavizamiento Exponencial Doble.

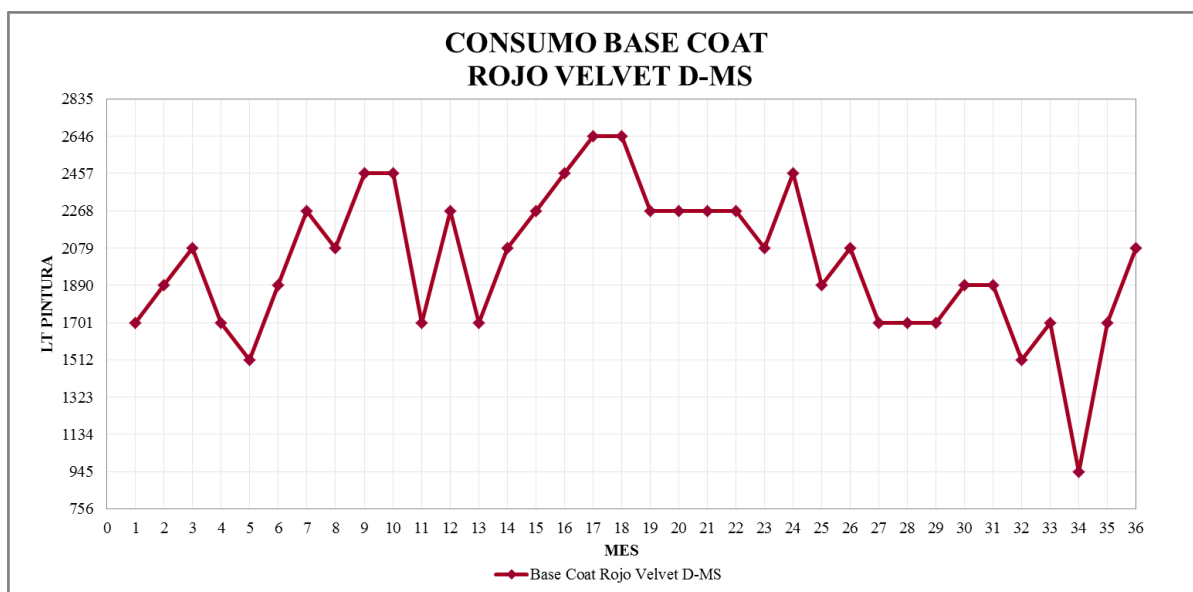


Ilustración 9. Consumo en Litros del Color Rojo Velvet

Fuente: Elaboración Propia

Se lleva a cabo el pronóstico para el año 2017, inicializándolo con una regresión lineal de los datos, se emplea un α que minimice el error medio absoluto (MAD) a través de SOLVER en Excel, se determina que β será igual a $\alpha/2$ y se aplican las formulas asociadas a este método. El valor de α y β son 0,56 y 0,28 respectivamente. El pronóstico para el color Rojo Velvet se muestra en la Tabla 7, para observar el desarrollo del pronóstico ver Anexo 2.

Tabla 7. Pronóstico Rojo Velvet

PERIODO	PRONÓSTICO	PRONÓSTICO LT DE PINTURA	CANT. TAMBORES
ene-17	1838,85	1890	10
feb-17	1901,06	2079	11
mar-17	1963,28	2079	11
abr-17	2025,50	2079	11
may-17	2087,71	2268	12
jun-17	2149,93	2268	12
jul-17	2212,15	2268	12
ago-17	2274,36	2457	13
sep-17	2336,58	2457	13
oct-17	2398,80	2457	13
nov-17	2461,01	2646	14
dic-17	2523,23	2646	14
TOTAL ANUAL	26172,46	27594	146

Fuente: Elaboración Propia

PRONÓSTICO GRIS GALÁPAGOS

Al igual que con el comportamiento de los datos del consumo de color Rojo Velvet, los datos del Gris Galápagos también evidencian un patrón de tendencia creciente y decreciente como se muestra en la Ilustración 10 y se emplea el mismo modelo de pronóstico, donde los parámetros de α y β son 0,13 y 0,6 respectivamente. Para ver el desarrollo de este pronóstico, dirigirse al Anexo 3.

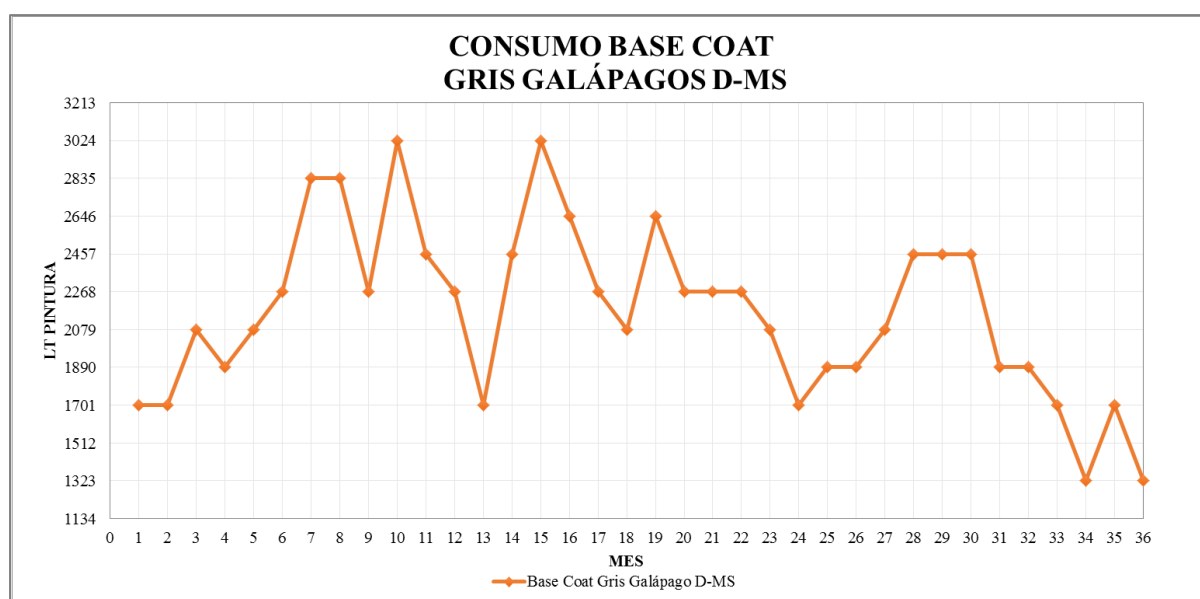


Ilustración 10. Consumo en Litros del Color Gris Galápagos

Fuente: Elaboración Propia

A continuación en la Tabla 8. Se muestra el pronóstico para este color, donde se indican los litros de pintura y la conversión a las cantidades de tambores de pintura requeridas.

Tabla 8. Pronóstico Gris Galápagos

PERIODO	PRONÓSTICO	PRONÓSTICO LT DE PINTURA	CANT. TAMBORES
ene-17	1780,62	1890	10
feb-17	1754,97	1890	10
mar-17	1729,32	1890	10
abr-17	1703,67	1890	10
may-17	1678,02	1701	9
jun-17	1652,37	1701	9
jul-17	1626,72	1701	9
ago-17	1601,07	1701	9
sep-17	1575,42	1701	9
oct-17	1549,77	1701	9
nov-17	1524,12	1701	9
dic-17	1498,47	1512	8
TOTAL ANUAL	19674,53	20979	111

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4. POLÍTICA DE INVENTARIO Y COSTOS ASOCIADOS A LOS INVENTARIOS

La empresa PPG realiza 2 pedidos por semana y produce aproximadamente 3 lotes de pintura automotriz cada dos meses por cada color de alta rotación.

Se presenta un modelo que permita mejorar el número de pedidos necesarios para satisfacer la demanda al igual que las cantidades ordenadas en cada pedido, y como consecuencia la reducción de los costos relevantes asociados a los inventarios. Para llevar a cabo cualquier modelo de inventario es necesario previamente definir los diferentes costos asociados y las variables relacionadas. La demanda utilizada para el modelo de inventario óptimo, corresponde al pronóstico realizado para el año 2017, en cuanto al modelo de inventario actual se emplea el último año de los datos históricos.

COSTO DE MANTENER

La empresa aproximadamente establece que el costo de mantener inventario anualmente representa el 20% del costo unitario de cada producto, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Costo de Mantener Inventario

	Blanco Olímpico	Plata Brillante	Rojo Velvet	Gris Galápagos
Costo Unitario	\$2.300.000	\$2.200.000	\$3.400.000	\$2.000.000
Costo de Mantener Inventario Anual	\$460.000	\$440.000	\$680.000	\$400.000
Costo de Mantener Inventario Mensual	\$38.333	\$36.667	\$56.667	\$33.333

Fuente: Elaboración Propia

COSTOS DE ORDENAR

Entre los costos de ordenar se encuentran los costos del personal vinculado al pedido y el transporte. Para ello se llevó a cabo la discriminación de las tareas ejecutadas por el personal para calcular el costo de realizar un pedido y adicionalmente se vincula el costo del

transporte mensual, donde ya se incluye el costo del descargue del producto cuando ingresa a GM. (Ver Tabla 10). El costo de realizar un pedido es de \$895.467.

Tabla 10. Costos de Ordenar

PPG EN GM (BOGOTÁ)		
SALARIO	\$737.717	
\$ DÍA	24.591	
\$ HORA	3.074	
Realizar inventario previo	35	min
	1.793	\$
Identificar unidades requeridas	17	min
	871	\$
Consultar en oracle disponibilidad y lote	12	min
	615	\$
Realizar pedido en Oracle	30	min
	1.537	\$
Enviar correo partes interesadas	10	min
	512	\$
Recepción de productos	10	min
	512	\$
TOTAL	5.328	\$
MENSUAL	42.624	\$

ANALISTA DE DATOS DE ENTRADA (ITAGÜÍ)		
SALARIO	\$1.500.000	
\$ DÍA	50.000	
\$ HORA	6.250	
Visualizar en el sistema el pedido	20	min
	2.083	\$
Generar las remisiones	15	min
	1.563	\$
Comunicar a bodega la orden de despacho	10	min
	1.042	\$
TOTAL	4.688	\$
MENSUAL	37.500	\$

SECCIÓN DE TRANSPORTE (ITAGÜÍ)		
SALARIO	\$1.600.000	
\$ DÍA	53.333	
\$ HORA	6.667	
Seleccionar el vehículo, según cantidad	15	min
	1.667	\$
Coordinar el transporte	20	min
	2.222	\$
TOTAL	3.889	\$
MENSUAL	31.111	\$

BODEGA (ITAGÜÍ)		
SALARIO	\$1.050.000	
\$ DÍA	35.000	
\$ HORA	4.375	
Organizar pedido (según lote) y estibar	90	min
	6.563	\$
TOTAL	6.563	\$
MENSUAL	52.500	\$

ATH (TRANSPORTE)		
COSTO	7.000.000	\$/mes

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 5. MODELO DE INVENTARIO ACTUAL Y ÓPTIMO

MODELO DE INVENTARIO ACTUAL

A continuación se realiza el modelo de inventario con la política actual que tiene la empresa PPG.

En Tabla 11. Se observa las demandas mensuales de los diferentes 4 productos de alta rotación seleccionados previamente.

Tabla 11. Demandas Mensuales de los Productos

DEMANDAS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	10	11	9	9	9	10	10	8	9	5	9	11
Gris Galápagos	10	10	11	13	13	13	10	10	9	7	9	7
Plata Brillante	10	14	12	13	18	15	9	14	16	10	12	9
Blanco Olímpico	17	16	14	15	16	15	14	17	18	16	14	15

Fuente: Elaboración Propia

Las cantidades requeridas en cada pedido para cumplir la demanda mensual de estos productos, se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Cantidades Requeridas en Cada Pedido por Producto

CANTIDADES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Gris Galápagos	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1
Plata Brillante	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1
Blanco Olímpico	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración Propia

El inventario al final del mes se encuentra en la Tabla 13, este se emplea en el siguiente mes para satisfacer la demanda y se genera a partir de la diferencia de las unidades pedidas mensualmente, la demanda de dicho periodo y el inventario final del mes anterior.

Tabla 13. Inventario Final del Mes por Producto

INVENTARIO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	6	3	2	1	0	6	4	4	3	6	5	2
Gris Galápagos	6	4	1	4	7	2	0	6	5	6	5	6
Plata Brillante	6	0	4	7	5	6	5	7	7	5	1	0
Blanco Olímpico	7	7	1	2	2	3	5	4	2	2	4	5

Fuente: Elaboración Propia

Por último en la Tabla 14. se muestra la requisición que es la sumatoria de las unidades que se ordenan al mes más el inventario final del mes anterior, teniendo en cuenta que esta requisición siempre será igual o mayor a la demanda.

Tabla 14. Requisición Mensual por Producto

REQUISICIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	16	14	11	10	9	16	14	12	12	11	14	13
Gris Galápagos	16	14	12	17	20	15	10	16	14	13	14	13
Plata Brillante	16	14	16	20	23	21	14	21	23	15	13	9
Blanco Olímpico	24	23	15	17	18	18	19	21	20	18	18	20

Fuente: Elaboración Propia

En el modelo con la política actual de la empresa, el número de pedidos que se llevan a cabo al año en promedio es de 96, es decir que al mes se están solicitando 8 pedidos donde llegan los 4 productos de manera conjunta, teniendo en cuenta que los días laborales son 243.

Al realizar el modelo se hallan las cantidades actuales que se están ordenando por cada pedido y los costos relevantes que es la sumatoria de los costos de ordenar y de mantener inventario anualmente, como se aprecia en la Tabla 15.

Tabla 15. N° de Pedidos al Mes y Costos del Modelo Actual

N° PEDIDOS AL MES	8
COSTO DE MANTENER INVENTARIO	\$7.743.333
COSTO DE ORDENAR	\$85.964.817
COSTO TOTAL RELEVANTE	\$93.708.150

Fuente: Elaboración Propia

El costo total relevante para la política actual es de \$93.708.150, este es el valor generado realizando 2 pedidos semanalmente como lo estipula la política, realizando el supuesto de que 1 mes tiene 4 semanas.

MODELO DE INVENTARIO ÓPTIMO

Para realizar el modelo matemático óptimo se emplearon las siguientes restricciones, donde el conjunto Mes del año esta indexado en j y el conjunto Productos indexado en i :

$$(Q_{ij} * N) + Inv\ Final_{i,j-1} \geq D_{ij} \forall i, j$$

$$\sum_i Q_{ij} + \sum_i Inv\ Final_{i,j-1} \leq 32 \forall j$$

$$Inv\ Final_{i,j-1} \geq 2 \forall i, j$$

$$Q_{ij} = Int$$

$$N = Int$$

En la primera restricción, las cantidades ordenadas al mes, más las unidades con las que se cuenta del mes anterior deben ser mayor o igual que la demanda. La siguiente restricción representa la capacidad de almacenamiento al mes, tomando la sumatoria de las unidades ordenadas en cada pedido, más el inventario del mes anterior, donde estas no deben superar las 32 unidades, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: 24 unidades ubicadas en la rampa y 8 unidades en una zona de stock. En la tercera restricción, se especifica que el inventario del mes anterior para cada producto de ser mayor o igual a 2

unidades ya que estas serán el inventario de stock que se determinó mediante el error medio absoluto utilizado en los pronósticos. Por ultimo las cantidades a ordenar deber ser enteras, al igual que el número de pedidos.

La función objetivo es minimizar los costos relevantes, y la variable de decisión son las unidades solicitadas al mes de los 4 productos. Posteriormente se lleva a cabo el modelo, y como resultado se obtienen las cantidades óptimas a ordenar en cada pedido, que permita disminuir los costos totales relevantes. A continuación en la Tabla 16. se observa las cantidades óptimas requeridas mensualmente, las cuales minimizan los costos de mantener inventario y de ordenar, ya que el número de pedido se disminuye conforme se aumentan las cantidades ordenadas para cumplir la demanda y demás restricciones.

Tabla 16. Modelo Óptimo de Inventario

DEMANDAS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14
Gris Galápagos	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8
Plata Brillante	12	14	13	15	14	12	14	14	13	12	14	15
Blanco Olímpico	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

CANTIDADES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	5	5
Gris Galápagos	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Plata Brillante	5	5	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5
Blanco Olímpico	6	6	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5

INVENTARIO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	2	3	4	2	2	2	2	4	3	2	3	4
Gris Galápagos	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Plata Brillante	3	4	3	3	4	4	2	3	2	2	3	3
Blanco Olímpico	2	4	3	2	4	3	2	4	3	2	4	3

REQUISICIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rojo Velvet	12	14	15	13	14	14	14	17	16	15	17	18
Gris Galápagos	12	14	13	12	11	11	11	11	11	11	11	11
Plata Brillante	15	18	16	18	18	16	16	17	15	14	17	18
Blanco Olímpico	18	20	19	18	20	19	18	20	19	18	20	19

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 17. se muestra el número de pedidos que se deben realizar al mes y el resultado de este modelo, relacionando los costos incurridos en ordenar y mantener inventario, lo que genera el costo total relevante con un valor de \$37.740.140.

Tabla 17. N° de Pedidos al Mes y Costos del Modelo Óptimo

N° PEDIDOS AL MES	3
COSTO DE MANTENER INVENTARIO	\$5.503.333
COSTO DE ORDENAR	\$32.236.806
COSTO TOTAL RELEVANTE	\$37.740.140

Fuente: Elaboración Propia

Luego se realiza un comparativo entre los costos con la política actual de 8 pedidos al mes, con un costo total de \$93.708.150 y la política óptima de realizar 3 pedidos mensuales, con un costo total de \$37.740.140, lo cual genera una reducción significativa en el costo total por un valor de \$55.968.010. A partir de este resultado se propone a la empresa PPG, realizar 3 pedidos al mes, con base a la mejora del costo total relevante en el proceso del modelo de inventario óptimo lo que representa una disminución del 59,73%.

CONCLUSIONES

Actualmente la empresa no cuenta con pronósticos con los cuales proyecten su demanda de los colores de pintura automotriz, lo que genera un inventario excesivo que como consecuencia incrementa los costos de producción y el manejo de inventario de producto y no permite una amplia rotación del flujo de caja.

Se observó mediante la clasificación ABC que los productos para los cuales se realizaría el pronóstico son: Blanco Olímpico, Plata Brillante, Rojo Velvet y Gris Galápagos, estos son los colores de pintura automotriz de alta rotación. El primero, tercero y cuarto producto tienen una variabilidad baja y el segundo una variabilidad media.

Se analizaron los patrones de los datos del consumo de los diferentes colores de pintura automotriz, el color Blanco olímpico tiene un comportamiento estacionario y se realizó un pronóstico de Suavizamiento Exponencial Simple, el color Plata Brillante un comportamiento variable y se realizó una simulación, el color Rojo Velvet y Gris Galápagos un comportamiento estacionario y se llevó a cabo un pronóstico de Suavizamiento Exponencial Doble, con el fin de obtener la demanda para este año 2017 y emplearla en el modelo de inventario óptimo.

Se evidencia que en el modelo de inventario actual, con la política de realizar 8 pedidos mensuales el costo total relevante anual es alto, puesto que son pocas las cantidades que se traen por pedido. Este escenario se puede mejorar con base en el desarrollo del modelo óptimo de inventario, que generó una política de 3 pedidos al mes, reduciendo considerablemente el costo, teniendo un ahorro significativo de \$55.968.010, garantizando el cumplimiento de la demanda.

Es importante mencionar que algunas de las mejoras son fácilmente cuantitativas, por este motivo se deja este trabajo como apoyo documental para que la empresa lo tenga en cuenta y lo aplique en los productos de menor rotación para el tema de reducción de costos.

ANEXOS

Anexo 1.

Base Coat Blanco Olímpico D-MS				α	0,10
PERIODO		CONSUMO	PRONOSTICO	ERROR	e
ene-14	1	2835	3009,46	174,46	174,46
feb-14	2	3213	2991,65	-221,35	221,35
mar-14	3	3402	2991,65	-410,35	410,35
abr-14	4	2646	2991,65	345,65	345,65
may-14	5	3213	2991,65	-221,35	221,35
jun-14	6	2835	2991,65	156,65	156,65
jul-14	7	3024	2991,65	-32,35	32,35
ago-14	8	3213	2991,65	-221,35	221,35
sep-14	9	3024	2991,65	-32,35	32,35
oct-14	10	3024	2991,65	-32,35	32,35
nov-14	11	3213	2991,65	-221,35	221,35
dic-14	12	2835	2991,65	156,65	156,65
ene-15	13	3024	2991,65	-32,35	32,35
feb-15	14	3402	2991,65	-410,35	410,35
mar-15	15	3213	2991,65	-221,35	221,35
abr-15	16	3024	2991,65	-32,35	32,35
may-15	17	2646	2991,65	345,65	345,65
jun-15	18	2835	2991,65	156,65	156,65
jul-15	19	3024	2991,65	-32,35	32,35
ago-15	20	2835	2991,65	156,65	156,65
sep-15	21	2646	2991,65	345,65	345,65
oct-15	22	3213	2991,65	-221,35	221,35
nov-15	23	3402	2991,65	-410,35	410,35
dic-15	24	3024	2991,65	-32,35	32,35
ene-16	25	2646	2991,65	345,65	345,65
feb-16	26	2835	2991,65	156,65	156,65
ene-17	37		2991,65		
feb-17	38		2991,65		
mar-17	39		2991,65		
abr-17	40		2991,65		
may-17	41		2991,65		
jun-17	42		2991,65		
jul-17	43		2991,65		
ago-17	44		2991,65		
sep-17	45		2991,65		
oct-17	46		2991,65		
nov-17	47		2991,65		
dic-17	48		2991,65		
				MAD	197,15

Anexo 2.

Base Coat Rojo Velvet D-MS				α	0,56	β	0,28
PERIODO		CONSUMO	ST	GT	PRONÓSTICO	ERROR	e
	0		2161,20	-8,42			
ene-14	1	1701	1898,72	-79,85	2152,78	451,78	451,78
feb-14	2	1890	1858,87	-68,61	1818,87	-71,13	71,13
mar-14	3	2079	1952,64	-22,95	1790,26	-288,74	288,74
abr-14	4	1701	1801,08	-59,11	1929,69	228,69	228,69
may-14	5	1512	1612,65	-95,47	1741,97	229,97	229,97
jun-14	6	1890	1726,83	-36,52	1517,17	-372,83	372,83
jul-14	7	2268	2015,18	54,82	1690,31	-577,69	577,69
ago-14	8	2079	2075,06	56,25	2070,01	-8,99	8,99
sep-14	9	2457	2314,46	107,75	2131,31	-325,69	325,69
oct-14	10	2457	2441,77	113,25	2422,21	-34,79	34,79
nov-14	11	1701	2074,76	-21,79	2555,02	854,02	854,02
dic-14	12	2268	2173,89	12,21	2052,96	-215,04	215,04
ene-15	13	1701	1913,30	-64,50	2186,10	485,10	485,10
feb-15	14	2079	1978,26	-28,10	1848,80	-230,20	230,20
mar-15	15	2268	2128,90	22,16	1950,16	-317,84	317,84
abr-15	16	2457	2323,11	70,54	2151,06	-305,94	305,94
may-15	17	2646	2535,56	110,44	2393,65	-252,35	252,35
jun-15	18	2646	2646,00	110,44	2646,00	0,00	0,00
jul-15	19	2268	2481,76	33,21	2756,44	488,44	488,44
ago-15	20	2268	2376,08	-5,85	2514,97	246,97	246,97
sep-15	21	2268	2312,74	-22,01	2370,24	102,24	102,24
oct-15	22	2268	2277,95	-25,61	2290,73	22,73	22,73
nov-15	23	2079	2154,86	-53,02	2252,34	173,34	173,34
dic-15	24	2457	2301,57	3,14	2101,85	-355,15	355,15
ene-16	25	1890	2071,50	-62,43	2304,71	414,71	414,71
feb-16	26	2079	2048,39	-51,37	2009,06	-69,94	69,94
mar-16	27	1701	1830,55	-98,18	1997,02	296,02	296,02
abr-16	28	1701	1714,73	-103,14	1732,37	31,37	31,37
may-16	29	1701	1661,87	-89,00	1611,59	-89,41	89,41
jun-16	30	1890	1751,21	-38,86	1572,87	-317,13	317,13
jul-16	31	1890	1812,25	-10,77	1712,35	-177,65	177,65
ago-16	32	1512	1638,69	-56,54	1801,49	289,49	289,49
sep-16	33	1701	1648,99	-37,75	1582,15	-118,85	118,85
oct-16	34	945	1236,57	-143,10	1611,24	666,24	666,24
nov-16	35	1701	1435,12	-47,03	1093,48	-607,52	607,52
dic-16	36	2079	1776,63	62,22	1388,09	-690,91	690,91
ene-17	37				1838,85		
feb-17	38				1901,06		
mar-17	39				1963,28		
abr-17	40				2025,50		
may-17	41				2087,71		
jun-17	42				2149,93		
jul-17	43				2212,15		
ago-17	44				2274,36		
sep-17	45				2336,58		
oct-17	46				2398,80		
nov-17	47				2461,01		
dic-17	48				2523,23		
						MAD	289,14

Anexo 3.

Base Coat Gris Galapagos D-MS				α	0,13	β	0,06
PERIODO		CONSUMO	ST	GT	PRONÓSTICO	ERROR	e
	0		2423,10	-14,06			
ene-14	1	1701	2320,08	-19,65	2409,04	708,04	708,04
feb-14	2	1701	2225,12	-24,38	2300,44	599,44	599,44
mar-14	3	2079	2185,45	-25,34	2200,74	121,74	121,74
abr-14	4	1890	2126,17	-27,47	2160,11	270,11	270,11
may-14	5	2079	2096,23	-27,63	2098,70	19,70	19,70
jun-14	6	2268	2093,65	-26,05	2068,60	-199,40	199,40
jul-14	7	2835	2164,01	-20,00	2067,60	-767,40	767,40
ago-14	8	2835	2230,83	-14,54	2144,02	-690,98	690,98
sep-14	9	2268	2222,79	-14,13	2216,29	-51,71	51,71
oct-14	10	3024	2311,09	-7,70	2208,65	-815,35	815,35
nov-14	11	2457	2322,69	-6,49	2303,39	-153,61	153,61
dic-14	12	2268	2310,15	-6,87	2316,21	48,21	48,21
ene-15	13	1701	2227,61	-11,62	2303,28	602,28	602,28
feb-15	14	2457	2246,27	-9,72	2215,99	-241,01	241,01
mar-15	15	3024	2335,49	-3,50	2236,55	-787,45	787,45
abr-15	16	2646	2371,44	-1,03	2331,98	-314,02	314,02
may-15	17	2268	2357,55	-1,83	2370,41	102,41	102,41
jun-15	18	2079	2320,95	-4,02	2355,71	276,71	276,71
jul-15	19	2646	2358,27	-1,42	2316,93	-329,07	329,07
ago-15	20	2268	2345,69	-2,12	2356,85	88,85	88,85
sep-15	21	2268	2334,07	-2,72	2343,57	75,57	75,57
oct-15	22	2268	2323,40	-3,22	2331,36	63,36	63,36
nov-15	23	2079	2289,88	-5,12	2320,18	241,18	241,18
dic-15	24	1701	2211,41	-9,73	2284,75	583,75	583,75
ene-16	25	1890	2162,52	-12,19	2201,68	311,68	311,68
feb-16	26	1890	2117,63	-14,24	2150,33	260,33	260,33
mar-16	27	2079	2100,32	-14,44	2103,38	24,38	24,38
abr-16	28	2457	2132,51	-11,51	2085,88	-371,12	371,12
may-16	29	2457	2163,22	-8,85	2121,00	-336,00	336,00
jun-16	30	2457	2192,39	-6,47	2154,36	-302,64	302,64
jul-16	31	1890	2148,74	-8,80	2185,92	295,92	295,92
ago-16	32	1890	2108,54	-10,77	2139,94	249,94	249,94
sep-16	33	1701	2047,91	-13,91	2097,76	396,76	396,76
oct-16	34	1323	1944,68	-19,52	2034,01	711,01	711,01
nov-16	35	1701	1896,99	-21,29	1925,16	224,16	224,16
dic-16	36	1323	1806,27	-25,65	1875,71	552,71	552,71
ene-17	37				1780,62		
feb-17	38				1754,97		
mar-17	39				1729,32		
abr-17	40				1703,67		
may-17	41				1678,02		
jun-17	42				1652,37		
jul-17	43				1626,72		
ago-17	44				1601,07		
sep-17	45				1575,42		
oct-17	46				1549,77		
nov-17	47				1524,12		
dic-17	48				1498,47		
						MAD	338,56

BIBLIOGRAFÍA

- Alan, L., & Prada, Y. (2017). *Análisis y Propuesta de Implementación de un Sistema de Planificación de Producción y Gestión de Inventarios y Almacenes Aplicado a una Empresa de Fabricación de Perfiles de Plástico PVC*. Lima.
- Beltrán, E. (2014). *Estrategia de mejoramiento de los modelos de pronósticos de la demanda con el fin de optimizar la gestión logística de repuestos automotrices*. Bogotá D.C.
- Bermúdez, A., & Londoño, S. (2013). *Metodología para optimizar inventarios de producto terminado en una empresa, basado en estimación de demanda y minimización de costos*. Medellín.
- Díaz, M. (2015). *Propuesta de Mejoramiento de la Metodología de la Planificación de la Producción según la Demanda del Mercado*. Quito.
- Frausto, J. (2009). *Pronósticos de Ventas para la Administración Estratégica de los Recursos de una Empresa en el Sector Automotriz*. México.
- Moscoso, J. (2014). *Simulación de un Modelo de Determinación de Stock de Seguridad considerando la Demanda, Proveedores y el Modelo de Producción de la Empresa*. Quito.
- PPG Industries. (2015). *PPG INDUSTRIES COLOMBIA LTDA*. Obtenido de <http://colombia.ppg.com>
- Rodriguez, R., & Fernando, M. (2011). *Manual de Gestión de Inventario*. Santa Clara.
- Santos, O. (2014). *Diseño de un Modelo de Optimización de la Logística Externa en Industrias de Distribución de Productos Automotrices en el Ecuador*. Ecuador.
- Utreras, L., & Guilcapi, D. (2015). *Propuesta de Mejoras a los Modelos de Pronóstico de Demanda y de Control de Inventario de Materia Prima Actuales de los Principales Productos del Segmento APH de la Empresa XYZ*. Quito.
- Vidal, C. (2005). *Fundamentos de Gestión de Inventarios*. Cali: Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería.
- Zuluaga, A., Molina, P., & Guisao, É. (2011). La Planeación de la Demanda como Requisito para la Gestión de las Cadenas de Suministro en las Empresas en Colombia. *Revista Politécnica ISSN 1900-2351*.