

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**ANALISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EN UNA
EMPRESA DE ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA USANDO EL MODELO
DE CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO (EOQ)**

Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial,
que presenta la bachiller:

HELGA ESTEFANÍA CASTELLO RUBÍN

Arequipa - Perú

2015

INTRODUCCION

La presente investigación analiza el sistema de abastecimiento de suministros de una empresa de maquina pesada, encontrando problemas en cuanto a la cantidad de suministros a ordenar, la frecuencia de pedidos y el costo total del inventario. En base a los resultados del diagnóstico, se propone una nueva política de abastecimiento a través del modelo de Cantidad Económico de Pedido (EOQ) y otras herramientas logísticas.

Este estudio está dividido en cinco capítulos, los cuales son:

- Capítulo I: Planteamiento Teórico. Se establece la justificación de la investigación, se define el problema y las variables que esto conlleva, y la metodología usada.
- Capítulo II: Marco Teórico. Se definen los conceptos de logística, gestión de compras y almacenes, análisis ABC multicriterio, pronósticos e indicadores logísticos.
- Capítulo III: Análisis de la Situación Actual de la Empresa. En este capítulo se analiza el sistema de abastecimiento actual y se definen los problemas, proponiendo una solución.
- Capítulo IV: Propuesta de Sistema de Abastecimiento según el Modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ). Se desarrolla la solución propuesta aplicando el análisis ABC multicriterio, pronósticos y el modelo EOQ, estableciendo una política de abastecimiento óptima.
- Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones. Se establecen las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

RESUMEN

El estudio propuesto a continuación, abarca el análisis y el planteamiento de un nuevo sistema de abastecimiento en una empresa de maquinaria pesada. La falta de una política establecida, ha generado que las compras se realicen de forma subjetiva, obteniendo resultados ineficientes.

La mejora propuesta se realizó a partir de un diagnóstico inicial del actual sistema de abastecimiento. En esta evaluación se encontró tres problemas principales, los cuales impiden una ejecución eficiente. Estos son: cantidad no establecida de suministros por pedido, la frecuencia entre órdenes de compra y el costo total de tener el inventario.

Teniendo en cuenta los problemas anteriores se propuso una solución a través del modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ). Se realizó una previa clasificación de los artículos más valorados a través de un Análisis ABC multicriterio. Posteriormente se evaluó el comportamiento de la demanda de estos suministros y se realizó un pronóstico para el año 2015. Con los resultados del pronóstico se procedió a aplicar el modelo de EOQ, estableciendo las alternativas de mejora.

Por último, las políticas de abastecimiento propuestas fueron analizadas en cuanto al costo total que implica y al nivel de servicio que quiera brindar la empresa. Después de la comparación, se eligió una política adecuada a las necesidades de la empresa y de acuerdo a sus limitaciones.

ABSTRACT

The proposed study covers the analysis and the approach of a new supply system in a heavy machinery company. The lack of an established policy has generated subjective purchases, obtaining inefficient results.

The proposed improvement was made from an initial diagnosis of the current system of supply. In this evaluation were found three main problems, which impede an efficient execution. These are: non established amount of supplies per order, the frequency between purchase orders and the total cost of owning inventory.

Considering the problems mentioned lines above, a solution through the model of economic order quantity (EOQ) was proposed. A previous classification of the most valued items through a multicriteria ABC analysis was performed. Then the behavior of the demand for these supplies were evaluated and it was realized a forecast for 2015. With the forecast results, it was possible to apply the EOQ model, establishing improvement alternatives.

Finally, the proposed procurement policies were analyzed in terms of total cost involved and the level of service the company wanted to offer. After the comparison, an appropriate policy is chosen according to the needs of the company and to its limitations.

INDICE GENERAL

1.	CAPITULO I: PLANTEAMIENTO TEORICO	1
1.1	Enunciado del Problema.....	1
1.2	Identificación del Problema	1
1.3	Descripción del Problema	2
1.4	Justificación.....	3
1.4.1	Aspecto General.....	3
1.4.2	Aspecto Tecnológico	4
1.4.3	Aspecto Social	4
1.4.4	Aspecto Económico	4
1.5	Objetivos Del Estudio	5
1.5.1	Objetivo General.....	5
1.5.2	Objetivos Específicos.....	5
1.6	Alcance.....	6
1.7	Hipótesis.....	6
1.8	Variables.....	6
1.9	Marco Metodológico.....	6
1.9.1	Tipo de Investigación.....	7
1.9.2	Instrumentos para la Recolección de Datos	7
1.9.3	Metodología	7
2.	CAPITULO II: MARCO TEORICO	9
2.1	Logística.....	9
2.1.1	Administración de la Cadena de Suministros	11
2.2	Gestión de Compras y Almacenes	12
2.2.1	Inventarios.....	13
2.3	Análisis ABC Multicriterio.....	15
2.4	Pronósticos.....	19
2.4.1	Error en el Pronóstico	22
2.4.2	Prueba de Bondad de Ajuste.....	22

2.4.3	Sistema de Revision Continua (Q).....	29
2.4.4	Sistema de Revision Periodica (P).....	31
2.5	Indicadores.....	33
3.	CAPITULO III: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA.....	35
3.1	Aspectos Generales.....	35
3.1.1	Organigrama	36
3.1.2	Servicios Brindados por la Empresa y Maquinaria.....	37
3.1.3	Infraestructura.....	38
3.2	Evaluacion del Ciclo de Abastecimiento.....	39
3.2.1	Descripcion del Sistema Actual de Abastecimiento.....	39
3.2.2	Analisis FODA del Area Logistica.....	44
3.3	Deteccion de los Problemas Principales.....	46
3.4	Propuestas de Mejora.....	50
4.	CAPITULO IV: PROPUESTA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO SEGÚN EL MODELO DE CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO.....	51
4.1	Clasificacion de Articulos Mediante Analisis ABC Multicriterio.....	51
4.1.1	Clasificación ABC Multicriterio en el Grupo “A”	58
4.2	Analisis de la Demanda	62
4.2.1	Prueba de Kolmogorov – Smirnov	64
4.3	Determinación de la Demanda.....	66
4.4	Determinación de Costos Asociados al Modelo EOQ.....	72
4.4.1	Costo de Almacenaje	72
4.4.2	Costo de Preparación o Pedido	74
4.5	Propuesta de Modelo de Abastecimiento.....	75
4.5.1	Sistema Q de Revision Continua	76
4.5.2	Sistema P de Revision Periodica.....	78
4.5.3	Eleccion de Sistema de Inventario.....	79
4.6	Comparacion de Politicas de Inventario Actual y Propuesto.	82
4.6.1	Comparacion del Costo de Inventario Total	82
4.6.2	Frecuencia de Pedido	83

4.6.3	Cantidad de Pedido	84
4.7	Diseño de un Modelo de Abastecimiento	85
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		90
5.1	Conclusiones	90
5.2	Recomendaciones	92
REFERENCIAS		93
ANEXOS		97
Anexo N°1: Clasificación ABC Multicriterio		97
Anexo N°2: Suministros del grupo A.....		98
Anexo N°3: Coeficiente de Variabilidad del grupo A1.....		104
Anexo N°4: Graficas de probabilidad – Prueba Kolmogorov - Smirnov.....		107
Anexo N°5: Pronostico de la demanda para el año 2015.		113
Anexo N°6: Propuestas de sistema de abastecimiento		134
Anexo N°7: Selección y Evaluación de Proveedores.....		138

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Cadena de Suministros.....	11
Figura 2.2 Selección de una Técnica de Pronóstico	20
Figura 2.3 Punto De Reorden y Tiempo de Entrega.....	25
Figura 2.4 Comportamiento del Inventario en EOQ	26
Figura 2.5 Costo Total Anual de Inventario de Ciclo	27
Figura 2.6 Sistema Q con Demanda Incierta.....	29
Figura 2.7 Inventario de Seguridad con Distribución Normal de Probabilidad	30
Figura 2.8 Sistema P con Demanda Incierta	32
Figura 3.1 Organigrama de la Empresa.....	36
Figura 3.2 Croquis del Primer Piso de la Empresa.....	38
Figura 3.4 Flujograma de Recepción de Pedidos	43
Figura 3.5 Análisis FODA de Abastecimiento.....	45
Figura 3.6 Diagrama de Causa – Efecto del Área de Logística.....	49
Figura 4.1 Árbol de Jerarquización de Criterios en el Análisis ABC Multicriterio	53
Figura 4.2 Obtención de Pesos Relativos para el Análisis ABC Multicriterio.....	54
Figura 4.3 Clasificación ABC Multicriterio	56
Figura 4.4 Proporción de la Clasificación ABC Multicriterio.....	57
Figura 4.5 Clasificación ABC Multicriterio Grupo A.....	58
Figura 4.6 Proporción de la Clasificación ABC Multicriterio.....	59
Figura 4.7 Grafica de Datos de Manera Mensual Del Suministro “Acetileno”	63
Figura 4.8 Graficas de Serie de Tiempo el Suministro “Acetileno” En Minitab 17	67
Figura 4.9 Grafica de Descomposición del Suministro “Acetileno” En Minitab 17.....	68
Figura 4.10 Confrontación entre el Nivel de Servicio entre el Sistema Q Y P	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Variables del Estudio.....	7
Tabla 2.1 Clasificación de los Inventarios.....	14
Tabla 2.2 Clasificación de los Costos de Inventarios.....	14
Tabla 2.3 Escala de Comparación Por Pares de los Factores	17
Tabla 2.4 Índice de Aleatoriedad Según El Número de Criterios	18
Tabla 3.1 Regularizaciones Por Semestre en Nuevos Soles.....	47
Tabla 4.1 Criticidad	53
Tabla 4.2 Matriz de Comparación de Criterios	54
Tabla 4.3 Pesos por Criterio en Análisis ABC Multicriterio.....	55
Tabla 4.4 Resultados de Clasificación ABC Multicriterio	57
Tabla 4.5 Resultados de Clasificación ABC Multicriterio Grupo A.....	59
Tabla 4.6 Productos de Clasificación A1 Según Análisis ABC Multicriterio.....	60
Tabla 4.7 Suministros del Grupo A1 con Coeficiente de Variación Menor A 80%	63
Tabla 4.8 Resultados del P-Valor Según la Prueba de Kolmogorov – Smirnov	65
Tabla 4.9 Resultado de Pronósticos En Minitab 17	70
Tabla 4.10 Porcentajes Relativos de los Elementos cel Costo de Almacenaje	72
Tabla 4.11 Calculo del Costo de Operación.....	73
Tabla 4.12 Calculo del Costo de Almacenamiento	74
Tabla 4.13 Calculo del Costo de Preparación O Pedido	75
Tabla 4.14 Comparación de Costos De Políticas De Inventario	80
Tabla 4.15 Comparación del Costo Total Anual entre la Política Actual y Propuesta.....	82
Tabla 4.16 Comparación de la Frecuencia de Pedidos según Órdenes de Compra entre la Política Actual y Propuesta.....	83
Tabla 4.17 Cantidad Económica De Pedido (EOQ) y Punto de Reorden (ROP) para los Suministros Seleccionados	85
Tabla 4.18 Flujo de Caja de la Implementación del Sistema de Abastecimiento	859

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEORICO

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El estudio analiza una empresa de maquinaria pesada, Equipos Técnicos y Comerciales S.A., la cual cuenta con un sistema logístico que presenta deficiencias a la hora de pedir repuestos para la maquinaria. Las insuficiencias halladas envuelven la falta de planificación a la hora de fijar la cantidad y el intervalo de tiempo para solicitar los suministros de mayor valor.

1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

La competitividad en el mercado actual fuerza a las compañías a reducir costos en todos los aspectos. Este es un factor crítico para mantenerse estable y poder manejarse a un largo plazo. Dentro de las empresas de producción y mantenimiento, una de las áreas más gastadoras es el área de logística, el área que planea y controla los materiales desde la compra hasta el destino final. Esto ocurre al hecho de manejar los inventarios, teniendo activos que no generan utilidad inmediata.

Este estudio va a analizar una empresa de alquiler de maquinaria pesada. En esta firma, los inventarios son indispensables debido al mantenimiento constante que se le debe otorgar a las máquinas para un óptimo funcionamiento. La empresa cuenta con varios almacenes para realizar el mantenimiento respectivo. Usualmente se realizan pedidos no planificados o basados en experiencia sin sustento numérico, causando excesos o déficit de artículos. Con un mal manejo del abastecimiento de los repuestos en el área de logística al momento de definir la cantidad y el intervalo de tiempo de pedido, estos no llegan en los parámetros solicitados, dificultando la programación del mantenimiento.

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El problema principal se localiza en el área logística, concretamente en el sistema de compras y abastecimiento en dos aspectos: 1) tiempo y 2) cantidad de suministros a ordenar. Primeramente, el pedido de repuestos sin planificación previa conlleva a recibir los suministros en fechas inadecuadas, generando demoras al mantenimiento. Asimismo, cuando se planifica sin tener en cuenta la demanda de dichos repuestos por proyectos posiblemente a ejecutarse, se originan doble pedido en poco tiempo. Al no contar con un tiempo establecido de pedido, se genera más gasto de pedido y disminuye en liquidez a la empresa.

Igualmente, como las funciones centrales de la empresa se enfocan prioritariamente en el mantenimiento de las máquinas, existen repuestos que se usan de manera constante. Es aquí donde la cantidad de repuestos a solicitar se vuelve un inconveniente. Se piden los repuestos de manera irregular y/o precipitadamente por no anticipar la programación del mantenimiento o proyectos posibles futuros.

La falta de los suministros pedidos retrasa el mantenimiento, poniendo en riesgo los proyectos para la empresa y generando pérdidas por días no trabajados. Estas dificultades impiden a la empresa ejecutar y agilizar de manera eficiente el mantenimiento de la maquinaria para realizar los proyectos.

1.4 JUSTIFICACION

1.4.1 ASPECTO GENERAL

Las operaciones de las empresas se retrasan por factores tanto externos como internos. Sin embargo, los factores internos son asuntos que fácilmente se pueden anticipar y evitar. Uno de esos problemas suelen ser logísticos, específicamente en la provisión de alguna pieza clave. Estos atrasos dificulta la ejecución de las tareas, generando costos laborales, los cuales al final los asume la empresa.

Estas fallas pueden ser hechas por personal propio al no saber cuánto solicitar y la frecuencia de pedidos. Equivalentemente los proveedores también pueden equivocarse al mandar los pedidos con retraso o no mandar el correcto. Con organización de los pedidos a elaborar se pueden suprimir estos inconvenientes.

Mediante esta investigación, se aplicara el modelo de Cantidad Económica de Pedido (*EOQ* por sus siglas en ingles) para un abastecimiento planificado. Las ventajas empresariales obtenidas son un abasto óptimo y una agenda planificada de pedidos, pudiendo reducir costos al momento de colocar pedidos.

En cualquier empresa que cuente con almacenes, se encontrará beneficiada con un calendario establecido de cuándo y cuánto pedir repuestos. Esto simplificara las tareas, reduciendo los pedidos de imprevisto que causan gastos adicionales de transporte y de recursos humanos.

Además, se podrá planificar mejor la distribución del almacén porque ya se sabrá con anticipo cuantos y cuales suministros van a llegar, al mismo tiempo que la fecha del arribo. De la misma manera, con el dinero ahorrado del costo total de inventario, se podrá invertir en mejoramiento de instalaciones. Otro ahorro es en capital humano, debido a que las labores se simplifican, obteniendo en consecuencia más tiempo para realizar otras tareas.

1.4.2 ASPECTO TECNOLÓGICO

Para poder establecer un mejor sistema de abastecimiento se necesita la implementación de un programa logístico que lleve el control de entrada y salida de los productos. Con el uso de un programa logístico adecuado a las necesidades de la empresa, se controla a que operación se dirigen los activos en inventario.

Además, con el uso de un software de pronóstico, en este caso Minitab 17, se podrá proyectar la demanda con bases históricas obteniendo un mejor cálculo al momento de ordenar repuestos. Igualmente, para las clasificaciones de suministros y la implementación de un sistema de abastecimiento óptimo, se empleara el uso del software de Microsoft Excel. Así, se usa la data del sistema logístico en mano con los softwares propuestos, de manera pertinente y ágil aprovechando al máximo el sistema logístico.

1.4.3 ASPECTO SOCIAL

El control óptimo del sistema de abastecimiento facilitara el trabajo del personal en mantenimiento y almacenes debido a que no se actuara por suposición ni por impulso al ordenar repuestos. Los trabajadores ya no tendrán los problemas organizacionales que ocasiona el desorden al momento de pedir repuestos sin planificación. Del mismo modo, se reformara las relaciones con los proveedores estableciendo un calendario de pedidos fijos para que ellos también se programen mejor. Asimismo se creara una mejor imagen al cliente brindando un mejor servicio al tener las operaciones en un punto óptimo por no tener retrasos ocasionados por las compras de repuestos.

1.4.4 ASPECTO ECONÓMICO

La implementación de un sistema de abastecimiento adecuado reduce varios costos pequeños pero significativos a largo plazo. La reducción de costos de

almacenamiento y pedido son los principales. El costo de almacenamiento se controlara mejor ya que se sabrá con anticipo los productos que se pedirán. En cuanto al costo de pedido se reducirá al proponer pedidos en lote, ya que estos reducirán el número de órdenes de compra. Estos costos se adecuaran a un sistema de abastecimiento ideal para reducirlos notablemente. Además se dejaría de gastar en compras no planificados con altos precios por producto y a su vez, eliminar el costo por producto faltante. Conjuntamente se quitaría los productos obsoletos aumentando el espacio para los necesarios.

1.5 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar el sistema de abastecimiento en la empresa de maquinaria pesada usando el modelo de Cantidad Económica de Pedido.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar y aclarar los conceptos implicados al momento de establecer un sistema de abastecimiento con diversas herramientas logísticas.
- Diagnosticar el sistema logístico con respecto al sistema de abastecimiento de la empresa Equipos Técnicos y Comerciales S.A., identificando los problemas potenciales que estén interfiriendo con una adecuada ejecución.
- Realizar un análisis ABC multicriterio del inventario para encontrar los suministros de mayor valor para la empresa.
- Analizar y determinar la demanda futura para poder pronosticar las posibles fluctuaciones.
- Aplicar el modelo de Cantidad Económica de Pedido e implementar una política de abastecimiento adecuado.

1.6 ALCANCE

El estudio aplica a la empresa Equipos Técnicos y Comerciales S.A. que cuenta con almacenes con constante rotación de inventarios.

1.7 HIPOTESIS

El establecimiento de un sistema de abastecimiento usando el modelo de Cantidad Económica de Pedido reducirá los costos de inventario, mejorara el tiempo entre pedidos y determinara la cantidad de suministros adecuada a ordenar.

1.8 VARIABLES

Tabla 1.1 Variables del Estudio

	Descripción	Indicadores
Variable Independiente	Sistema de abastecimiento usando el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ)	Resultados comparativos de sistema actual y propuesto.
Variable Dependiente	Frecuencia entre pedidos	Órdenes de compra colocadas
	Suministros a ordenar	Cantidad de suministros solicitados
	Costo de Inventario	Costo de almacenamiento y pedido

Fuente: Elaboración Propia.

1.9 MARCO METODOLOGICO

1.9.1 TIPO DE INVESTIGACION

El enfoque de la investigación es de carácter cuantitativo debido a su proceso secuencial. Los datos recolectados serán usados a través de procedimientos estandarizados, respaldados por modelos estadísticos. Todos los datos concebidos serán analizados desde una perspectiva externa manteniendo la objetividad, usando el modelo matemático del EOQ y apoyado por resultados dados por el software estadístico Minitab 17.

En cuanto al alcance de la investigación es descriptivo y correlacional. Es descriptivo por las actividades a realizar son de recolección de datos, estableciendo las características de las variables e identificando la tendencia a seguir. Es correlacional, porque se cuantifica los resultados a través de pruebas y se validara o no la hipótesis de su correlación.

1.9.2 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

- Observación cuantitativa sobre registros de compras y uso de repuestos.
- Software Minitab 17.
- Microsoft Excel.

1.9.3 METODOLOGIA

- a) Recopilar estudios sobre inventarios y almacenes, el sistema logístico y el modelo de Cantidad Económica de Pedido.
- b) Analizar el actual sistema de abastecimiento de la empresa. Se realizara una observación cuantitativa a los registros del sistema logístico para determinar criterios del valor de los artículos, criticidad, frecuencia y cantidad de pedido.
- c) Obtener una base de datos con información sobre la frecuencia y cantidad de los pedidos.

- d) Analizar la cantidad de recursos destinados al momento de ordenar.
- e) Clasificar los productos mediante análisis ABC multicriterio e identificar los suministros principales.
- f) Analizar y pronosticar la demanda futura.
- g) Presentar un sistema de abastecimiento basado en el modelo de Cantidad Económica de Pedido, determinando cuando y cuanto pedir.
- h) Comparar resultados con antiguo sistema.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 LOGÍSTICA

La logística en estos tiempos es un área indispensable para cualquier empresa sin importar su tamaño o función. Es necesario para poder ejercer la tarea principal de las compañías. Fue un concepto que se desarrolló con una orientación militar, donde se ocupaba del movimiento de objetos usados en el campo táctico. Así está definida por la RAE (*Real Academia Española*), como parte de la organización militar que atiende al movimiento y mantenimiento de las tropas en campaña.

Actualmente, podemos definir a la logística como el proceso de planeación, implementación, control eficiente y efectivo del flujo, almacenamiento de las materias primas, material en proceso, producto terminado e información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el objetivo de satisfacer los requerimientos de los clientes (Ballou, 2004).

La logística actual varía significativamente como se va adaptando al mercado. Según Anaya (2011) se tiene dos factores socio-económicos la cual la afectan:

- Desde el punto de vista del producto, donde los factores de calidad, diseño y oportunidad de lanzamiento alteran la cantidad y velocidad con la que tiene que ser practicada.
- Desde el punto de vista del mercado, la logística y otras áreas de la empresa se trazan como objetivo final la satisfacción de las necesidades del cliente.

Estos factores hacen que la logística se tenga que adecuar a las diferentes situaciones de una compañía. Por este entorno cambiante, se tiene que administrar de una manera ágil las actividades del día a día para mantener la eficiencia. Los procesos que incluye la logística según Pau y de Navascués (2001) son las siguientes:

- Proceso de aprovisionamiento o abastecimiento: adquisición de materiales donde se establecen relaciones con los proveedores
- Proceso de producción: operaciones en el área de producción.
- Proceso de almacenaje: acopiar los ítems en la misma empresa o en sucursal.
- Proceso distribución: reparto de productos a puntos de consumo.

Dentro de estos procesos se realiza las acciones vitales que caracterizan a la logística como proceso de pedidos, gestión de inventarios, transporte y servicio al cliente (Serra de la Figuroa, 2005). Otras tareas logísticas también incluyen las compras, el embalaje, almacenaje, planificación de productos, tratamiento de mercancías y la gestión de la información.

Como se puede apreciar, el proceso de pedidos es la primera tarea primordial dentro del área logística. Con un buen comienzo de esta labor, las diferentes tareas consecuentemente van mejorando.

2.1.1 ADMINISTRACION DE LA CADENA DE SUMINISTROS

La administración de la cadena de suministros se define como la coordinación sistemática y estrategia de las funciones tradicionales del negocio a través de las empresas que participan dentro de la cadena con la finalidad de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas como un todo (Ballou, 2004).

Para apreciar el rol de la logística en lo que va en la cadena de suministros, se tiene que interpretar la Figura 2.1. Esta labor tiene que trabajarse en conjunto con otras áreas de la compañía y con terceros para lograr la satisfacción del cliente.

Si es que una parte del área de logística se entorpece, eventualmente perjudicará a las otras, impidiendo el flujo de la cadena. Esto reducirá las ventajas competitivas que tiene una empresa en el mercado. Por este motivo, cada acción en cada área tiene que ser ejecutada con eficiencia y eficacia.

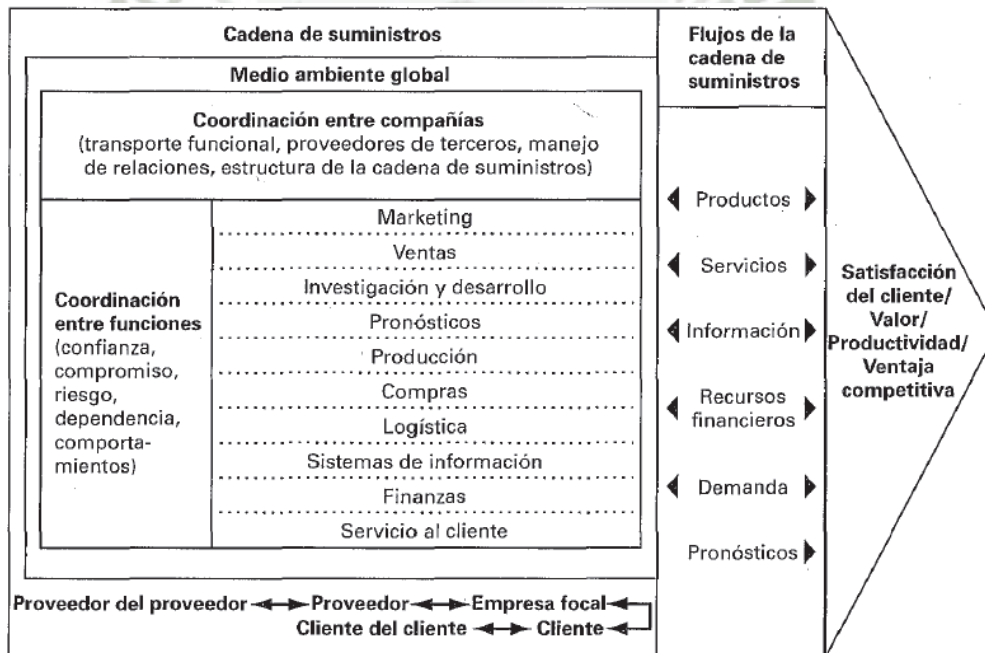


Figura 2.1 Cadena de Suministros

Fuente: Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro (5a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

2.2 GESTION DE COMPRAS Y ALMACENES

El aprovisionamiento se puede determinar como el primer paso en el sistema logístico. En esta etapa se busca los bienes y/o servicios necesarios para realizar las actividades de la empresa. Se tiene en cuenta varias acciones como:

- Planificar requerimientos.
- Determinar cantidad y tiempo de entrega.
- Cotizar con proveedores.
- Realizar la compra.
- Recibir los requerimientos.

Estas funciones se rigen básicamente sobre una meta: adquirirlos al menor precio posible conservando la calidad exigida.

Una vez recibido los productos comprados, se procede a clasificarlos y almacenarlos. El almacenaje se puede definir como la parte de la cadena de suministro en la que se almacena el producto (materia prima, en proceso o terminado) (Serra de la Figuroa, 2005).

Las actividades que se ejecutan en todo almacén son básicamente: 1) recepción, 2) clasificación y 3) despacho. Cuando se alberga un producto, se debe verificar que coincida con la orden de compra emitida por la empresa o área, verificando el estado físico, el contenido y la cantidad.

Una vez aprobadas las condiciones, se procede a clasificarlo según el orden del inventario. Cada orden va en su respectivo anaquel y registrado en el sistema de inventarios que se implementó. En cuanto el despacho, puede ser que se dirija al consumidor final o al usuario siguiente en el proceso. Siempre se tiene que mantener un registro de que sale del inventario para no evitar fuga de información.

2.2.1 INVENTARIOS

Los inventarios se generan a partir del almacenamiento de los suministros. La gestión de inventarios es un proceso que se tiene que realizar en todo momento para reducir repuestos obsoletos y evitar el aumento de costos. Se tiene en cuenta la calidad de los mismos para satisfacer al usuario final. Si no se llevase una buena gestión de inventarios, las empresas podrían ir hasta la quiebra por llevar excesivas existencias (Vicens, Ortiz y Guarch, 1997).

Propósito de los inventarios

Existen varias razones para mantener un inventario. Según Müller (2005) se pueden citar las siguientes:

- Capacidad de predicción para la programación.
- Protección contra las fluctuaciones en la demanda
- Inestabilidad de suministro por parte de los proveedores.
- Protección de precios si hay inflación.
- Descuentos por cantidad
- Menores costos de servicio según la frecuencia de compras.

Tipos de inventarios

Hay muchas clasificaciones las cuales se dividen según la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Clasificación de los Inventarios

Tipo de Inventario	Definición
Materias primas	Son los elementos que se necesitan para el proceso de transformación de un producto
Productos semielaborados o componentes	Se juntan con la(s) pieza(s) principal(es) para constituir el producto final
Empaquetado	Son artículos que protegen al producto final
Consumibles	Son insumos que entran en el proceso mas no forman parte del producto final
Productos terminados	Productos para el usuario final

Fuente: Díaz de Santos (1995). Compras e Inventarios. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos. Elaboración: Propia

Costos de inventarios

Los inventarios están sujetos a varios costos debido al espacio, manipulación de suministros y otros elementos. Los siguientes costos a mencionar son relevantes para la investigación:

Tabla 2.2 Clasificación de los Costos de Inventarios

Tipo de Costo	Definición
Costo de almacenaje	Comprende el costo de oportunidad de dinero, mantenimiento (el espacio comprendido y de las instalaciones) y por ruptura de stocks. Se asume que es un costo fijo. Se puede decir que es igual al costo que se produce en la empresa por cada reparto del proveedor. Entre estos gastos están el de transporte, registro, recepción, y demás gastos administrativos relacionados.
Costo de pedido	
Costo fijo	Gasto que no varía con el volumen de producción como alquileres
Costo unitario o costo de compra	Corresponde al precio que factura el proveedor por cada unidad suministrada.

Costo variable	Gasto que varía con una unidad del volumen producido como el material consumido.
Coste de capital	Es el pago de intereses del capital invertido en inventarios o el costo de oportunidad de hacer algo diferente con el dinero.

Fuente Vicens, E., Ortiz, A y Guarch, J.J. (1997). Métodos Cuantitativos volumen I. Valencia, España: Servicio de Publicaciones. Elaboración: Propia

2.3 ANÁLISIS ABC MULTICRITERIO

Como se sabe, los inventarios pueden almacenar cientos hasta miles de miles de productos. Así todos formen parte de las operaciones, no todos los artículos son relevantes. Para segregar los artículos y enfocarse en los más apreciables, se utilizara una herramienta de gestión llamado análisis ABC.

El Análisis ABC o Clasificación ABC es un instrumento creado en la década de los cincuenta, basado en el Principio de Pareto¹, el cual es una herramienta grafica que divide un gran problema en sus partes e identifica cual es la más importante (Joiner Associates, 1999).

Consiste en la clasificación de los suministros en orden descendiente. De acuerdo a estudios (Winston, 2005), 5% a 20% de los productos en existencia representa entre 55% a 65% de las ventas, siendo estos productos tipo A. El grupo B contiene entre el 20% a 30% de los productos y representa un 20% a 40% de valor y donde el grupo C contiene el 50% a 75% y representa solo entre el 5% al 25% del valor total.

Las razones por las cuales se debe realizar este análisis (Heizer y Render, 2004):

- Los recursos de compras que se dedican a los proveedores deben ser mayor para los artículos A que para los C.
- Las unidades A deben ser almacenados en un lugar más riguroso y ser registrados con mayor cautela.
- El pronóstico de artículos de A debe ser más celosamente elaborado.

¹ Vilfredo Pareto, economista italiano.

Teniendo en claro el concepto de Análisis ABC tradicional, se procederá a profundizar en el Análisis ABC Multicriterio (Kontis & Vrysagotis, 2011) el cual va a ser el método utilizado en esta investigación. En este proceso se añade más criterios al momento de clasificar los productos, poniendo énfasis a otros atributos que afecten la importancia de cada suministro al momento de solicitarlos.

Esta clasificación tiene varios métodos de realización como el Análisis Multivariado de Clusters (Ernst y Cohen, 1997), optimización lineal ponderada (Ramanathan, 2006) y Proceso Analítico Jerárquico² (AHP por sus siglas en inglés) (Partovi y Burton, 1993) por mencionar algunas.

La metodología a usar se basará en el artículo Administración de Clasificación de Inventarios Multicriterio (Flores et al., 1992) donde se utiliza la metodología AHP, la cual organiza los elementos en una jerarquía de nodos con ramas y establece juicios subjetivos sobre la importancia de los elementos basados en valores numéricos. Al final, se sintetiza estos juicios para proporcionar una medida cuantitativa de valor.

Esta metodología se detalla a continuación:

- 1) Identificar los criterios relevantes a estudiar. Se recomienda no tomar más de siete.
- 2) Establecer los criterios en un árbol jerárquico de uno o más niveles.
- 3) Se realiza una comparación por pares en cada nodo del árbol de jerarquía, convirtiendo el juicio subjetivo en un conjunto de pesos.

Para cada par de factores se evalúa la importancia relativa del factor base al otro factor según la Tabla 2.3. Los valores 2, 4, 6 y 8 pueden ser utilizados como valores intermedios en esta escala.

Una vez establecida la matriz de comparación de factores, se procede a normalizar la matriz y a obtener el vector propio de esta. Los resultados de este vector son los pesos ponderados a usar en el análisis.

² T.L. Saaty (1997) *Un método de escala para las prioridades en las estructuras jerárquicas*. Revista de Psicología Matemática.

Tabla 2. 3 Escala de Comparación por Pares de los Factores

Escala	Importancia relativa	Explicación
1	Igual importancia	Ambos factores contribuyen por igual.
3	Preferencia débil	El factor de base es ligeramente más importante que el segundo factor.
5	Preferencia esencial	Fuertemente preferido el factor de base.
7	Preferencia demostrable	Definida preferencia por el factor de base.
9	Preferencia absoluta	Factor de Base prefiere al más alto nivel posible.

Fuente: Flores et al., 1992. Administración de Clasificación de Inventarios Multicriterio.

Para verificar que los pesos obtenidos son los adecuados, debe tener una consistencia lógica que implica lo siguiente:

- Transitividad de las preferencias: Si C1 es mejor que C2 y C2 es mejor que C3 entonces se espera que C1 sea mejor que C3.
- Proporcionalidad de las preferencias: Si C1 es 3 veces mejor que C2 y C2 es 2 veces mejor que C3 entonces se espera que C1 sea 6 veces mejor que C3.

Se mide a través de la Proporción de Consistencia la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Proporción de Consistencia} = \frac{IC}{IA} \quad (2.1)$$

Cumpliendo que la Proporción de Consistencia debe ser menor al 10%.

- IC es el Índice de Consistencia y su valor está dado por la siguiente formula:

$$\text{Índice de Consistencia (CI)} = \frac{\lambda_{MAX} - n}{n - 1} \quad (2.2)$$

Dónde:

- λ_{MAX} = Es la multiplicación de la suma de los valores de cada columna de la matriz original por el vector propio de la matriz.
- n = tamaño de la matriz
- IA es el Índice de Aleatoriedad y su valor está dado por la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Índice de Aleatoriedad según el Número de Criterios

Cantidad de Criterios	Índice aleatorio	Porcentaje de Aleatoriedad
2	0.00	0.00
3	0.58	0.06
4	0.90	0.09
5	1.12	0.11
6	1.24	0.12
7	1.32	0.13

Fuente: Flores et al., 1992. Administración de Clasificación de Inventarios Multicriterio.

Efectuado la proporción de consistencia, se procede con el último paso que es la obtención de datos. Para esto se debe normalizar los datos según la siguiente formula:

$$yn_{ij} = \frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,I} \{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,I} \{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,I} \{y_{ij}\}} \quad (2.3)$$

Dónde: y_{ij} es el valor del criterio j -ésimo para el i -ésimo ítem en inventario. El puntaje total de los criterios se obtiene por la ecuación:

$$Puntaje\ Total = \sum_{i=1}^I w_j yn_{ij} \quad (2.4)$$

Cumpliendo:

$$\sum_{i=1}^I w_j = 1$$

Dónde:

- w son los pesos obtenidos de vector propio.

Obtenido el puntaje total acumulativo, se ordena de manera descendente y se clasifica como un Análisis ABC tradicional, donde el grupo A se encasilla hasta el 80%, el grupo B hasta el 95% y el grupo C el porcentaje restante hasta llegar al 100%.

2.4 PRONOSTICOS

Los pronósticos son una herramienta basada en datos históricos de un suceso para tratar de predecir la naturaleza del mercado. Este método fue usado al comienzo por la oficina del censo y estadísticas de E.E.U.U. para descomponer series en tendencias cíclicas, estacional y en componentes irregulares, los cuales son usados en todas partes del mundo (Yaffee y McGee, 2000).

Antes de decidir que método usar, se tiene que ver si el modelo es que los datos siguen un modelo determinístico o estocástico. El modelo determinístico es un modelo matemático donde las entradas dan como resultado las mismas salidas, sin contemplar la existencia del azar ni el principio de incertidumbre. En cambio el modelo estocástico, usa por lo menos una variable al azar y las relaciones entre variables se toma como funciones probabilísticas.

Para determinar esto se ha decidido usar el Coeficiente de Variación (CV), el cual Levine et al. (2006) define como la herramienta que mide la dispersión de los datos con respecto a la media y está dada por la Ecuación 2.5. Un coeficiente de variación mayor a 80% es considerado como un patrón errático y uno menor a 10% determina una demanda determinística.

$$\text{Coeficiente de Variación (CV)} = \frac{S}{X} \quad (2.5)$$

Dónde:

- S es la desviación estándar.
- X es el promedio o media.

Una vez definido el comportamiento de los datos se elige el método de pronóstico. Se tienen varios modelos de pronóstico como el promedio simple, promedio móvil, suavizamiento exponencial, regresión simple, curvas de crecimiento, exponenciales, etc. Para poder elegir el adecuado, se basó la decisión con ayuda de la Figura 2.2.

<i>Método</i>	<i>Patrón de datos</i>	<i>Horizonte de tiempo</i>	<i>Tipo del modelo</i>	<i>Datos mínimos requeridos</i>	
				<i>No estacionales</i>	<i>Estacionales</i>
Simple	ST, T, S	S	TS	1	
Promedios simples	ST	S	TS	30	
Promedios móviles	ST	S	TS	4-20	
Suavizamiento exponencial	ST	S	TS	2	
Suavizamiento exponencial lineal	T	S	TS	3	
Suavizamiento exponencial cuadrático	T	S	TS	4	
Suavizamiento exponencial estacional	S	S	TS		2 × s
Filtración adaptativa	S	S	TS		
Regresión simple	T	I	C	10	
Regresión múltiple	C, S	I	C	10 × V	
Descomposición clásica	S	S	TS		5 × s
Modelos de tendencia exponencial	T	I, L	TS	10	
Ajuste de la curva S	T	I, L	TS	10	
Modelos de Gompertz	T	I, L	TS	10	
Curvas de crecimiento	T	I, L	TS	10	
Census X-12	S	S	TS		6 × s
Box-Jenkins	ST, T, C, S	S	TS	24	3 × s
Indicadores principales	C	S	C	24	
Modelos econométricos	C	S	C	30	
Regresión múltiple de series de tiempo	T, S	I, L	C		6 × s

Patrón de datos: ST, estacionario; T, de tendencia; S, estacional; C, cíclico

Horizonte de tiempo: S, corto plazo (menos de tres meses); I, mediano plazo; L, largo plazo

Tipo de modelo: TS, serie de tiempo; C, causal

Estacional: S, longitud de la estacionalidad

Variable: V, número de variables

Figura 2.2 Selección de una Técnica de Pronóstico

Fuente: Hanke. Y Wichern. (2010). Pronósticos en los Negocios (9a. Ed.). México D.F., México: Pearson Education

Una vez seleccionado los métodos de pronósticos a usar, se procederá a implementarlos a través del software Minitab 17. A continuación se presenta una descripción de los métodos usados y unas pautas para el uso en el software.

Método de descomposición clásica

Este modelo identifica los componentes que influyen en cada valor de la serie de tiempo. Consta de cuatro componentes:

- Las tendencias (T): representa el crecimiento (o la declinación) subyacente en una serie de tiempo.
- Componente cíclico (C): es una serie de fluctuaciones en forma de onda o ciclos de más de un año de duración.
- Componente estacional (S): Se refiere a un patrón de cambio más o menos estable que aparece anualmente y se repite un año tras otro.
- Componente irregular (I): El componente irregular consiste en fluctuaciones impredecibles o aleatorias.

Básicamente primero se estima y elimina la tendencia de la serie original y se suaviza el componente irregular a través de índices estacionales según el intervalo observado (meses, trimestres, años).

Método de suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional.

Conocido también como Método de Holt – Winters, es un método de suavizamiento exponencial (promedio) de hasta tres parámetros, siendo la media, tendencia y estacionalidad. Los parámetros de suavizamiento tienen que estar entre el intervalo (0,1).

En estos métodos hay que evaluar si siguen un modelo aditivo, donde se tiene la misma variabilidad a lo largo de la serie, o multiplicativo, donde la variabilidad de la serie aumenta con el tiempo.

2.4.1 ERROR EN EL PRONOSTICO

Para poder evaluar los pronósticos se usa la suma de los errores absolutos. Existen varias formas de calcular el error de pronóstico como la desviación media absoluta (MAD por sus siglas en ingles), error cuadrático medio (MSE por sus siglas en ingles), raíz cuadrada del error cuadrado medio (RMSE por sus siglas en ingles), error porcentual absoluto medio (MAPE por sus siglas en ingles) y error porcentual medio (MPE por sus siglas en ingles).

El error porcentual absoluto medio o MAPE es el indicador que se va a usar para medir la eficacia de los pronósticos en esta investigación y también al momento de aplicar la política de inventarios. Está dado por la siguiente ecuación:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{|Y_t|} \quad (2.6)$$

Dónde:

- Y_t = valor de una serie de tiempo en el periodo t
- \hat{Y}_t = valor pronosticado de Y_t
- $et = Y_t - \hat{Y}_t$ = residuo o error de pronóstico

2.4.2 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

La prueba de bondad de ajuste evalúa si la muestra que se usó para determinar una distribución de datos se ajusta a una determinada distribución teórica (Taha, 2004). Las políticas de inventario probabilístico requieren que la distribución de los datos se asemeje a la distribución normal. Las pruebas más comunes de normalidad son las pruebas de Kolmogorov - Smirnov, Ji-cuadrada de Pearson, Shapiro-Wilk, Anderson- Darling entre otras.

En este estudio se va a aplicar la prueba de Kolmogorov – Smirnov. Esta prueba es la comparación entre una función distribución acumulada de una distribución teórica con la función distribución acumulada de la muestra (Dos Santos, 2001). Si la comparación muestra que ambas frecuencias son similares, se acepta la hipótesis nula; si son diferentes, esta se rechaza.

Las condiciones de esta prueba es que tienen que ser muestras aleatorias y variables continuas. Para fin de la investigación, se consideraran a todas las variables de carácter aleatorio y continuo. El estadístico de prueba es el siguiente (Alea, 2000):

$$D = \max|F_n(x) - F_o(x)|$$

Dónde:

- $F_n(x)$ es la función de distribución maestra
- $F_o(x)$ es la función de distribución teórica.

Para confirmar si el suministro en estudio sigue o no una distribución normal se tiene la siguiente hipótesis.

H_0 = La distribución de la variable sigue una distribución Normal.

H_1 = La distribución de la variable no sigue una distribución Normal.

El software Minitab 17 genera un gráfico de los valores de datos ordenados en comparación con los valores esperados de la distribución normal. Si los datos siguen una distribución normal, estos van a tender a seguir una línea recta. Pero este grafico no es suficiente para confirmar la hipótesis. Por eso también aparece el p-valor (nivel de significancia mínima en el cual la hipótesis nula podría ser rechazada). Para todas las pruebas de bondad de ajuste, se usa un nivel de significancia (α) de 0.05 por defecto. Entonces queda la siguiente regla de decisión:

Si $p\text{-valor} \geq \alpha$, se acepta H_0

Si $p\text{-valor} < \alpha$, se rechaza H_0

2.5 CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO (EOQ)

Las empresas que cuentan con inventarios siempre están bajo la presión de reducir sus costos sin reducir la frecuencia con la que se piden los suministros y sin afectar las operaciones relacionadas. Una forma propuesta de cumplir con ambos requerimientos es usando el método de Cantidad Económica de Pedido (EOQ del inglés *Economic Order Quantity*). Este fue publicado por primera vez por Ford Whitman Harris en un artículo titulado “Cuantas Partes Hacer Al Mismo Tiempo” (Harris, 1913) en la revista *Fabrica, La Revista De Administración* en la edición de Febrero de 1913.

El aspecto fundamental de este modelo es que permite minimizar los costos totales anuales por mantenimiento de inventario de ciclo y hacer pedidos (Krajewski et al., 2008)

Para usar el modelo EOQ se puede tener una demanda probabilística o determinística. De este modo se puede seguir dos caminos: uno es estático, con una demanda constante en función al tiempo y uno dinámico, donde la demanda cambia en función del tiempo.

Este modelo responde a las preguntas: ¿Cuántas unidades pedir? Y ¿Cuándo pedir las unidades? Creando un equilibrio entre tener inventario en exceso y estar desabastecidos. Para poder responder estas interrogantes se tiene que minimizar el siguiente modelo de costo (Taha, 2004):

$$\text{Costo total Del inventario} = \text{Costo de Compra} + \text{Costo de Almacenamiento} + \text{Costo de Pedido} + \text{Costo de Faltante}$$

Dónde:

El costo de compra es el costo por unidad, el cual puede venir con descuentos.

El costo de almacenamiento significa el gasto por guardar una existencia de inventario.

El costo de pedido es un costo fijo, el cual constituye el gasto por poner una orden.

El costo de faltante representa una penalización que se incurre cuando se acaban las existencias en el almacén.

Definidos los costos involucrados para poder calcular el modelo, se procede a analizar el sistema de abasto. Según Taha (2004), cuando el nivel del inventario llega a un punto mínimo establecido por el modelo, conocido por Stock de Seguridad, se coloca de nuevo una orden con una cantidad establecida. Esto se conoce por Punto de Reorden. El tiempo que se da entre cada intervalo de pedido cuando llega al Stock de Seguridad. El espacio entre el punto de reorden hasta que se agote, como se marca en la Figura 2.3, se conoce como *Lead Time* o tiempo de entrega (TE) y es establecido por el proveedor.

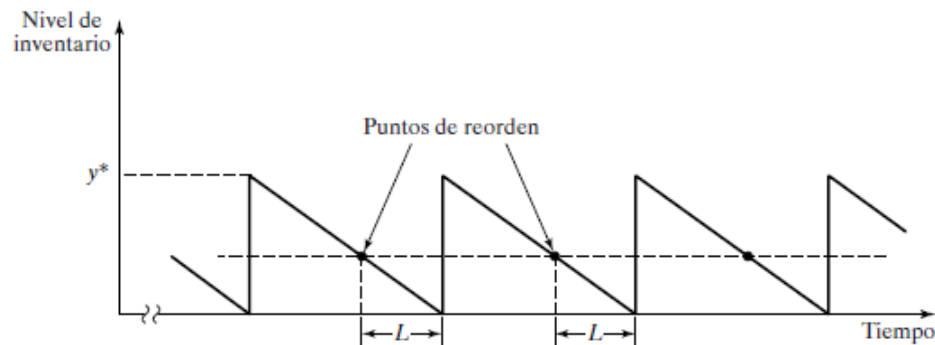


Figura 2.3 Punto de Reorden y Tiempo de Entrega

Fuente: Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones (7a. ed.)*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Desde el momento que se recibe el pedido por y unidades hasta el momento en el que el inventario se encuentra en cero es un ciclo de pedido y su duración es representada por t_o . El nivel de inventario es usado posteriormente a una tasa constante de la demanda D como se aprecia en la Figura 2.4.

Entonces, se tiene representado al ciclo de pedido de la siguiente manera

$$t_o = \frac{Q}{D} \text{ unidades de tiempo}$$

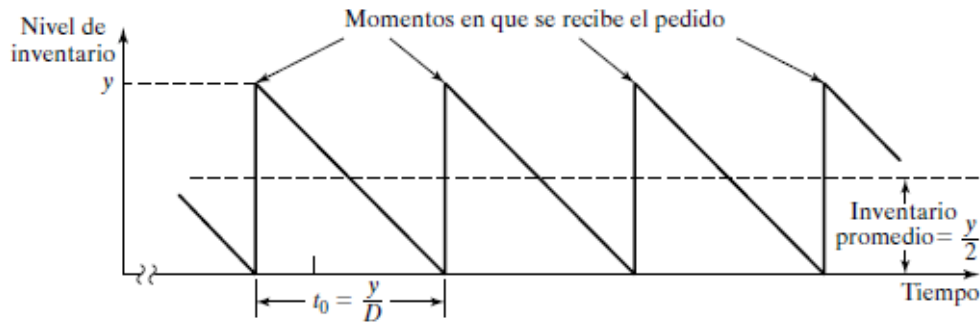


Figura 2.4 Comportamiento del Inventario en EOQ

Fuente: Taha, H. (2004). Investigación de Operaciones (7a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Como el inventario se consume uniformemente, se puede deducir que el inventario promedio se da por $y/2$ o $Q/2$ unidades. Junto a dos de los costos mencionados líneas arriba, costo de pedido (S) y costo de almacenamiento (H) por unidad de tiempo, se puede hallar el costo total por unidad de tiempo $TCU(y)$:

$$TCU(y) = \frac{S + H \left(\frac{Q}{2}\right) t_o}{t_o}$$

Minimizando $TCU(y)$ con respecto a y o Q unidades se obtiene una cantidad óptima de pedido, manteniendo la suposición que y es continua, donde la solución nos da la fórmula de EOQ:

$$EOQ \text{ o } Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2.7)$$

Para obtener el costo total anual de inventario de ciclo se basa en la suma entre el costo anual de almacenamiento de inventario y el costo anual de pedido. En la Figura 2.5, se puede observar que el comportamiento del costo de almacenamiento es proporcional de manera ascendente a las unidades que se almacena, en cambio, el costo de pedido disminuye de forma no lineal cuando hay más unidades porque se realiza menos pedidos ya que el inventario tiene suficientes existencias.

Es así como se obtiene el costo total anual de inventario (CT):

$$\text{Costo total inventario (CT)} = \frac{D}{Q^*}S + \frac{Q^*}{2}H \quad (2.8)$$

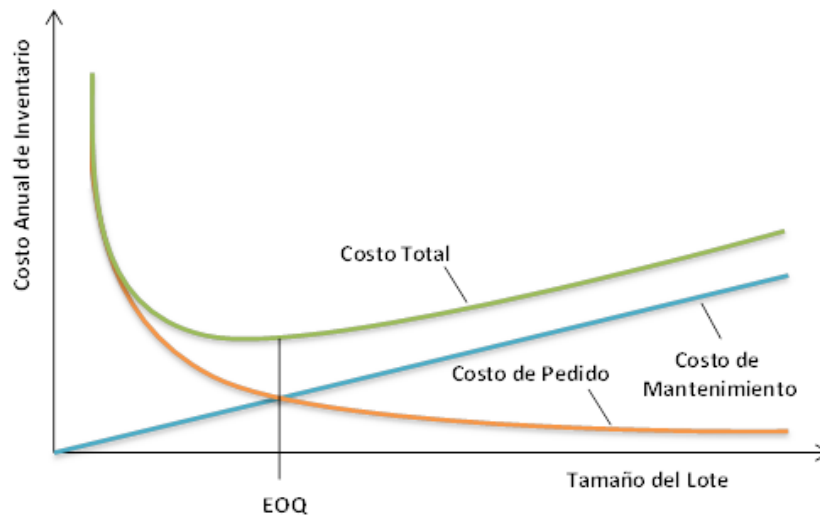


Figura 2.5 Costo Total Anual de Inventario de Ciclo

Fuente: Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. & Malhotra, M. (2008) Administración de operaciones. (8a.ed.) Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación. Elaboración: Propia

El modelo explicado es el básico del EOQ pero también puede tener otras variantes como EOQ con descuentos por cantidad. Aquí se obtiene un descuento en el precio unitario si es que el pedido Q es superior a un monto establecido de pedido por el proveedor. También existe el EOQ de varios artículos con limitación de almacén usando el área de almacenamiento necesaria para el (los) producto(s) y el área máximo disponible correspondiente.

En base a las ecuaciones del modelo básico de EOQ y su costo total de inventario, se derivan las siguientes ecuaciones (Render, Hanna y Stair, 2006):

$$\text{Nivel promedio de inventario} = \frac{Q^*}{2} \quad (2.9)$$

$$\text{Costo anual de pedido} = \frac{D}{Q^*} S \quad (2.10)$$

$$\text{Costo anual de mantenimiento} = \frac{Q^*}{2} H \quad (2.11)$$

$$\text{Costo anual de mantenimiento en unidades monetarias (H)} = i * C \quad (2.12)$$

$$\text{Punto de reorden (ROP)} = \frac{D}{365} * TE \quad (2.13)$$

$$\text{Ordenes al año (N)} = \frac{D}{Q^*} \quad (2.14)$$

$$\text{Tasa de la demanda diaria (d)} = \frac{D}{365} \quad (2.15)$$

Estas ecuaciones ayudaran para los cálculos de los datos en las políticas de abastecimiento propuestas derivadas del modelo de EOQ básico. Estos sistemas son políticas de revisión de inventario para una demanda probabilística: El Sistema de Revisión Continúa (Q) y el Sistema de Revisión Periódica (P).

Para ambos sistemas se necesita como dato el nivel de servicio propuesto que quiera dar la empresa. Mientras más alto el nivel de servicio, mayor es la exigencia brindada, el costo y el inventario de seguridad. Como se verá a continuación, para realizar estos cálculos se necesita el valor de z , valor brindado por el nivel de servicio siguiendo una distribución normal.

2.4.3 SISTEMA DE REVISION CONTINUA (Q)

Según Krajewski et al. (2008) el Punto de Reorden (ROP) puede utilizarse como un Sistema de Revisión Continua (Q), donde se revisa el nivel de stock para determinar el momento para realizar otro pedido. Esta práctica es realizada con frecuencia al momento de hacer un retiro del almacén o diario al revisar los stocks en general. Cada vez que se verifica el nivel del inventario y este se encuentra bajo, el sistema realiza un nuevo pedido.

En la Figura 2.6 se observa cómo funciona el sistema usando el punto de reorden y los otros puntos de inventario cuando la demanda es incierta.

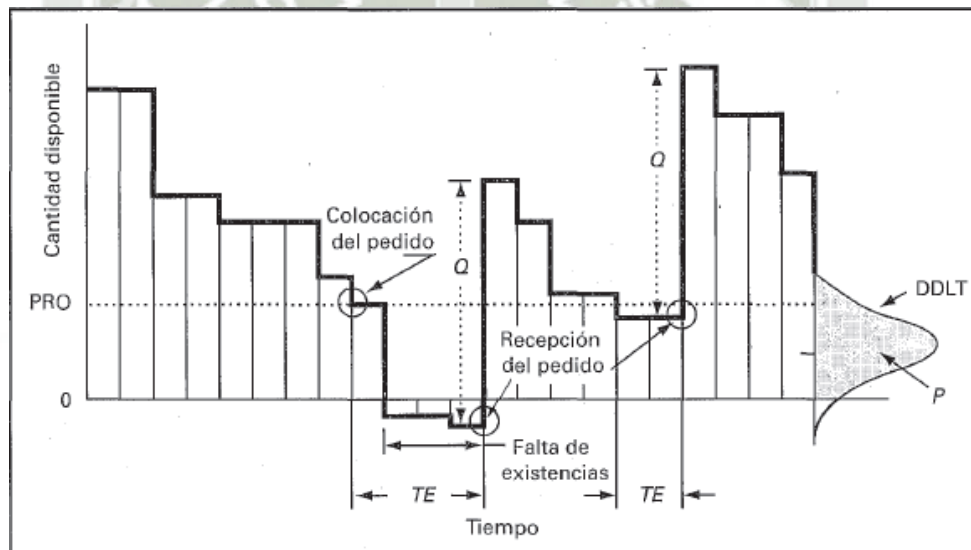


Figura 2.6 Sistema Q con Demanda Incierta

Fuente: Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro (5a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Stock de seguridad

El stock de seguridad o inventario de seguridad es una cantidad mínima de unidades que se mantiene en inventario. Se usa cuando la demanda se distribuye de manera normal.

Según la Figura 2.7, la demanda promedio está representada por la línea del centro de la distribución. El Punto de Reorden R es igual a la demanda promedio más el inventario de seguridad. Para ofrecer un nivel de alto de más del 50%, R fue colocado al lado derecho de la demanda promedio para ser mayor que la durante el tiempo de espera. Por ejemplo, según un nivel de servicio de 85%, se obtiene una probabilidad de desabasto del 15%. Si hay mayor nivel de servicio, el stock será más grande; si es que no existe inventario de seguridad, existirá desabasto 50% de las veces que se haga un pedido.

Para calcular el inventario de seguridad se sigue la siguiente formula:

$$\text{Inventario de Seguridad (SS)} = z(s'_d) \quad (2.16)$$

Dónde:

- z es el nivel de servicio.
- s'_d es la desviación estándar de la demanda y se da por la siguiente ecuación:

$$s'_d = s_d \sqrt{TE} \quad (2.17)$$

- s_d es el error estándar de pronóstico y se calcula como:

$$s_d = MAPE * d \quad (2.18)$$

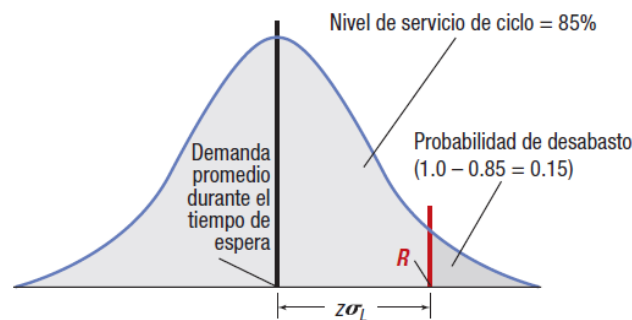


Figura 2.7 Inventario de Seguridad con Distribución Normal de Probabilidad

Fuente: Krajewski, L. J. et al. (2008) Administración de operaciones. (8a. Ed.) Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Como la demanda es incierta o probabilística, se tiene que modificar ciertas ecuaciones del EOQ básico y aumentar otras variables. Estas son las siguientes de acuerdo con Ballou (2004):

El Punto de Reorden (ROP) queda de la siguiente manera:

$$ROP = d * TE + z(s'_d) \quad (2.19)$$

El costo total del inventario se establece de la siguiente forma:

$$\text{Costo total inventario (CT)} = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + (H)SS + \frac{D}{Q}ks'_dE(z) \quad (2.20)$$

Dónde:

- k es el costo por unidad de faltante
- $E(z)$ es la unidad normal de perdida integral. Los valores están tabulados en función de la desviación normal z .

El costo por unidad de faltantes no se va a tener en cuenta al momento del cálculo de la ecuación ya que no se tiene la información suficiente para poder calcularla.

2.4.4 SISTEMA DE REVISION PERIODICA (P)

Este tipo de sistema establece una revisión en un tiempo fijo que se puede transformar en una rutina, p.ej., revisar al final de cada semana (Krajewski et al., 2008). Los pedidos se colocan al final de una revisión y los tiempos entre pedidos tienen un valor fijo P . La diferencia es que se trabaja con una demanda aleatoria y la cantidad de unidades a ordenar cambia entre pedidos. Pero la ventaja que tiene este sistema es que se puede juntar diversos productos y facilitar la revisión.

Como se observa en la Figura 2.8, el pedido se realiza en un periodo fijo de tiempo y se realiza el pedido de las unidades cada (T^*) días. La cantidad de artículos a

solicitar es la diferencia del punto de nivel máximo (M^*) y la cantidad de artículos disponibles (q).

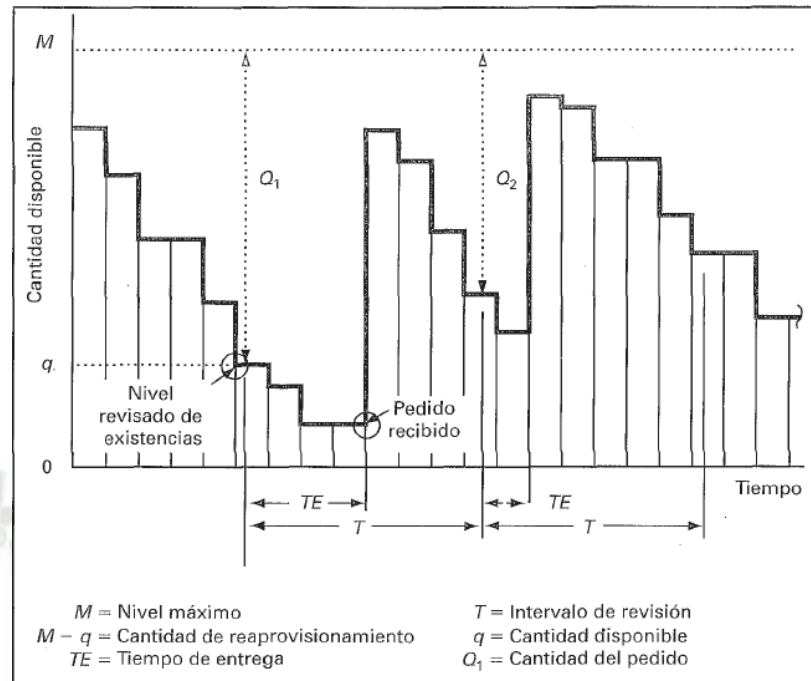


Figura 2.8 Sistema P con Demanda Incierta

Fuente: Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro (5a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Este sistema usa las mismas variables que el sistema EOQ clásico y el sistema de revisión continua Q, exceptuando por las siguientes (Ballou, 2004):

El intervalo de revisión T^* es:

$$T^* = \frac{Q^*}{D} \quad (2.21)$$

La desviación estándar de la demanda es:

$$s'_d = s_d \sqrt{T^* + TE} \quad (2.22)$$

El punto de nivel de inventario máximo M^* es:

$$M^* = d(T^* + TE) + z(s'_d) \quad (2.23)$$

2.5 INDICADORES

Para alcanzar una adecuada competitividad las empresas tienen que estar evaluándose constantemente para observar las condiciones en las que trabaja y se soluciona cualquier problema que pueda aparecer. Los indicadores tienen muchos beneficios como permitir controlar la evolución de una empresa, resaltar los datos que realmente importar a los altos mandos y satisfacer mejor a las necesidades de los clientes (Salgueiro, 2001).

Los indicadores que se proponen a desarrollar son los indicadores de gestión logística o KPI (*Key Performance Indicator* según sus siglas en inglés) que son un conjunto de medidas enfocados en rendimiento organizacional, críticas para el actual y futuro éxito de la empresa (Parmenter, 2007).

En base a los indicadores de la gestión logística, se mencionan los siguientes³:

- Rotación de inventarios

Este indicador controla las salidas por referencias y cantidades del almacén.

$$\text{Numero de veces} = \frac{\text{Salidas (unidades)}}{\text{Inventario Promedio}} \quad (2.24)$$

- Vejez del inventario

Este indicador nos permite ver el porcentaje de suministros que se encuentran en un mal estado sobre las unidades disponibles de este.

$$\text{Vejez del inventario} = \frac{\text{Unidades dañadas+obsoletas+vencidas}}{\text{Unidades disponibles en almacen}} * 100 \quad (2.25)$$

³ Indicadores de la Gestión Logística por Ing. Luis Anibal Mora García s.f.

- Rotura de stock

Este indicador nos permite ver el porcentaje de veces que no se cuenta con el stock de un suministro para suplir la demanda de este.

$$\text{Rotura de Stock} = \frac{\text{Unidades dañadas+obsoletas+vencidas}}{\text{Unidades disponibles en almacén}} * 100 \quad (2.26)$$



CAPITULO III

ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1 ASPECTOS GENERALES

La empresa a analizar en la siguiente investigación lleva el nombre de Equipos Técnicos y Comerciales S.A. o Eteco S.A. Es una empresa arequipeña fundada en 1987, cuya especialización es el movimiento de tierras y perforación para minería y construcción. Cuenta con 45 empleados, donde 15 están en oficinas y el resto distribuidos en el taller de mantenimiento y proyectos de la empresa. Sus clientes son empresas o personas con negocio, ofreciendo servicios de un par de horas hasta varios meses.

La compañía cuenta con un edificio principal de dos plantas. En la primera planta están ubicados cuatro almacenes, el cual el almacén principal funciona también como oficina de mantenimiento. En la segunda planta están ubicadas las oficinas de las áreas de logística, administración, proyectos, seguridad y medio ambiente, y la gerencia general. En el resto del área del terreno está ubicado el taller donde se realizan las actividades de mantenimiento a la maquinaria.

Eteco S.A. cuenta con bastante experiencia y buen trayecto en el mercado, basando su servicio en personalización y la retroalimentación de las actividades. Esto se ve proyectada en sus ventas anuales aproximadas en 2000 UIT, considerándola como una empresa mediana y en camino a convertirse en una gran empresa en la región.

3.1.1 ORGANIGRAMA

Se puede apreciar en la Figura 3.1 el organigrama actual de la empresa. Este tiene cuatro áreas, las cuales son: Logística, Administración y Calidad, Seguridad y Medio Ambiente y Proyectos. La mayoría del personal se encuentra distribuido en el área de proyectos, el cual engloba las operaciones de taller (mantenimiento) y en campo (ejecución de proyectos). El área logística se divide en dos sub áreas: Almacén y Compras. En cuanto a los recursos humanos que emplea la empresa para logística, se tiene a una persona encargada para almacén, igualmente para el área de compras.

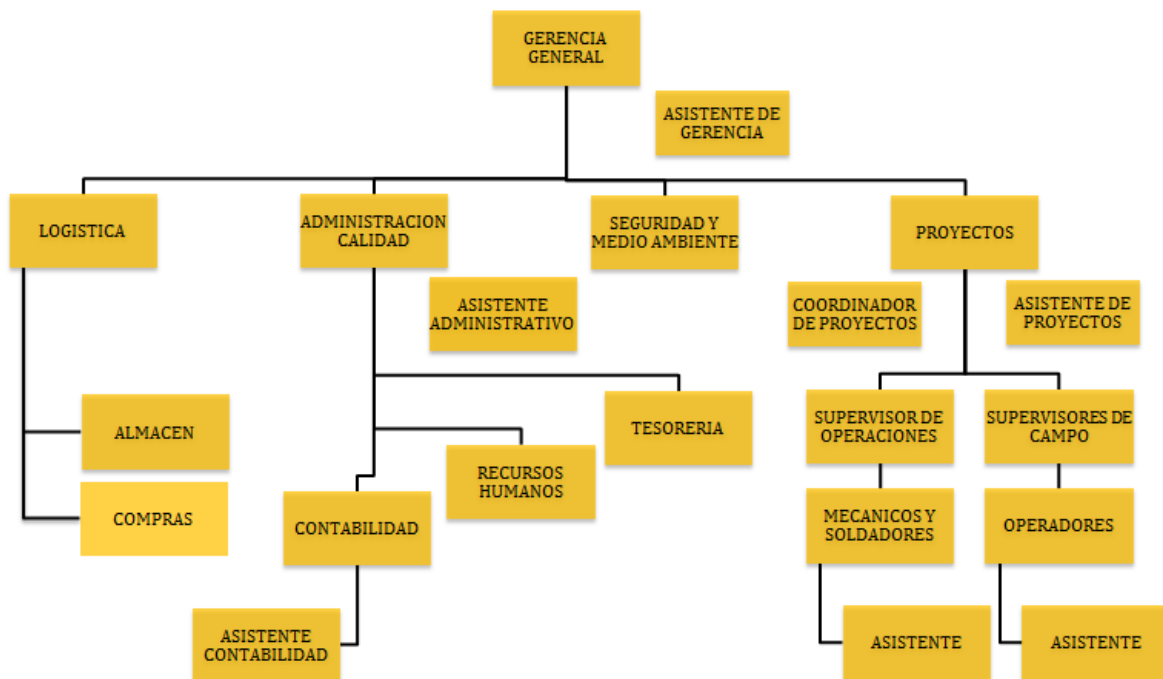


Figura 3.1 Organigrama de la Empresa

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 SERVICIOS BRINDADOS POR LA EMPRESA Y MAQUINARIA

Los servicios que brinda la empresa consisten en perforación y voladura de roca, desbroces, carguíos y eliminación, rellenos, diques y enrocados, defensas ribereñas, explanaciones y construcciones.

Para la realización de estas tareas, se cuenta con aproximadamente 50 máquinas entre las cuales se puede mencionar:

- Las máquinas que se dedican a las tareas de perforación: Perforadoras hidráulicas, compresoras, rock drill, track drill.
- Las maquinas dedicadas al movimiento de tierras: tractores, motoniveladoras, rodillos, cargador frontal, excavadoras, mini cargador y chancadoras.
- La maquinaria dedicada a la construcción: bomba de concreto, vibradoras, compactadoras y mezcladoras de concreto.
- También cuenta con generadores, grupos electrógenos y soldadoras.
- A su vez, se cuenta con un camión y camionetas para complementar el servicio y la supervisión de los trabajos en obra.

Todas estas máquinas y vehículos reciben un mantenimiento preventivo y correctivo. Se les divide por grupos según la tarea a realizar, teniendo las maquinas dedicadas a la perforación, al movimiento de tierras, a la construcción, vehículos y generadores. Cada grupo tiene su plan de mantenimiento basado en el número de horas operadas.

El mantenimiento demanda muchos suministros y varían dependiendo que sistema de la maquina (p.ej. sistema hidráulico) se le va a brindar. También se tiene que considerar que las actividades realizadas por la empresa son diferentes por los diversos tipos de máquinas. Es por esto que se cuenta con accesorios variados, como los accesorios de perforación o accesorios para construcción, para poder suplir la demanda.

3.1.3 INFRAESTRUCTURA

La compañía cuenta con un edificio de 616 metros cuadrados construidos. Como se mencionó anteriormente, aquí están ubicados los almacenes en el primer piso y las oficinas en el segundo. En el terreno restante se encuentra el estacionamiento, unos almacenes sin uso y el taller de la empresa donde se almacenan las máquinas y se ejecutan las labores de mantenimiento.

Como se ve en la Figura 3.2, se puede observar que los almacenes se encuentran consecutivos en línea recta. Estos cuentan con inventarios de consumibles y repuestos que se usan para realizar el mantenimiento.

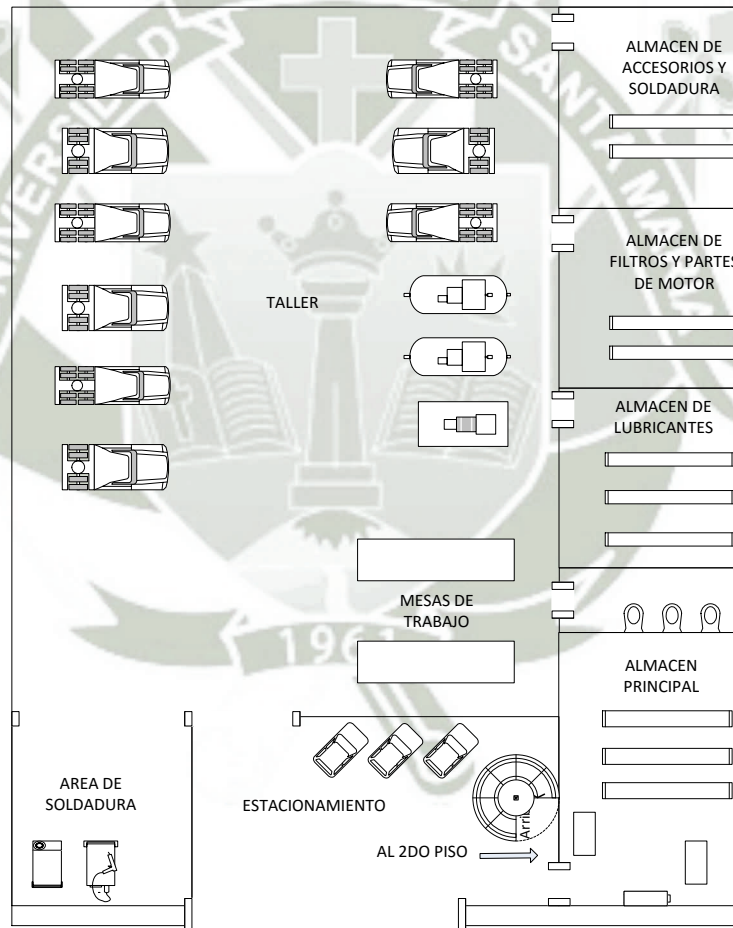


Figura 3.2 Croquis del Primer Piso de la Empresa

Fuente: Elaboración Propia

En el almacén principal, se guardan los accesorios de seguridad como lentes, botas, guantes, cascos, respiradores, ropa, etc.; repuestos pequeños de alta rotación como bocinas, abrazaderas, arandelas, dados, discos, graseras, pines, volandas, sellos, etc.; y también repuestos en particular que tienen alto valor. Estos últimos suministros se almacenan aquí ya que se encuentra en ella la oficina de almacén, por ende hay personal vigilando constantemente.

En el almacén de lubricantes, se guardan todas las grasas, refrigerantes y diversos aceites como para perforación, transmisión, hidráulico y para el motor.

En el almacén de filtros y partes de motor, se tienen los filtros de aire, petróleo, aceite, hidráulicos, separadores de agua y de aceite; además se almacenan extintores y partes de motor de las maquinas cuando se necesita cambio.

El último almacén es el de accesorios y soldadura, en el cual se albergan toda la soldadura para recalce, además de accesorios diversos para las maquinas como mangueras, pernos, tuercas, cantoneras, brocas, válvulas, uñas, etc.

En el área de soldadura que se encuentra en el taller, se recibe constantemente acetileno y oxígeno. Cuando llegan estos a la empresa ingresan directo al área de taller sin pasar por un almacén previo.

3.2 EVALUACION DEL CICLO DE ABASTECIMIENTO

3.2.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMIENTO

El área de logística está conformada por la parte de compras y la de almacén como se pudo apreciar en el organigrama. La parte de compras se encarga una persona. Esta persona coordina con el jefe de taller y con el encargado de almacén para determinar que productos y cuantos se compra.

El proceso de compra inicia con el jefe de taller, el cual se encarga de revisar periódicamente el estado de las maquinas. Se elige a la maquina a la cual se va a dar el mantenimiento preventivo y coordinando con otros trabajadores de taller determinan que repuestos se van a usar.

Luego se realiza una solicitud de repuestos previo formato el cual pasa al área de almacén donde se revisa el nivel de stocks. Usualmente no se cuenta con stock disponible de los repuestos solicitados así que el pedido se envía al área de compras para la solicitud de repuestos.

Los suministros suelen repetirse con la misma frecuencia a lo largo del año cuando se ejecuta el mantenimiento preventivo. Pero cuando se realiza un mantenimiento correctivo, por una falla en plena ejecución en campo, es el costo de faltante el cual afecta más a la empresa por no tener los suministros en stock.

En el área de compras, el encargado de recibe el requerimiento de unidades y procede a realizar la cotización. Los proveedores elaboran la cotización especificando el tiempo, el precio y condición de pago. Una vez recibida la cotización, se da por aceptada si las condiciones son favorables, sino se procede a cotizar con otro proveedor. Algunos proveedores se encuentran en Lima, enviando los productos a través de empresas de transporte, demorando a veces la entrega.

Igualmente, se requiere a veces de un depósito previo del 50% o el 100% del precio. Entonces se acude a tesorería para que realice el depósito correspondiente. Una vez realizado el pago, el comprobante se manda al encargado de compras para que este se le envíe al proveedor. El proveedor revisa que la orden de compra este conforme con las condiciones y envía un correo de confirmación. El proceso de compras se encuentra sintetizado en un flujograma en la Figura 3.3

Los suministros pedidos llegan por medio de un transportista ajeno a la empresa el cual los deja en el almacén principal donde se encargan de la recepción. La persona encargada de la acogida de pedidos verifica que el pedido coincida con la orden de compra. Si existe alguna discordancia, solo sella el cargo al proveedor pero no desempaqueta el contenido. En este caso se informa al encargado de compras que hay una disconformidad y que se establezca una solución con el proveedor.

Una vez llegado a un acuerdo, puede que se devuelva el pedido, se cambie o que se quede en la empresa. De este modo el encargado de almacén procede a guardar los suministros y ubicarlos a sus almacenes correspondientes (Véase Figura 3.4)



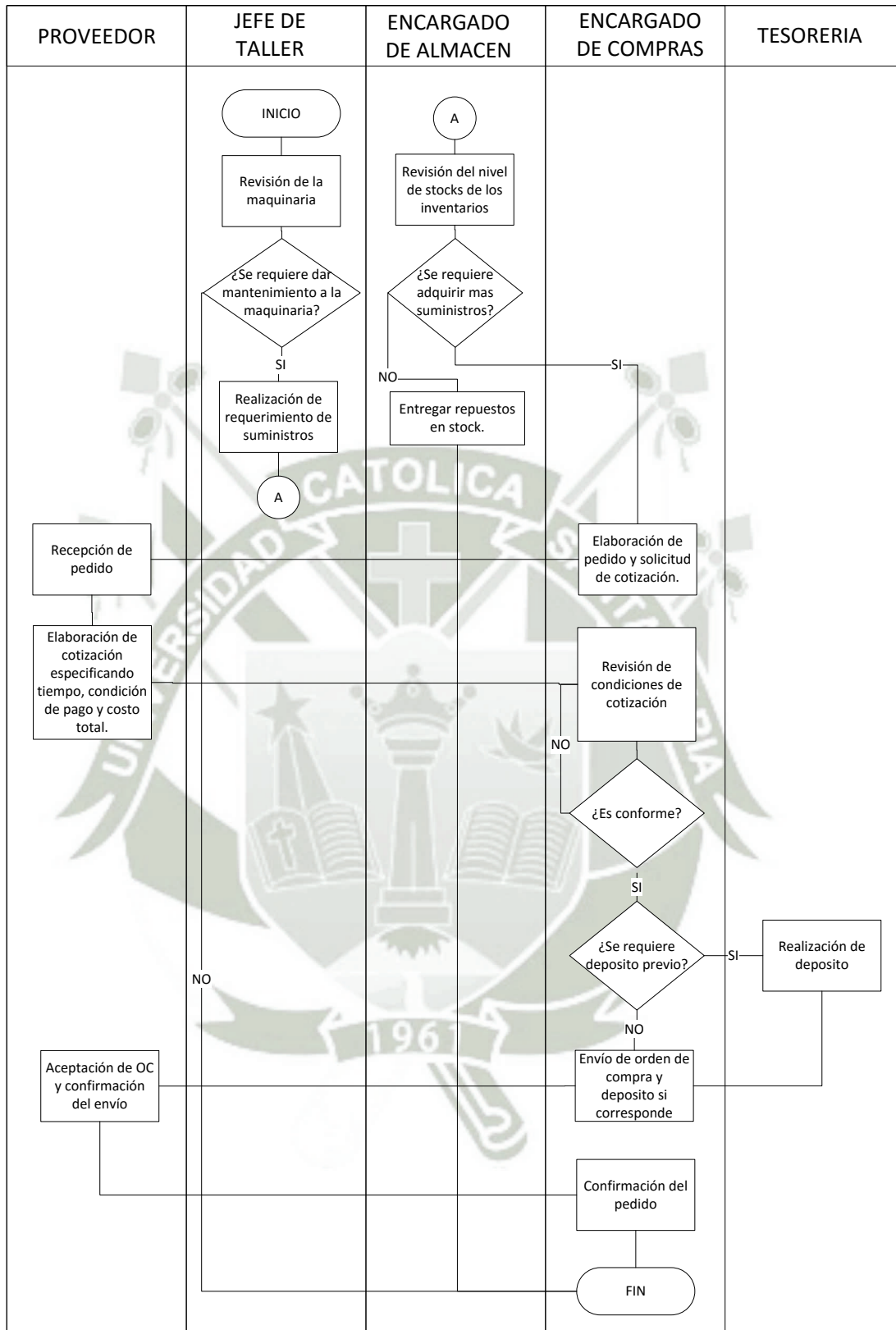


Figura 3.3 Flujograma de Compras

Fuente: Elaboración Propia

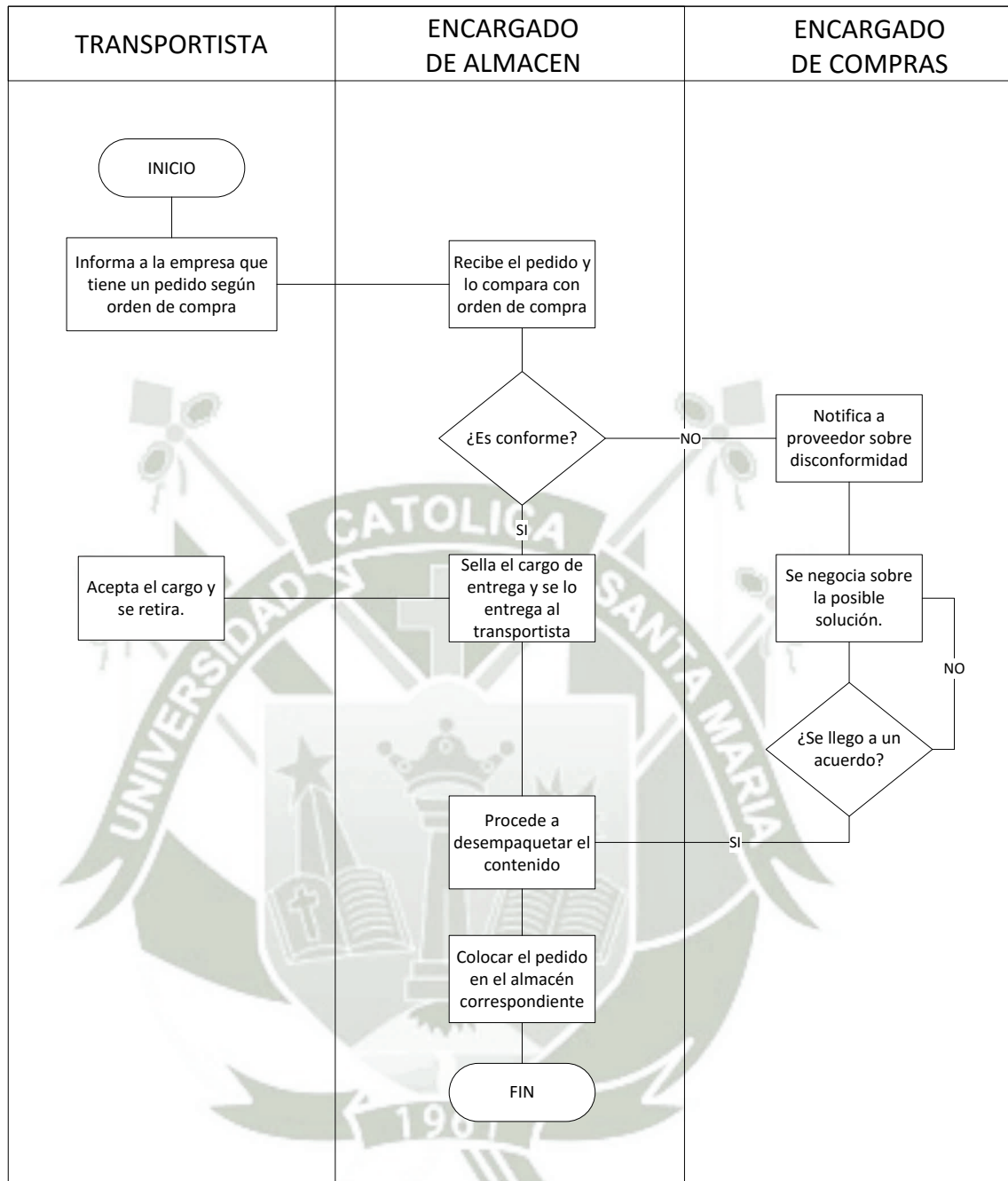


Figura 3.4 Flujograma de Recepción de Pedidos

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 ANALISIS FODA DEL AREA LOGISTICA

La empresa está en una etapa de crecimiento, donde tiene que cuidar y establecer los procesos que anejan. El área logística es la que más cuidado necesita al momento de gestionar sus operaciones.

Se plantearan estrategias, en base a un análisis interno, se conocerán las fuerzas y delimitaciones que se presentan. Asimismo, un análisis externo, tomando en cuenta las ventajas y eventos perjudiciales externos. Se plantearan sus fortalezas y debilidades, y así potenciar sus oportunidades y disminuir sus amenazas.

Con esta información se podrá plantear las siguientes estrategias.

- FO: Maximiza tanto las fortalezas como las oportunidades.
- FA: Potencia las fortalezas para minimizas las amenazas.
- DO: Se minimiza las debilidades y su aumentan las oportunidades.
- DA: Se minimizan tanto las debilidades como las amenazas.

Estas enfocaran cual herramienta logística se podrá aplicar al área para poder mitigar las debilidades y amenazas que se presentan.

La matriz FODA resumida se aprecia en la Figura 3.5.

		FACTORES INTERNOS	
		<u>FORTALEZA</u>	<u>DEBILIDAD</u>
		<p>F1: Buena comunicación entre el personal del área.</p> <p>F2: Eficiencia en coordinar compras con proveedores.</p> <p>F3: Se cuenta con un ERP que permite controlar las compras e inventarios.</p> <p>F4: Apoyo de la gerencia.</p>	<p>D1: No se conocen los costos de compra y abastecimiento.</p> <p>D2: Se compran productos a largo plazo y sin contar la evolución de demanda histórica de los productos.</p>
FACTORES EXTERNOS	<u>OPORTUNIDAD</u>	<p>O1: Obtener una homologación en los procesos logísticos.</p> <p>O2: Conseguir descuentos por compras en lote.</p>	<p>ESTRATEGIA FO</p> <p>Llegar a un acuerdo con los proveedores críticos para obtener mejores precios por compra de productos de mayor valor.</p> <p>ESTRATEGIA DO</p> <p>Mejorar el proceso de compra con una planificación a largo plazo, en base al pronóstico de la demanda de los productos.</p>
	<u>AMENAZA</u>	<p>A1: Disminución de eficiencia en operaciones por no tener un mantenimiento eficaz.</p> <p>A2: Falta de liquidez por no manejar de manera adecuada los inventarios.</p>	<p>ESTRATEGIA FA</p> <p>Aprovechar al máximo el sistema ERP para que conecte los costos logísticos con el proceso de mantenimiento, llevando un control de gastos más detallado.</p> <p>ESTRATEGIA DA</p> <p>Obtener los costos de manejo de inventarios, disminuyendo costos e invertirlos en mejorar los procesos logísticos.</p>

Figura 3.5 Análisis FODA de Logística.

Fuente: Elaboración Propia

3.3 DETECCION DE LOS PROBLEMAS PRINCIPALES

En base al análisis FODA anterior y a la descripción de los procesos del área logística, se pueden resaltar los principales problemas.

Diagnóstico de Compras

En cuanto a las compras esta designado solo una persona encargada, más ocurre que cuando la persona encargada de almacén revisa el stock, pide también repuestos. Esto origina una duplicidad de pedidos de cotización si ambos lo hacen. Además se genera una falta de registro de ingreso de suministros en el software por parte del encargado de compras. Existen varias compras que se realizan sin cotización previa, usadas en el taller y que no son informadas al área de compras. Esto dificulta distribuir los costos por máquina y analizar el gasto por centro de trabajo.

El problema que surge en el área es que existen suministros que se solicitan continuamente siendo vitales para cada mantenimiento, pero se piden en cantidades pequeñas. Así que se genera repetitivas veces órdenes de compra de productos frecuentes. La empresa al final no se percata del gasto que implica realizar un pedido, no importa que tan pequeño sea.

Asimismo, el área de almacén no registra cada vez que se queda sin stock, por lo que es difícil pronosticar el nivel mínimo de unidades que se debe tener en él y cuanto se pierde por no contar con ello. Tampoco se registra el promedio del tiempo de entrega de los repuestos.

Asociado con el problema del registro, está la toma de decisiones de compra. Si bien se guían en el mantenimiento preventivo, no se toma en cuenta las veces que se da mantenimiento correctivo por factores externos.

A pesar que se manda a trabajar una maquina en buen estado, las condiciones del

ambiente, cantidad de horas trabajadas y manipulación de los operarios varían el rendimiento de está generando correcciones de último momento. Estos pedidos a último momento aumentan el costo del inventario, pero no se tiene determinado el costo de un pedido, así que no se sabe con certeza el costo real del inventario.

Al mismo tiempo, no se cuenta con indicadores de rendimiento dentro del área de compras. Por ende no se puede saber que proveedores son más puntuales, tienen mejores ofertas u ofrecen mejores productos. Igualmente no se controla la duración de los suministros más importantes en el inventario ni los productos que ya están obsoletos.

Diagnóstico de Almacén

Con el programa logístico con el que cuenta la empresa, se puede determinar a qué máquina, área o proyecto están dirigidos esos productos. Pero, la salida de repuestos a veces no se registra en el acto, generando también un nivel de inventario falso en el sistema. Se provoca así muchas regularizaciones como se ve en la Tabla 3.1, llegando hasta límites que superan los s/. 30000.

Tabla 3;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1
Regularizaciones por semestre en Nuevos Soles.

2012		2013		2014	
1er Semestre	2do Semestre	1er Semestre	2do Semestre	1er Semestre	2do Semestre
S/. 11,574.04	S/. 124.61	S/. 38.00	S/. 275.93	S/. 30,368.81	S/. 262.67

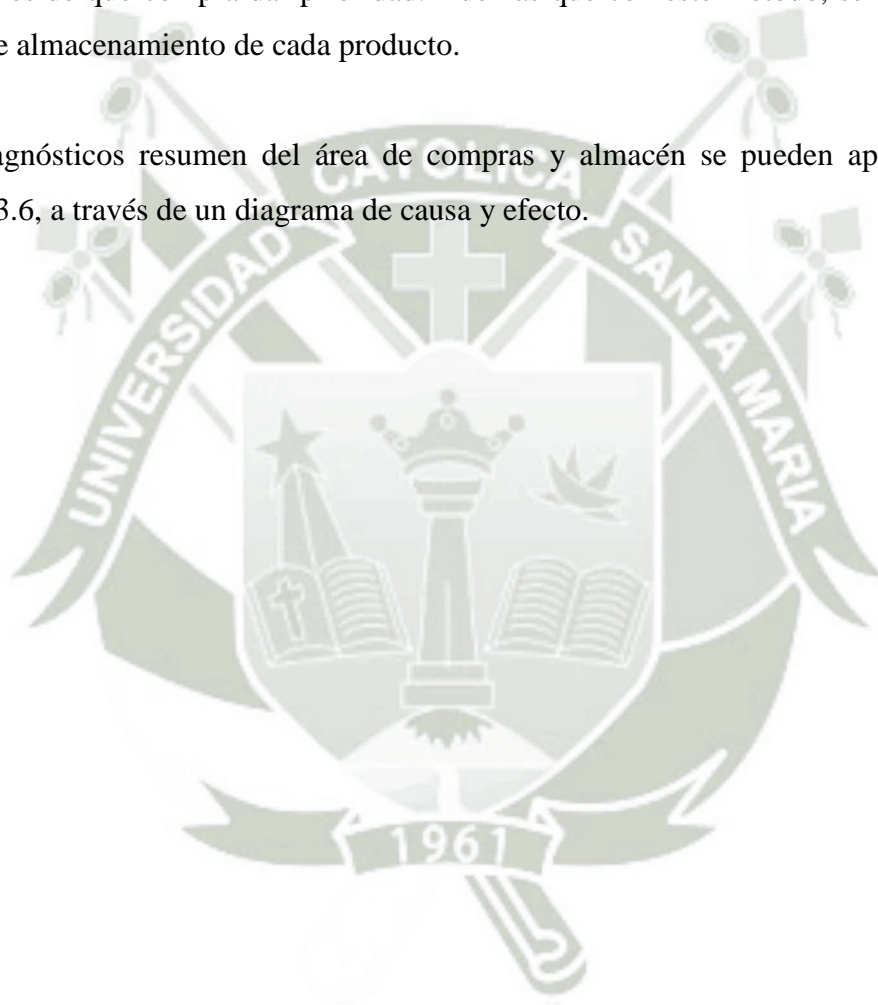
Fuente: Elaboración Propia

Además, no se manejan indicadores de inventario para ver la rotación de los productos.

Si se manejara, se podría determinar el tiempo que permanecen en almacén y la periodicidad de uso de los suministros esenciales, para ver cada cuanto tiempo se deben solicitar al área de compras.

Igualmente, no se cuenta con una determinación de cuáles son los productos más valorados para el mantenimiento, por su coste o rotación. Con una clasificación ABC multicriterio de los productos junto con los indicadores se podría tomar mejores decisiones de que compra dar prioridad. Además que con este método, se conocería el costo de almacenamiento de cada producto.

Los diagnósticos resumen del área de compras y almacén se pueden apreciar en la Figura 3.6, a través de un diagrama de causa y efecto.



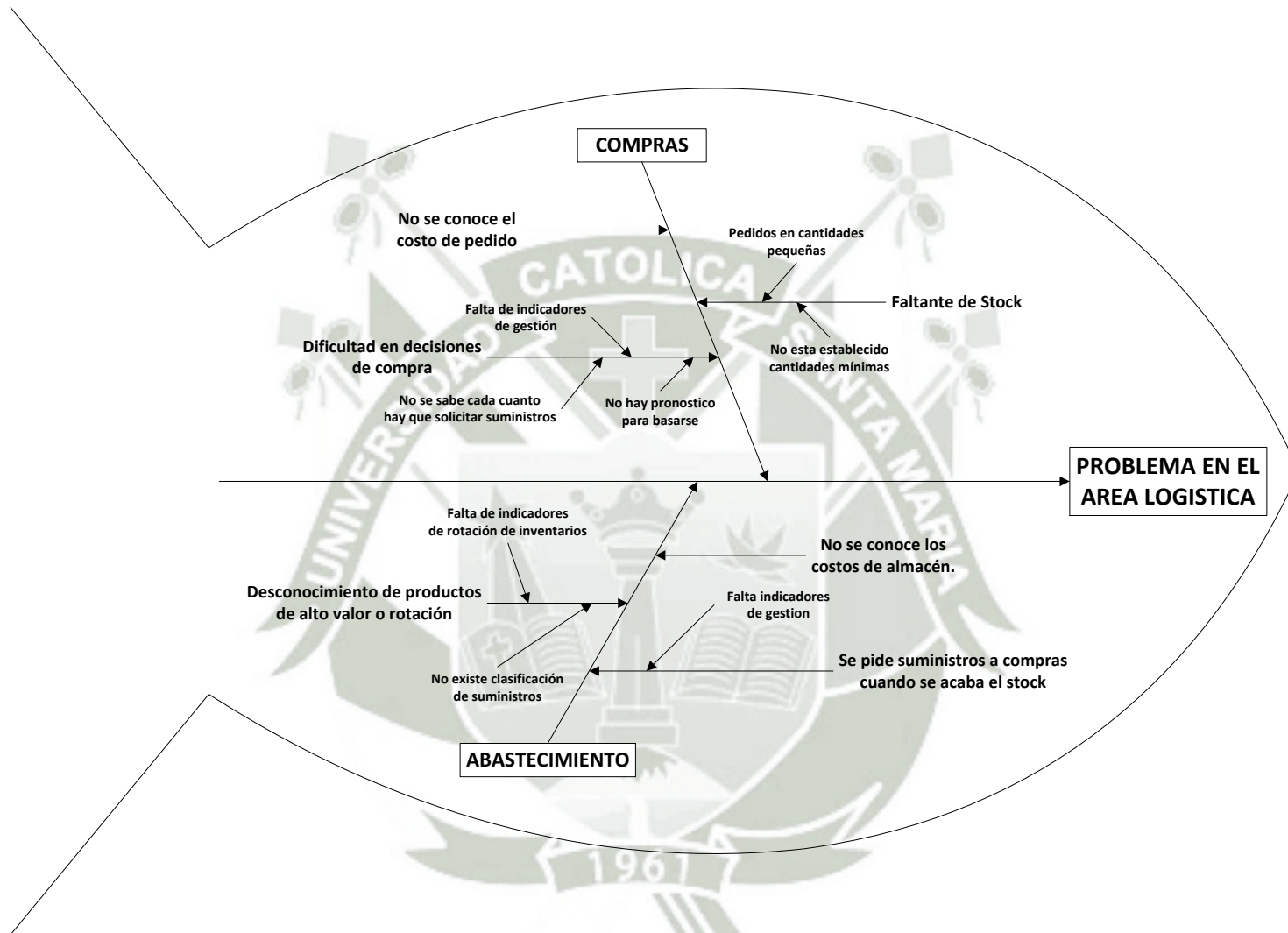


Figura 3.6 Diagrama de Causa – Efecto del Área de Logística

Fuente: Elaboración Propia

3.4 PROPUESTAS DE MEJORA

Realizada la evaluación a través del diagrama de causa y efecto, se plantea la siguiente propuesta de mejora:

En la parte de compras, se propone el uso de pronósticos de los suministros de mayor valor a usar en el año. Esto se conseguirá con un análisis ABC multicriterio previo. Luego, se usará el modelo EOQ para establecer pedidos en lotes de manera económica de los artículos más importantes. De este modo se establecerá el tiempo de pedido para las órdenes de compra de estos suministros, al mismo tiempo que se determinará el costo de dicho pedido.

De mano con el área de almacén, se plantea el análisis ABC multicriterio, debido a que permitirá conocer los productos de mayor valor. Posteriormente los resultados serán útiles para el modelo EOQ. El modelo brinda también información sobre los costos de abastecimiento y establecerá la cantidad de suministros a ordenar.

En resumen, las tres herramientas básicas a usar, Análisis ABC multicriterio, Pronósticos y el modelo EOQ, van a poder brindar en conjunto un sistema de abastecimiento adecuado para la empresa.

CAPITULO IV

PROPUESTA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO SEGÚN EL MODELO DE CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO.

4.1 CLASIFICACION DE ARTICULOS MEDIANTE ANALISIS ABC MULTICRITERIO

Antes de aplicar el modelo del EOQ, se va a clasificar los productos según un Análisis ABC Multicriterio para la priorización de artículos de los almacenes. De esta manera se aplicara el modelo en los productos que mayor valor significativo tengan para la empresa.

La empresa maneja alrededor de mil variedades de productos en sus almacenes. La mayoría de estos tienen un pequeño valor con respecto a la valorización total del almacén, la cual la última valorización anual del 2014 está calculada por S/. 429 830.51. En base a la valorización se obtuvo una lista de total de 1115 artículos para clasificar.

El procedimiento se realizó según el párrafo 2.3 de Análisis ABC Multicriterio, donde se sigue una metodología AHP.

1) El primer paso en el análisis, es establecer los criterios de decisión en base a la opinión del personal logístico. Estos factores son:

- La demanda anual: se determinó el promedio del valor unitario y la demanda anual de cada producto. Multiplicando estos valores se consiguió la cantidad demandada anual en Nuevos Soles.
- La criticidad: se tomó en cuenta las siguientes preguntas para la realización de la escala de criticidad (Moya, 1999):

¿Se detiene una o varias operaciones en el taller de la empresa o en un proyecto?

¿Se puede sustituir el suministro por otro?

¿El suministro se puede conseguir fácilmente?

¿Los suministros son repuestos o materiales claves en el mantenimiento diario de la maquinaria?

Según estas preguntas, se pueden clasificar 4 clases de criticidad. Las ponderaciones establecidas se pueden apreciar en la Tabla 4.1

Tabla 4.1 Criticidad

Valor	Significado
1	Bajo impacto, por lo que si no hay el proceso no se detiene y/o son muy fáciles de conseguir
2	Mediano impacto, por lo que se puede realizar alternativamente otra operación o posponerse temporalmente.
3	Alto impacto, debido a que en su ausencia se detiene las operaciones en el taller o el proyecto de forma parcial.
4	Muy alto impacto, ya que en su ausencia se detiene las operaciones en el taller o el proyecto de forma total.

Fuente: Elaboración Propia

- La frecuencia de compra: se contabilizo la cantidad de veces que se generaba una orden de compra con el producto mencionado en el año.
- 2) El segundo paso es establecer el árbol de jerarquización de criterios el cual se puede observar en la Figura 4.1.

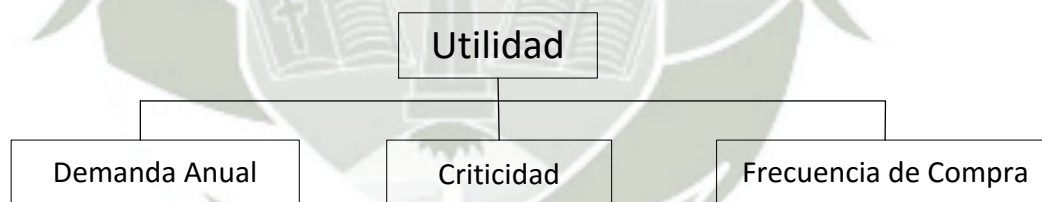


Figura 4.1 Árbol de Jerarquización de Criterios en el Análisis ABC Multicriterio

Fuente: Elaboración Propia

- 3) El tercer paso, es determinar un cuadro de comparación de criterios donde se colocan los datos según las tablas de Acápite 2.3. En la Tabla 4.2 se puede observar los criterios comparados en una matriz. Solo se realizó una matriz porque el árbol de jerarquización tiene solo un nivel conteniendo a los tres criterios.

Tabla 4. 2 Matriz de Comparación de Criterios

	Demanda	Criticidad	Frecuencia
Demanda	1	2	2
Criticidad	0.5	1	0.5
Frecuencia	0.5	2	1

Fuente: Elaboración Propia

Los valores colocados en la matriz se explicaran a continuación:

- La demanda en comparación a la criticidad, esta entre igualmente importante y una preferencia débil, debido a que el precio y la cantidad de los artículos es más relevante al momento de compra.
 - La demanda en comparación a la frecuencia, esta entre igualmente importante y una preferencia débil, por el hecho se considera más el precio y la cantidad de compra en vez de cuantas veces se pide el producto al año.
 - La frecuencia en comparación a la criticidad, esta entre igualmente importante y una preferencia débil, porque se tiene mayor apreciación a los artículos con mayor rotación, por ende, pedido.
- 4) El cuarto paso es determinar los pesos correspondientes para cada factor. Para esto se realizó una normalización de la matriz de comparación de criterios hallando el vector propio de los criterios y usando estos datos como los pesos correspondientes para cada criterio como se observa en la Figura 4.2.

MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROPIO
0.50	0.40	0.57	→	0.49
0.25	0.20	0.14	→	0.20
0.25	0.40	0.29	→	0.31

Figura 4.2 Obtención de Pesos Relativos para el Análisis ABC Multicriterio

Fuente: Elaboración Propia

Para comprobar la consistencia de los factores, se determinó la proporción de consistencia según la ecuación 2.3, donde el resultado tiene que ser menor al 10%. Se calcula previamente el índice de consistencia IC según la ecuación 2.1 y el valor de λ máxima según la ecuación 2.2.

$$\begin{aligned}
 & - \lambda_{maxima} = (2 \quad 5 \quad 3.5) * \begin{matrix} 0.49 \\ 0.20 \\ 0.31 \end{matrix} \\
 & - \lambda_{maxima} = 3.06 \\
 & - \text{Indice de Consistencia (CI)} = \frac{3.06-3}{3-1} \\
 & - \text{Indice de Consistencia (CI)} = 0.03 \\
 & - \text{Proporción de Consistencia (RC)} = \frac{0.03}{0.58} \\
 & - \text{Proporción de Consistencia (RC)} = 5\%
 \end{aligned}$$

La proporción de consistencia indica que los pesos obtenidos del vector propio son aceptables. Por ende, los pesos a usar para cada criterio se observan en la Tabla 4.3.

Tabla 4. 3 Pesos por Criterio en Análisis ABC Multicriterio

Criterio	Peso Asignado
Demanda Anual	0.49
Criticidad	0.20
Frecuencia de Compra	0.31

Fuente: Elaboración Propia

Terminado el procedimiento de la obtención de los pesos, se realiza la normalización de los datos a través de la ecuación 2.3, multiplicando cada peso con

los valores colocados según los criterios. Con los datos obtenidos, se aplica la ecuación 2.4 calculando el puntaje total. Esta clasificación se puede ver resumida en el Anexo N°1. Una vez obtenido el puntaje total se realiza la clasificación ABC según la regla de Pareto, colocando los valores de los puntajes de manera descendente.

Luego se divide cada valor entre la suma total para cada producto y al final se realiza una suma acumulada de estos, donde los artículos considerados como A se obtienen hasta el 80%, los artículos considerados como B hasta el 95% y los de C hasta el 100%. La clasificación obtenida se puede apreciar en la Figura 4.3.

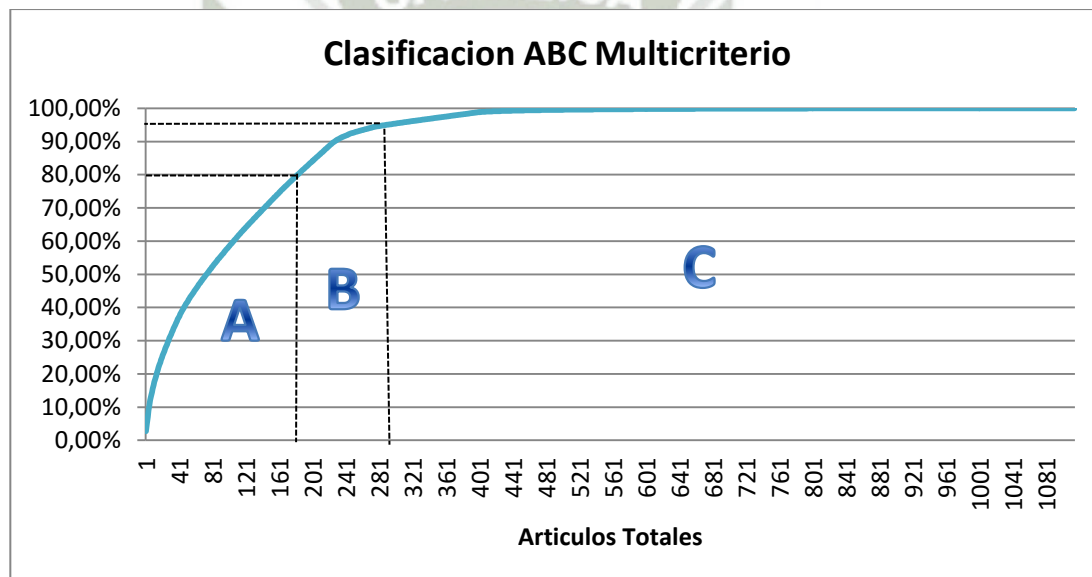


Figura 4.3 Clasificación ABC Multicriterio

Fuente: Elaboración Propia

El grupo clasificado como “A” contiene 182 suministros, en el grupo “B” existen 107 y el grupo “C” alberga 826 suministros. Los resultados en cuanto a la proporción que reflejan en el total se puede ver reflejado en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Resultados de Clasificación ABC Multicriterio

Clasificación	Valor Total	Porcentaje del Valor Total	Cantidad	Porcentaje de la Cantidad
A	S/. 363,623.33	84.60%	182	16.32%
B	S/. 17,689.49	4.12%	107	9.60%
C	S/. 48,517.69	11.29%	826	74.08%
Total	S/. 429,830.51	100.00%	1115	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos demuestran que el 84.60% del valor total del inventario están manejados solo por el 16.32% de suministros. Este es un volumen de productos muy reducido que controla gran parte del valor monetario del inventario como se puede observar en la Figura 4.4.

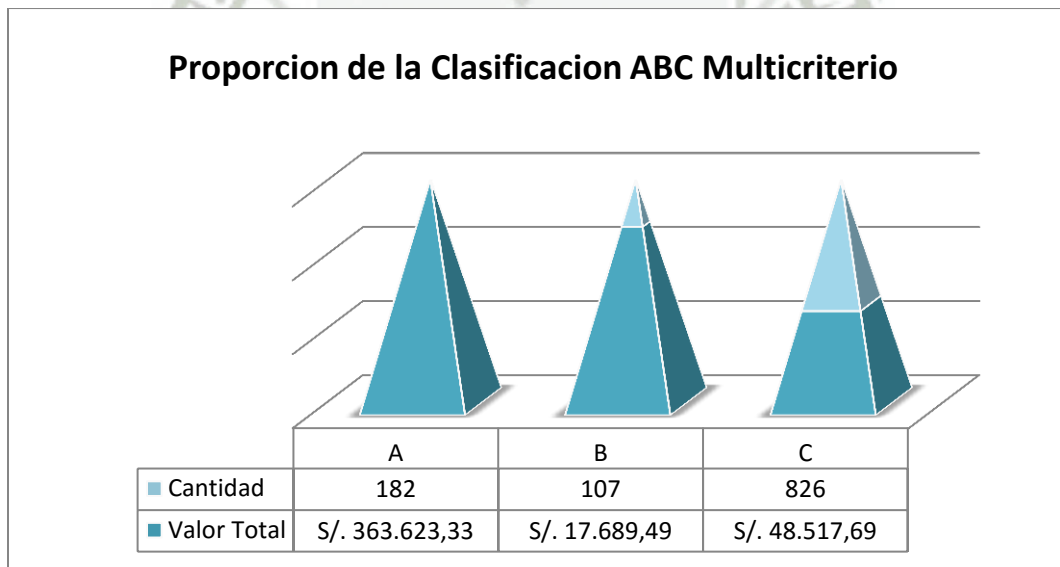


Figura 4.4 Proporción de la Clasificación ABC Multicriterio

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO EN EL GRUPO “A”

Para obtener una clasificación más rigurosa, se decidió volver a clasificar los productos del área A siguiendo el diagrama de Pareto pero estableciendo el porcentaje para el grupo A1 como 50%, para el A2 75% y para el A3 el 100%. La clasificación resultante se puede observar en la Figura 4.5.

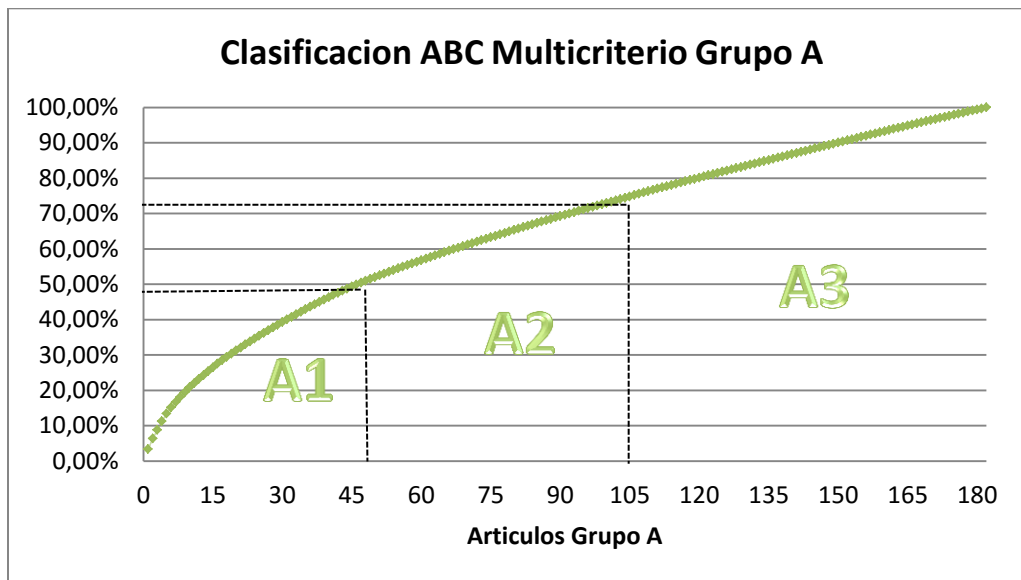


Figura 4.5 Clasificación ABC Multicriterio Grupo A

Fuente: Elaboración Propia

Por consiguiente, la clasificación derivó 46 artículos para el grupo “A1”, 59 para el grupo “A2” y 77 para el grupo “A3”. La clasificación detallada se puede apreciar mejor en el Anexo N°2.

En la Tabla 4.5 se demuestra que el 67.42% del valor total del grupo “A” están representados por el 25.27% de suministros y también representan el 57.04% del valor total del inventario. La proporción de valor con respecto a la cantidad del grupo “A” se puede observar en la Figura 4.6. Claramente se observa el mismo comportamiento de la primera clasificación, donde un volumen muy reducido de productos controla gran proporción del valor total del grupo de productos.

Tabla 4. 5 Resultados de Clasificación ABC Multicriterio Grupo A

Clasificación	Valor Total	Porcentaje del Valor Total	Porcentaje del Inventario Grupo A	Cantidad	Porcentaje de la Cantidad
A1	S/. 245,169.85	67.42%	57.04%	46	25.27%
A2	S/. 74,106.63	20.38%	17.24%	59	32.42%
A3	S/. 44,346.85	12.20%	10.32%	77	42.31%
Total	S/. 363,623.33	100.00%	84.60%	182	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Este grupo considerado como “A1” es el más crítico de todos los productos, cuya lista se puede ver en la Tabla 4.6. A este grupo de productos se le va a tratar con más rigurosidad y prioritariamente que al resto del inventario en general. Este grupo también es seleccionado para ser sometido a ser pronosticado debido a su relevancia.

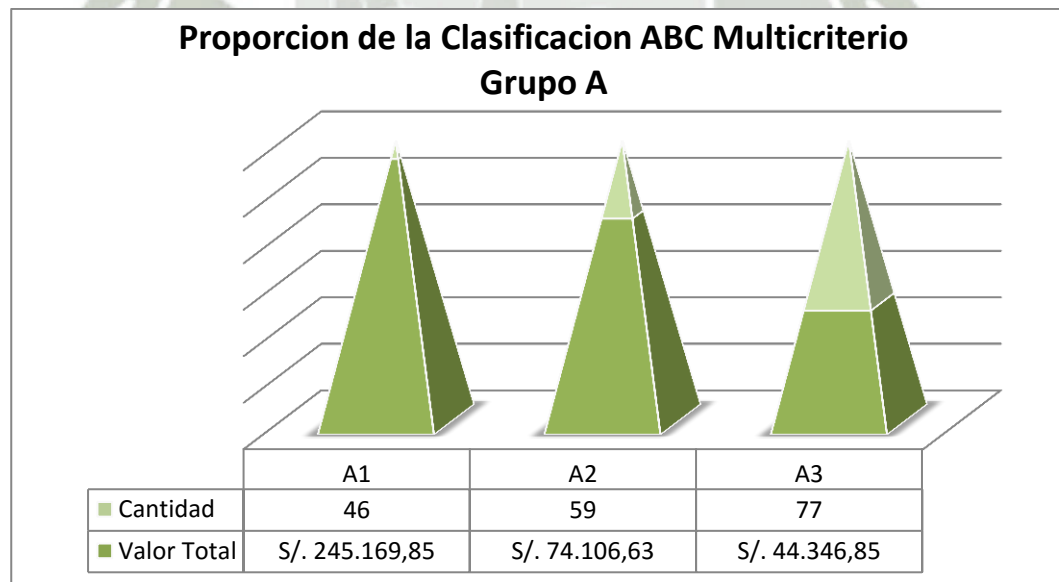


Figura 4.6 Proporción de la Clasificación ABC Multicriterio

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. 6 Productos de Clasificación A1 según Análisis ABC Multicriterio

Ítem	Producto	U.	Demanda Anual	Valor Crítico	Frecuencia De		Puntaje Total
					Compra	Annual	
1	Aceite Hidráulico 68	Gl	S/. 30,682.27	4	33		0.792
2	Barra T45 X 3660 Mm	Pz	S/. 53,321.60	4	1		0.688
3	Broca Retráctil T45 X 3 1/2"	Pz	S/. 32,630.80	4	10		0.585
4	Aceite Para Motor A Diésel 15w40	Gl	S/. 17,498.65	4	23		0.573
5	Oxigeno Industrial Praxair	M3	S/. 4,380.16	4	29		0.511
6	Broca Retráctil T45 X 3"	Pz	S/. 18,479.32	4	5		0.407
7	Soldadura Citodur 1000 3/16	Kg	S/. 4,728.75	4	12		0.348
8	Grasa Multipropósito S2 V220 2	Kg	S/. 7,943.76	4	8		0.339
9	Soldadura Supercito 5/32	Kg	S/. 2,742.54	4	11		0.320
10	Acetileno	Kg	S/. 3,304.00	4	10		0.316
11	Soldadura Supercito 1/8	Kg	S/. 2,442.51	4	7		0.279
12	Trapo Industrial	Pz	S/. 1,462.91	3	14		0.272
13	Soldadura Chamfercord 1/8	Kg	S/. 1,765.01	4	6		0.263
14	Rodaje 6204	Pz	S/. 1,810.59	2	19		0.258
15	Thinner Acrílico S/M	Gl	S/. 607.81	2	20		0.257
16	Filtro 2091 O 2097 Contra Polvo	Pz	S/. 1,239.24	3	11		0.241
17	Juego De Filtros De Aire ZI50g	Jgo	S/. 2,745.62	3	9		0.235
18	Filtro De Aire Af25135m (P532505)	Pz	S/. 874.24	3	9		0.218
19	Uniforme En Tela Drill	Jgo	S/. 1,268.62	3	8		0.212
20	Respirador 6200 O 7502 De 2 Vías	Pz	S/. 251.69	3	4		0.209
21	Disco De Corte	Pz	S/. 127.35	2	15		0.203
22	Filtro De Aceite Lf3000	Pz	S/. 1,098.28	3	7		0.200

23	Aceite De Transmisión Mecánica Sae 30	Par	S/.	5,009.99	3	3	0.197
24	Hoja De Sierra	Pz	S/.	210.13	2	14	0.195
25	Lentes Oscuros De Seguridad	Pz	S/.	716.92	2	13	0.189
26	Filtro Petróleo Ff42000	Pz	S/.	358.95	3	6	0.184
27	Soldadura Cifofonte 1/8"	Kg	S/.	283.53	3	6	0.183
28	Botines De Seguridad Punta De Acero	Par	S/.	2,043.76	2	11	0.182
29	Aceite De Perforación	Gl	S/.	1,926.23	3	4	0.179
30	Guía (Zapatito) 1844395	Pz	S/.	2,689.46	3	3	0.176
31	Grasa Roja Nigi 3	Kg	S/.	2,559.60	3	3	0.175
32	Guantes De Operador	Par	S/.	1,070.40	2	11	0.173
33	Shank Yh80 Con 6 Aletas T45	Pz	S/.	11,349.75	2	1	0.170
34	Filtro Separador De Agua 3261642	Pz	S/.	1,726.11	3	3	0.167
35	Aceite De Compresor Corena S3 R46	Gl	S/.	1,533.62	3	3	0.165
36	Perno De Cuchilla D8r 4j9058	Pz	S/.	1,348.22	3	3	0.164
37	Aceite De Transmisión Mecánica 80w90	Gl	S/.	1,323.46	3	3	0.163
38	Aceite Para Motor A Diésel 25w50	Gl	S/.	2,998.19	3	1	0.159
39	Soldadura Supercito 3/16	Kg	S/.	756.58	3	3	0.158
40	Perno De Zapata 6v1723	Pz	S/.	2,429.16	3	1	0.154
41	Soldadura Supercito 1/4	Kg	S/.	907.34	3	2	0.150
42	Soldadura Cellocord 1/8	Kg	S/.	510.09	3	2	0.146
43	Chuck 6 Aletas	Pz	S/.	7,180.01	2	2	0.142
44	Batería At-23	Pz	S/.	3,430.05	2	5	0.136
45	Protector Auditivo Para Casco	Pz	S/.	1,110.52	2	7	0.135
46	Soldadura Chamfercord 5/32	Kg	S/.	292.09	3	1	0.134

Fuente: Elaboración Propia

4.2 ANALISIS DE LA DEMANDA

La determinación de la demanda de los suministros es necesaria para poder aplicar el modelo EOQ. También este pronóstico ayuda a determinar las acciones a tomar en cuanto a las compras.

Antes de pronosticar, se procede a determinar el comportamiento de la demanda, si es determinística o probabilística. Para esto se va a usar la Ecuación 2.5 del Coeficiente de Variación explicada en el párrafo 2.4. Como se sabe, un coeficiente mayor a 80% es considerado como un patrón errático, y por consiguiente su pronóstico es difícil de acertar.

Para comenzar, este coeficiente es aplicado a los 46 productos del grupo “A1” obtenido del Análisis ABC Multicriterio. Para la obtención de datos, se usó la información histórica del software logístico de la empresa del año 2012 al 2014. No se usó información anterior debido a que no se registraba previo año 2011, y en este mismo año la información no está completa.

Los datos están clasificados por trimestres, para eliminar la intermitencia que suele ocurrir de manera mensual. Esta intermitencia se puede observar en la Figura 4.7, donde los datos tienen una gran variación con respecto a la media (5.47). Aplicando el coeficiente de variación a esta serie de datos da como resultado un total de 94%. Resultados similares ocurren con los demás productos a analizar, por esta razón se decide usar datos de manera trimestral.

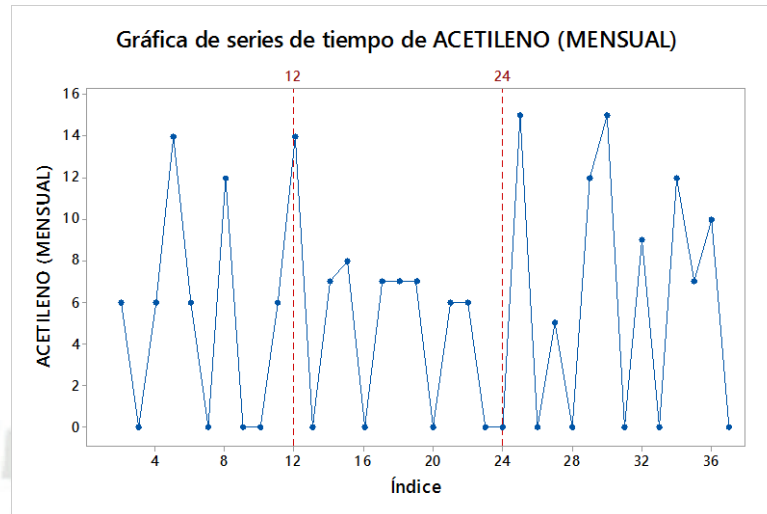


Figura 4.7 Grafica de Datos de Manera Mensual del Suministro “Acetileno”

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando el coeficiente de variación al resto de suministros, se tiene valores superiores al 10% en todos los casos, significando que la demanda es probabilística. Los productos que cumplen la condición de ser menor al 80% se pueden observar en la Tabla 4.7. La evaluación de todos los suministros del grupo A1 según el coeficiente de variación se puede observar en el Anexo N°3.

Tabla 4.7 Suministros del Grupo A1 Con Coeficiente De Variación Menor a 80%

Ítem	Producto	Demanda Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación
1	Aceite Hidráulico 68	244.22	82.27	33.69%
2	Aceite Para Motor A Diésel 15w40	95.16	25.13	26.41%
3	Oxigeno Industrial	56.58	18.24	32.24%
4	Soldadura Citodur 1000 3/16	17.92	10.04	56.04%
5	Soldadura Supercito 5/32	93.59	54.63	58.37%
6	Acetileno	16.42	4.29	26.16%
7	Soldadura Supercito 1/8	49.78	12.90	25.92%

8	Trapo Industrial	56.18	15.27	27.19%
9	Soldadura Chamfercord 1/8	24.27	7.99	32.91%
10	Filtro De Aire Af25135m (P532505)	4.33	2.06	47.53%
11	Uniforme En Tela Drill	9.00	4.02	44.70%
12	Respirador 6200 O 7502 De 2 Vías	7.17	3.38	47.16%
13	Filtro De Aceite Lf3000	3.50	1.31	37.55%
14	Hoja De Sierra	7.83	4.63	59.09%
15	Lentes Oscuros De Seguridad	32.83	10.19	31.03%
16	Filtro Petróleo Ff42000	3.42	1.31	38.38%
17	Botines De Seguridad Punta De Acero	13.08	5.85	44.74%
18	Aceite De Perforación	11.42	6.44	56.42%
19	Grasa Roja Nlgi 3	50.59	24.60	48.63%
20	Guantes De Operador	33.08	14.37	43.43%
21	Filtro Separador De Agua 3261642	3.25	1.66	51.02%

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenida la lista de productos a sujeto de estudio, se verificara si su comportamiento sigue una distribución normal. Se realiza esto ya que las políticas de abastecimiento propuestas para el modelo EOQ requieren datos que sigan una distribución normal.

4.2.1 PRUEBA DE KOLMOGOROV – SMIRNOV

Para confirmar que los datos siguen una distribución de probabilidad normal, se realizara una bondad de ajuste. La bondad de ajuste nos permite ver que tan bien se amolda la distribución en una muestra con la distribución en estudio.

Con ayuda del software Minitab 17, se realiza la Prueba de Kolmogorov – Smirnov (K-S) teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

H_0 = La distribución de la variable sigue una distribución Normal.

H_1 = La distribución de la variable no sigue una distribución Normal.

Se va a seguir un nivel de confianza de 95% por ende el nivel de significancia (α) es de 0,05. La regla de decisión es la siguiente:

Si $p\text{-valor} \geq \alpha$, se acepta H_0

Si $p\text{-valor} < \alpha$, se rechaza H_0

Los resultados de la prueba de normalidad de la Tabla 4.8 indican que casi todas las variables, excepto “Aceite Para Motor a Diésel 15W40” y “Respirador 6200 O 7502 De 2 Vías” siguen una distribución normal. Por fines del estudio, estas variables se van a considerar que siguen una distribución normal para poder facilitar los cálculos en cuanto a política de inventarios. Los resultados completos de esta prueba se aprecian en el Anexo N°4.

Tabla 4.8 Resultados del P-Valor según la Prueba de Kolmogorov – Smirnov

Ítem	Producto	P-valor
1	Aceite Hidráulico 68	>0.15
2	Aceite Para Motor 15W40	0.038
3	Oxígeno Industrial	>0.15
4	Soldadura Citodur 1000 3/16	0.098
5	Soldadura Supercito 5/32	>0.15
6	Acetileno	0.128
7	Soldadura Supercito 1/8	>0.15
8	Trapo Industrial	>0.15
9	Soldadura Chamfercord 1/8	>0.15
10	Filtro De Aire Af25135m (P532505)	>0.15
11	Uniforme En Tela Drill	>0.15

12	Respirador 6200 o 7200 de 2 vías	0.024
13	Filtro De Aceite LF3000	0.075
14	Hoja De Sierra	0.136
15	Lentes Oscuros De Seguridad	>0.15
16	Filtro Petróleo FF42000	>0.15
17	Botines De Seguridad Punta De Acero	>0.15
18	Aceite De Perforación	>0.15
19	Grasa Roja NLGI 3	>0.15
20	Guantes De Operador	>0.15
21	Filtro Separador De Agua 3261642	0.087

Fuente: Elaboración Propia

4.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

Definidas las distribuciones de probabilidad que tienen las variables, se pronosticará la demanda de estas para el año 2015.

Procedimiento para pronosticar con el software estadístico Minitab 17

Para pronosticar la demanda correspondiente al año 2015 de los 21 productos seleccionados, se realizaron los siguientes pasos:

- 1) Primero se graficó la serie de tiempo de cada producto para analizar el comportamiento de la serie y ver la tendencia y si tiene estacionalidad. Se usó de manera de ejemplo el producto “Acetileno”, cuyos datos de la demanda trimestral se pueden observar en el Anexo N°3.

La grafica de serie de tiempo se puede visualizar en la Figura 4.8. En las líneas verticales punteadas se observa el cambio de un año al otro. Se puede notar claramente que esta serie de tiempo tiene un componente estacional. Para tener

un respaldo de que método usar se puede ver la teoría del párrafo 2.4. En este caso se decidió realizar el pronóstico a través de una descomposición estacional.

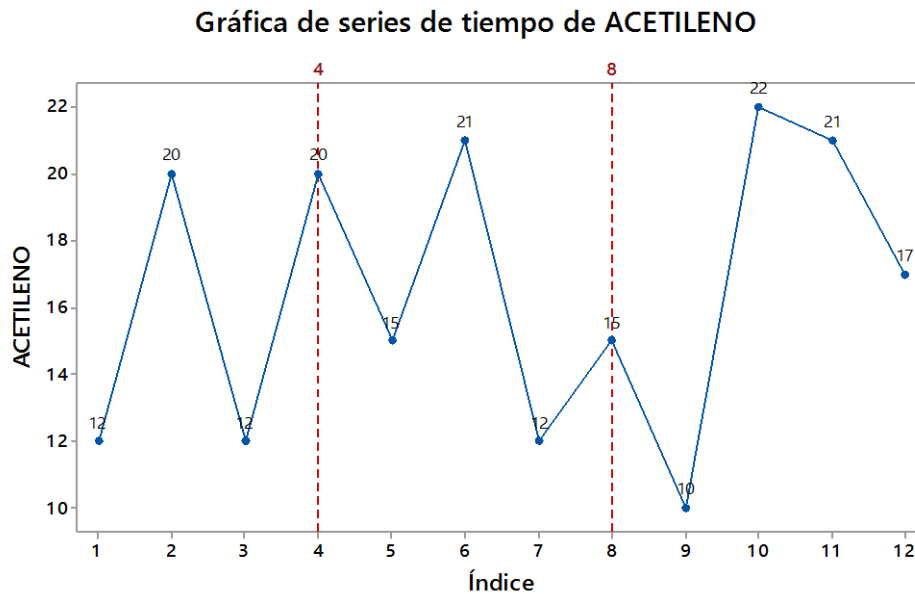


Figura 4.8 Graficas de serie de tiempo del suministro “Acetileno” en Minitab 17

Fuente: Elaboración Propia.

- 2) Con el análisis de la gráfica de serie de tiempo del producto “Acetileno” se determina el tipo de pronóstico a usar en base a la teoría del acápite 2.4. El resultado que se proyecta es un gráfico de pronóstico como se ve en la Figura 4.9. Aquí se puede apreciar como el software de Minitab ajusta el modelo al mejor cálculo de pronóstico posible. Establece también las tendencias y grafica los pronósticos encontrados. Además también brinda tres tipos de errores absolutos como medidas de exactitud. Para verificar la precisión del pronóstico se va a tomar en cuenta el error MAPE.

Gráfica de descomposición de series de tiempo de ACETILENO
Modelo aditivo

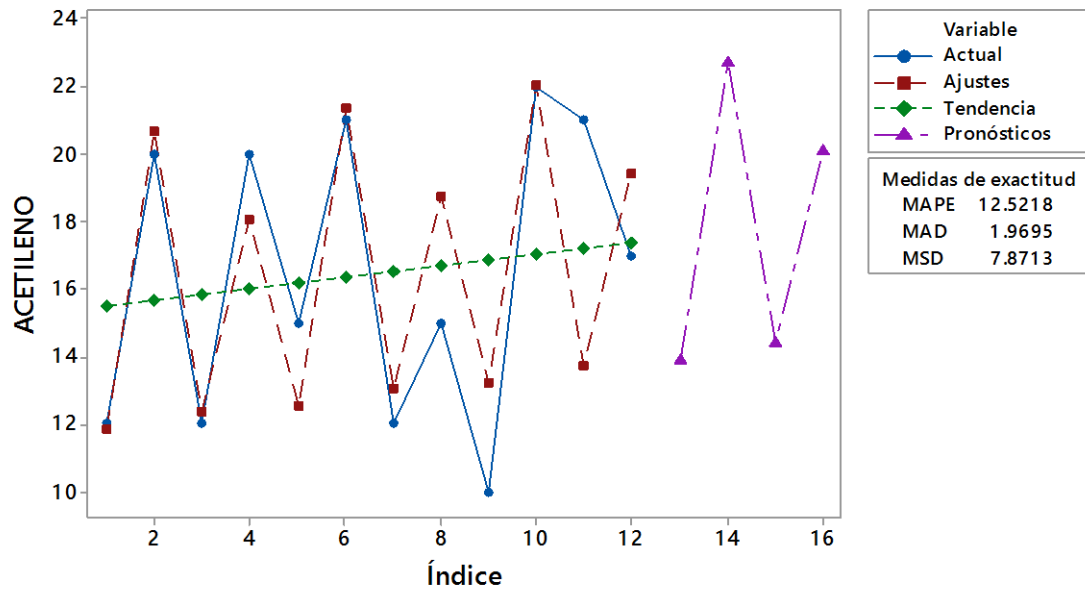


Figura 4.9 Grafica de descomposición del suministro “Acetileno” en Minitab 17

Fuente: Elaboración: propia

Asimismo el software Minitab 17 brinda la información numérica con respecto al pronóstico como se muestra a continuación:

Descomposición de series de tiempo para ACETILENO

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 15.30 + 0.172 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud	Pronósticos	
Período	Índice		Período	Pronóstico
1	-3.6250	MAPE 12.5218	13	13.9081
2	5.0000	MAD 1.9695	14	22.7049
3	-3.4375	MSD 7.8713	15	14.4392
4	2.0625		16	20.1109

Entonces, en base a los resultados del pronóstico, se puede indicar que para el producto “Acetileno” se tiene una proyección anual para el año 2015 de 71 kilos con un error MAPE de 12.52% en el pronóstico.

Los valores restantes de todos los suministros seleccionados para ser pronosticados son resumidos en la Tabla 4.9 y los resultados completos de este procedimiento se observan en el Anexo N°4.

Cabe señalar que en la Tabla 4.9 se observa que algunos productos tienen un error MAPE elevado. Esto puede explicarse por lo que no se cuenta con suficientes datos históricos para elaborar un pronóstico de manera correcta. Si se contara con más información, se podría aclarar algún nivel de tendencia o estacionalidad.

También hay que recordar que estos productos tienen un coeficiente de variación muy alto, así sea inferior al 80%. Esto dificulta la dificultad de pronóstico por no tener con una demanda estable.

A pesar de esto, los pronósticos obtenidos son muy semejantes en comparación con la demanda histórica (Véase Anexo N°5) por lo que los valores de la demanda anual pronosticada van a ser usados para la política de inventarios propuesta.

Tabla 4.9 Resultado de pronósticos en Minitab 17

Ítem	Producto	Método de Pronóstico	Cantidad Pronosticada 2015	U.M.	MAPE
1	Aceite Hidráulico 68	Descomposición	788	Gl	28.54%
2	Aceite Para Motor A Diésel 15w40	Holt Winters	449	Gl	22.96%
3	Oxigeno Industrial	Holt Winters	309	M3	27.89%
4	Soldadura Citotur 1000 3/16	Holt Winters	28	Kg	51.74%
5	Soldadura Supercito 5/32	Descomposición	33	Kg	30.91%
6	Acetileno	Descomposición	71	Kg	12.52%
7	Soldadura Supercito 1/8	Descomposición	163	Kg	19.12%
8	Trapo Industrial	Descomposición	274	Kg	23.06%
9	Soldadura Chamfercord 1/8	Holt Winters	118	Kg	21.62%
10	Filtro De Aire Af25135m (P532505)	Descomposición	7	Pz	39.14%
11	Uniforme En Tela Drill	Descomposición	23	Jgo	59.52%
12	Respirador 6200 O 7502 De 2 Vías	Descomposición	37	Pz	44.07%
13	Filtro De Aceite Lf3000	Descomposición	15	Pz	26.84%
14	Hoja De Sierra	Holt Winters	49	Pz	37.54%

15	Lentes Oscuros De Seguridad	Descomposición	188	Par	20.72%
16	Filtro Petróleo Ff42000	Descomposición	18	Pz	21.56%
17	Botines De Seguridad Punta De Acero	Holt Winters	41	Par	19.01%
18	Acete De Perforación	Descomposición	55	GI	46.91%
19	Grasa Roja NLGI 3	Descomposición	106	Kg	43.05%
20	Guantes De Operador	Descomposición	164	Par	42.74%
21	Filtro Separador De Agua 3261642	Descomposición	7	Pz	43.87%

Fuente: Elaboración: propia

4.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS ASOCIADOS AL MODELO EOQ

Para establecer que política de inventarios encajaría en cuanto a las necesidades de la empresa, se tiene que hallar los costos que demanda la teoría en el párrafo 2.5.

4.4.1 COSTO DE ALMACENAJE

Los costos de almacenaje se refieren al costo de mantener los suministros durante el periodo de tiempo que la empresa lo solicite. Para poder determinar este costo se va fragmentar en partes para poder examinarlo mejor. En referencia, se va a tomar la Tabla 4.10 de porcentajes relativos realizado por Ballou (2004) de los costos individuales que conforman el costo de almacenaje.

Tabla 4.10 Porcentajes Relativos de los Elementos del Costo de Almacenaje

Costos de interés y oportunidad	82.00%
Obsolescencia y depreciación física	14.00
Almacenamiento y manejo	3.25
Impuestos de propiedad	0.50
Seguros	0.25
Total	100.00%

Nota. Fuente: Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro (5a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Costo de Oportunidad:

El costo de oportunidad se ha fijado como la tasa de interés de los préstamos que tiene la empresa. Como la compañía cuenta con préstamos de diversos bancos, se decidió realizar un promedio de las tasas dando como resultado un solo valor de 10.14% anual.

Costo de Depreciación:

La ley N°29342 “Ley que establece un régimen especial de depreciación para edificios y construcciones” establece que la depreciación de las construcciones se deprecia a razón del 5% anual.

Costo de Operación

Este costo de operación o de manejo supone todo el gasto que se dirige a mantener y al uso de los almacenes. Se consideró el 10% del gasto anual de electricidad y el salario anual de medio tiempo de la persona encargada de limpieza. El total de estos gastos se dividió entre el inventario valorizado para obtener un costo de almacenamiento del 1.30% anual como se ve en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11 Cálculo del Costo de Operación

Costo de operación	Valor
Costo de servicios prorrateado	S/. 325.34
Personal de limpieza	S/. 5,250.00
Total	S/. 5,575.34
Inventario Valorizado	S/. 429,830.51
Costo de operación (%)	1.30%

Fuente: Elaboración propia.

Costo de impuesto de propiedad.

El costo del impuesto de propiedad o impuesto predial, se ha considerado según la alícuota del SAT⁴ dado las siguientes pautas:

- Hasta 15 UIT⁵ - 0.2%
- Más de 15 UIT y hasta 60 UIT - 0.6%
- Más de 60 UIT - 1.0%.

⁴ Servicio de Administración Tributaria (SAT) en Perú

⁵ Unidad Impositiva Tributaria (UIT) según la SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria) en Perú.

La base imponible del predio está considerado superior a los 60 UIT, por esto se considera la tasa del 1%.

Costo de Seguros

La empresa cuenta con un seguro particular contra incendio, robo y rotura de maquinaria asegurando el contenido del edificio y de los almacenes. La tasa de seguro es del 0,2% anual.

Con los costos identificados se realiza el cálculo final del costo de almacenamiento de un 17.64% anual. En la Tabla 4.12 se halló el costo de almacenamiento anual de S/. 75,809.65, multiplicando la tasa de almacenamiento por el inventario valorizado.

Tabla 4.12 Cálculo del Costo de Almacenamiento

Costo de Almacenamiento	Valor
Capital	10.14%
Depreciación	5%
Operación	1.30%
Impuestos	1%
Seguros	0.2%
Total (%)	17.64%
Inventario Promedio Valorizado	S/. 429,830.51
Costo Almacenamiento Anual	S/. 75,809.65

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 COSTO DE PREPARACIÓN O PEDIDO

Este costo implica el gasto al realizar una orden de compra y se considera como un costo fijo. Para obtener este costo se consideró los sueldos mensuales del personal del área de logística, los útiles de escritorio, celulares y los servicios

básicos como agua, electricidad e internet y teléfono. En la Tabla 4.13 se obtuvo el total de estos costos por S/.4245.64.

Para obtener el costo de pedido por unidad, se promediaron las órdenes de compra realizadas mensualmente, teniendo 144 órdenes y un promedio de 2 productos comprados por orden.

La suma del total de los costos se dividió entre la multiplicación de las ordenes por los suministros promedio, obteniendo un costo de pedido por unidad de S/. 14.74.

Tabla 4.13 Cálculo del Costo de Preparación o Pedido

Costo de Pedido	Valor
Sueldo de área logística	S/. 4,000.00
Útiles de escritorio	S/. 90.00
Costo de celular	S/. 66.25
Costos servicios básicos	S/. 89.39
Total	S/. 4,245.64
Promedio de órdenes de compra al mes	144
Promedio suministros por orden	2
Costo de Pedido / Unidad	S/. 14.74

Fuente: Elaboración propia.

4.5 PROPUESTA DE MODELO DE ABASTECIMIENTO

La aplicación del modelo de EOQ se va a determinar a través de un modelo probabilístico por lo que su demanda tiene este comportamiento. Como se vio en la teoría del párrafo 2.5, se tiene dos tipos de controles para inventarios con demanda probabilística: Revisión Continua Q y Revisión Periódica P. Se confrontara ambas políticas, aplicando un nivel de servicio de 95% por defecto en ambos casos.

4.5.1 SISTEMA Q DE REVISION CONTINUA

Para la explicación de este modelo se va a tomar el ejemplo que se usó para el pronóstico con el producto “Acetileno”.

Los datos que se necesitan son los siguientes:

- Demanda Anual (D) = 71 kilogramos
- Precio Unitario (C) = S/. 40.00
- Costo de almacenamiento por unidad (i) = 17.64%
- Costo de pedido (S) = S/. 14.74
- Tiempo de entrega (TE) = 2 días
- MAPE = 12.52%
- Nivel de servicio de 95% (z = 1.96)

- a) El primer paso que se realiza es determinar la cantidad optima de pedido (Q^*) a través de la ecuación 2.7:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 71 * 14.74}{40 * 17.64\%}} = 17 \text{ kilogramos}$$

- b) Después se calcula la tasa diaria de demanda (d) con la ecuación 2.15:

$$d = \frac{71}{365} = 0.19 \text{ kilogramos}$$

- c) Luego se halla el error estándar de pronostico (s_d) según la ecuación 2.18:

$$s_d = 12.52\% * 0.19 = 0.02 \text{ kilogramos}$$

- d) En seguida, se calcula la desviación estándar de la demanda (s'_d) con la ecuación 2.17:

$$s'_d = 0.02 * \sqrt{2} = 0.03 \text{ kilogramos}$$

- e) A continuación, se halla el inventario de seguridad para el modelo con la ecuación 2.16.

$$SS = 1.96 * 0.03 = 0.1 \text{ kilogramos}$$

- f) Posteriormente se calcula el punto de reorden (ROP) a través de la ecuación 2.19:

$$ROP = \frac{71}{365} * 2 + 1.96 * 0.03 = 0.5 \text{ kilogramos}$$

- g) Por último, se calcula el costo total de almacenamiento, de pedido y el inventario de seguridad. La suma de estos tres costos integran el costo total del inventario (CT) como se ve en la ecuación 2.20.

$$\text{Costo total almacenaje} = \frac{17}{2} * 40 * 17.64\% = 60.76 \text{ Nuevos Soles}$$

$$\text{Costo total de pedido} = \frac{71}{17} * 14.74 = 60.76 \text{ Nuevos Soles}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de inventario de seguridad} &= 17.64\% * 40 * 1.96 * 0.03 \\ &= 0.48 \text{ Nuevos Soles} \end{aligned}$$

$$\text{Costo total anual (CT)} = 121.99 \text{ Nuevos Soles}$$

La política de inventarios a través de un sistema de revisión continuo (Q) para el suministro “Acetileno” sería la siguiente:

- Cuando el nivel de inventario descienda a 0.45 kilogramos (ROP), se tiene que solicitar un pedido de 17 kilogramos (Q*). Esta política tiene un costo anual de S/. 121.99.

4.5.2 SISTEMA P DE REVISION PERIODICA

Igual que el párrafo anterior, se va a tomar el producto “Acetileno” como ejemplo. Los datos que se necesitan son los siguientes:

- Demanda Anual (D) = 71 kilogramos
 - Precio Unitario (C) = S/. 40.00
 - Costo de almacenamiento por unidad (i) = 17.64%
 - Costo de pedido (S) = S/. 14.74
 - Tiempo de entrega (TE) = 2 días
 - MAPE = 12.52%
 - Nivel de servicio de 95% ($z = 1.96$)
 - Cantidad Económica de Pedido (Q^*) = 17 kilogramos (tomado del párrafo 4.5.1)
 - Tasa de demanda diaria (d) = 0.19 (tomado del párrafo 4.5.1)
 - Error estándar de pronostico (s_d) = 0.02 (tomado del párrafo 4.5.1)
- a) Como el sistema de revisión periódica usa la misma cantidad de pedido Q^* , la tasa de demanda diaria d y el error estándar de pronostico s_d que el modelo de revisión continuo Q , se calcula el intervalo de revisión (T^*) con la ecuación 2.21:

$$T^* = \frac{17}{0.19} = 88 \text{ dias}$$

- b) Luego se va a calcular la desviación estándar de la demanda (s'_d) por la ecuación 2.22:

$$s'_d = 0.02 * \sqrt{2 + 88} = 0.23 \text{ kilogramos}$$

- c) Después se calcula el punto de Nivel Máximo (M^*)

$$M^* = \frac{71}{365} * (88 + 2) + (1.96 * 0.23) = 18$$

- d) Finalmente, se calcula el costo total de almacenamiento, de pedido y el inventario de seguridad según la ecuación 2.20. La suma de estos tres costos integran el costo total del inventario (CT).

$$\text{Costo total almacenaje} = \frac{17}{2} * 40 * 17.64\% = 60.76 \text{ Nuevos Soles}$$

$$\text{Costo total de pedido} = \frac{71}{17} * 14.74 = 60.76 \text{ Nuevos Soles}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de inventario de seguridad} &= 17.64\% * 40 * 1.96 * 0.23 \\ &= 3.20 \text{ Nuevos Soles} \end{aligned}$$

$$\text{Costo total del inventario (CT)} = 124.72 \text{ Nuevos Soles}$$

La política de inventarios a través de un sistema de revisión periódica (P) para el suministro “Acetileno” sería la siguiente:

- Cada 89 días se tiene que revisar el inventario y solicitar un pedido equivalente a la diferencia entre la cantidad disponible y el nivel máximo de 18 kilogramos. Esta política tiene un costo anual de S/. 124.72.

4.5.3 ELECCION DE SISTEMA DE INVENTARIO

El procedimiento descrito en el párrafo anterior se realizó para todos los productos (véase Anexo N°6). Como se ve en la Tabla 4.14, con la política de revisión periódica *P* los costos de los productos son más elevados que con la política de revisión continua *Q*.

Tabla 4.14 Comparación de Costos de Políticas de Inventario

Suministros	Sistema Q	Sistema P
Aceite Hidráulico 68	S/. 344.53	S/. 370.48
Aceite Para Motor A Diésel 15W40	S/. 297.94	S/. 315.19
Oxigeno Industrial	S/. 154.30	S/. 162.71
Soldadura Citodur 1000 3/16	S/. 98.81	S/. 106.19
Soldadura Supercito 5/32	S/. 42.11	S/. 43.53
Acetileno	S/. 121.99	S/. 124.72
Soldadura Supercito 1/8	S/. 94.46	S/. 97.26
Trapo Industrial	S/. 89.07	S/. 92.26
Soldadura Chamfercord 1/8	S/. 101.98	S/. 105.51
Filtro de Aire AF25135M	S/. 44.16	S/. 46.05
Uniforme en Tela Drill	S/. 71.25	S/. 77.02
Respirador 6200 O 7502 de 2 Vías	S/. 22.85	S/. 23.70
Filtro de Aceite LF3000	S/. 75.27	S/. 78.05
Hoja de Sierra	S/. 32.94	S/. 34.21
Lentes Oscuros de Seguridad	S/. 60.00	S/. 61.63
Filtro Petróleo FF42000	S/. 42.32	S/. 43.31
Botines de Seguridad Punta de Acero	S/. 96.53	S/. 99.49
Aceite de Perforación	S/. 109.44	S/. 118.08
Grasa Roja NLGI 3	S/. 83.26	S/. 88.64
Guantes de Operador	S/. 76.04	S/. 80.74
Filtro Separador de Agua 3261642	S/. 73.92	S/. 78.22
Costo Total del Inventario	S/. 2,133.17	S/. 2,246.99

Fuente: Elaboración propia.

Basándonos en los resultados del costo total anual, podemos elegir a simple vista que el sistema de revisión continua es el indicado a elegir. Para sustentar la respuesta se decidió realizar una comparación de ambos sistemas usando diferentes niveles de servicio, siendo de 80% ($z=1.28$), 85% ($z=1.44$), 90% ($z=1.64$), 95% ($z=1.96$) y 98% ($z=2.33$).

Apreciando la Figura 4.10, se observa que el costo total del inventario del sistema Q no implica una gran diferencia entre un 80% a 98% de nivel de servicio, siendo un total de S/.14. En cambio, en el sistema P, los costos varían hasta en S/.75 entre un nivel de servicio de 80% a un nivel de servicio de 98%.

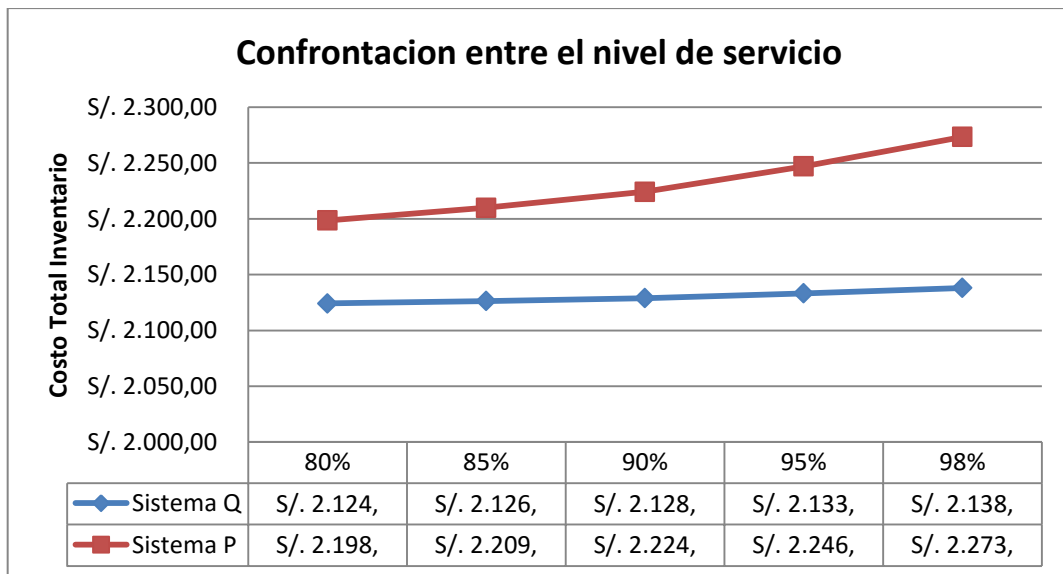


Figura 4.10 Confrontación entre el Nivel de Servicio entre el Sistema Q y P

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la diferencia entre los costos totales del sistema P y el sistema Q es de S/. 74.33 a un nivel de servicio de 80%, S/. 83.62 a 85%, S/.95.24 a 90%, S/. 113.82 a 95% y S/. 135.31 a 98%.

Entonces, se elige implementar el sistema Q, por la poca volatilidad que tiene en cuanto a la variación del nivel de servicio y porque tiene un costo total menor a comparación del sistema P. Además que es un sistema más dinámico y simple de implementar que le favorece al área por el hecho que solo cuentan con dos personas.

4.6 COMPARACION DE POLITICAS DE INVENTARIO ACTUAL Y PROPUESTO.

4.6.1 COMPARACION DEL COSTO DE INVENTARIO TOTAL

En el acápite 3.2.1 se habló sobre el modelo de abastecimiento actual, donde se aclara que se realizan ordenes sin planificación y cada vez que se agota el stock. Aunque los costos de almacenamiento son más bajos que la política propuesta, los costos de pedido son mucho más altos lo que aumenta el costo total. (Véase el Anexo N°7). En la Tabla 4.15 se aprecia que la política de revisión periódica Q en contraste con el modelo actual cuenta con un ahorro del 46.53%. Con esta política se ha reducido casi a la mitad los costos anuales de inventario.

Tabla 4.15 Comparación del Costo Total Anual Entre la Política Actual y Propuesta

Suministros	Sistema Q	Sistema Actual
Aceite Hidráulico 68	S/. 344.53	S/. 556.82
Aceite Para Motor A Diésel 15W40	S/. 297.94	S/. 396.63
Oxigeno Industrial	S/. 154.30	S/. 438.90
Soldadura Citodur 1000 3/16	S/. 98.81	S/. 206.72
Soldadura Supercito 5/32	S/. 42.11	S/. 181.02
Acetileno	S/. 121.99	S/. 172.42
Soldadura Supercito 1/8	S/. 94.46	S/. 129.60
Trapo Industrial	S/. 89.07	S/. 214.27
Soldadura Chamfercord 1/8	S/. 101.98	S/. 110.71
Filtro de Aire AF25135M	S/. 44.16	S/. 140.02
Uniforme en Tela Drill	S/. 71.25	S/. 129.93
Respirador 6200 O 7502 de 2 Vías	S/. 22.85	S/. 63.72
Filtro de Aceite LF3000	S/. 75.27	S/. 115.06
Hoja de Sierra	S/. 32.94	S/. 207.50
Lentes Oscuros de Seguridad	S/. 60.00	S/. 195.80

Filtro Petróleo FF42000	S/.	42.32	S/.	92.97
Botines de Seguridad Punta de Acero	S/.	96.53	S/.	176.21
Aceite de Perforación	S/.	109.44	S/.	95.42
Grasa Roja NLGI 3	S/.	83.26	S/.	108.82
Guantes de Operador	S/.	76.04	S/.	169.51
Filtro Separador de Agua 3261642	S/.	73.92	S/.	87.79
Costo Total del Inventario	S/.	2,133.17	S/.	3,989.83
Ahorro en Comparación	S/.	1,856.66		
Ahorro (%)		46.53%		

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2 FRECUENCIA DE PEDIDO

En la Tabla 4.16 se hizo comparación de la frecuencia de pedido actual y propuesta y se observa que las órdenes de compra se reducen en un 69.77% en comparación al modelo actual. Esto indica que el tiempo dedicado a estas tareas puede ser reestablecido para realizar otras tareas. Al mismo tiempo, se genera más orden y mejor coordinación con el proveedor. Si es que el proveedor puede suministrar más de una variedad de artículos.

Tabla 4.16 Comparación de la Frecuencia de Pedidos según Órdenes de Compra entre la Política Actual y Propuesta

Suministros	Sistema Q	Sistema Actual
Aceite Hidráulico 68	11	33
Aceite Para Motor A Diésel 15W40	10	23
Oxigeno Industrial	5	29
Soldadura Citodur 1000 3/16	3	12
Soldadura Supercito 5/32	1	11
Acetileno	4	10
Soldadura Supercito 1/8	3	7
Trapo Industrial	3	14

Soldadura Chamfercord 1/8	3	6
Filtro de Aire AF25135M	1	9
Uniforme en Tela Drill	2	8
Respirador 6200 O 7502 de 2 Vías	1	4
Filtro de Aceite LF3000	3	7
Hoja de Sierra	1	14
Lentes Oscuros de Seguridad	2	13
Filtro Petróleo FF42000	1	6
Botines de Seguridad Punta de Acero	3	11
Aceite de Perforación	4	4
Grasa Roja NLGI 3	3	3
Guantes de Operador	3	11
Filtro Separador de Agua 3261642	2	3
Total de ordenes realizadas	72	238
Disminución (%)	69.77%	

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3 CANTIDAD DE PEDIDO

El sistema actual de inventarios no cuenta en general con una cantidad fija de pedidos por lo que son realizados en base al criterio de los trabajadores. Con la nueva política de revisión periódica, se ha fijado una cantidad económica de pedido (EOQ) como se ve en la Tabla 4.17. Igualmente se estableció el punto de reorden (ROP) para cada producto. Se recuerda que el sistema de revisión continua establece pedir el EOQ una vez que se llegue al nivel del ROP.

Tabla 4.17 Cantidad Económica de Pedido (EOQ) y Punto de Reorden (ROP) para los Suministros Seleccionados

Suministros	EOQ	ROP	Unidades
Aceite Hidráulico 68	69	6	Gl
Aceite Para Motor A Diésel 15W40	45	3.2	Gl
Oxigeno Industrial	60	2.3	M3
Soldadura Citodur 1000 3/16	9	0.7	Kg
Soldadura Supercito 5/32	23	0.4	Kg
Acetileno	17	0.5	Kg
Soldadura Supercito 1/8	51	1.6	Kg
Trapo Industrial	91	2	Pz
Soldadura Chamfercord 1/8	34	1.2	Kg
Filtro de Aire AF25135M	5	0	Pz
Uniforme en Tela Drill	10	0	Jgo
Respirador 6200 O 7502 de 2 Vías	48	0	Pz
Filtro de Aceite LF3000	6	0	Pz
Hoja de Sierra	44	0	Pz
Lentes Oscuros de Seguridad	93	1	Pz
Filtro Petróleo FF42000	13	0	Pz
Botines de Seguridad Punta de Acero	13	0	Par
Aceite de Perforación	15	0.5	Gl
Grasa Roja NLGI 3	38	0.9	Kg
Guantes de Operador	64	1	Par
Filtro Separador de Agua 3261642	3	0	Pz

Fuente: Elaboración propia.

4.7 DISEÑO DE UN MODELO DE ABASTECIMIENTO

Antes de establecer las políticas de abastecimiento de la empresa, se tiene que tomar antes ciertas pautas:

- a) Primero, se debe registrar todos los ingresos y salidas del almacén en el software logístico el mismo día que se realiza. Los ingresos y/o salidas en el momento que no corresponden llevan a un mal cálculo de la demanda y conlleva a realizar regularizaciones.
- b) Designar las funciones de compra y registro de suministros a una sola persona para evitar la duplicidad de datos. Igualmente controlar que todas las compras realizadas lleguen a esta persona para evitar la pérdida de información.
- c) Realizar un análisis ABC multicriterio de manera anual para verificar la frecuencia, criticidad y/o cualquier otro criterio que se vea por conveniente implementar.
- d) Tener una lista de proveedores para cada familia de productos, por ejemplo: filtros, aceites, EPP⁶, etc. y evaluarlos de manera continua. En el Anexo N°8 se propone una metodología para selección y evaluación de proveedores.

Con la implementación de las pautas generales mencionadas líneas arriba, se presenta la política de inventarios en base a los resultados obtenidos en este estudio. La propuesta se va a clasificar según los resultados del análisis ABC multicriterio:

- **Grupo A1:** Este es el grupo de suministros con mayor relevancia con un 67.42% del valor del inventario total, por lo que se propone:
 - Analizar el comportamiento de la demanda y proyectarla de forma trimestral. Con el paso del tiempo se tendrá una base de datos más fiable para aplicar un mejor pronóstico. En este caso el pronóstico tiene que ser de manera individual.

⁶ Equipos de Protección Personal

- Determinar un tiempo de entrega bajo para cada producto tomando el promedio de este tiempo de los diversos proveedores.
- Aplicar el sistema de revisión continua (Q) con un nivel de servicio de 95% y adecuarlo a una frecuencia de revisión mensual.
- Usar los indicadores logísticos para comprobar la eficacia del sistema. Se propone usar los siguientes indicadores descritos en el párrafo 2.6:

Rotación de inventarios: se propone el uso de este indicador de manera mensual para revisar el promedio de uso del suministro en comparación del inventario promedio. Para poner en práctica este indicador, se recomienda registrar los inventarios promedios de manera mensual de todos los suministros, ya que esta acción no se realiza en la empresa.

Vejez del inventario: se recomienda este indicador para determinar el porcentaje de objetos obsoletos para cada suministro. De esta manera se puede determinar si la cantidad de pedido único debe recibir una modificación.

Rotura de stock: este indicador es el más recomendado a usar, debido a que la empresa cuenta con roturas de stock de manera constante (Véase acápite 3.2.2). Con el registro de las veces que se quedan sin stock, se podrá calcular cuánto es el gasto que se genera y aumentarlo al costo total de inventarios para su posterior evaluación.

- **Grupo A2:** Este grupo representa un 20.38% del valor total del inventario siendo un porcentaje alto en comparación al resto de productos. Se formula el mismo sistema de revisión que el grupo A1, pero bajando el nivel de servicio al 90%

- **Grupo A3:** Representando el 12.20% del inventario, se plantea usar la misma política de inventario que el grupo A1, reduciendo el nivel de servicio a un 85%.
- **Grupo B:** Los suministros que conforman este grupo son en su mayoría repuestos para reparaciones específicas. No se programa un sistema de pedido en lote debido a que la frecuencia de compra anual es muy baja. Pero este grupo se caracteriza por usarse en tareas críticas y tener un valor de compra medio.

Por lo expuesto, se propone usar el indicador de rotación de inventarios presentado en el párrafo 2.6. De esta manera se clasificaría los artículos de mayor a menor rotación y prestar más atención a los más frecuentes para programar su compra. Cabe recalcar que se debe realizar una valorización del inventario de manera mensual para poner en uso este indicador.

- **Grupo C:** Los productos de este grupo son destinados a reparaciones muy específicas, donde puede pasar meses hasta años para volver a solicitarlos. Asimismo su criticidad y valor económico son bajos. La política que le conviene a este grupo es de abastecimiento por solicitud. Si el producto se agota, no se tiene que volver a comprar hasta que sea demandado. Asegurarse que la compra sea al mejor precio y con el menor tiempo de entrega posible.

4.8 INVERSION NECESARIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

Con el sistema de abastecimiento definido, el último paso es determinar cuánto va a costar la implementación de este modelo. La inversión que se va a requerir va a ser menor, por lo que no se va a ampliar ningún almacén ni contratar personal nuevo, ya que el software es amigable con el usuario.

Estos costos comprenden la compra del software del Minitab 17, el cual esta S/. 5094,27, y se considera una capacitación al área logística por un mes. En este periodo será suficiente para establecer un modelo ABC del inventario, enseñar el uso del software de pronósticos al personal y poner en práctica el sistema de abastecimiento.

En cuanto a la utilidad generada del proyecto, se considerara el ahorro del sistema de inventario propuesto menos el actual. Como se vio en el estudio, el ahorro se encontró solo con 21 productos. Como se propone usar este sistema en todo el grupo A, el ahorro tiene que proyectarse para el total del grupo, el cual es un poco más del doble. Por esto, se considerara una utilidad del 2do año de S/. 3713, 32, con un aumento del 5% para el próximo año por el afinamiento del uso del sistema.

Tabla 4.18 Flujo de Caja de la Implementación del Sistema de Abastecimiento

	Año 0	Año 1	Año 2
Ahorro del sistema	S/. 1.856,66	S/. 3.713,32	S/. 3.898,99
Inversión			
Software Minitab 17 Profesional	S/. 5.094,27		
Capacitación del área logística	S/. 2.000,00		
Efectivo final	-S/. 5.237,61	S/. 3.713,32	S/. 3.898,99

Fuente: Elaboración propia.

Se usó la misma tasa de costo de capital del costo de almacenamiento para calcular el VAN, el cual da un resultado de S/. 1347,96 y un valor del TIR de 29%.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación ha juntado varias herramientas para la mejora del sistema de almacenamiento de una empresa que maneja varios suministros repartidos en diversos almacenes. Acto continuo, se presentara las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

5.1 CONCLUSIONES

Con la presente investigación, se investigó y propuso un sistema de abastecimiento ideal a las necesidades de la empresa. Las conclusiones obtenidas de este análisis son las siguientes:

- La indagación de las herramientas logísticas como el Análisis ABC Multicriterio, Pronósticos y EOQ aportaron una visión más amplia al momento de elaborar un sistema de abastecimiento, facilitando la propuesta.

- A través del diagnóstico del sistema logístico, se determinaron que la cantidad a pedir, la frecuencia de pedido y el costo del inventario, son los asuntos críticos a estudiar y mejorar para poder tener un sistema de abastecimiento adecuado.
- El Análisis ABC Multicriterio dio a conocer los productos de mayor valor del inventario. Se clasificaron en tres grupos, de los cuales el grupo A, un 16.32%, controla el 84.60% del valor del inventario valorizado. En una segunda clasificación del Análisis ABC, se obtuvo que el grupo A1, un 4.13% de los suministros totales, representa el 67.42% del valor total del inventario. Este grupo A1, es el cual se debe enfocar la mayor atención al momento de diseñar el sistema de inventarios.
- El análisis de la demanda dio a conocer que el grupo de suministros a estudio siguen una demanda probabilista, siguiendo una distribución normal de datos. De ese modo se aplicaron los pronósticos de descomposición estacional y el método de Holt Winters, teniendo resultados asertivos de la demanda para el año 2015.
- Aplicando el modelo de EOQ, se consiguió una cantidad fija de pedidos y frecuencia para cada suministro del grupo estudiado. El modelo también dio a conocer los costos que integran el costo de inventario total. Con la información obtenida del modelo, se propuso el sistema de abastecimiento continuo Q. Con este modelo se reduce en un 46.53% el costo total de inventarios. También se redujo la frecuencia de órdenes de compra anual en un 69.77%

En definitiva, se ha logrado mejorar el sistema de abastecimiento con una clasificación de suministros, pronósticos acertados y un sistema de abastecimiento que permite reducir costos, establecer un calendario de compras y fijar una cantidad económica de pedido.

5.2 RECOMENDACIONES

En este punto, se proponen ciertos consejos para la empresa:

- La capacitación es de la implementación del análisis ABC multicriterio, el uso del software de pronóstico y del sistema de abastecimiento por revisión continua Q deberían ser instruidas por un asesor externo con especialización en cadena de suministros.
- Para poder aprovechar al máximo el sistema de abastecimiento propuesto, se recomienda recibir capacitaciones frecuentes del software Minitab 17, igualmente que el uso del programa de Microsoft Excel para realizar el Análisis ABC Multicriterio y el sistema EOQ.
- Se propone una reunión con los proveedores para poder acceder a un precio más bajo por comprar en lote y también establecer tiempos de entrega uniforme. Para mejorar el rendimiento de los proveedores se propone seguir el procedimiento de selección y evaluación de proveedores del Anexo N°7.
- Se sugiere evaluar el nivel de servicio conforme a las necesidades de la empresa en un futuro. Se recuerda que mientras mayor sea el nivel de servicio, mayor va a ser las existencias de seguridad y viceversa.
- Los registros del nivel del inventario al final de cada mes brindaran un mejor control de datos para calcular los indicadores de gestión logística. Igualmente el registro de los faltantes, proporcionara un cálculo más exacto del costo total del inventario.

REFERENCIAS

LIBROS:

(1995). *Compras e Inventarios*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

Alea, V., Guillen, M., Muñoz, C., Torrelles, Elizabeth y Viladomiu, Núria. (2000). *Estadística con SPSS v.10.0*. Barcelona, España: Ediciones de la Universidad de Barcelona.

Anaya, J. J. (2011). *Logística integral: la gestión operativa de la empresa*. (4ª.ed.) Madrid, España: ESIC.

Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (5a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Dos Santos, M. (2001). *Estadística Básica: un enfoque no paramétrico*. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Hanke, J. y Wichern, D. (2010). *Pronósticos en los Negocios* (9a. Ed.). México D.F., México: Pearson Education

Heizer, J y Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. (5a. Ed.). México D.F., México: Pearson Education

Icart, M., Fuentelsaz, C., y Pulpón, A. (2006). *Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina*. Barcelona, España: Publicacions I Edicions de la Universitat Barcelona.

Kontis y Vrysagotis (2011). "A literature review of multi-criteria approaches based on DEA," *Advances in Management and Applied Economics*.

Krajewski, L. J. y Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones: Estrategias y análisis* (5a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Levine, D., Berenson, M., y Krehbiel, T. (2006). *Estadística para administración*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Moya, M. (1999). *Investigación de Operaciones: Control de inventarios y teoría de colas*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Müller, M. (2004). *Fundamentos de Administración de Inventario*. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Norma

Pau i Cos, J. y Navascués, R. (2001). *Manual de logística integral*. Madrid, España: Díaz de Santos.

Render, B., Stair, R. y Hanna, M. (2006). *Métodos cuantitativos para los negocios* (9a. Ed.). México D.F., México: Pearson Education

Serra de la Figuerola, D. (2005). *La logística empresarial en el nuevo milenio*. Barcelona, España: Ediciones Gestión 2000.

Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones* (7a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Vicens, E., Ortiz, A y Guarch, J.J. (1997). *Métodos Cuantitativos volumen I*. Valencia, España: Servicio de Publicaciones.

Yaffee, R y McGee, M. (2000). *Introducción al Análisis de series y de Predicción. Con aplicaciones de SAS y SPS*. E.E.U.U: Academic Press.

ARTÍCULOS:

Castro, C., Castro, J. y Vélez, M. (2011). *Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos*. ITECKNE. Volumen 8, número 2, diciembre 2011, páginas 163-170.

Flores, B., Olson, D. y Dorai, V. (1992). *Administración de Clasificación de Inventarios Multicriterio*. Mathematical and Computer Modelling. Volumen 16, número 12, diciembre 1992, páginas 71–82.

Jeddou, M. (2014). *Clasificación de Inventarios ABC Multicriterio – Un caso de Artículos de Recambio de Vehículos*. Journal of Advanced Management Science. Volumen 2, número 3, septiembre 2014, páginas.181-18.

TESIS:

Ballesteros, R. (2014). *Diseño de un modelo de control de inventarios de materia prima y producto terminado en la empresa E.P.I. S.A.S*. Santiago de Cali, Colombia. Universidad Autónoma de Occidente.

Gonzales, J. y Gonzales, D. (2010). *Análisis de una cantidad económica de pedido e inventario de punto de reorden. Modelo de Control para la Compañía XYZ*. San Luis Obispo, E.E.U.U. Universidad Estatal Politécnica de California.

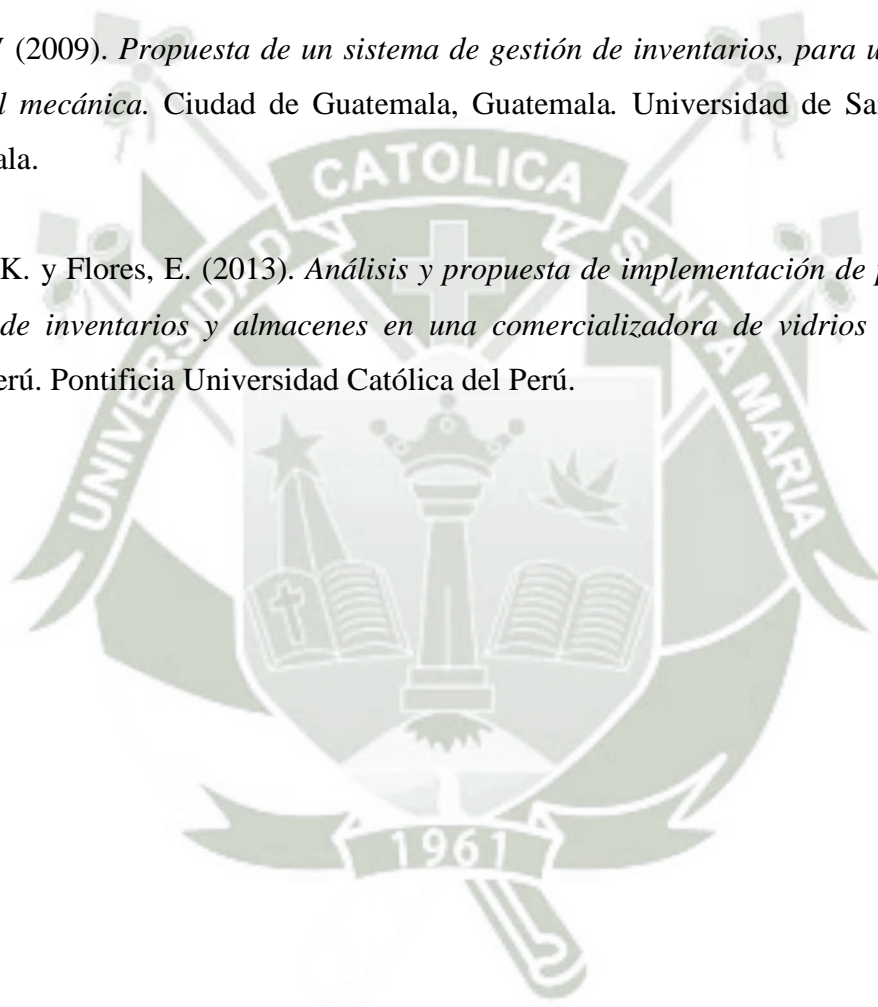
López, J. (2013). *Análisis y propuesta de mejora del ciclo de almacenamiento de materiales de una empresa de consumo masivo mediante el uso de tecnologías de información y comunicación*. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Mongua, P. y Sandoval, H. (2009). *Propuesta de un modelo de inventario para la mejora del ciclo logístico de una distribuidora de confites ubicada en la ciudad de Barcelona, estado Anzoátegui*. Barcelona, España. Universidad de Oriente.

Parraga, J. (2011). *Investigación, análisis y propuestas de políticas de planeamiento y control de inventarios para el sector comercial de productos siderúrgico*. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Pierri, V (2009). *Propuesta de un sistema de gestión de inventarios, para una empresa de metal mecánica*. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ramos, K. y Flores, E. (2013). *Análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora de vidrios y aluminio*. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.



ANEXOS

Anexo N° 1: Clasificación ABC Multicriterio

Ítem	Producto	Unidad	Demanda Anual	Valor Crítico	Frecuencia de Compra	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Puntaje Total
1	Abrazadera 1"	Pieza	S/. 22.00	1	1	0.00039	0.00000	0.00000	0.00019
2	Abrazadera 144 - 154 mm	Pieza	S/. 48.00	1	2	0.00088	0.00000	0.03125	0.01018
3	Abrazadera 52 - 57	Pieza	S/. 29.97	1	2	0.00054	0.00000	0.03125	0.01001
4	Abrazadera 67 - 72	Pieza	S/. 15.10	1	1	0.00026	0.00000	0.00000	0.00013
...
426	Guía (Zapatito) 1844395	Pieza	S/. 2,689.46	3	3	0.05042	0.66667	0.06250	0.17597
427	Guía de Válvula Escape 3904409	Pieza	S/. 32.13	1	1	0.00058	0.00000	0.00000	0.00028
428	Guía de Válvula Adm. 3904408	Pieza	S/. 33.49	1	1	0.00061	0.00000	0.00000	0.00030
...
782	Protector Auditivo Para Casco	Pieza	S/. 1,110.52	2	7	0.02081	0.33333	0.18750	0.13456
783	Protector De Oído 3m	Pieza	S/. 134.17	2	1	0.00249	0.33333	0.00000	0.06710
784	Pulsador Eléctrico S/M S/C	Pieza	S/. 34.93	1	1	0.00063	0.00000	0.00000	0.00031
785	Pump, Primer 2651355345	Pieza	S/. 1,377.19	2	1	0.02581	0.33333	0.00000	0.07853
...
1113	Wincha De 3 Mts	Pieza	S/. 2.54	1	2	0.00003	0.00000	0.03125	0.00976
1114	Wincha De 50 Mts	Pieza	S/. 105.08	1	1	0.00230	0.00000	0.00000	0.00113
1115	Wiper Press 70 X 84 X 8 186466	Pieza	S/. 67.80	1	1	0.00148	0.00000	0.00000	0.00073

Anexo N°2: Suministros del grupo A.

Ítem	Producto	Puntaje Total	Valor	Clasificación
1	Aceite Hidráulico 68	0.79174853	S/. 30,682.27	A1
2	Barra T45 X 3660 Mm	0.68809524	S/. 53,321.60	
3	Broca Retráctil T45 X 3 1/2"	0.58549088	S/. 32,630.80	
4	Aceite Para Motor A Diésel 15w40	0.57300678	S/. 17,498.65	
5	Oxigeno Industrial Praxair	0.51081644	S/. 4,380.16	
6	Broca Retráctil T45 X 3"	0.40658117	S/. 18,479.32	
7	Soldadura Citodur 1000 3/16	0.34832361	S/. 4,728.75	
8	Grasa Multipropósito S2 V220 2	0.33890927	S/. 7,943.76	
9	Soldadura Supercito 5/32	0.32030612	S/. 2,742.54	
10	Acetileno	0.31572376	S/. 3,304.00	
11	Soldadura Supercito 1/8	0.27855815	S/. 2,442.51	
12	Trapo Industrial	0.27190325	S/. 1,462.91	
13	Soldadura Chamfercord 1/8	0.26257903	S/. 1,765.01	
14	Rodaje 6204	0.2579636	S/. 1,810.59	
15	Thinner Acrílico S/M	0.25664661	S/. 607.81	
16	Filtro 2091 O 2097 Contra Polvo	0.24060472	S/. 1,239.24	
17	Juego De Filtros De Aire ZI50g	0.23496742	S/. 2,745.62	
18	Filtro De Aire Af25135m (P532505) (Rs3510)	0.21775319	S/. 874.24	
19	Uniforme En Tela Drill	0.21163392	S/. 1,268.62	
20	Respirador 6200 O 7502 De 2 Vías	0.20873245	S/. 251.69	
21	Disco De Corte	0.2034919	S/. 127.35	
22	Filtro De Aceite Lf3000	0.20032004	S/. 1,098.28	
23	Aceite De Transmisión Mecánica Sae 30	0.19731435	S/. 5,009.99	
24	Hoja De Sierra	0.19450642	S/. 210.13	
25	Lentes Oscuros De Seguridad	0.18942115	S/. 716.92	
26	Filtro Petróleo Ff42000	0.18377212	S/. 358.95	
27	Soldadura Citofonte 1/8"	0.18307842	S/. 283.53	
28	Botines De Seguridad Punta De Acero	0.18213224	S/. 2,043.76	
29	Aceite De Perforación	0.17869499	S/. 1,926.23	
30	Guía (Zapatito) 1844395	0.1759686	S/. 2,689.46	
31	Grasa Roja Nlgi 3	0.17477412	S/. 2,559.60	
32	Guantes De Operador	0.17317865	S/. 1,070.40	

33	Shank Yh80 Con 6 Aletas T45	0.17026457	S/. 11,349.75		
34	Filtro Separador De Agua 3261642	0.16710713	S/. 1,726.11		
35	Aceite De Compresor Corena S3 R46	0.16533643	S/. 1,533.62		
36	Perno De Cuchilla D8r 4j9058	0.16363104	S/. 1,348.22		
37	Aceite De Transmisión Mecánica 80w90	0.16340326	S/. 1,323.46		
38	Aceite Para Motor A Diésel 25w50	0.15931445	S/. 2,998.19		
39	Soldadura Supercito 3/16	0.15818878	S/. 756.58		
40	Perno De Zapata 6v1723	0.15408014	S/. 2,429.16		
41	Soldadura Supercito 1/4	0.14982848	S/. 907.34		
42	Soldadura Cellocord 1/8	0.14617431	S/. 510.09		
43	Chuck 6 Aletas	0.14165557	S/. 7,180.01		
44	Batería At-23	0.13640208	S/. 3,430.05		
45	Protector Auditivo Para Casco	0.13455961	S/. 1,110.52		
46	Soldadura Chamfercord 5/32	0.13442202	S/. 292.09		
47	Mameluco Azul Drill	0.12703403	S/. 292.40		A2
48	Anti Jam Switch 2651612372	0.1257633	S/. 5,452.33		
49	Barra De Calzar Zapata E0922	0.12202724	S/. 6,105.79		
50	Llanta 265/70r16	0.11891371	S/. 3,648.09		
51	Waype De Color	0.11863892	S/. 439.37		
52	Circulina Alta Ámbar	0.11579988	S/. 2,249.97		
53	Disco De Desbaste De 7	0.11577119	S/. 127.62		
54	Filtro De Aire Af25437	0.11547041	S/. 1,154.53		
55	Filtro De Aire Af25523	0.11279256	S/. 863.42		
56	Punta Tip De Ripper En Acero 9w2452	0.11223994	S/. 803.34		
57	Filtro De Aire Af418	0.1085946	S/. 407.05		
58	Filtro Separador Fs1280	0.10770687	S/. 310.55		
59	Rodaje De Bolas 6208 (6h3957)	0.1073827	S/. 275.31		
60	Filtro De Aire Af1839 (Af2896)	0.10728143	S/. 264.30		
61	Auxiliar De Arranque Éter	0.10705804	S/. 240.01		
62	Filtro De Aire Af490m (P119374)	0.10700464	S/. 234.21		
63	Filtro De Aceite Lf3335	0.10623695	S/. 150.75		
64	Llanta 12.00-20	0.10398147	S/. 4,144.01		
65	Batería At-17	0.10329367	S/. 1,950.01		
66	Filtro De Aire Primario (P532966) Af25667	0.1016581	S/. 712.59		
67	Chaleco De Seguridad En Drill Bordado	0.10132325	S/. 676.19		
68	Filtro De Combustible Toyota 2339001041	0.10041527	S/. 577.48		

69	Filtro De Aire Af1830	0.10033683	S/. 568.95
70	Ropa Protectora Tivex	0.09856188	S/. 376.00
71	Alineador Espiga 8300801 1004904	0.09853829	S/. 3,552.27
72	Kit Cilindro Lk1654262	0.09751558	S/. 3,441.09
73	Respirador 3m 8210	0.09741848	S/. 2,012.81
74	Engrasadoras De Mano Truper	0.09717328	S/. 225.04
75	Rodaje Nsk 6004 2rs/C3	0.09703423	S/. 209.92
76	Grasa Delo Ep Nlgi 2 Pqt 4 X Caj 10 X 14 Oz	0.09694371	S/. 200.08
77	Filtro De Aceite Lf691a	0.09690691	S/. 196.08
78	Bomba De Agua 3806180	0.096859	S/. 190.87
79	Filtro De Petróleo Ff185	0.09670126	S/. 173.72
80	Mameluco Drill Anaranjado	0.09634196	S/. 1,194.28
81	Lentes Claros De Seguridad	0.09599937	S/. 97.42
82	Filtro De Aceite Lf16108 (Af359371)	0.09552143	S/. 45.46
83	Cap Liner Camisa De Tapa 8300801 1007011	0.09321528	S/. 2,973.60
84	Filtro Colector De Polvo 3890020 - 00007001	0.09250734	S/. 1,837.02
85	Fierro Corrugado De 1/2 X 6 Mts	0.09221207	S/. 745.31
86	Filtro De Aire Af25136	0.09104809	S/. 618.77
87	Manguera Hidráulica R2 3/8 Jic 6	0.09047264	S/. 300.07
88	Tablero Eléctrico Arranque	0.09007304	S/. 2,632.00
89	Guantes De Cuero Reforzados	0.08963773	S/. 465.45
90	Variador De Velocidad 55 Km 380 Voltios	0.08930805	S/. 9,710.00
91	Alambre 8	0.0888308	S/. 121.59
92	Filtro De Aire Af25565 (Af26391)	0.08860868	S/. 353.58
93	Botines De Seguridad Dieléctrico	0.08817922	S/. 306.89
94	Seguro De Pin 8e5559	0.08809152	S/. 297.36
95	Cuchilla Lateral 6y5540	0.08774466	S/. 2,378.88
96	Filtro De Aceite Don P553771	0.08752762	S/. 236.06
97	Filtro Hidráulico Hf6376	0.08748285	S/. 231.19
98	Filtro De Aire P145702	0.08735175	S/. 216.94
99	Casco Tipo Rache	0.08706773	S/. 186.06
100	Grasa Nlgi 2 Balde X 35 Lb	0.08705432	S/. 2,303.83
101	Filtro De Aceite Lf4054	0.08654759	S/. 129.52
102	Filtro Separador Agua Fs20102 (Fs20103)	0.08604394	S/. 74.76
103	Filtro De Petróleo Ff5040	0.08593701	S/. 63.14
104	Bushing Buje 8300804 7001605	0.08592112	S/. 2,180.64

105	Punta Excavadora 9n4453	0.08592112	S/. 2,180.64
106	Filtro Aceite Lf699	0.08588504	S/. 57.49
107	Guantes De Cuero Para Soldador	0.08574697	S/. 42.48
108	Corredera De Martillo Yh80a	0.08559525	S/. 1,085.60
109	Filtro Transmisión Hf6341	0.08514065	S/. 1,036.18
110	Llanta 195/65r15 91t 350 Pcr	0.0848083	S/. 1,000.05
111	Radiador 21 1/4 X 28 1/2 4 Filas Para Exc. Pingon	0.08431466	S/. 2,006.00
112	Shang Bushing Bocina Espiga 8300801 1004604	0.08389568	S/. 1,960.45
113	Capuchón (D8c3-1118000-03)	0.08300755	S/. 804.29
114	Cuchilla Central 1" 4t6381	0.08288188	S/. 1,850.24
115	Filtro De Aire Af4567	0.08186515	S/. 680.10
116	Bomba De Agua 4309418 3973114	0.08181895	S/. 675.07
117	Filtro De Aire Af1828	0.08098043	S/. 583.92
118	Filtro De Aire Af26114	0.08053852	S/. 535.88
119	Filtro De Combustible Ff5319	0.07992164	S/. 468.81
120	Mascarilla Para Polvo 3m N95	0.07926159	S/. 397.06
121	Filtro De Aire P181137 (Af4060)	0.078826	S/. 349.70
122	Rodaje Cam Follower Bearing 4090000- 000018T	0.07873699	S/. 340.03
123	Filtro De Transmisión Hf35010	0.07857548	S/. 322.47
124	Pump, Primer 2651355345	0.07853049	S/. 1,377.19
125	Filtro Tanq Hid 3890005-937399	0.07845068	S/. 1,368.52
126	Kit De Sellos Cat 2254625	0.07837285	S/. 1,360.06
127	Kit De Sellos Cat 2426840	0.07830664	S/. 1,352.86
128	Filtro Hidráulico Hf3501	0.07820669	S/. 282.38
129	Casco Clase A Forte	0.0780371	S/. 263.94
130	Rodillo D8r Doble Pestaña 1969946	0.0780191	S/. 1,321.60
131	Rodaje 6308	0.07754127	S/. 210.04
132	Chaleco De Seguridad En Drill	0.07743577	S/. 198.57
133	Amortiguador Hilux Toyota	0.07742122	S/. 196.99
134	Adaptador Central 6i6464	0.07741126	S/. 1,255.52
135	Cortaviento Tipo Árabe	0.07725146	S/. 178.53
136	Aceite Hidráulico 46 Aw Harmony	0.07723838	S/. 177.11
137	Bomba De Agua 7n5909	0.07722803	S/. 1,235.60

A3

138	Marcador De Combustible 24v Fd 52slg31	0.07717287	S/. 169.99
139	Tuerca De Zapata 7g6442	0.07697974	S/. 1,208.61
140	Filtro Sep De Agua Flet Wf2072	0.07697929	S/. 148.95
141	Oring En Nitrilo 2n3350	0.07695995	S/. 146.84
142	Plancha Lac 2.4 3/32 4 X 8	0.07687535	S/. 137.65
143	Aceite De Transmisión Mecánica Sae 250	0.07670171	S/. 118.77
144	Plancha 5/64 X 4 X 8	0.07666562	S/. 114.85
145	Filtro De Petróleo Ff147	0.07665772	S/. 113.99
146	Kit Piston, Anillos Pk2571	0.07659728	S/. 1,167.03
147	Filtro De Aire Af1894	0.07645622	S/. 92.08
148	Filtro Petróleo Ff5089	0.07644893	S/. 91.29
149	Wincha De 10 Mts	0.07635793	S/. 884.87
150	Rodillo Inferior Doble 1503025125	0.07631691	S/. 1,136.55
151	Filtro Separador De Combustible Fs19621	0.07630243	S/. 75.36
152	Casco 3m	0.07620705	S/. 64.99
153	Filtro Sep Agua Fs19581	0.07619333	S/. 63.50
154	Arco De Sierra	0.07612434	S/. 56.00
155	Filtro De Aceite Lf3349	0.07605397	S/. 48.35
156	Filtro Separador De Combustible Fs19531	0.07600216	S/. 42.72
157	Filtro De Aceite Lf3766	0.07598453	S/. 40.80
158	Filtro De Agua Wf2144	0.07597702	S/. 39.99
159	Casco Azul Sekur Tipo Jokey	0.07596326	S/. 38.49
160	Filtro De Petróleo Don P558000 (Fs1212)	0.07592598	S/. 34.44
161	Bomba De Aceite 4w2448	0.07560938	S/. 1,059.63
162	Cylinder A 1678161	0.07538577	S/. 1,035.33
163	Cantонера Izquierda 1 3/4" 8e4194	0.07346025	S/. 826.00
164	Cigüeñal Completo Con Plato P/ Track Drill	0.07346025	S/. 826.00
165	Aceite De Transmisión Sae 150	0.07325402	S/. 803.58
166	Juego De Empaque Completo Pge0301	0.07303512	S/. 779.78
167	Aceite De Transmisión Mecánica Sae 50	0.07302537	S/. 778.72
168	Filtro De Aire Af4504m	0.07251687	S/. 723.44
169	Base As-Filter 1288557	0.07236704	S/. 707.16
170	Acople Macho 6679837	0.07160632	S/. 624.46
171	Disco De Freno Externo P/Sany	0.07108487	S/. 567.77
172	Filtro Separador De Agua 3261644	0.0706199	S/. 517.22
173	Diafragma 04114808	0.07057628	S/. 512.48

174	Éter N/Lata (Spray De Arranque)	0.07057329	S/. 256.01	
175	Pértiga	0.07027752	S/. 480.00	
176	Aceite Para Engranajes Meropa 150	0.07018005	S/. 469.40	
177	Acople Hembra 6680018	0.07014748	S/. 465.86	
178	Disco De Embrague Toyota 312500k222	0.06958696	S/. 404.93	
179	Balde Inyector Grasa	0.06954137	S/. 399.97	
180	Soldadura Citodur 1000 5/32	0.06946257	S/. 391.41	
181	Filtro Hidráulico 5i8670	0.06914454	S/. 356.83	
182	Plancha Grilon 350 X 30 X 53	0.06908169	S/. 350.00	



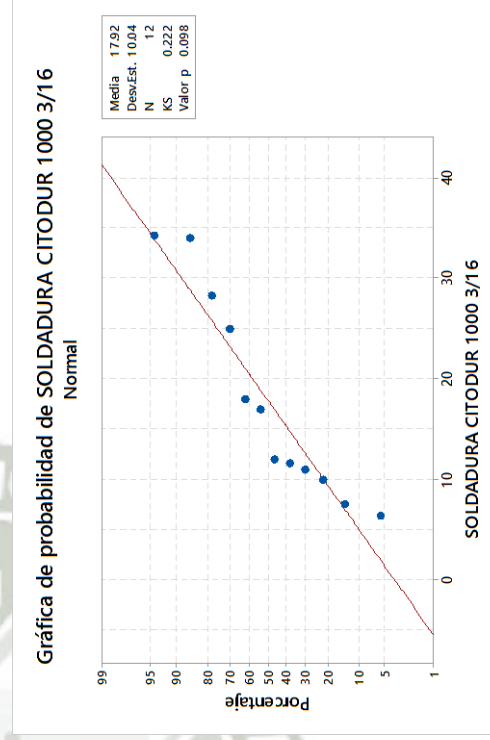
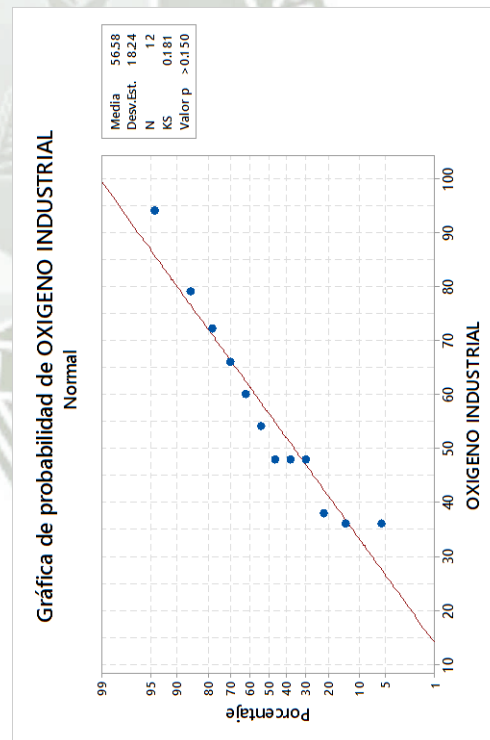
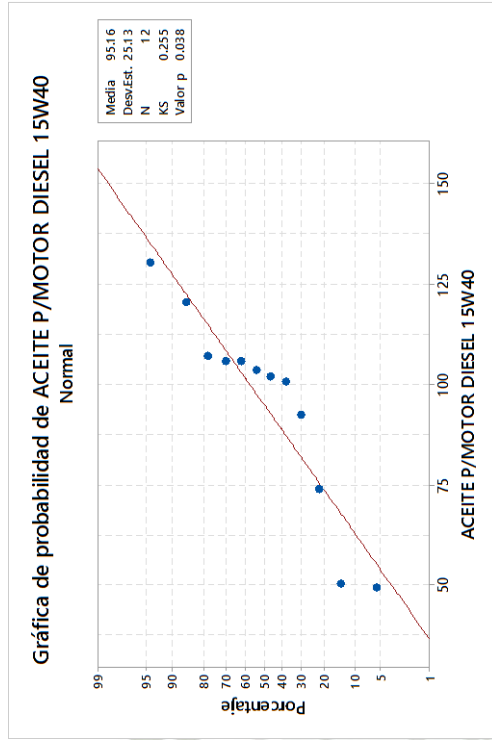
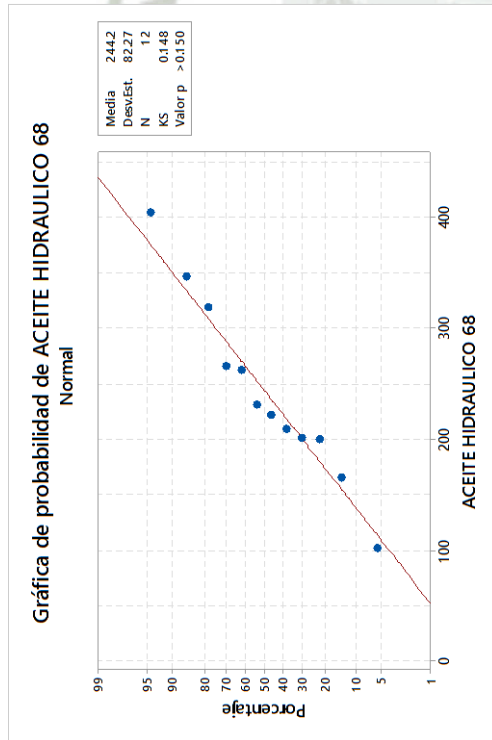
Anexo N°3: Coeficiente de Variabilidad del grupo A1.

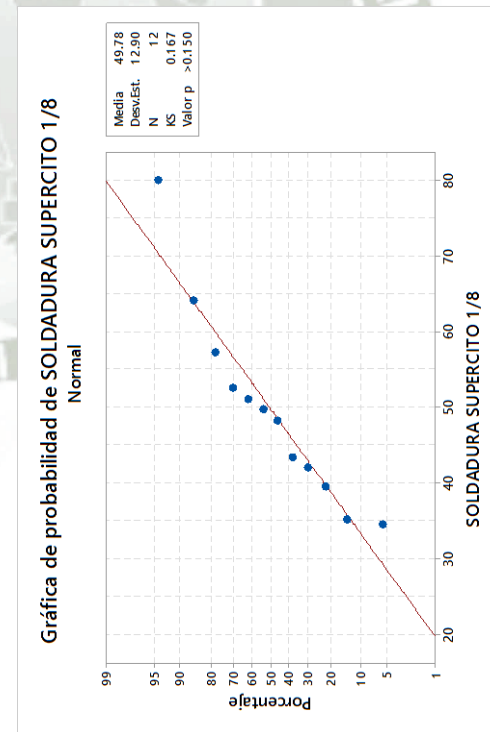
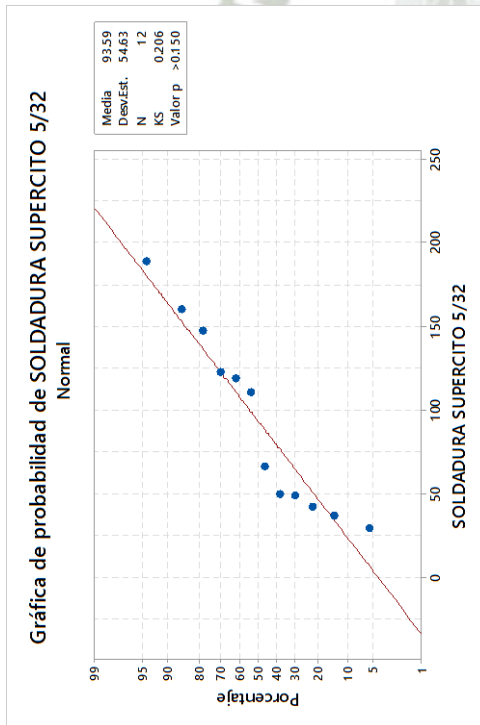
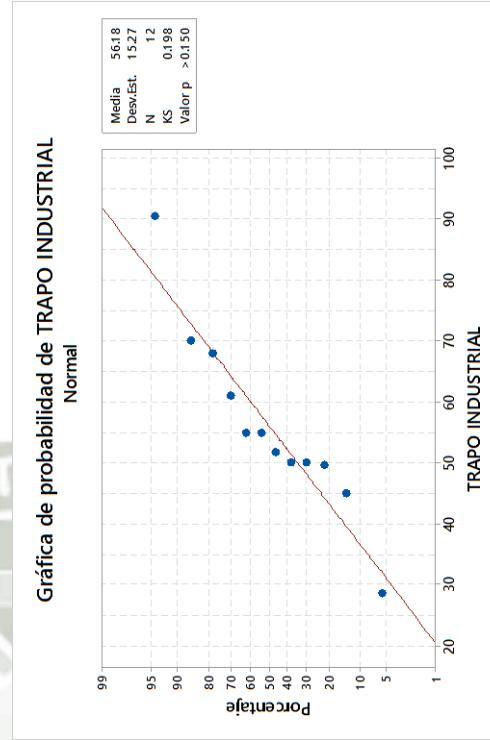
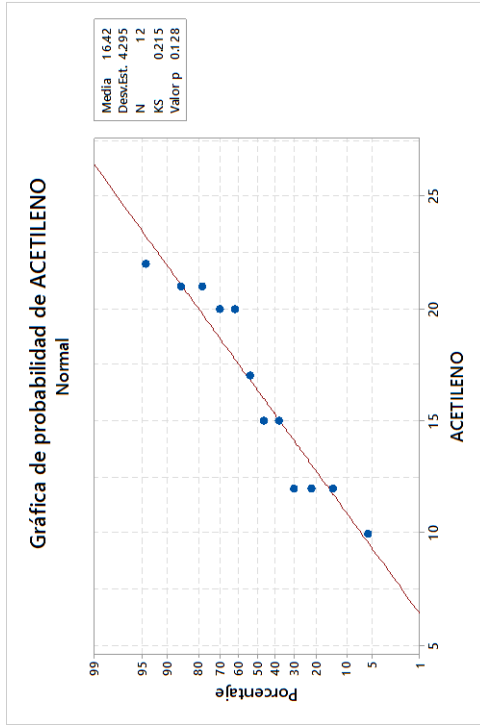
#	Producto	2012-1	2012-2	2012-3	2012-4	2013-1	2013-2	2013-3	2013-4	2014-1	2014-2	2014-3	2014-4	x	σ	CV
1	Aceite Hidráulico 68	209.85	231.25	404.5	346.5	262	265.56	166	102.5	319.44	222	200	201	244.22	82.27	34%
2	Barra T45 X 3660 Mm	0	0	0	0	0	1	7	3	12	8	19	11	5.08	6.32	124%
3	Broca Retráctil T45 X 3 1/2"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	32	4.25	10.31	242%
4	Aceite Para Motor A Diésel 15w40	120.5	107.25	130.25	100.75	74	49.5	105.75	50.25	105.75	103.5	92.5	101.88	95.16	25.13	26%
5	Oxigeno Industrial	79	38	60	48	66	48	36	48	36	72	54	94	56.58	18.24	32%
6	Broca Retráctil T45 X 3"	0	0	0	0	0	3	5	17	26	19	7	31	9.00	11.27	125%
7	Soldadura Citodur 1000 3/16	18	28.25	34.25	11	24.99	11.56	7.5	17	6.45	10	12	34	17.92	10.04	56%
8	Grasa Multipropósito Gadus S2 V220 2	0	0	47.61	0	0	0	0	0	69.75	20.25	102	204	36.97	62.64	169%
9	Soldadura Supercito 5/32	160.06	122.76	147.5	188.95	119.1	66.25	42	49.7	49	29.75	37	111	93.59	54.63	58%
10	Acetileno	12	20	12	20	15	21	12	15	10	22	21	17	16.42	4.29	26%
11	Soldadura Supercito 1/8	80	48.25	34.6	64	35.22	51.11	42.06	43.29	57.16	39.5	52.5	49.68	49.78	12.90	26%
12	Trapo Industrial	54.95	28.5	49.55	45	61	68	90.5	51.7	50	50	55	70	56.18	15.27	27%
13	Soldadura Chamfercord 1/8	20.6	38.75	36	28.2	20.77	25.36	14.43	17.68	12.96	22	24	30.5	24.27	7.99	33%
14	Rodaje 6204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	16	63	11.67	23.96	205%
15	Thinner Acrílico	0	0	0	0	4	5	11	5	10	4	4	1	3.67	3.80	104%
16	Filtro 2091 O 2097 Contra Polvo	0	0	0	8	5	6	13	12	4	8	12	35	8.58	9.55	111%

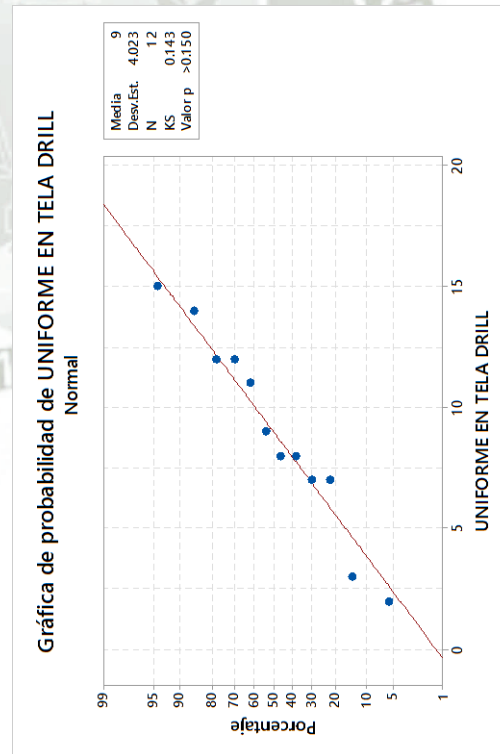
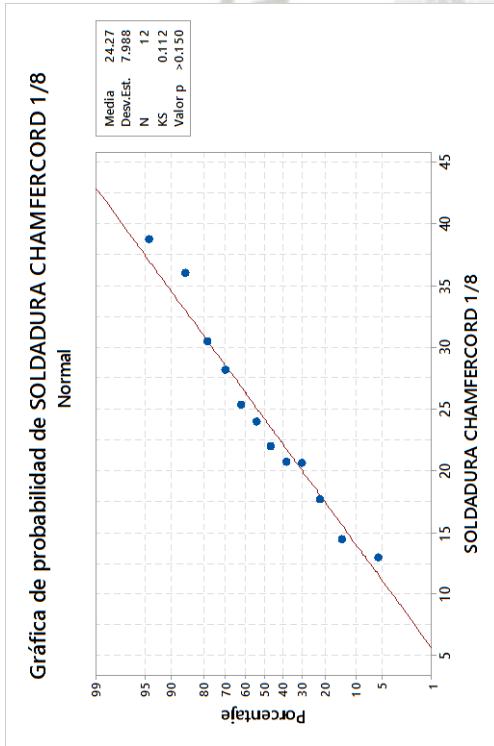
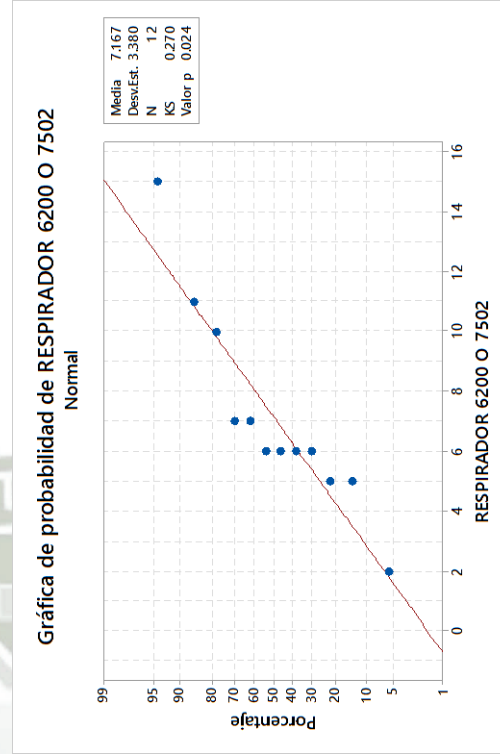
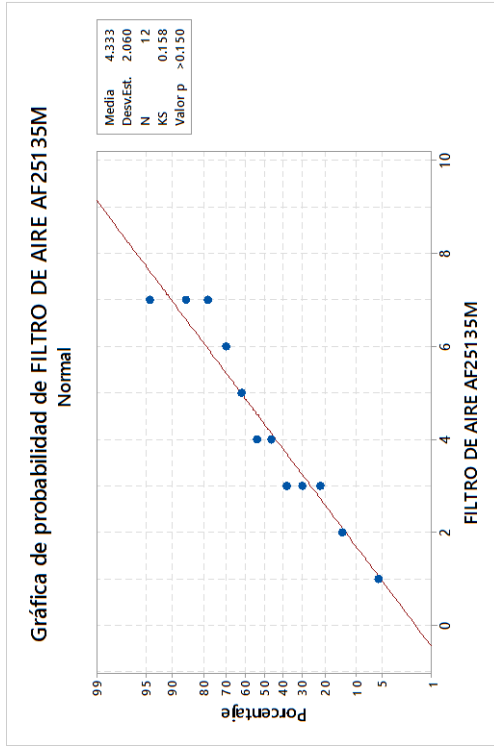
17	Juego De Filtros De Aire ZI50g	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	4	5	1.50	1.51	101%
18	Filtro De Aire AF25135m	5	7	6	7	4	4	3	2	1	3	1	3	3	7	4.33	2.06	48%
19	Uniforme En Tela Drill	15	12	3	7	8	11	14	12	9	7	8	2	2	2	9.00	4.02	45%
20	Respirador 6200 O 7502 De 2 Vías	6	6	7	6	10	5	6	7	2	5	15	11	11	11	7.17	3.38	47%
21	Disco De Corte	2	0	0	1	2	3	1	9	6	3	8	2	2	2	3.08	3.00	97%
22	Filtro De Aceite LF3000	4	2	2	5	6	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3.50	1.31	38%
23	Aceite De Transmisión Mecánica Sae 30	0	0	80	158	98	9	5	9.5	50	36.5	7.5	17	39.21	17	49.45	126%	
24	Hoja De Sierra	8	3	3	4	4	4	10	16	12	6	9	15	7.83	4.63	59%		
25	Lentes Oscuros De Seguridad	25	26	40	23	23	32	29	30	47	23	50	46	32.83	10.19	31%		
26	Filtro Petróleo Ff42000	2	2	5	3	4	2	4	3	4	4	6	2	3.42	1.31	38%		
27	Soldadura Cifofonte 1/8"	0	0	0	0	0.1	1.6	0.62	3	0.11	0.75	0.4	0.1	0.56	0.90	162%		
28	Botines De Seguridad Punta De Acero	21	22	17	15	8	12	13	9	4	5	18	13	13.08	5.85	45%		
29	Aceite De Perforación	4	3	12	12	10	15	21	20	5.5	3	17.5	14	11.42	6.44	56%		
30	Guía (Zapatito) 1844395	7	13	12	4	6	0	2	0	7	0	0	13	5.33	5.18	97%		
31	Grasa Roja Nlgi 3	68.4	38.5	71	98	51	50.55	35	19	75.64	15	54	31	50.59	24.60	49%		
32	Gautes De Operador	23	32	20	32	36	43	55	20	11	24	56	45	33.08	14.37	43%		
33	Shank Yh80 Con 6 Aletas T45	0	0	0	0	1	0	0	0	4	3	7	3	1.50	2.28	152%		
34	Filtro Separador De Agua 3261642	2	5	6	6	3	3	2	2	3	1	2	4	3.25	1.66	51%		

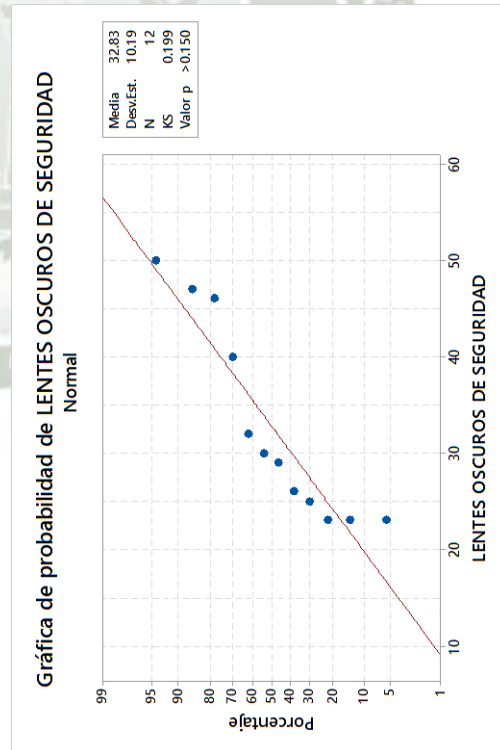
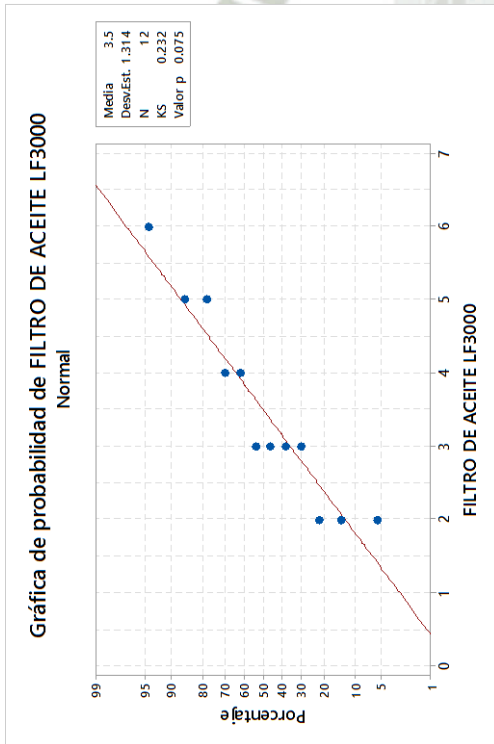
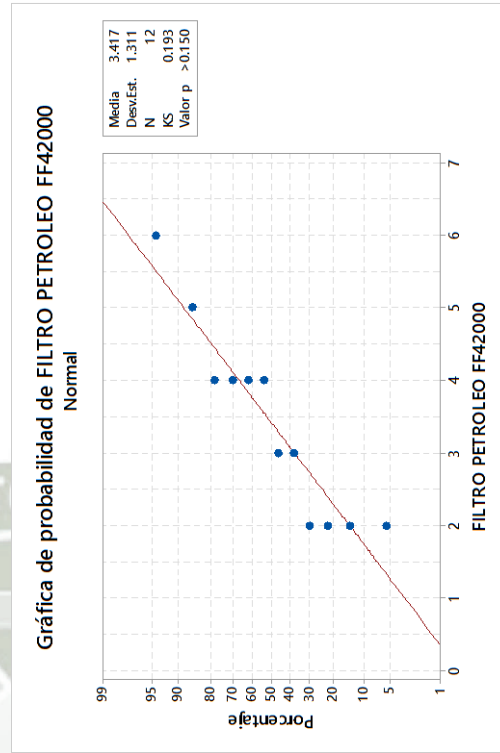
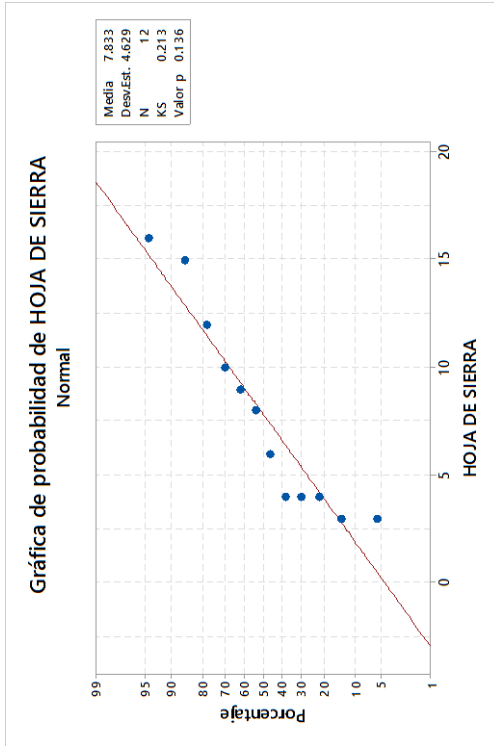
35	Accete De Compresor Corena S3 R46	0	5	5	5	0	5	7	5.5	12	0.5	7	0	4.33	3.66	84%
36	Perno De Cuchilla D8r 4j9058	296	176	194	105	132	61	33	40	30	26	37	100	102.50	84.18	82%
37	Accete De Transmisión Mecánica 80w90	2	4	14	13	16.5	5	1	27	9.5	13.75	8.25	1	9.58	7.74	81%
38	Accete Para Motor A Diésel 25w50	107	73	113	183	105.1	78	25	24	20	16.25	16	27.5	65.65	53.36	81%
39	Soldadura Supercito 3/16	115.5	127	128	119.73	87	6	8.5	18	0.77	1	1	59	55.96	55.68	99%
40	Perno De Zapata 6v1723	0	128	130	0	162	10	0	0	20	347	28	12	69.75	105.74	152%
41	Soldadura Supercito 1/4	71	69	73	72	163.5	0	0	0	0	1	0	70	43.29	51.75	120%
42	Soldadura Cellocord 1/8	2.6	1.5	4	6.11	9.22	7.65	5	3.05	4.5	10.82	22.81	5	6.86	5.71	83%
43	Chuck 6 Aletas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	3	2	1.42	3.18	224%
44	Batería At-23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	0.58	1.00	171%
45	Protector Auditivo Para Casco	4	4	8	5	4	3	5	0	0	5	10	17	5.42	4.60	85%
46	Soldadura Chamfercord 5/32	0	1	3.5	0	0	1	2	32.5	5.5	1	3	6	4.63	9.02	195%

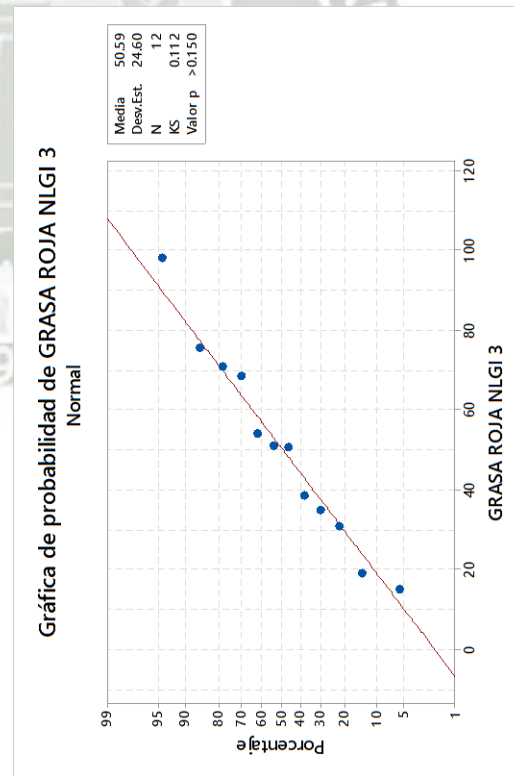
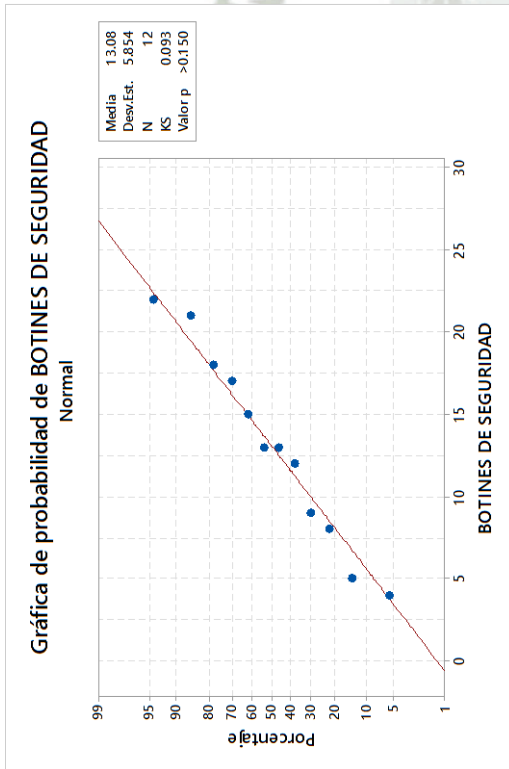
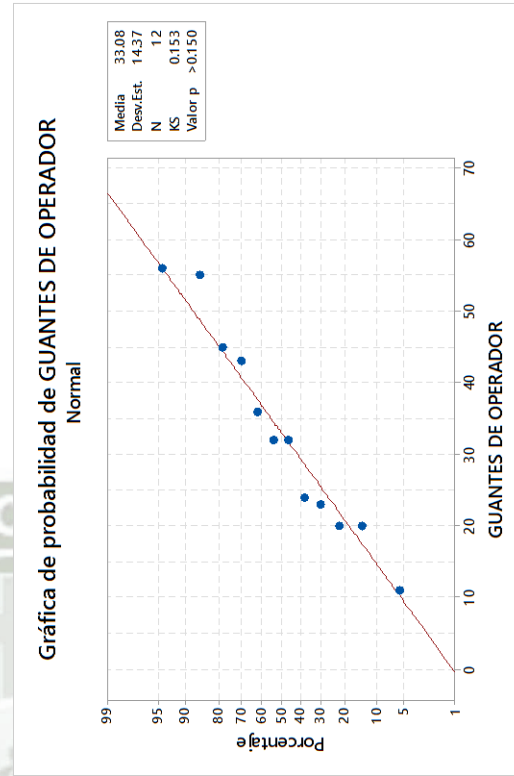
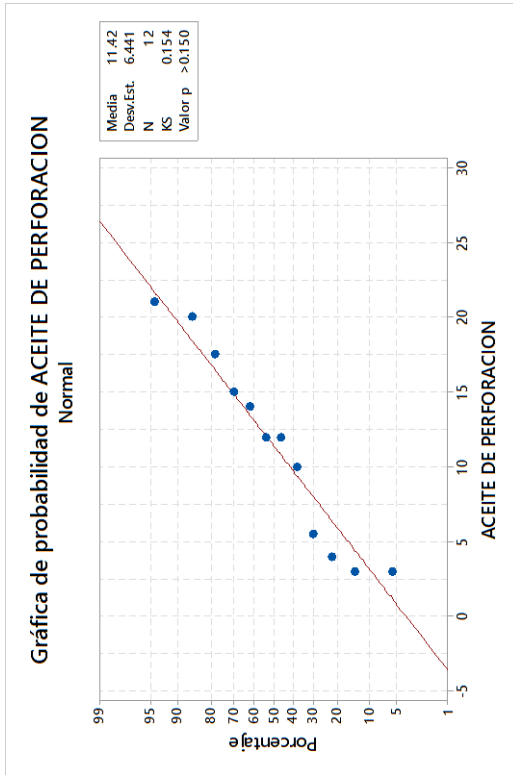
Anexo N°4: Gráficas de probabilidad – Prueba Kolmogorov - Smirnov

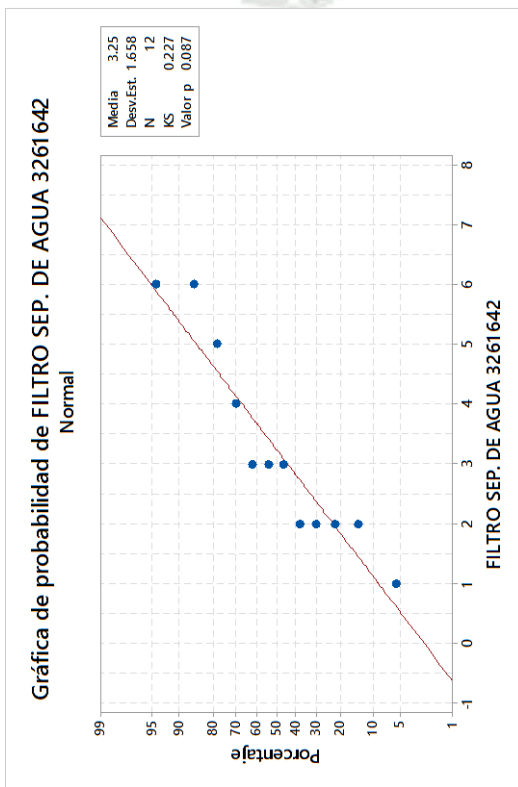






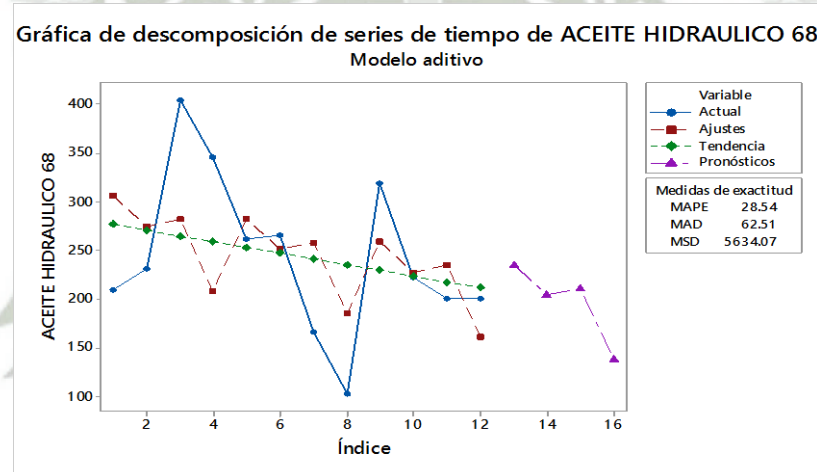
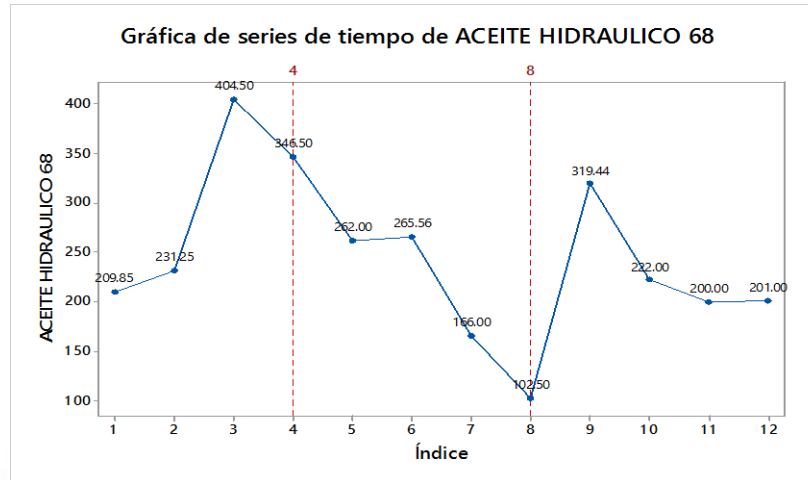






Anexo N°5: Pronostico de la demanda para el año 2015.

Aceite Hidráulico 68

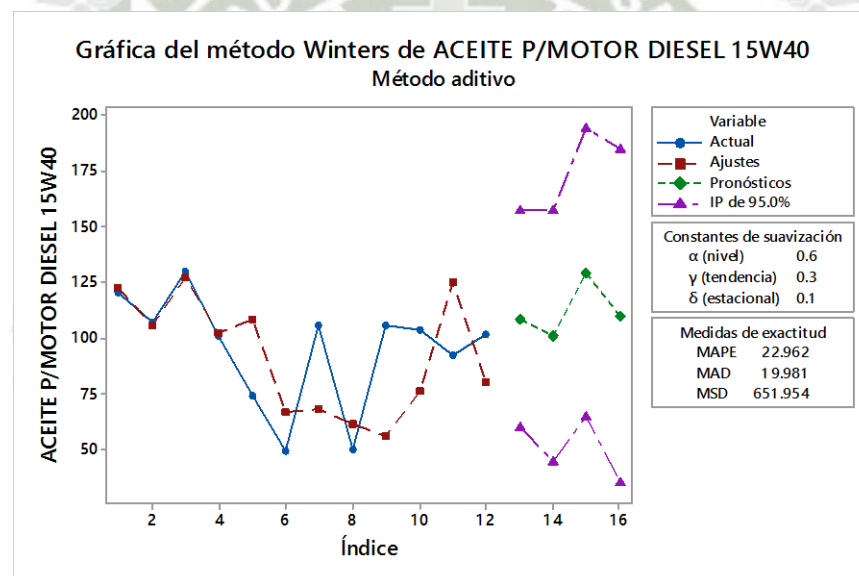
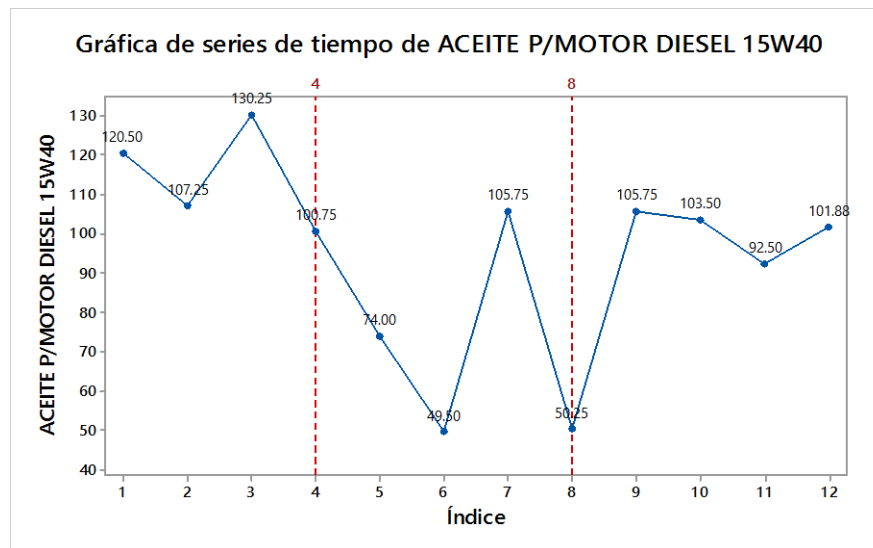


Descomposición de series de tiempo para ACEITE HIDRAULICO 68

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 282.6 - 5.91 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	28.54	Período	Pronóstico
1	29.3006	MAD	62.51	13	235.091
2	4.2356	MSD	5634.07	14	204.114
3	16.7425			15	210.709
4	-50.2788			16	137.776

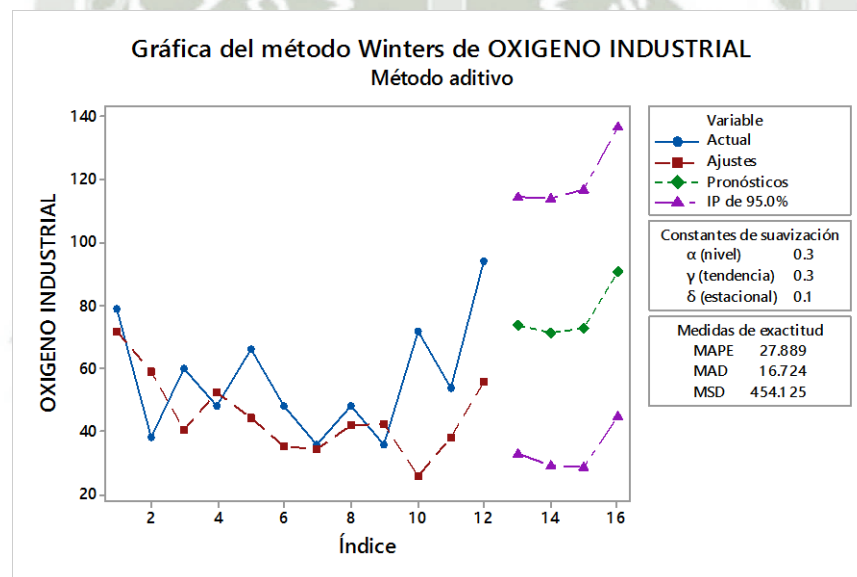
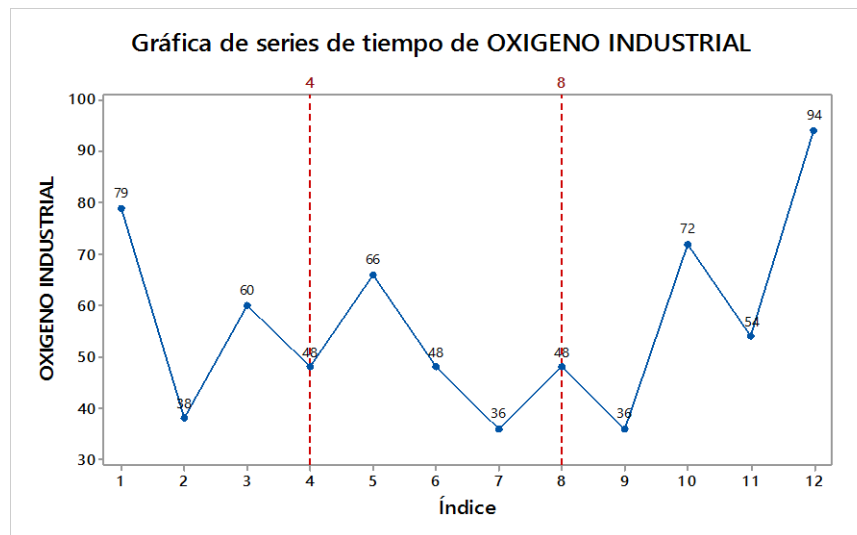
Aceite Para Motor A Diésel 15w40



Método de Winters para ACEITE P/MOTOR DIESEL 15W40

Constantes de suavización		Medidas de exactitud		Pronósticos		
α (nivel)	0.6	MAPE	22.962	Período	Pronóstico Inferior	Pronóstico Superior
γ (tendencia)	0.3	MAD	19.981	13	108.653	59.7000
δ (estacional)	0.1	MSD	651.954	14	101.028	44.8362
				15	129.400	64.4141
				16	110.049	35.2601
						184.838

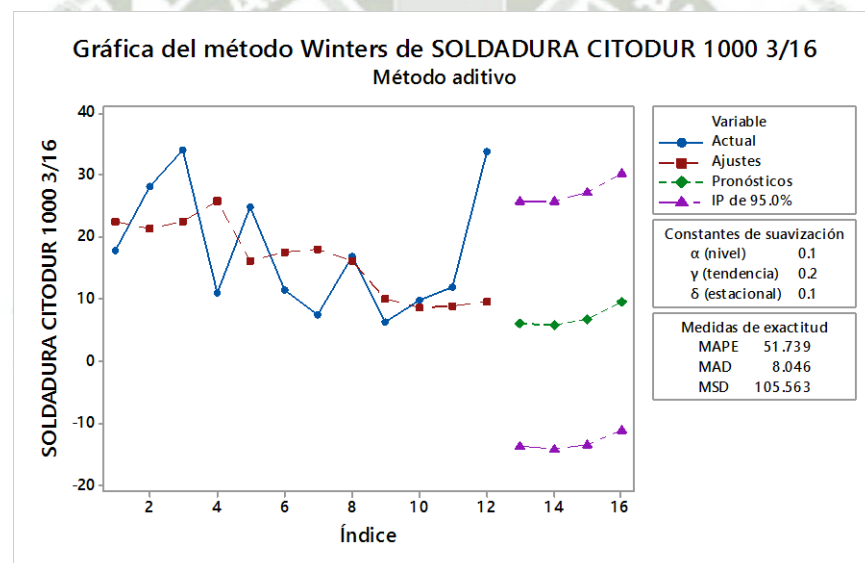
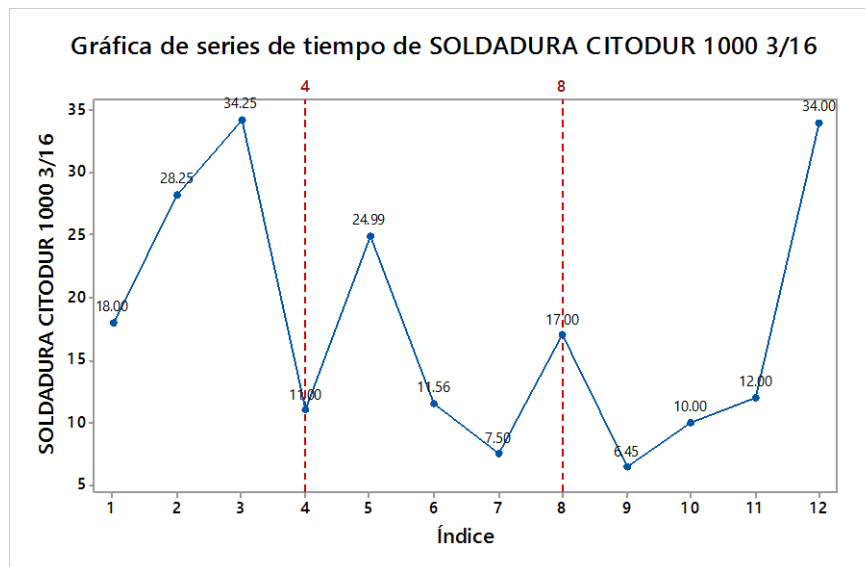
Oxigeno Industrial



Método de Winters para OXIGENO INDUSTRIAL

Constantes de suavización		Medidas de exactitud		Pronósticos		
α (nivel)	0.3	MAPE	27.889	Período	Pronóstico	Inferior Superior
γ (tendencia)	0.3	MAD	16.724	13	73.7587	32.7851 114.732
δ (estacional)	0.1	MSD	454.125	14	71.4968	29.0546 113.939
				15	72.9992	28.8591 117.139
				16	90.8535	44.8115 136.895

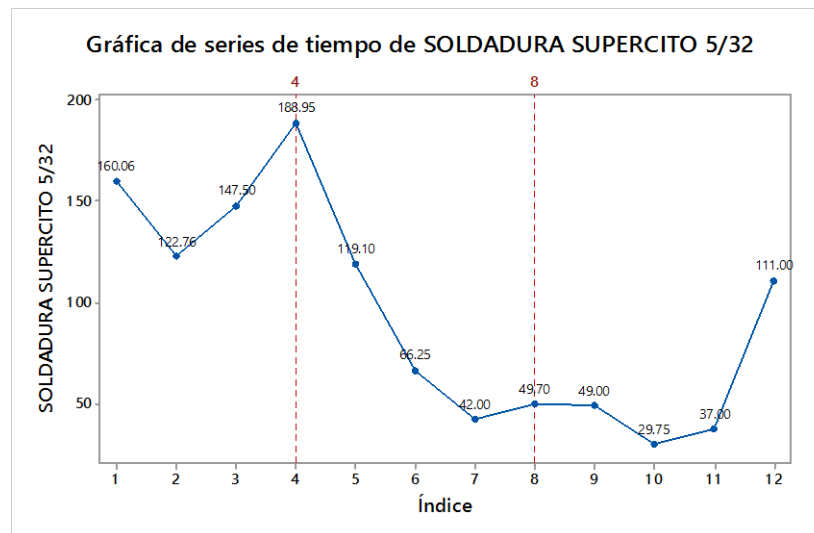
Soldadura Citodur 1000 3/16



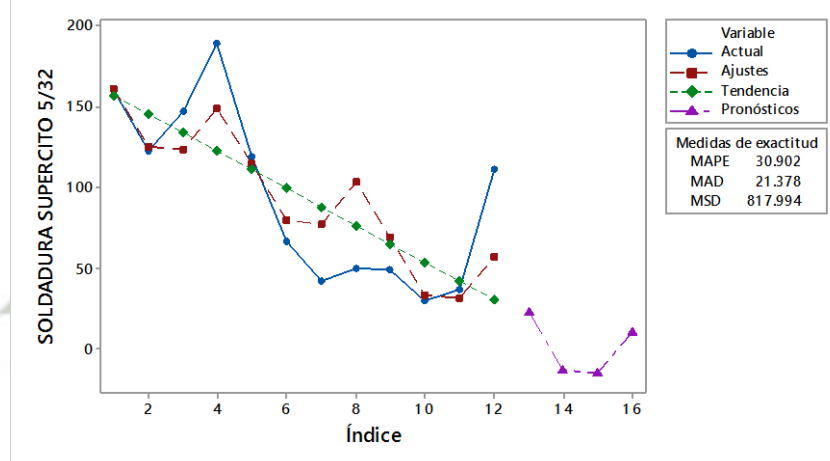
Método de Winters para SOLDADURA CITODUR 1000 3/16

Constantes de suavización		Medidas de exactitud		Pronósticos		
α (nivel)	0.1	MAPE	51.739	Período	Pronóstico	Inferior Superior
γ (tendencia)	0.2	MAD	8.046	13	6.07548	-13.6361 25.7871
δ (estacional)	0.1	MSD	105.563	14	5.86733	-14.1531 25.8877
				15	6.85292	-13.5118 27.2176
				16	9.63245	-11.1103 30.3752

Soldadura Supercito 5/32



Gráfica de descomposición de series de tiempo de SOLDADURA SUPERCITO 5/32, Modelo aditivo

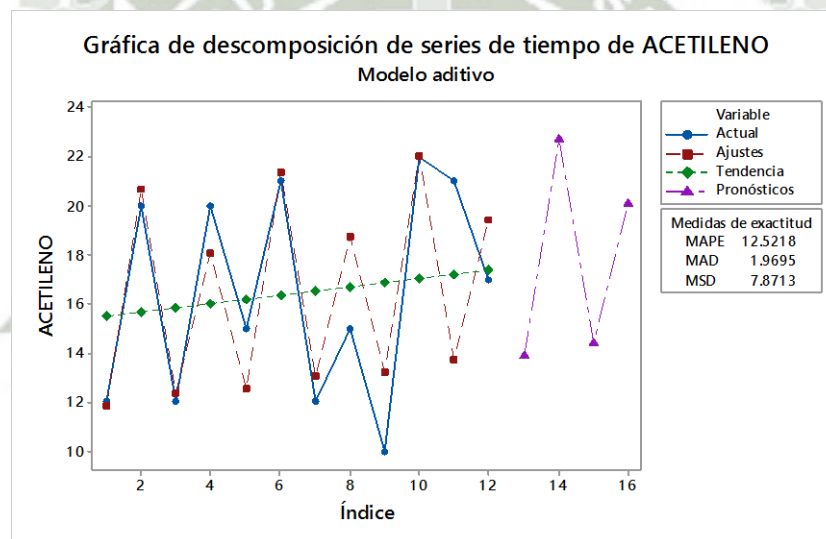
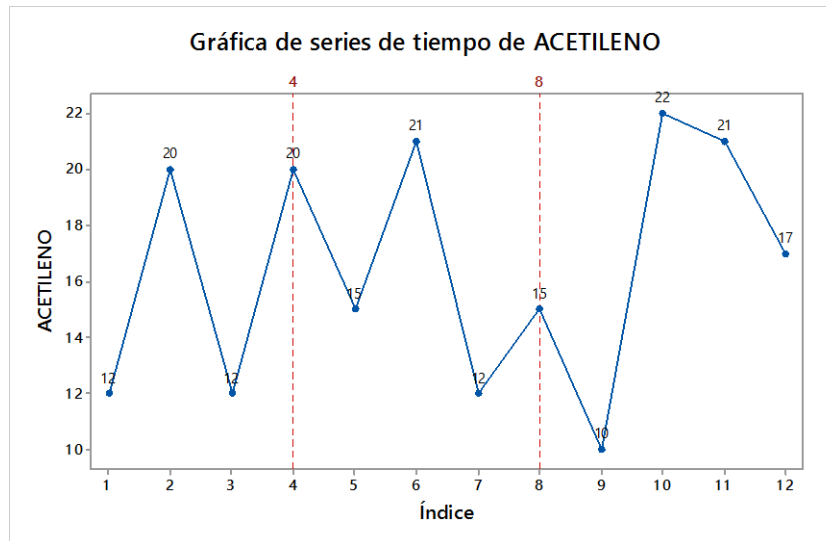


Descomposición de series de tiempo para SOLDADURA SUPERCITO 5/32

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 168.6 - 11.54 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	30.902	Período	Pronóstico
1	4.1225	MAD	21.378	13	22.7243
2	-20.1494	MSD	817.994	14	-13.0841
3	-10.6513			15	-15.1225
4	26.6781			16	10.6703

Acetileno

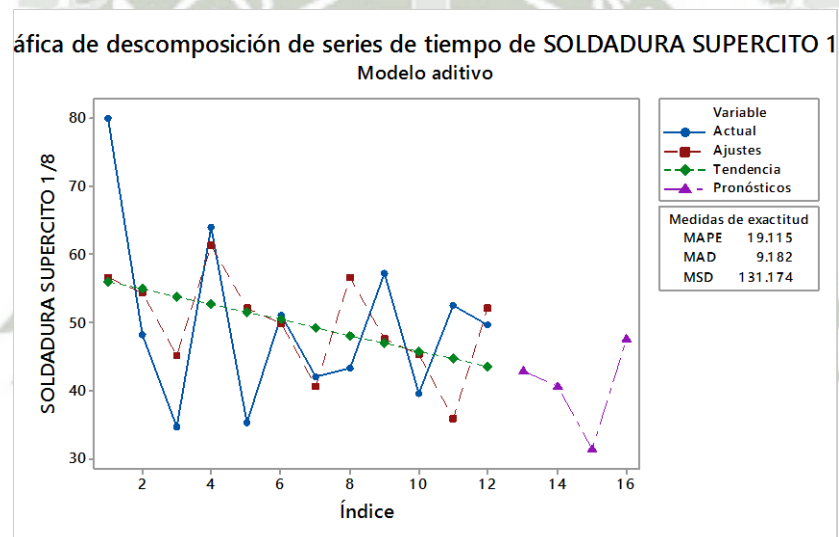
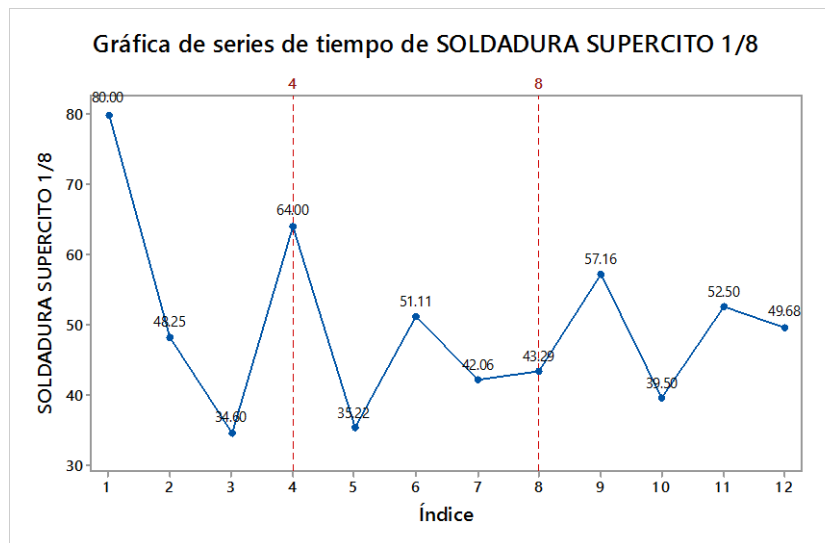


Descomposición de series de tiempo para ACETILENO

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 15.30 + 0.172 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	12.5218	Período	Pronóstico
1	-3.6250	MAD	1.9695	13	13.9081
2	5.0000	MSD	7.8713	14	22.7049
3	-3.4375			15	14.4392
4	2.0625			16	20.1109

Soldadura Supercito 1/8

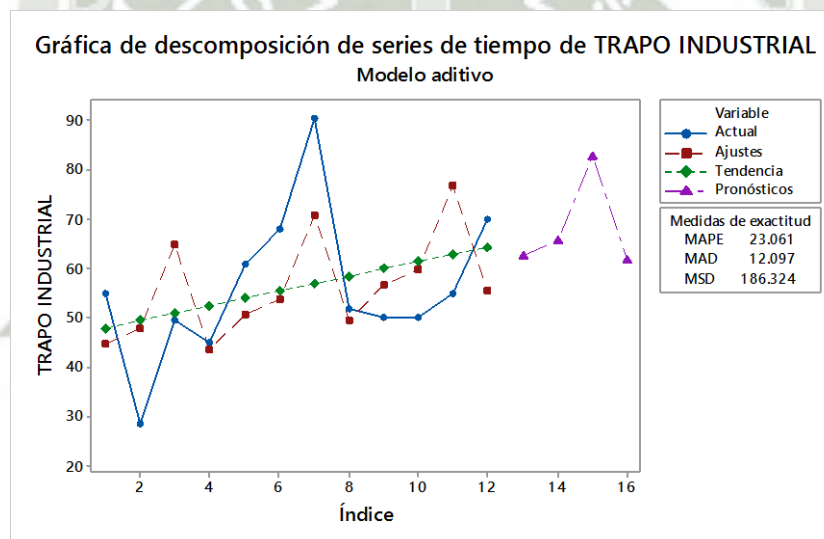
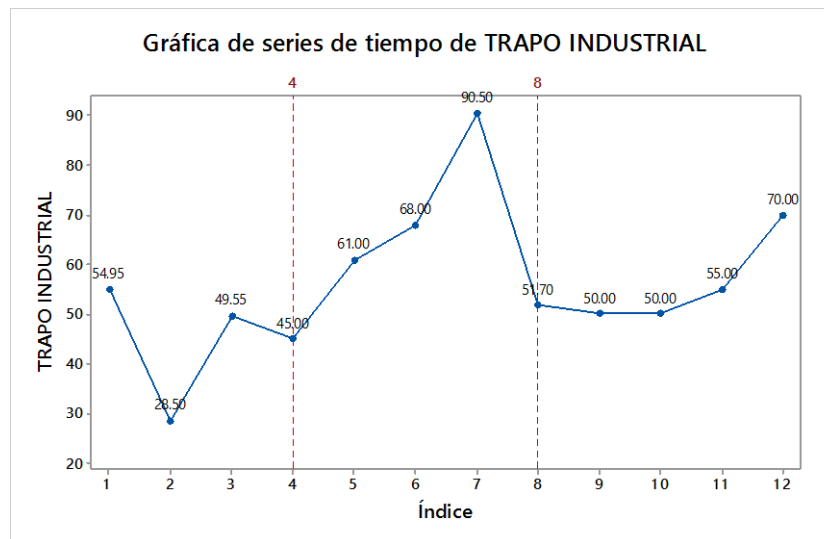


Descomposición de series de tiempo para SOLDADURA SUPERCITO 1/8

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 57.23 - 1.15 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	19.115	Período	Pronóstico
1	0.58609	MAD	9.182	13	42.9171
2	-0.52266	MSD	131.174	14	40.6623
3	-8.67641			15	31.3624
4	8.61297			16	47.5057

Trapo Industrial

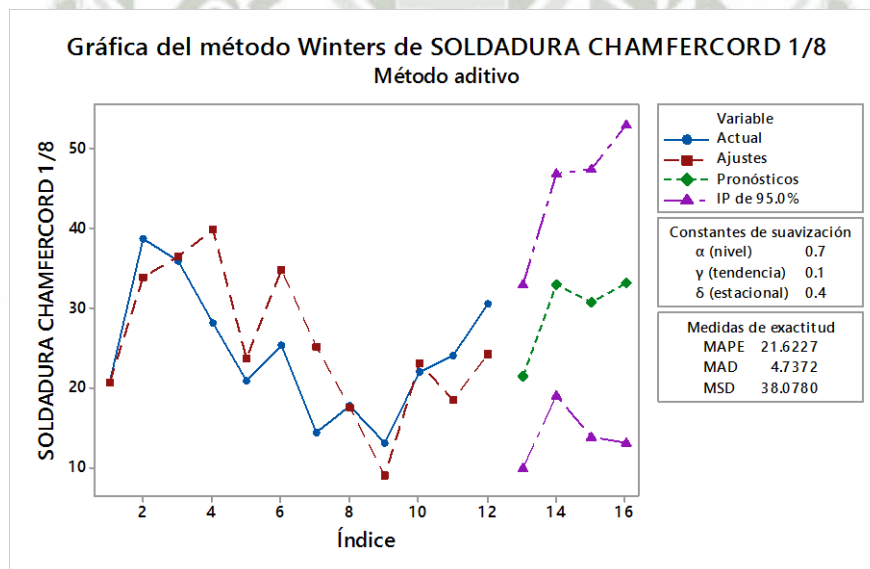
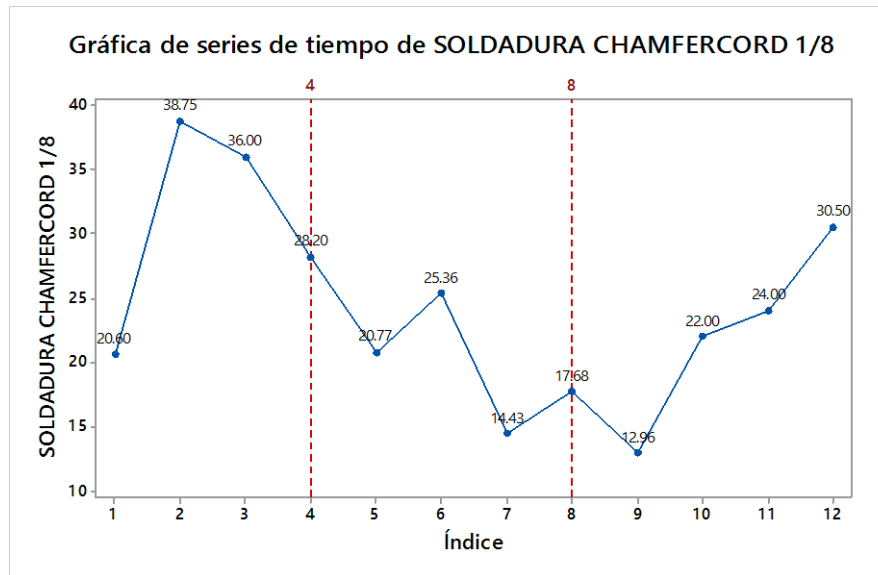


Descomposición de series de tiempo para TRAPO INDUSTRIAL

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 46.43 + 1.50 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	23.061	Período	Pronóstico
1	-3.3437	MAD	12.097	13	62.5907
2	-1.7469	MSD	186.324	14	65.6878
3	13.9000			15	82.8348
4	-8.8094			16	61.6256

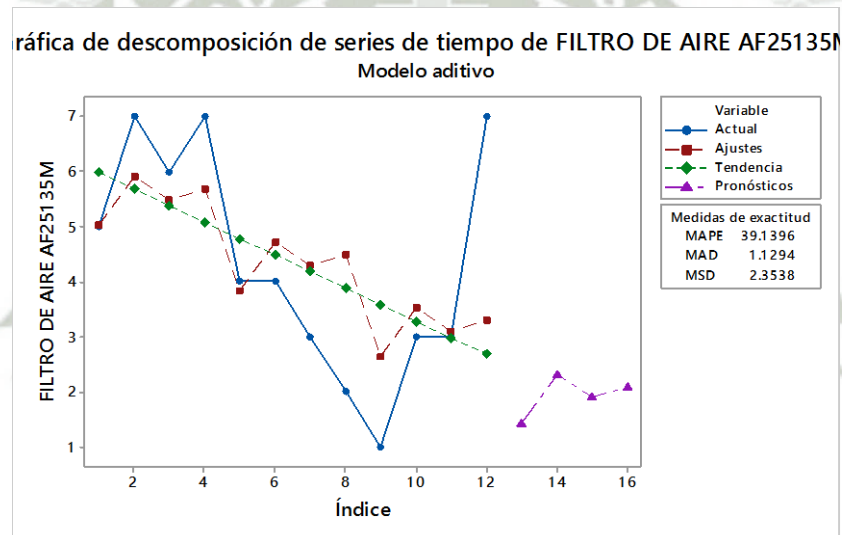
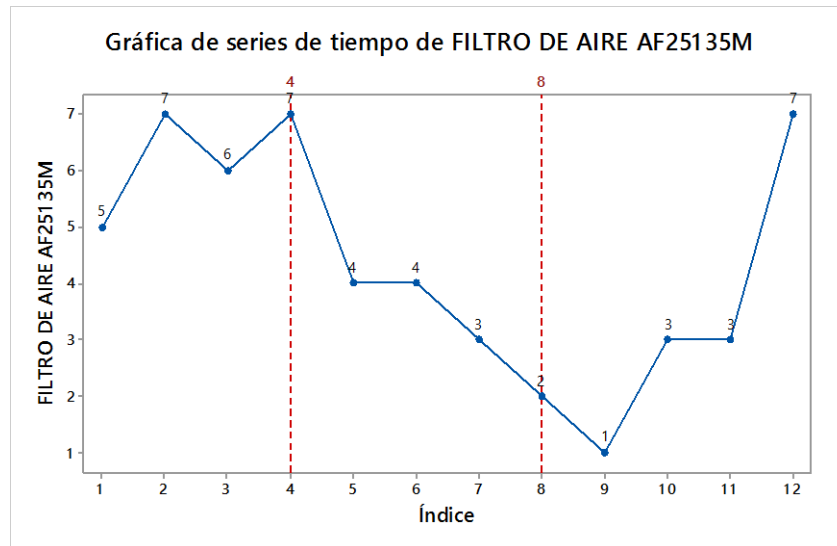
Soldadura Chamfercord 1/8



Método de Winters para SOLDADURA CHAMFERCORD 1/8

Constantes de suavización		Medidas de exactitud		Pronósticos		
α (nivel)	0.7	MAPE	21.6227	Período	Pronóstico	Inferior Superior
γ (tendencia)	0.1	MAD	4.7372	13	21.4298	9.8238 33.0358
δ (estacional)	0.4	MSD	38.0780	14	32.8742	18.9207 46.8277
				15	30.6760	13.8622 47.4898
				16	33.0595	13.0918 53.0272

Filtro De Aire AF25135m

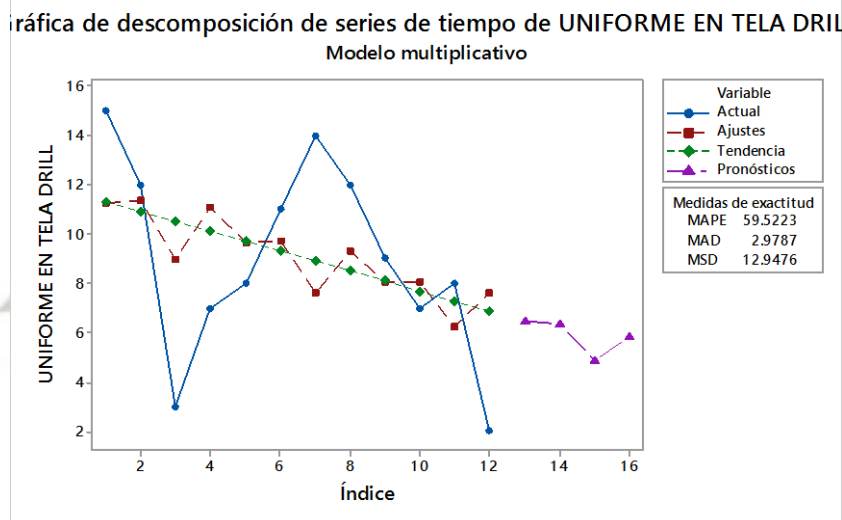
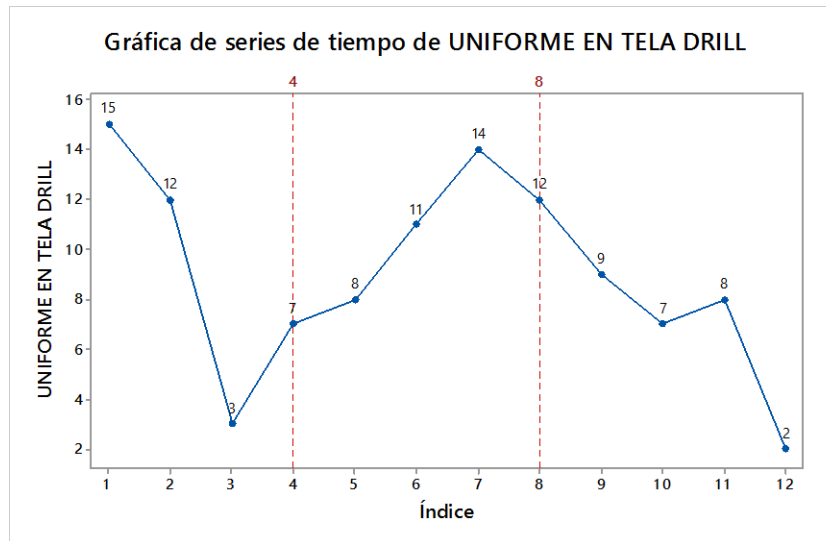


Descomposición de series de tiempo para FILTRO DE AIRE AF25135M

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 6.28 - 0.300 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	39.1396	Período	Pronóstico
1	-0.953125	MAD	1.1294	13	1.43277
2	0.234375	MSD	2.3538	14	2.32066
3	0.109375			15	1.89605
4	0.609375			16	2.09645

Uniforme En Tela Drill

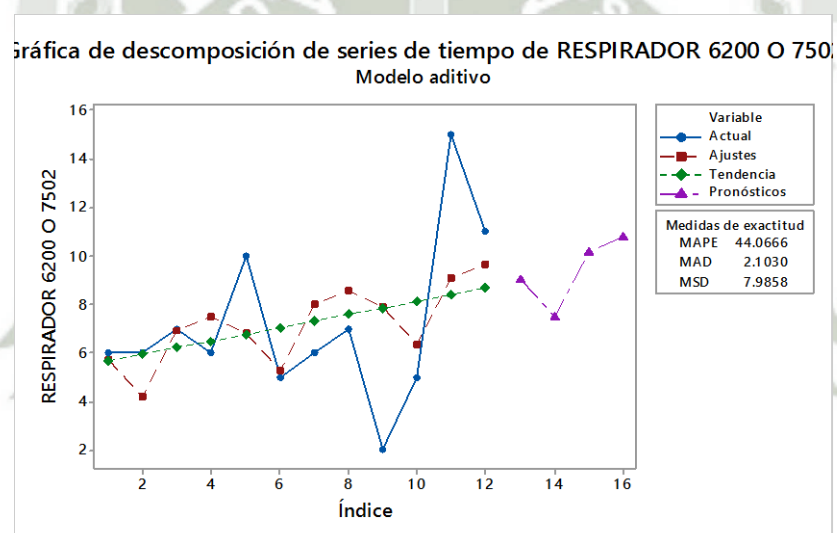
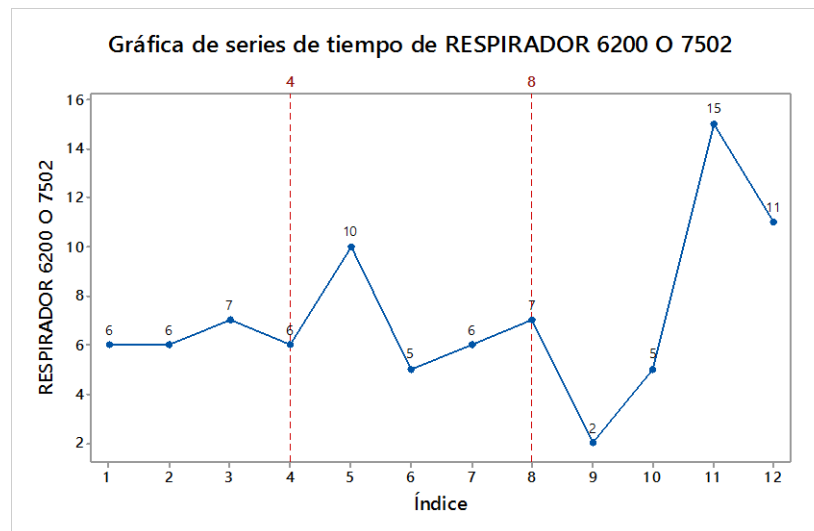


Descomposición de series de tiempo para UNIFORME EN TELA DRILL

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 11.69 - 0.400 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	MAD	Período	Pronóstico
		59.5223	2.9787	13	6.47036
			12.9476	14	6.35923
				15	4.86955
				16	5.81152

Respirador 6200 O 7502 De 2 Vías

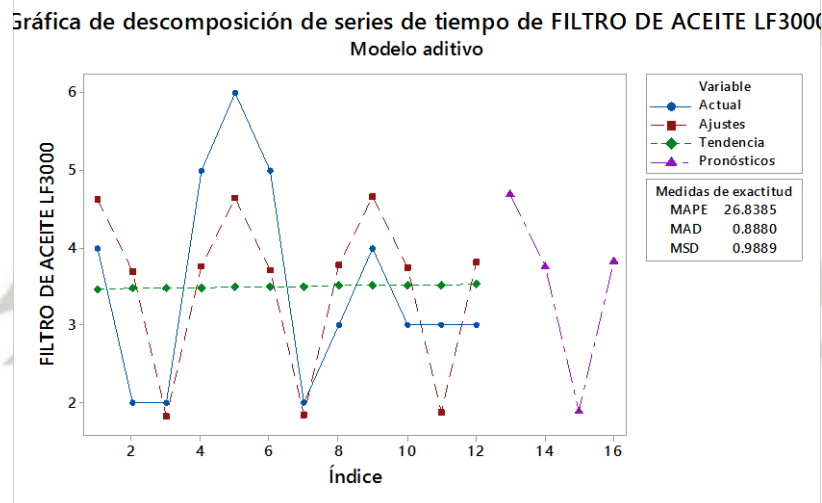
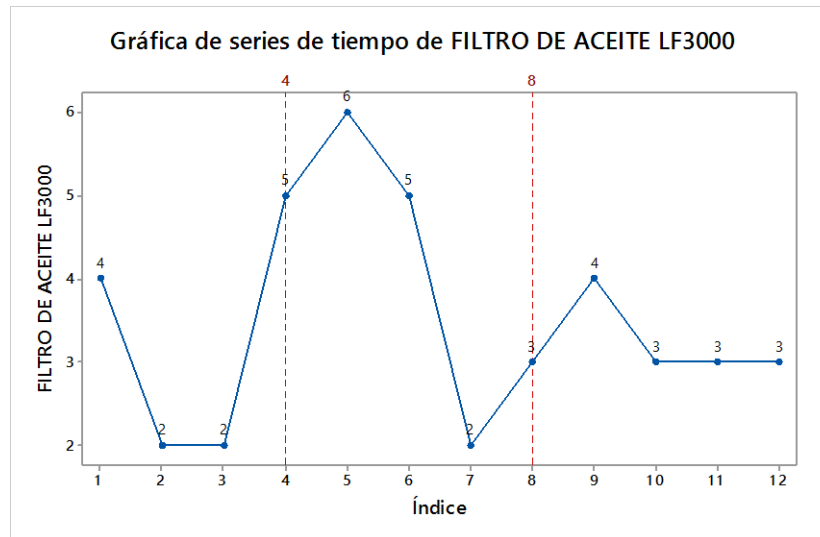


Descomposición de series de tiempo para RESPIRADOR 6200 O 7502

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 5.39 + 0.274 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	MAD	Período	Pronóstico
		44.0666	2.1030	13	9.0076
			7.9858	14	7.4687
1	0.0625			15	10.1798
2	-1.7500			16	10.7659
3	0.6875				
4	1.0000				

Filtro De Aceite LF3000

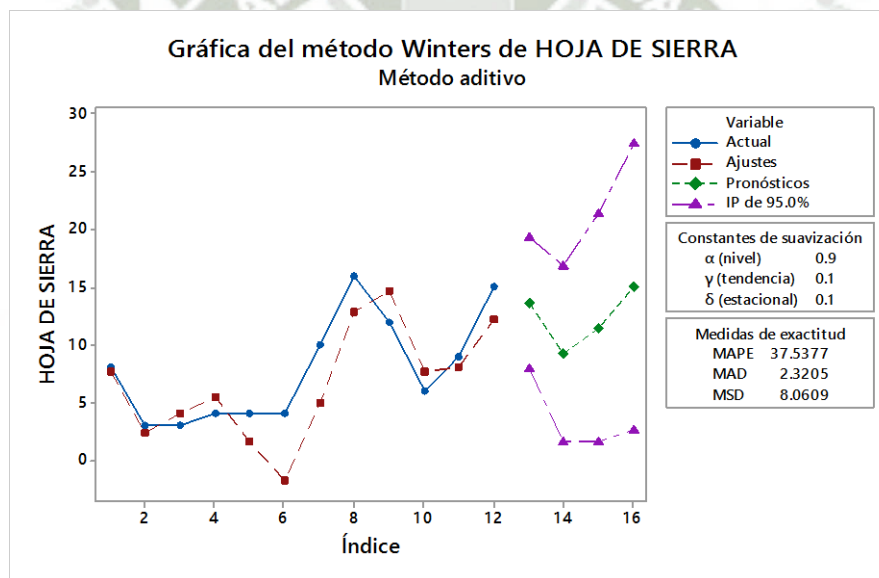
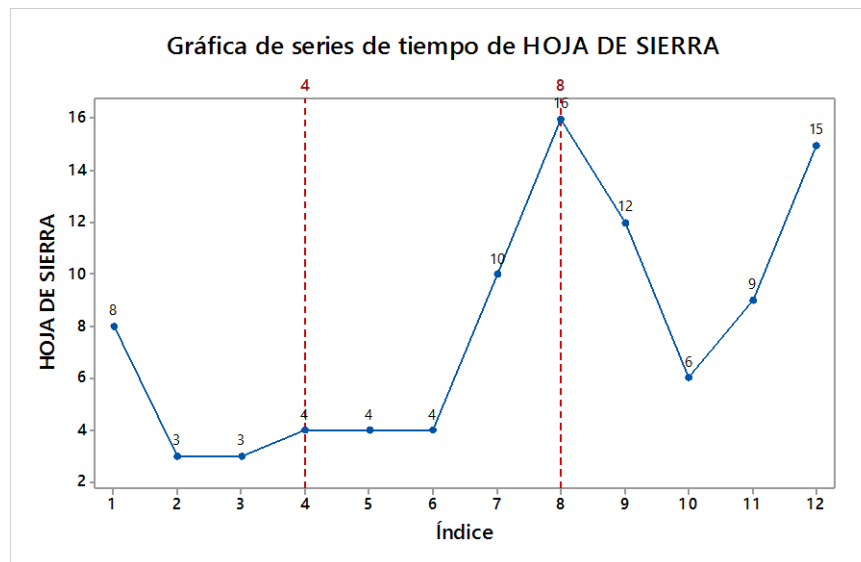


Descomposición de series de tiempo para FILTRO DE ACEITE LF3000

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 3.466 + 0.0052 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	26.8385	Período	Pronóstico
1	1.15625	MAD	0.8880	13	4.69034
2	0.21875	MSD	0.9889	14	3.75809
3	-1.65625			15	1.88833
4	0.28125			16	3.83108

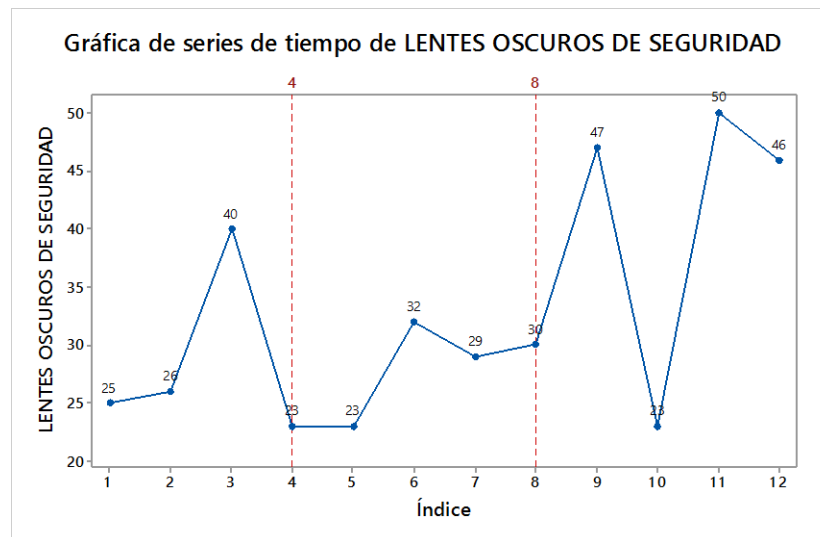
Hoja De Sierra



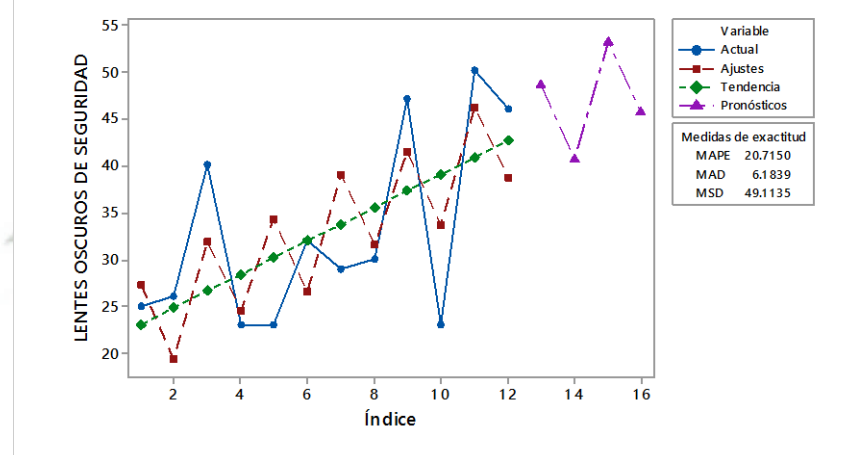
Método de Winters para HOJA DE SIERRA

Constantes de suavización		Medidas de exactitud		Pronósticos		
α (nivel)	0.9	MAPE	37.5377	Período	Pronóstico	Inferior Superior
γ (tendencia)	0.1	MAD	2.3205	13	13.5762	7.89107 19.2612
δ (estacional)	0.1	MSD	8.0609	14	9.2206	1.62748 16.8137
				15	11.4854	1.57625 21.3945
				16	15.0778	2.67104 27.4845

Lentes Oscuros De Seguridad



Gráfica de descomposición de series de tiempo de LENTES OSCUROS DE SEGURIDAD
Modelo aditivo

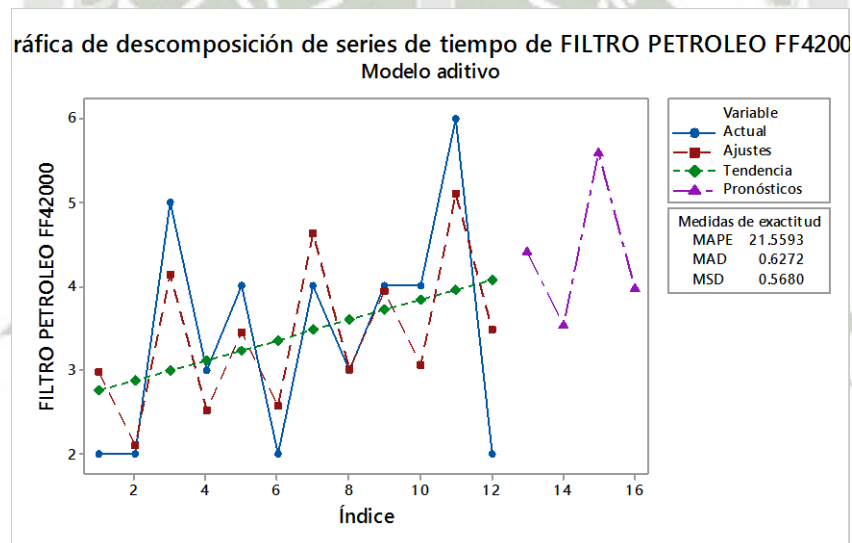
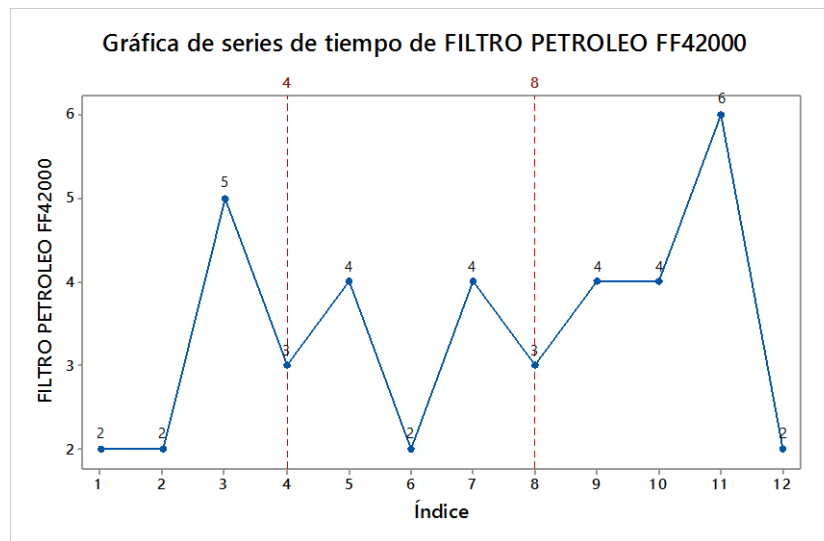


Descomposición de series de tiempo para LENTES OSCUROS DE SEGURIDAD

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 21.32 + 1.771 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud	Pronósticos	
Período	Índice		Período	Pronóstico
		MAPE 20.7150		
		MAD 6.1839	13	48.4697
		MSD 49.1135	14	40.6782
			15	53.1367
			16	45.7201

Filtro Petróleo FF42000

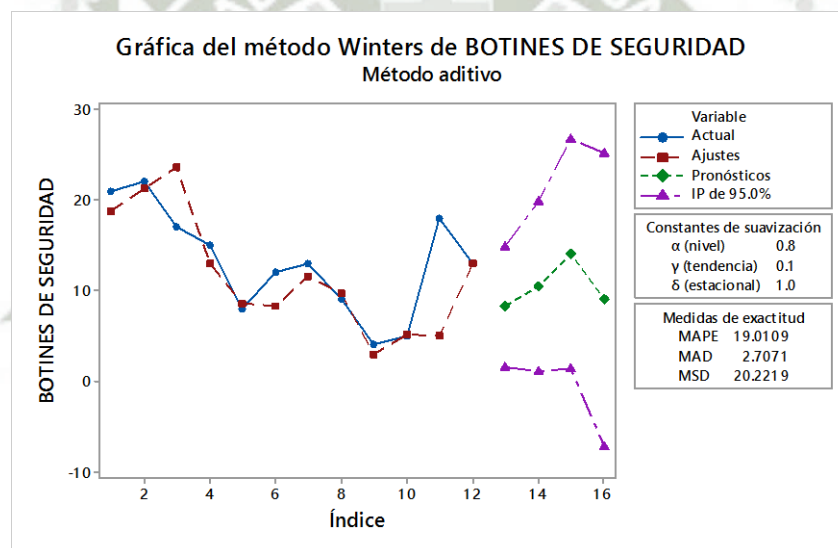
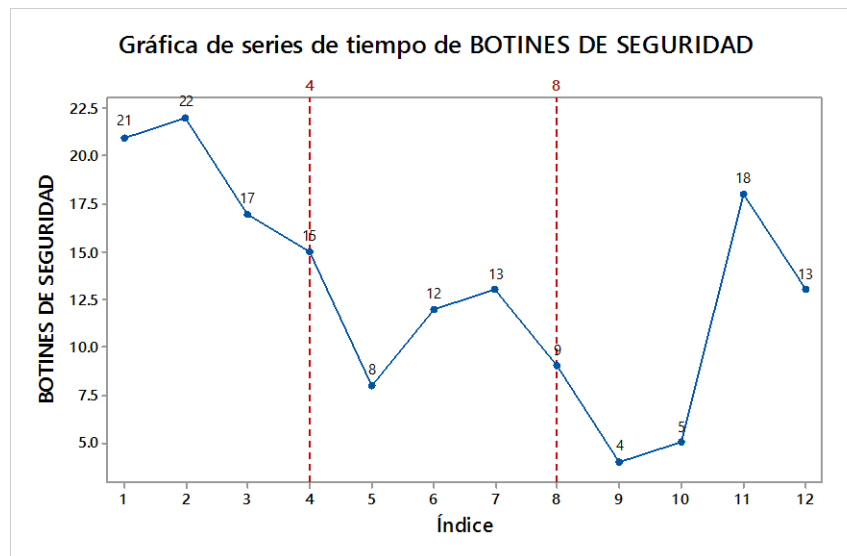


Descomposición de series de tiempo para FILTRO PETROLEO FF42000

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 2.633 + 0.1206 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	MAD	Período	Pronóstico
		21.5593	0.6272	13	4.41951
			0.5680	14	3.54014
1	0.21875			15	5.59827
2	-0.78125			16	3.96890
3	1.15625				
4	-0.59375				

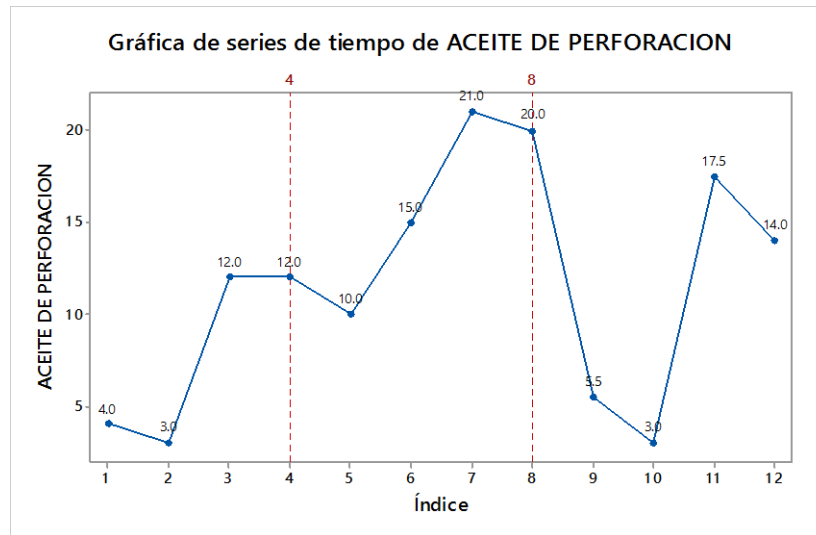
Botines De Seguridad Punta De Acero



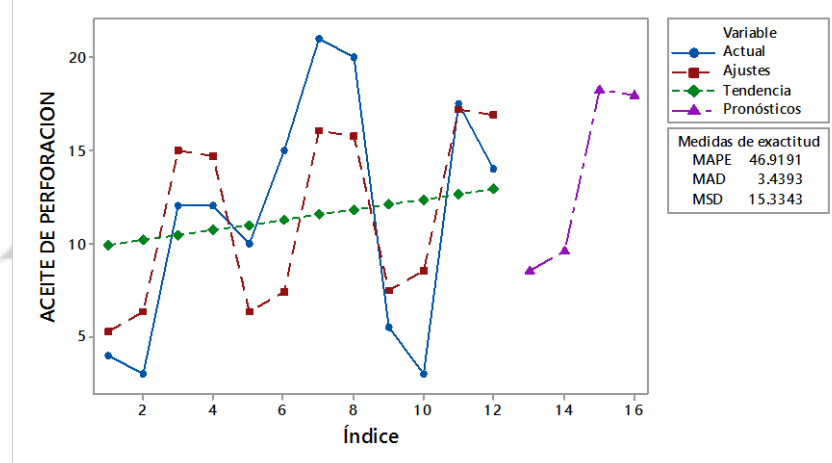
Método de Winters para BOTINES DE SEGURIDAD

Constantes de suavización		Medidas de exactitud		Pronósticos			
α (nivel)	0.8	MAPE	19.0109	Período	Pronóstico	Inferior	Superior
γ (tendencia)	0.1	MAD	2.7071	13	8.2238	1.59157	14.8560
δ (estacional)	1.0	MSD	20.2219	14	10.4221	1.04276	19.8015
				15	14.0499	1.35014	26.7496
				16	9.0178	-7.22774	25.2634

Aceite De Perforación



Gráfica de descomposición de series de tiempo de ACEITE DE PERFORACION
Modelo aditivo

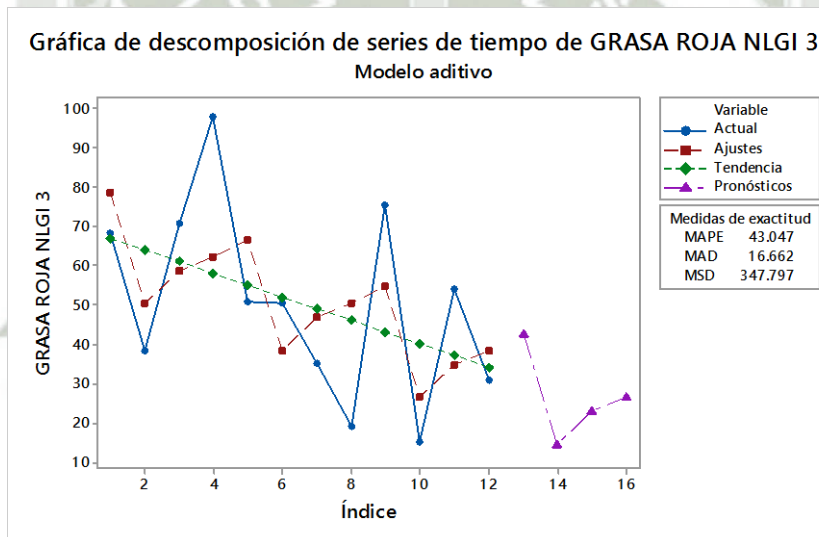
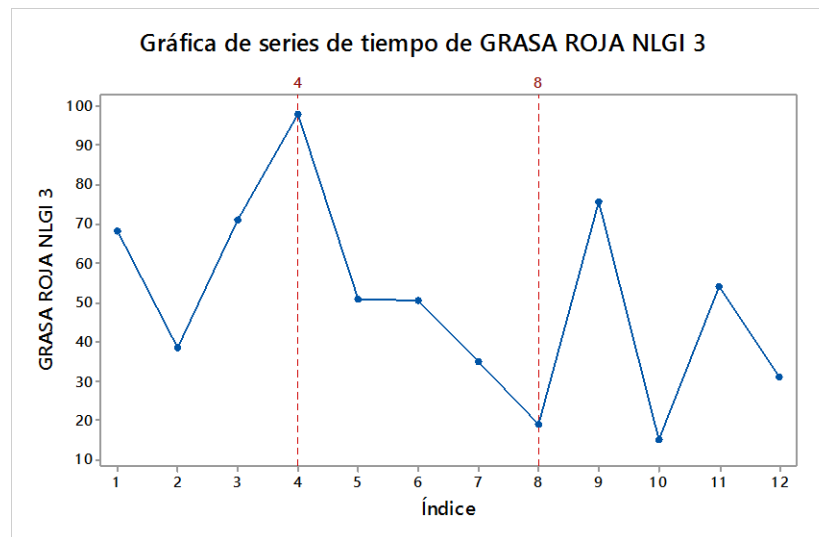


Descomposición de series de tiempo para ACEITE DE PERFORACION

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 9.63 + 0.274 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	MAD	Período	Pronóstico
		46.9191	3.4393	13	8.5587
			15.3343	14	9.6142
				15	18.2947
				16	17.9752

Grasa Roja NLGI 3

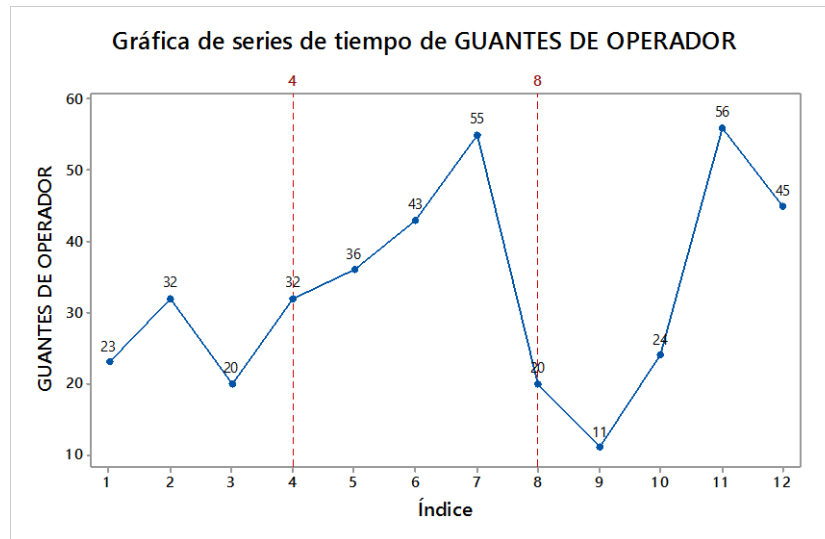


Descomposición de series de tiempo para GRASA ROJA NLGI 3

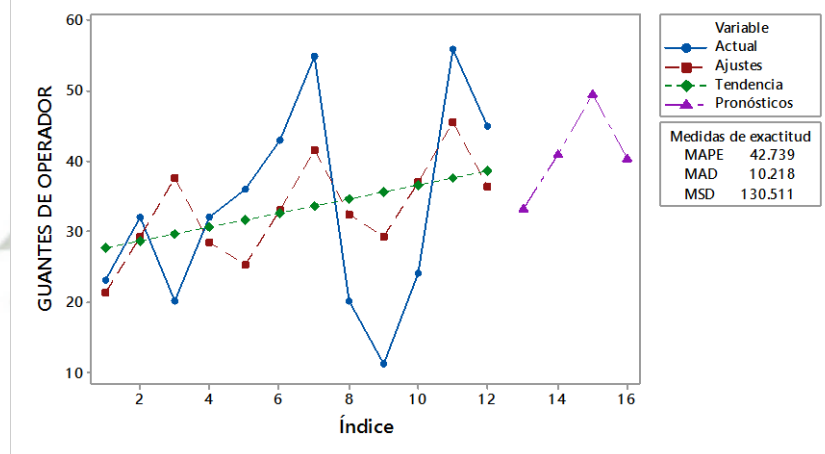
Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 70.0 - 2.99 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	43.047	Período	Pronóstico
1	11.6284	MAD	16.662	13	42.7790
2	-13.6666	MSD	347.797	14	14.4932
3	-2.2391			15	22.9299
4	4.2772			16	26.4553

Guantes De Operador



Gráfica de descomposición de series de tiempo de GUANTES DE OPERADOR
Modelo aditivo

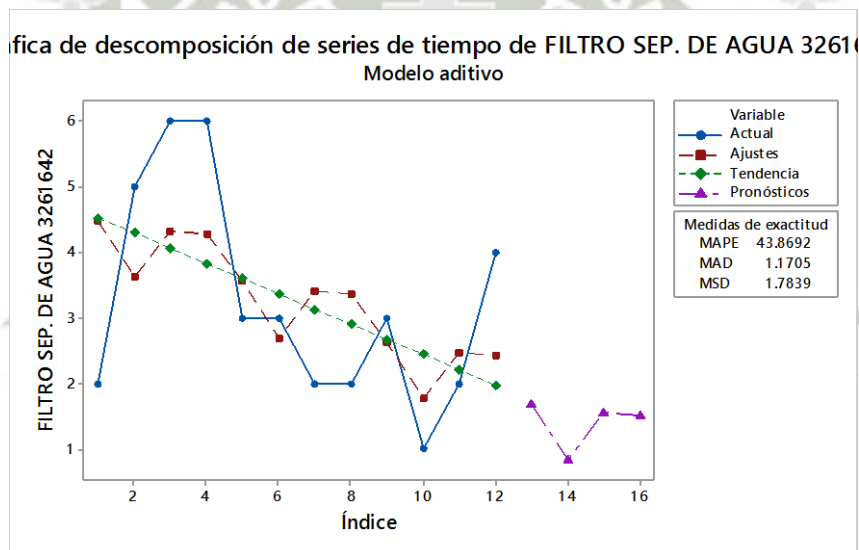
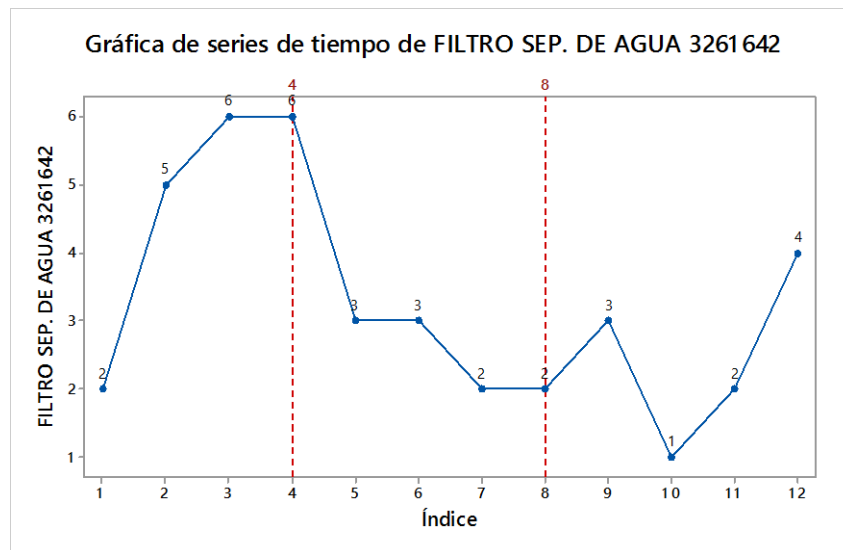


Descomposición de series de tiempo para GUANTES DE OPERADOR

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 26.63 + 0.99 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE	42.739	Período	Pronóstico
1	-6.42188	MAD	10.218	13	33.1174
2	0.51563	MSD	130.511	14	41.0481
3	8.07813			15	49.6039
4	-2.17188			16	40.3471

Filtro Separador De Agua 3261642



Descomposición de series de tiempo para FILTRO SEP. DE AGUA 3261642

Ecuación de tendencia ajustada: $Y_t = 4.757 - 0.232 \times t$

Índices estacionales		Medidas de exactitud		Pronósticos	
Período	Índice	MAPE 43.8692		Período	Pronóstico
	1	MAD	1.1705	13	1.69602
	2	MSD	1.7839	14	0.83916
	3			15	1.54480
	4			16	1.50044

Anexo N°6: Propuestas de sistema de abastecimiento

Sistema de Revisión Continua Q

	Acete Hidráulico 68	Acete Para Motor A Diésel 15W40	Oxigeno Industrial	Soldadura Citodur 1000 3/16	Soldadura Supercito 5/32	Acetileno	Soldadura Supercito 1/8	Trapo Industrial	Soldadura Chamfercor d 1/8	Filtro de Aire AF25135M	Uniforme en Tela Drill
Demanda anual pronosticada (D)	788	449	309	28	33	71	163	274	118	7	23
Precio Unitario (C)	S/. 27.59	S/. 36.74	S/. 14.50	S/. 64.17	S/. 10.25	S/. 40.00	S/. 10.41	S/. 5.51	S/. 16.72	S/. 52.92	S/. 41.35
Costo Almacenamiento por Unidad (i)	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%
Costo de Pedido (S)	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74
Cantidad Económica de Pedido (Q)	69	45	60	9	23	17	51	91	34	5	10
Ordenes al año (N)	11	10	5	3	1	4	3	3	3	1	2
Tiempo de entrega en días (TE)	2	2	2	7	3	2	3	2	3	4	3
Tasa de demanda en días (d)	2.16	1.23	0.85	0.08	0.09	0.19	0.45	0.75	0.32	0.02	0.06
MAPE	28.54%	22.96%	27.89%	51.74%	30.91%	12.52%	19.12%	23.06%	21.62%	39.14%	59.52%
Error estándar de pronostico (sd)	0.62	0.28	0.24	0.04	0.03	0.02	0.09	0.17	0.07	0.01	0.04
Desviación estándar de la demanda (s'd)	0.87	0.40	0.33	0.11	0.05	0.03	0.15	0.24	0.12	0.02	0.06
Punto de Reorden (ROP)	6.0	3.2	2.3	0.7	0.4	0.5	1.6	2.0	1.2	0.1	0.3
SS	1.7	0.8	0.7	0.2	0.1	0.1	0.3	0.5	0.2	0.0	0.1
Costo Annual de Almacenamiento	S/. 168.11	S/. 146.43	S/. 76.32	S/. 48.33	S/. 20.97	S/. 60.76	S/. 46.96	S/. 44.30	S/. 50.64	S/. 21.94	S/. 33.16
Costo Annual de Pedido	S/. 168.11	S/. 146.43	S/. 76.32	S/. 48.33	S/. 20.97	S/. 60.76	S/. 46.96	S/. 44.30	S/. 50.64	S/. 21.94	S/. 33.16
Costo Inventario de Seguridad	S/. 8.31	S/. 5.07	S/. 1.67	S/. 2.33	S/. 0.17	S/. 0.48	S/. 0.53	S/. 0.47	S/. 0.70	S/. 0.27	S/. 0.93
Costo Total del Inventario	S/. 344.53	S/. 297.94	S/. 154.30	S/. 98.98	S/. 42.11	S/. 121.99	S/. 94.46	S/. 89.07	S/. 101.98	S/. 44.16	S/. 71.25

	Respirador 6200 O 7502 de 2 Vías	Filtro de Aceite LF3000	Hoja de Sierra	Lentes Oscuros de Seguridad	Filtro Petróleo FF42000	Botines de Seguridad Punta de Acero	Acéite de Perforación	Grasa Roja NLGI 3	Guantes de Operador	Filtro Separador de Agua 3261642
Demanda anual pronosticada (D)	37	15	49	188	18	41	55	106	164	7
Precio Unitario (C)	S/. 2.70	S/. 71.60	S/. 4.24	S/. 3.66	S/. 19.01	S/. 43.30	S/. 40.81	S/. 12.35	S/. 6.67	S/. 146.28
Costo Almacenamiento por Unidad (i)	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%
Costo de Pedido (S)	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74
Cantidad Económica de Pedido (Q)	48	6	44	93	13	13	15	38	64	3
Ordenes al año (N)	1	3	1	2	1	3	4	3	3	2
Tiempo de entrega en días (TE)	2	4	1	2	4	2	2	2	2	5
Tasa de demanda en días (d)	0.10	0.04	0.13	0.52	0.05	0.11	0.15	0.29	0.45	0.02
MAPE	44.07%	26.84%	37.54%	20.72%	21.56%	19.01%	46.91%	43.05%	42.74%	43.87%
Error estándar de pronostico (sd)	0.04	0.01	0.05	0.11	0.01	0.02	0.07	0.13	0.19	0.01
Desviación estándar de la demanda (s'd)	0.06	0.02	0.05	0.15	0.02	0.03	0.10	0.18	0.27	0.02
Punto de Reorden (ROP)	0.3	0.2	0.2	1.3	0.2	0.3	0.5	0.9	1.4	0.1
SS	0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.0
Costo Anual de Almacenamiento	S/. 11.40	S/. 37.36	S/. 16.43	S/. 29.91	S/. 21.09	S/. 48.04	S/. 54.01	S/. 41.25	S/. 37.71	S/. 36.48
Costo Anual de Pedido	S/. 11.40	S/. 37.36	S/. 16.43	S/. 29.91	S/. 21.09	S/. 48.04	S/. 54.01	S/. 41.25	S/. 37.71	S/. 36.48
Costo Inventario de Seguridad	S/. 0.06	S/. 0.55	S/. 0.07	S/. 0.19	S/. 0.14	S/. 0.45	S/. 1.41	S/. 0.75	S/. 0.63	S/. 0.95
Costo Total del Inventario	S/. 22.85	S/. 75.27	S/. 32.94	S/. 60.00	S/. 42.32	S/. 96.53	S/. 109.44	S/. 83.26	S/. 76.04	S/. 73.92

Sistema de Revisión Periódica P

	Acete Hidráulico 68	Acete Para Motor A Diésel 15W40	Oxigeno Industrial	Soldadura Citodur 1000 3/16	Soldadura Supercito 5/32	Acetileno	Soldadura Supercito 1/8	Trapo Industrial	Soldadura Chamfercord 1/8	Filtro de Aire AF25135M	Uniforme en Tela Drill
Demanda anual pronosticada (D)	788	449	309	28	33	71	163	274	118	7	23
Precio Unitario (C)	S/. 27.59	S/. 36.74	S/. 14.50	S/. 64.17	S/. 10.25	S/. 40.00	S/. 10.41	S/. 5.51	S/. 16.72	S/. 52.92	S/. 413.5
Costo Almacenamiento por Unidad (i)	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%
Costo de Pedido (S)	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74
Cantidad Económica de Pedido (Q)	69	45	60	9	23	17	51	91	34	5	10
Ordenes al año (N)	11	10	5	3	1	4	3	3	3	1	2
Tiempo de entrega en días (TE)	2	2	2	6	3	2	3	2	3	4	3
Tasa de demanda en días (d)	2.16	1.23	0.85	0.08	0.09	0.19	0.45	0.75	0.32	0.02	0.06
MAPE	28.54%	22.96%	27.89%	51.74%	30.91%	12.52%	19.12%	23.06%	21.62%	39.14%	59.52%
Error estándar de pronostico (sd)	0.62	0.28	0.24	0.04	0.03	0.02	0.09	0.17	0.07	0.01	0.04
Intervalo de Revisión en días (T*)	32	37	70	111	257	89	115	121	106	245	153
Desviación estándar de la demanda (s'd)	3.59	1.76	2.01	0.43	0.45	0.23	0.93	1.92	0.73	0.12	0.47
Punto de Nivel Máximo (M*)	80	51	65	10	24	18	54	96	37	5	11
Costo Anual de Almacenamiento	S/. 168.11	S/. 146.43	S/. 76.32	S/. 48.33	S/. 20.97	S/. 60.76	S/. 46.96	S/. 44.30	S/. 50.64	S/. 21.94	S/. 35.16
Costo Anual de Pedido	S/. 168.11	S/. 146.43	S/. 76.32	S/. 48.33	S/. 20.97	S/. 60.76	S/. 46.96	S/. 44.30	S/. 50.64	S/. 21.94	S/. 35.16
Costo Inventario de Seguridad	S/. 34.27	S/. 22.33	S/. 10.08	S/. 9.54	S/. 1.60	S/. 3.20	S/. 3.33	S/. 3.66	S/. 4.22	S/. 2.17	S/. 6.70
Costo Total del Inventario	S/. 370.48	S/. 315.19	S/. 162.71	S/. 106.19	S/. 43.53	S/. 124.72	S/. 97.26	S/. 92.26	S/. 105.51	S/. 46.05	S/. 77.02

Respirador 6200 O 7502 de 2 Vías	Filtro de Aceite LF3000	Hoja de Sierra	Lentes Oscuros de Seguridad	Filtro Petróleo FF42000	Botines de Seguridad Punta de Acero	Aceite de Perforación	Grasa Roja NLGI 3	Guantes de Operador	Filtro Separador de Agua 3261642
Demanda anual pronosticada (D)	37	49	188	18	41	55	106	164	7
Precio Unitario (C)	S/. 2.70	S/. 4.24	S/. 3.66	S/. 19.01	S/. 43.30	S/. 40.81	S/. 12.35	S/. 6.67	S/. 146.28
Costo Almacenamiento por Unidad (i)	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%	17.64%
Costo de Pedido (S)	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74	S/. 14.74
Cantidad Económica de Pedido (Q)	48	44	93	13	13	15	38	64	3
Ordenes al año (N)	1	1	2	1	3	4	3	3	2
Tiempo de entrega en días (TE)	2	1	2	4	2	2	2	2	5
Tasa de demanda en días (d)	0.10	0.13	0.52	0.05	0.11	0.15	0.29	0.45	0.02
MAPE	44.07%	37.54%	20.72%	21.56%	19.01%	46.91%	43.05%	42.74%	43.87%
Error estándar de pronostico (sd)	0.04	0.05	0.11	0.01	0.02	0.07	0.13	0.19	0.01
Intervalo de Revisión en días (T*)	472	327	180	255	112	100	130	143	147
Desviación estándar de la demanda (sd)	0.97	0.91	1.44	0.17	0.23	0.71	1.44	2.31	0.10
Punto de Nivel Máximo (M*)	50	46	97	13	13	17	41	70	3
Costo Anual de Almacenamiento	S/. 11.40	S/. 16.43	S/. 29.91	S/. 21.09	S/. 48.04	S/. 54.01	S/. 41.25	S/. 37.71	S/. 36.48
Costo Anual de Pedido	S/. 11.40	S/. 16.43	S/. 29.91	S/. 21.09	S/. 48.04	S/. 54.01	S/. 41.25	S/. 37.71	S/. 36.48
Costo Inventario de Seguridad	S/. 0.91	S/. 1.34	S/. 1.82	S/. 1.12	S/. 3.41	S/. 10.05	S/. 6.14	S/. 5.33	S/. 5.25
Costo Total del Inventario	S/. 23.70	S/. 34.21	S/. 61.63	S/. 43.31	S/. 99.49	S/. 118.08	S/. 88.64	S/. 80.74	S/. 78.22

Anexo N°7: Selección y Evaluación de Proveedores

Procedimiento para la Selección y Evaluación de Proveedores

1. OBJETIVO

Establecer el método de selección y evaluación de proveedores, basado en la capacidad de atender los requerimientos de compra de Eteco S.A.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos los proveedores externos de productos y servicios que se integran en las prestaciones de Eteco S.A.

3. RESPONSABILIDAD

- Gerente de Área: Verificar que el siguiente procedimiento se cumpla.
- Equipo Logístico: Son los encargados de realizar la evaluación de proveedores y entregarlo al gerente de área.

4. PROCEDIMIENTO

a. Selección de proveedores

Esta es la etapa previa al empezar el proceso de compra, mediante la cual se realiza una lista de todos los proveedores que se tiene.

b. Evaluación de proveedores

Esta es la etapa al seguimiento del comportamiento en el tiempo de los proveedores críticos según el cumplimiento de los criterios de evaluación. Estos criterios se evalúan en una escala de 1 a 3, donde se aprecia mejor en la siguiente tabla:

Tabla de puntajes para evaluación de proveedores.

Puntaje Obtenido	Descripción
3 Puntos	Aprobación del criterio
2 Puntos	Indecisión o Indiferencia del Criterio
1 Punto	Desaprobación del Criterio

La evaluación es diferente si es un proveedor de productos o si es que brinda servicios. De este modo se ha realizado dos tablas para cada tipo de proveedor.

Evaluación para proveedor de productos

Criterio	Descripción del Criterio	Puntaje
Precio Unitario	Corresponde si el precio otorgado por los suministros se encuentra dentro de una escala adecuada.	3 Puntos - Precio debajo del promedio 2 Puntos - Precio promedio 1 Punto – Precio encima del promedio
Calidad	La calidad del producto es aceptable, cumpliendo con los certificados solicitados.	3 Puntos – Producto cuenta con certificado de calidad, ficha técnica y otros solicitados. 2 Puntos – Se cuenta con ficha técnica. 1 Punto – No se cuenta con certificado.
Condiciones de venta	Se cuenta con la posibilidad de tener una línea de crédito.	3 Puntos – Se cuenta con línea de crédito de as de 30 días. 2 Puntos – Se cuenta con la posibilidad de acceder a una línea de crédito. 1 Punto – Los pagos son solo al contado.
Tiempo de Entrega	Este criterio evalúa al tiempo de entrega pactado en la orden de compra.	3 Puntos – Entrega los productos en la fecha pactada. 2 Puntos – Los productos tienen retraso de entrega en máximo 2 días. 1 Punto – Los productos se entregan después de 2 días.

Condición de entrega	Especifica el lugar de entrega de los productos y el estado de la mercadería.	<p>3 Puntos – Los productos se entregan en el almacén de la empresa con documentos solicitados y en buen estado.</p> <p>2 Puntos – Los productos se tienen que recoger del local del proveedor, estando la mercadería en buen estado.</p> <p>1 Punto – Los productos los entregan pero la mercadería no está en buen estado.</p>
----------------------	---	--

Evaluación para proveedor de servicios

Criterio	Descripción	Puntaje
Calidad del Servicio	<p>Se evalúa si el servicio brindado cumplió con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Normas de seguridad y prevención de riesgos - Legislación ambiental - Calidad de materiales y suministros 	<p>3 Puntos – Se cumplieron las normas de seguridad, ambientales y de calidad solicitadas por la empresa</p> <p>2 Puntos – Los productos se tienen que recoger del local del proveedor.</p> <p>1 Punto – Los productos los entregan pero sin documentos.</p>
Plazos	Se verifica la programación y el cumplimiento del plazo de entrega del servicio.	<p>3 Puntos – El servicio se realiza en el plazo indicado según las indicaciones de la empresa.</p> <p>2 Puntos – El servicio se realiza con algún retraso.</p> <p>1 Punto – El servicio no se realizó según la programación establecida.</p>
Precio	Corresponde si el precio del servicio está en una escala adecuada.	<p>3 Puntos - Precio debajo del promedio</p> <p>2 Puntos - Precio promedio</p> <p>1 Punto – Precio encima del promedio</p>

Tabla de calificación de desempeño.

Para realizar la clasificación, se asigna el puntaje a cada proveedor con respecto a la tabla que le corresponde y se pondera el puntaje total. Para clasificar al proveedor se sigue la siguiente tabla:

Calificación total	Plan de Acción
Puntaje $\geq 70\%$	Se recomienda mantenerlo como proveedor.
$70\% > \text{Puntaje} \geq 40\%$	Se sugiere mantenerlo con proveedor bajo condición de que mejore sus labores futuras. Se aconseja realizar otra evaluación después de medio año.
Puntaje $< 40\%$	Se propone que no sea considerado como proveedor a menos que realice un cambio en sus labores y vuelva a pasar por la evaluación.

c. Determinación de proveedores finales

De acuerdo a la evaluación realizada, se obtendrá la lista de los proveedores fijos de productos y servicios.

d. Re-evaluación de proveedores

Esta re-evaluación se realizará anualmente para mejorar continuamente la entrega de productos y servicios a la empresa.