

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA



**“MODELO DE INVENTARIO PARA LA
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE
TRACTO CAMIONES”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

AUTOR: Ing. HUBERTH ALEX RUPAY GÜERE

Callao, 2018

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico con mucho amor a mis padres Justina y Pablo, mi esposa Cleme y a mis hijos Kevin y Renzo por haberme comprendido y apoyado en todo momento a concluir con esta tarea emprendida

El autor.

AGRADECIMIENTO

A la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, a los Maestros Catedráticos de la Maestría en Gerencia del Mantenimiento y a los asesores de la Universidad Nacional de Callao, por haberme apoyado y permitido concluir esta Tesis.

El autor.

ÍNDICE

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1 Determinación del problema.....	9
1.2 Formulación del problema	13
1.3 Objetivos de investigación	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Justificación	14
1.5 Limitaciones.....	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes de estudio	16
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	16
2.1.2 Antecedentes Nacionales	21
2.2 Marco teórico.....	25
2.2.1 Vehículo tracto camión	25
2.2.2 Importancia del inventario en la gestión de mantenimiento.	28
2.2.3 Fundamentos básicos de inventario	34
2.2.4 Modelos básicos de inventario con demanda independiente para mantenimiento.....	48
2.2.5 Sistemas de clasificación de materiales	60
2.3 Definición de términos	66
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	70
3.1 Definición de las variables	71
3.2 Operacionalización de las variables	71

3.3 Hipótesis generales e hipótesis específicas	71
IV. METODOLOGÍA	74
4.1 Tipo de investigación	74
4.2 Diseño de la investigación	75
4.3 Población y muestra	75
4.3.1 Población.....	75
4.3.2 Muestra.....	75
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	76
4.4.1 Técnicas de recolección primaria.	77
4.4.2 Técnicas de recolección secundarias.	78
4.5 Procedimiento de recolección de datos	78
4.5.1 Entrevistas.....	78
4.5.2 Data de consumo de repuestos y consumibles	78
4.5.3 Revisión de bibliografía especializada.....	79
4.6 Procedimientos estadísticos y análisis de datos.....	79
V. RESULTADOS.....	81
5.1 Base de datos histórico	81
5.2 Clasificación de materiales de mantenimiento.....	81
5.2.1 Repuestos importados	82
5.2.2 Consumibles importados	89
5.3 Tiempo de entrega.....	92
5.4 Tiempo de pedido	93
5.5 Calculo de cantidades optimas.....	93
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	104
6.1 Contratación de la hipótesis con los resultados.....	104

6.2 Contrastación de resultados con los otros estudio similares	104
VII. CONCLUSIONES	106
VIII.RECOMENDACIONES.....	107
IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	108
9.1 Bibliografía.....	108
9.2 Otras fuentes bibliográficas	110
ANEXOS	112

TABLAS DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS:

Figura N° 1.1 Área de servicio de mantenimiento preventivo.....	10
Figura N° 1.2 Área de servicio de mantenimiento correctivo.....	11
Figura N° 2.1 Tracto camión.....	26
Figura N° 2.2 Sistemas de tracto camión.....	27
Figura N° 2.3 Curva de la bañera.....	44
Figura N° 2.4 Cantidad Económica de pedido.....	49
Figura N° 2.5 Sistema de revisión continua.....	52
Figura N° 2.6 Nivel de servicio para demanda normal.....	54
Figura N° 2.7 Nivel de servicio para demanda Poisson.....	55
Figura N° 2.8 Sistema de revisión periódica.....	57
Figura N° 2.9 Sistema de máximos y mínimos.....	59
Figura N° 2.10 Análisis de Pareto ABC.....	61
Figura N° 4.1 Diseño de la investigación.....	74
Figura N° 5.1 Selección de prueba.....	91
Figura N° 5.2 Selección de distribución estadística.....	92
Figura N° 5.3 Resultado de la prueba.....	92

LISTA DE GRÁFICAS:

Gráfico N° 5.1 Cantidad de ítems de materiales de mantenimiento.	80
Gráfico N° 5.2 Pareto aplicado a repuestos.....	82
Gráfico N° 5.3 Categoría por rotación de repuestos.....	83
Gráfico N° 5.4 Categoría por frecuencia de uso de repuestos.....	85
Gráfico N° 5.5 Relación de categorías de repuestos.....	87
Gráfico N° 5.6 Relación de categorización de filtros.....	88

LISTA DE TABLAS:

Tabla N° 3.1 Operacionalización de variables.....	71
Tabla N° 5.1 Relación de repuestos y consumibles.....	81
Tabla N° 5.2 Categoría por rotación de repuestos.....	83
Tabla N° 5.4 Categoría por frecuencia de uso de repuestos.....	84
Tabla N° 5.5 Relación de categorías de repuestos.....	85
Tabla N° 5.6 Relación de categorización de filtros.....	87
Tabla N° 5.7 Relación de lubricantes.....	89
Tabla N° 5.8 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra del repuesto.....	93
Tabla N° 5.9 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra de filtro.....	94
Tabla N° 5.10 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra de lubricante.....	95
Tabla N° 5.11 Relación de cantidad optima de repuestos tipo AI..	97
Tabla N° 5.12 Relación de cantidad óptima de lubricantes.....	98
Tabla N° 5.13 Relación de cantidad óptima de filtros tipo AI, BI y CI.....	99

RESUMEN

En la actualidad y a nivel de Lima Metropolitana existen empresas nacionales que representan a fabricante internacionales de vehículos automotrices de gran prestigio y cuentan con una infraestructura adecuada pero que carecen de una adecuada gestión de inventario como soporte a la gestión de servicio lo cual es importante para mantener la relación comercial con el cliente.

El propósito del presente trabajo de investigación es contribuir con la implementación de un modelo de inventario de repuestos y consumibles para el almacén de repuestos de un taller de servicios de una empresa de prestigio el cual representa a un marca extranjera en Perú.

El tipo de investigación es aplicada con un enfoque cuantitativo. Esta investigación corresponde a un nivel descriptivo, correlacional y de campo.

Para el mismo se utilizaron las técnicas e instrumentos apropiados para esta investigación, las técnicas aplicadas fueron la de análisis de una base de datos históricos y fuentes bibliográficas. Los instrumentos usados fueron las encuestas, reuniones y observaciones directas.

El resultado del trabajo de investigación se sintetiza en desarrollar un modelo de inventario de los materiales de mantenimiento importado considerados como crítico, dando a conocer la relación y cantidad óptima para evitar o reducir la rupturas de stock de manera progresiva y mantener un nivel adecuado de servicio eficiente en el taller de mantenimiento para la satisfacción el cliente y contribuir con las ganancia económicas para la empresa por parte del área de servicios.

Palabra claves: inventario, repuestos, consumibles, stock, rotación y frecuencia de uso.

ABSTRACT

At the present time and at the level of Metropolitan Lima there are national companies that represent an international manufacturer of highly prestigious automotive vehicles and have an adequate infrastructure but lack adequate inventory management to support service management, which is important to maintain the business relationship with the client.

The purpose of this research work is to contribute with the implementation of an inventory model of spare parts and consumables for the spare parts warehouse of a service workshop of a prestigious company which represents a foreign brand in Peru.

The type of research is applied with a quantitative approach. This research corresponds to a descriptive, correlational and field level.

The techniques and instruments appropriate for this research were used, the techniques applied were the analysis of a historical database and bibliographic sources. The instruments used were the surveys, meetings and direct observations.

The result of the research work is synthesized in developing an inventory model of the imported maintenance materials considered as critical, disclosing the optimal ratio and quantity to avoid or reduce the stock ruptures progressively and maintain an adequate level of service efficient in the maintenance workshop for customer satisfaction and contribute to the economic gain for the company from the service area.

Keywords: inventory, spare parts, consumables, stock, rotation and frequency of use.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Determinación del problema

La empresa en donde se realizó la investigación es de capitales peruanos, representante en el Perú de vehículos tracto camiones de una marca de procedencia Norteamericana, la empresa también cuenta con los servicios post venta para sus clientes con el propósito de brindarles satisfacción en el funcionamiento de la maquinaria adquirida y continuar con la relación comercial; siendo considerado como socio estratégico en su negocio. Los servicios de post venta lo conforman el área de Repuestos y el área de Servicios.

Sus operaciones como representante de la marca tienen inicios en el año 2008 en la ciudad Lima, en un taller especializado el cual cuenta con un área de 15000 m², donde se encuentran instalados las oficinas administrativas, área de venta de vehículos y repuestos, almacén de repuestos y con mayor área el taller de Servicio.

Dentro de la estructura organizacional se encuentra la Gerencia de Servicios quien reporta directamente a la Gerencia General y posee como áreas de operaciones el área de Servicios de Mantenimiento y el área de Siniestros; ambas áreas desarrollan sus actividades en el taller de Lima.

El área de Servicio de Mantenimiento realiza dos tipos de trabajo que es el preventivo en función a las horas de trabajo o el kilometraje

recorrido y el correctivo; el cual se da cuando el vehículo presente alguna falla funcional (véase figuras N° 1.1 y 1.2, en la página 10 y 11 respectivamente). El área de Servicio de Siniestros realiza trabajos de reparación de vehículos siniestrados por accidentes.

La Gerencia de Servicios tiene como objetivo principal lograr la satisfacción del cliente con márgenes de ganancia establecido a través de: realizando trabajos de mantenimiento de manera eficiente y de calidad para lo cual debe de contar con la mano de obra calificada, infraestructura adecuada, equipos y herramientas adecuadas y los materiales de mantenimiento con la cantidad y en el momento adecuado.

FIGURA N° 1.1

ÁREA DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Fuente: Elaboración propia

A lo largo del tiempo desde sus inicios de operaciones el servicio de mantenimiento se ha incrementado de manera proporcional a la venta

de vehículos, ello ha ocasionado el aumento de clientes, pero lo que no ha aumentado o mejorado es la satisfacción del cliente y el margen de ganancia planteada, es por ello que la Gerencia de Servicios ha realizado un análisis de las causas raíz de porque no alcanzan su objetivo.

FIGURA N° 1.2

ÁREA DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los resultados del análisis se observó que la empresa cuenta con el personal calificado ya que poseen con una área de capacitación en donde las clases son impartidas por instructores peruanos y extranjeros y a la vez son evaluados constantemente. Con respecto a la infraestructura, cuentan con un taller modelo similar a la casa matriz en Norteamérica y las herramientas de trabajos son importadas y recomendadas por el dueño de marca. Con respecto a los repuestos se observó que existe muchas rupturas de stock de manera constante siendo ello la causa principal del porque la empresa tiene deficiencia en el servicio de mantenimiento.

La Gerencia de Servicios ha determinado que como una estrategia de operación para alcanzar sus objetivos es contar con un almacén

exclusivamente para el área de servicios de mantenimiento; ello se dio a mediados del año 2015, el cual abastece los requerimientos de repuestos y consumibles (nacionales e importados) a los talleres de servicio y siniestros, por tanto el almacén de servicios debe de contar con los repuestos y consumibles necesarios en el momento indicado para el desarrollo eficiente de las actividades de servicio de mantenimiento preventivo y correctivo lo cual contribuirá para que los servicios cumplan con el tiempo programado y los trabajos sean de calidad logrando la satisfacción plena del cliente y alcanzar el margen de ganancia. Teniendo aproximadamente dos años y medio de instalado el almacén de servicios aún existen rupturas de stock.

Al realizar una evaluación a través de una entrevista a los responsables sobre la gestión de repuestos del almacén se observa que no tienen ninguna metodología para la gestión del inventario de materiales de mantenimiento.

De lo señalado líneas arriba se desprenden las siguientes situaciones asociadas al estado de la gestión de inventario de repuestos:

- Los repuestos de mantenimiento no están clasificados bajo ningún criterio de gestión, no diferencian los repuestos de los consumibles en los servicios.
- La demanda de los repuestos de mantenimientos no lo tienen evaluada, existe un historial en el sistema pero no lo usan.
- No tienen estimados los tiempos promedios de entrega de pedidos de ítems de importación.
- No tienen evaluado la cantidad necesaria de repuestos de mantenimiento críticos a mantener en almacén.
- Los pedidos de nuevas adquisiciones de repuestos no son basados en algún tipo de análisis científico o paramétrico, sino que son pedidos cuando se termina el stock del repuesto en almacén o lo

piden por cantidades estimadas en base a la experiencia del área técnica.

A razón de lo mencionado anteriormente se tiene constantes ruptura de stock de ítems críticos; repuestos no disponibles, lo cual retrasa la culminación de los trabajos de mantenimiento en los tiempos estimados, produciendo el descontento y la insatisfacción del cliente, estos hechos evidencian que la actual gestión de repuestos de mantenimiento en el área de servicios de la empresa debe ser mejorada a fin de lograr los objetivos de dicha área.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo debe ser el modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Conocer la tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento usados por el taller de servicio.
- Clasificar y categorizar los materiales de mantenimiento usados por el taller de servicio.
- Determinar el tiempo de pedido de repuestos por parte del área de servicio para su almacén de repuestos.

- Determinar el tiempo de entrega de repuestos y consumibles por parte del almacén central de repuestos al almacén de servicios.
- Calcular el tamaño óptimo de pedido de repuesto y consumibles por categoría específica.

1.4 Justificación

Económica: la implementación del modelo de inventario reducirá los costos de mantener repuestos sin rotación, se trabajará con repuestos de alta rotación lo cual generará utilidades a la empresa en corto plazo, contribuirá a mejorar la relación con el cliente al cumplir con la entrega a tiempo de los servicios prestados generando mayor compra de vehículos y servicios.

Social: los clientes se sentirán más satisfechos por la pronta entrega de sus vehículos en reparación, continuando con sus labores de transporte, contribuyendo al crecimiento de la sociedad.

Educativo: la aplicación del modelo de gestión de inventario puede ser aplicado en diversas empresas que comercializan vehículos y repuestos y a la vez a las que dan servicio de mantenimiento de manera independiente, elevando su conocimiento en cuanto a su gestión de inventario.

Tecnológica: Una vez determinado el método de control de inventario, el procedimiento se puede implementar en un sistema integral empresarial ERP para realizar la administración y control automático del inventario de repuestos y consumibles.

Teórica: el método de inventario, aplica ideas y emite conceptos lo cual es importante bajo un punto de vista teórico, contribuyendo al conocimiento existente sobre el inventario de almacenes y sobre todo al inventario de almacenes en empresas del rubro de servicios y venta de vehículos.

1.5 Limitaciones.

La implementación del método de inventario propuesto es solamente para los repuestos y consumibles del área de servicios de mantenimiento preventivo y correctivo. Con respecto al inventario de repuestos para el área de siniestros se trata de manera diferente ya que los pedidos de los repuestos se realizan en bloque una vez realizada la evaluación de los daños totales del vehículo para su puesta en operación, desde repuestos con poco rotación y baja frecuencia de uso hasta repuestos de alta rotación y una frecuencia alta de uso.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

A continuación, revisaremos algunos aportes importantes y de gran utilidad para nuestra investigación.

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Arciniegas P., C. (2002), el autor de la tesis “Modelo de plan estratégico para la gestión de inventarios para los repuestos John Deere de Ponce Yepes S.A.” para optar el grado Maestro en Dirección de Empresas, desarrollado en la Universidad Andina Simón Bolívar – Ecuador, nos resume lo siguiente:

Objetivo: proponer un modelo de plan estratégico con el objetivo de conseguir una eficiente y eficaz gestión de inventarios para la Línea de Repuestos John Deere.

Resumen: el autor realiza un análisis de la situación actual de la empresa Ponce Yepes S.A., enfocada a la gestión de inventario de la línea de repuestos John Deere, también realiza el análisis del entorno competitivo, el esquema de funcionamiento actual del sistema de inventarios, el análisis FODA, determina los clientes internos y externos con sus correspondientes demandas, elabora y analiza las matrices de evaluación de factores internos y externos, en forma individual

y combinada; y presenta las relación de las estrategias a aplicarse.

También el autor realiza la estructuración del plan estratégico, que está compuesto por la reformulación de la misión y visión, establece los objetivos globales para la gestión de repuestos John Deere, la formulación de las estrategias y políticas para alcanzar dichos objetivos y concluye detallando el plan operativo, el cual incluye la matriz de aplicación del plan operativo, el cronograma de cumplimiento, el modelo de evaluación y seguimiento de dicho plan, y el flujo de caja del presupuesto de costos.

Conclusión: Los inventarios de repuestos deben ser considerados, en primer lugar, como la fuente principal para mejorar las ganancias de la empresa, y en segundo lugar, cuando ofrecen el mejor servicio posible de repuestos al cliente, como una excelente herramienta de mercadeo. Ningún cliente estará dispuesto a invertir en una máquina si es que no percibe un satisfactorio servicio posventa (repuestos y servicio técnico) por parte del distribuidor.

Se necesita un control efectivo de inventario para manejar el máximo movimiento de repuestos y un elevado volumen de negocios con la menor inversión posible, pero que al mismo tiempo pueda satisfacer con su disponibilidad un alto porcentaje de las necesidades del cliente. El mantener un inventario demasiado grande significa un gasto innecesario. En el caso contrario, un inventario insuficiente produce el descontento de los clientes y crea una resistencia a las ventas que es sumamente difícil de superar.

Como resultado del presente trabajo se ha formulado el modelo de plan estratégico a aplicarse para que la empresa alcance los objetivos como es levantar una base de datos de los clientes y utilizar dicha información para proporcionarles un servicio de calidad para conseguir la satisfacción de sus necesidades. Se han establecido las estrategias (acciones) y las políticas (métodos) para alcanzar cada objetivo, las cuales se sintetizan tanto en la matriz del plan operativo como en el cronograma de cumplimiento del plan operativo.

Chica Mejía, Gustavo Hernando (2015), el autor de la tesis “Excesos y agotamientos de inventario – análisis de las causas de retrasos en tareas de mantenimiento” para optar el grado de Magister en Ingeniería Modalidad Profundización en Mantenimiento Industrial, desarrollada en la universidad Eafit – Colombia, nos resume lo siguiente:

Objetivo: conocer los términos que afectan de manera directa el estado óptimo de los inventarios, ocasionando excesos o agotados de los repuestos y accesorios, los cuales no garantizan los niveles de confiabilidad y elevan los costos de capital en mantenimiento.

Resumen: el autor da a conocer los fundamentos que permiten entender a todas las personas e instituciones involucradas al servicio de mantenimiento el gran impacto que tiene un buen manejo de inventarios, en los tiempos de realización y en la calidad de los trabajos de mantenimiento.

También describe cuales son los criterios, parámetros de cálculo de cantidades a pedir y frecuencias de reabastecimiento, de los tres tipos de ítems clasificados como MTS (Make to Stock – o Technology Push), MTO (Make to Order – o Demand Pull) y MTF (Make to Frozen – o Play Frozen), de la metodología propuesta, deja sentadas las bases para encontrar los criterios claves de agotados o excesos.

Luego establece y resalta los parámetros, criterios y cálculos claves de los algoritmos, asociados a los estados de agotados y excesos en las distintas fórmulas de cálculos de cantidades y frecuencias a pedir en inventarios de repuestos.

Culmina estableciendo estrategias de manejo en los cálculos de inventarios, para evitar a de todas maneras los excesos y agotados de repuestos en el inventario.

Conclusión: los excesos se generan por los pedidos de repuestos para mantenimiento planeados y se controlan bajo simulación del Plan de Compras una vez se corran los programas de inventarios.

Los agotados proceden de pronósticos realizados inadecuadamente en los pedidos de repuestos de mantenimientos no planificados.

Mota Suarez, Karelis Nohemí (2006), el autor de la tesis “Gestión de inventario en las empresas de servicio a pozos en el Sector Petrolero del Municipio Lagunillas” para optar el grado de Magister Scientiarum de Gerencia de Empresas Mención Gerencia de Operaciones, desarrollada en la universidad de Zulia – Venezuela, nos resume lo siguiente:

Objetivo: analizar la gestión de inventarios en las empresas de servicios a pozos de la industria petrolera en el Municipio Lagunillas y dar soluciones integrales por el método Justo a Tiempo.

Resumen: El autor realiza un análisis a la gestión de inventarios en empresas de servicios a pozos de la industria petrolera en el Municipio Lagunillas del Estado Zulia. Describe la situación actual de la Gestión de inventarios, luego evalúa y verifica los indicadores que miden la gestión de inventarios en las empresas objeto de estudio, posteriormente examina la demanda de inventarios y finalmente determina los aspectos que afectan la gestión de inventarios en las empresas de servicios a pozos en el sector.

Conclusión: las empresas no poseen identificados los proveedores por lo cual no mantiene comunicación con los mismos; esto provoca que casi siempre los materiales o equipos solicitados no lleguen a tiempo por la lejanía del proveedor seleccionado lo cual genera costos por no poseer el material al momento requerido.

Las empresas no calculan los indicadores de gestión como porcentaje de inventarios, índice de rotación, índice de rotura y el índice de obsolescencia, los costos de pedido, tenencia no afectan los costos de inventario ni en los costos totales, pero en ocasiones las empresas dejan de prestar servicio por falta de inventario, influyendo esto significativamente en los costos totales de la empresa producto nuevamente de la no identificación de los proveedores.

Las empresas no utilizan un método único para la gestión de sus inventarios, en algunas utilizan cantidad económica de pedidos, o máximos y mínimos, o revisión de las existencias en intervalos fijos, o ABC y o justo a tiempo, y no se realiza Planificación de materiales ni maneja stock de seguridad lo cual provoca que exista un descontrol en la cantidad óptima de inventarios.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Barreto Lara, David (2015) el autor es de la tesis “Modelos de control de inventarios para la reducción de costos de repuestos de mantenimiento en taladros de perforación offshore en la provincia de Tumbes” para optar el grado de Maestro en Ingeniería con mención en Gerencia de Mantenimiento, desarrollada en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, nos resume lo siguiente:

Objetivo: Reducir, en base a la selección y aplicación de un modelo de control de inventarios, los costos de repuestos de mantenimiento de los taladros de perforación offshore de la provincia de Tumbes.

Resumen: El trabajo de investigación se ha realizado en un proyecto de exploración petrolera, en este contexto la compañía logra hacerse con dos contratos para perforar con los taladros proyecto uno y proyecto dos, y a la vez implementa un almacén en tierra para proveer soporte logístico a dichos taladros, al evaluar la gestión de repuestos de mantenimiento en dicho contexto se observaron las siguientes situaciones: no se tenían identificados repuestos críticos de mantenimiento, ni

se había evaluado la cantidad mínima de estos a mantener en stock, los pedidos de compra solo se basaban en la experiencia del personal en campo, y finalmente se desconocían parámetros básicos como demanda, tiempo de entrega entre otros. Como consecuencia, se propuso la presente investigación cuyo propósito es analizar en qué medida un modelo de control de inventarios influye en la reducción de los costos de repuestos de mantenimiento en las operaciones de la empresa en la zona de Tumbes. Los resultados del análisis muestran que alrededor del 70% del valor del material en almacén no era utilizado y que para niveles de servicio cercanos al 85% se obtiene una disminución de costos en los materiales de uso constante.

Conclusiones: El 30.8% (1323 ítems) de todos los ítems registrados en los almacenes de los taladros proyecto uno y proyecto dos han tenido consumos en el periodo de análisis, en el caso del proyecto uno el porcentaje de ítems es 29.8% (924 ítems), mientras que en el proyecto dos es 31.1% (746 ítems). La metodología de clasificación ABC permite establecer que el 10% de todos los ítems de los taladros del proyecto uno y dos caen en la categoría A, 20% en la categoría B y 70% en la categoría C.

Según los valores obtenidos del coeficiente de variación cuadrado de la demanda, se puede concluir que en la mayoría de los casos los materiales de almacén en las operaciones de perforación offshore no presentan un patrón de demanda estable. De todos los materiales analizados pertenecientes a los taladros de los proyectos uno y dos, solo el 7% de los ítems cumplen la condición de demanda estable.

Si bien, debido a la poca cantidad de ítems que cumplen las condiciones para utilizar el EOQ, la reducción de costos obtenida no es contundente para la realidad analizada, sí se logra obtener costos teóricos menores a los reales para las condiciones descritas, especialmente para niveles de servicio menores al 85%.

Cabrejos Ramírez, José (2012), el autor de la tesis “Contribución al mejoramiento de la gestión logística en el almacén del área de mantenimiento de maquinaria pesada en la empresa CYOMIN SAC, Dpto. de Cajamarca” para optar el grado de Maestro en Gerencia del Mantenimiento, desarrollada en la Universidad Nacional del Callao– Callao, nos resume lo siguiente:

Objetivo: Proponer una metodología que contribuya al mejoramiento de la gestión logística del almacén del área de mantenimiento de maquinaria pesada y generar recomendaciones para su aplicación.

Resumen: el autor realiza una evaluación de los factores que afectan el desarrollo exitoso del almacén, determinan que el mayor peso lo tiene la falta de metodología para la toma de inventarios seguido por la atención de los clientes. Realiza un análisis de FODA y con ella obtiene las diferentes estrategias para mejorar: la venta de repuestos y servicio de mantenimiento, el servicio al cliente, conocimiento del personal, los procesos administrativos, toma de inventarios.

Conclusión: A través de las técnicas de diagnóstico participativo el personal del almacén fue capaz de elaborar el manual de procedimientos para la toma de inventarios y desarrollar un procedimiento para realizar toma de inventario de repuestos de rotación rápida en los almacenes de mantenimiento de maquinaria pesada de la empresa.

Desde el punto de vista económico, el 90% de los entrevistados indica que el almacén al no contar con repuestos de rotación rápida está originando pérdidas.

Ramírez Cusco, Omar y Salinas Huánuco, Luis (2011) los autores de la tesis “Propuesta de mejora en el Control de Inventarios de Repuestos y Componentes CAT en una empresa Minera utilizando la metodología Six Sigma” para optar el grado de Magister en Operaciones y Logística, desarrollada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicada–Lima, nos resume lo siguiente:

Objetivo: Desarrollar propuestas de mejora ante la falta de stock de inventario de repuestos y componentes CAT aplicando la metodología del Six Sigma en una empresa minera.

Resumen: los autores aplicaran las cinco fases del método Six Sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para obtener y aplicar propuesta de mejorar el control de inventario de los repuestos CAT en unidad minera para poder alcanzar sus objetivos.

Conclusiones: los autores concluyen que si es posible mejorar el nivel sigma de atención en la operación minera. A medida

que mejore el nivel sigma se podrá llegar hasta un nivel de 0.98% de pedidos de emergencias promedio.

La disminución de las emergencias permitirá mejorar el margen de contribución de 10% a 30% que es pretendido por la empresa por parte comercializada como stock.

Se requiere de la revisión de la política de inventarios del cliente bajo una asesoría de la empresa, para poder establecer mejor los criterios de abastecimiento de las partes y componentes a utilizarse en la flota.

Es primordial la capacitación del analista de inventarios que permitan detectar estos quiebres de inventario. Ampliar los criterios de usos de partes críticas de la empresa a sus otras operaciones mineras con el fin de mejorar el posicionamiento en el mercado.

Administrar cualquier mejora basado en Six Sigma como un proyecto, asignándole un líder de proyecto, presupuesto y compromiso de la empresa.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Vehículo tracto camión

De acuerdo a las definiciones establecidas en el Reglamento Nacional de Transporte D.S. 058-2013 M.T.C. tenemos:

Remolcador (Tracto Camión): Vehículo automotor diseñado para jalar semirremolques y soportar la carga que le transmiten estos a través de la quinta rueda (véase figura N° 2.1, en la página 26).

Quinta rueda: Elemento mecánico ubicado en la unidad tractora que se emplea para el acople del semirremolque.

Semirremolque: Vehículo no motorizado con uno o más ejes, que se apoyan en otro vehículo acoplado a este y transmitiéndole parte de su peso mediante la quinta rueda.

FIGURA N° 2.1
TRACTO CAMIÓN



Fuente: Elaboración propia

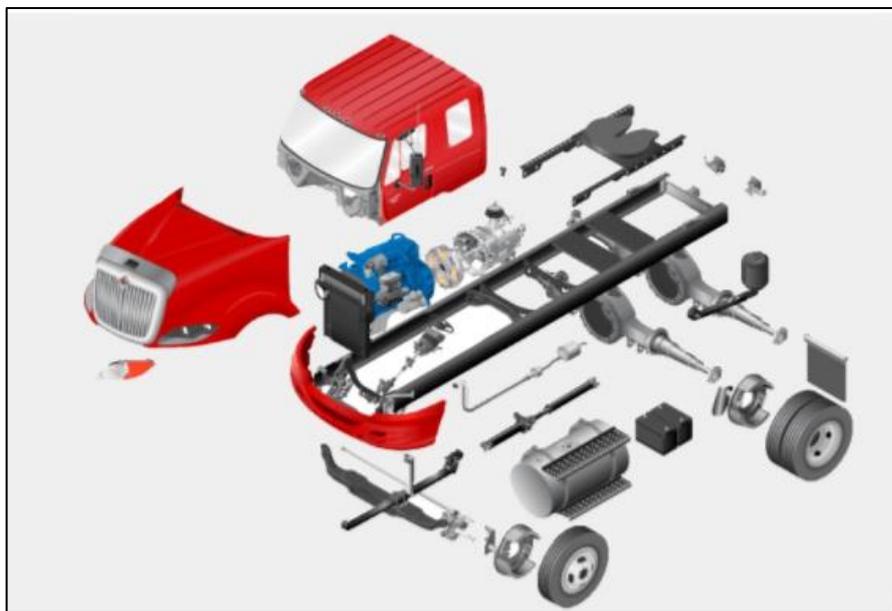
➤ **Sistemas importantes en un tracto camión.**

A continuación enumeraremos los sistemas importantes de un tracto camión, los cuales cumplirán cierta función operacional para que de manera grupal el vehículo realice el transporte de carga pesada (véase figura N° 2.2, en la página 27).

- Sistema de combustión
- Sistema de transmisión
- Sistema de dirección

- Sistema eléctrico
- Sistema de suspensión
- Sistema de frenos
- Ejes delanteros y posteriores

FIGURA N° 2.2
SISTEMAS DE TRACTO CAMIÓN



Fuente: <http://www.navitrans.com.co/Repuestos/Partes.aspx>

➤ Tipos de mantenimiento aplicado a los tracto camiones

Los tres tipos más comunes de mantenimiento que se realiza a un tracto camión son tres.

Mantenimiento autónomo

Este tipo de mantenimiento es realizado por el conductor del vehículo. Consiste en simples intervenciones que deben ser desarrolladas de manera periódica tal que ayuden a encontrar

a tiempo defectos en los camiones que provoquen futuras fallas mecánicas. (Ricaldi, M. 2013).

Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento será realizado por personal técnico especializado en un taller que cumpla con las condiciones y herramientas adecuadas. Se plantea el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo en el que se describan ciertos trabajos de mantenimiento los cuales puedan ser desarrollados con cierto periodo. Estas tareas se caracterizan por el mayor nivel de complejidad y por la menor frecuencia en la realización de las mismas. (Ricaldi, M. 2013).

La frecuencia del mantenimiento se dará por cada 15000 km de recorrido de los cuales obtendremos 3 tipos de planes de mantenimiento preventivo A, B y C. (véase anexo 2).

Mantenimiento Correctivo

También este tipo de mantenimiento debe ser realizado por personal técnico calificado en un taller que cumpla con las condiciones y herramientas adecuadas. Es importante mencionar que existen dos tipos de mantenimiento correctivo. En primer lugar, los trabajos que han sido programados por el Jefe de mantenimiento a partir de fallas mecánicas encontradas en oportunidades anteriores. A este tipo de mantenimiento se le conoce como mantenimiento correctivo programado. El otro tipo de mantenimiento correctivo es el no programado, el cual consiste en trabajos del área que son desarrollados cuando la falla mecánica no permite la continuación de la operación de transporte de los camiones. (Ricaldi, M. 2013).

2.2.2 Importancia del inventario en la gestión de mantenimiento.

En una planta industrial o de servicio se requiere mantener un gran índice de disponibilidad en los equipos en quienes se realizará el servicio; es decir, se debe mantener un equipo en condición operativa en una alta proporción de tiempo. Esta condición se obtiene a través de dos vías, la primera utilizando equipos confiables y la segunda, a través de una mantenibilidad suficientemente alta.

El concepto de confiabilidad se mide a través de la probabilidad de que un equipo no falle en servicio durante un tiempo previamente determinado (Mosquera, G. 1987). Esta condición se dará siempre en cuanto cumpla con servicios de mantenimiento necesarios.

El concepto de mantenibilidad se expresa a través de la probabilidad de que un equipo sea reparado en un tiempo determinado, para lo cual deben tenerse los materiales y repuestos disponibles la mayor parte del tiempo (Mosquera, G. 1987). Es por ello necesario mantener en almacén un inventario de materiales y repuestos que considerando la demanda de cada artículo, su costo, tiempos de reposición, criticidad para las operaciones y la condición de funcionamiento de los equipos e instalaciones, ofreciendo un nivel de servicio conveniente al menor costo posible para la organización.

Los responsables de mantenimiento no sólo tienen que minimizar el tiempo muerto de las instalaciones y equipos sino también controlar de manera eficaz los costos de mantenimiento. Los costos totales de mantenimiento generalmente comprenden: el costo de la mano de obra de mantenimiento, el costo de los materiales y repuestos requeridos, y el costo del tiempo muerto en producción cuando ocurren descomposturas.

Un costo crítico del mantenimiento es la inversión en materiales y repuestos. Si la inversión se vuelve excesiva, se incurre en elevados costos de capital y altos costos de mantenimiento de inventario. Por otra parte, si no se cuenta con los materiales y repuestos necesarios para la reparación y servicio del equipo, el costo del tiempo muerto se incrementará enormemente así como el no cumplimiento del servicio. Se requieren esfuerzos para equilibrar el costo de mantener en existencia los materiales y repuestos de mantenimiento y el costo del tiempo muerto a fin de lograr un sistema eficaz de gestión de los materiales de mantenimiento.

➤ **Gestión de repuestos en mantenimiento**

En la actualidad muchas empresas invierten tiempo, esfuerzo y recursos en la Gestión de Activos Empresariales, ahí también están incluido los materiales y repuestos para mantenimiento, estos últimos activos no han sido bien entendidas y a la vez mal conducidas desaprovechando el potencial de establecer una ventaja competitiva en el mercado.

La mayoría de las empresas tanto industriales como de servicio carecen de las herramientas de análisis y los conocimientos técnicos necesarios para evaluar el comportamiento del inventario de los repuestos para mantenimiento, no saben con certeza de los valores óptimos:

- Punto de pedido; en el tiempo o cantidad.
- Cantidad optima de pedido.
- Tiempo de pedido

Con la información incompleta o errada, las empresas adquieren demasiado inventario de artículos que nunca se van a utilizar en el futuro. En esencia, una gran parte del presupuesto de funcionamiento de cada empresa es desperdiciado en exceso de inventario.

La solución más fácil e inmediata es, simplemente mantener más piezas en el inventario. De esta forma, cualquiera que sea el nivel de servicio requerido, usted tiene el inventario a la mano, sea necesario o no. Pero mantener almacenes llenos con cantidades superiores a las realmente necesitadas origina costos reales adicionales para el negocio. El dinero queda inmovilizado, los estantes llenos de artículos innecesarios o utilizados con muy poca frecuencia que mayoritariamente tienden a convertirse en obsoletos y los costos se mantendrán vigentes hasta que ese inventario no sea eliminado. Los inventarios MRO (Materiales para Reparación y Operaciones) pueden tener un fuerte impacto en la rentabilidad del negocio, pero administrado correctamente puede crear un valor significativo mediante una mayor eficiencia y competitividad de toda la organización (Contreras, J. 2016).

En la gestión de inventarios, las decisiones son básicamente determinar cuándo, cuánto y cuáles artículos deben adquirirse para su reposición, los niveles de seguridad, cómo debe ser clasificado el inventario y qué consideraciones deben ser hechas para equipos viejos cuyos repuestos son escasos o posiblemente descontinuados.

Para las empresas de producción y servicio existen muchas oportunidades en la gestión de inventarios, mejorando el

desempeño financiero y operacional, especialmente a través de:

- Mejora de la disponibilidad de partes
- Reducción del número de artículos de inventario
- Reducción del gasto anual a través de la reducción de costos del inventario
- Disminución del tiempo para reparaciones

➤ **Optimización del inventario de mantenimiento**

Como primicia para optimizar el inventario se debe iniciar teniendo en presente el "riesgo" que representa la indisponibilidad de un repuesto necesario para ejecutar un trabajo de mantenimiento. Esto puede traer consecuencias tan drásticas como la paralización total de la producción o a la no realización del servicio. El objetivo de la optimización del inventario es eliminar problemas comunes, tales como:

- Roturas de stock de repuestos críticos
- Determinar puntos de reorden incorrectos
- Cantidades de pedido incorrectas
- Tener exceso de inventario
- Tener inventario obsoleto
- Tiempos de entrega inexactos
- Compra continua de inventario de uso decreciente

Podemos indicar que también conseguiremos con la optimización de los repuestos:

- Altos niveles de disponibilidad de los equipos
- Reconocer y resaltar los repuestos críticos
- Intercambio de repuestos
- Otras mejoras e iniciativas de mejoramiento

La optimización de inventarios de repuestos mejora el flujo de caja mediante la reducción de compra de artículos de uso poco frecuente, consume el exceso de inventario apropiadamente, y maximiza la productividad al reducir el tiempo de inactividad de la planta de producción o servicio.

➤ **Comportamiento de demanda de repuestos de mantenimiento**

La gestión de los repuestos y materiales de mantenimiento son más complejas en comparación con los otros activos a gestionar su inventario por las siguientes razones:

- La variedad de ítems por equipo o maquinaria
- La diferencia de la demanda por ítems
- La diferencia en precios
- La diferencia en criticidad
- La diferencia en tiempos de entrega

Por ello es difícil optimizar el inventario de repuestos de mantenimiento, por tanto es necesario conocer el comportamiento para usar la técnica apropiada para cada ítem.

Entre las características más resaltantes de ese comportamiento típico se tiene que solamente entre el 5 % y el 10 % de los artículos son utilizados frecuentemente y por tanto tienen una demanda pronosticable. El resto, entre 90 % y 95 %, son artículos cuya demanda es muy baja y por tanto su pronóstico resulta complejo y no se puede hacer por métodos convencionales. Otro aspecto muy importante a considerar es que alrededor del 5 % de los materiales

almacenados representa alrededor del 80 % del valor total del inventario (Contreras, J. 2016).

2.2.3 Fundamentos básicos de inventario

➤ Consumo y Demanda

El consumo es la cantidad de unidades de un artículo que son retiradas del almacén en un período de tiempo dado (Díaz, A. 1999).

En producción es fácil medir el consumo que puede ser a determinadas frecuencias: semana, día o inclusive horas.

Sin embargo, en mantenimiento los materiales se mueven más lentamente y es habitual medir el consumo en unidades por tiempos largos como es por mes.

El concepto de demanda es similar al de consumo, pero a diferencia de éste, se refiere a la cantidad de unidades solicitadas y no a las despachadas.

Si el almacén posee suficiente inventario, el consumo es igual a la demanda, ya que cada unidad solicitada es despachada. Si se presenta una ruptura de inventario y durante este período se requieren materiales, la demanda será superior al consumo. En este caso puede ocurrir que el cliente decida retirar la demanda (caso común en el comercio) o que el cliente solicite que la demanda no satisfecha le sea atendida al ocurrir la próxima recepción.

Normalmente, se debe pronosticar los inventarios usando la demanda en lugar del consumo, bajo el principio de que la demanda representa las necesidades reales de los usuarios pero se puede iniciar con el consumo.

➤ Predicciones

Las predicciones son un elemento fundamental en el manejo de los inventarios, ya que es necesario que los responsables contemplen los cambios futuros en demanda por parte de los clientes, hagan predicciones de las demandas de los próximos periodos de tal manera que se asegure la disponibilidad de los productos o repuestos a los mismos, e impulsen los procesos que se requieren para cumplir con el nivel de servicio requerido.

Las predicciones son de esta manera un elemento fundamental para iniciar los procesos de la cadena logística que velan por asegurar la disponibilidad de materiales y repuestos dentro de las empresas industriales como de servicio, actividad directamente ligada a la gestión de los inventarios. Los pronósticos sirven tanto para la planeación a corto y mediano plazo, como a largo plazo (Zapata, J. 2014).

Los pronósticos buscan entonces entender la demanda futura de los clientes, con lo cual la empresa pueda adelantarse a sus requerimiento de atención. Sin embargo, esto supone que se debe encontrar la cantidad de materiales que los clientes van a ordenar en periodos posteriores, lo cual supone prever el futuro, lo cual está muy lejos de ser un proceso exacto. Esto nos lleva al uno de los principios fundamentales de la elaboración de pronósticos, el cual es que el futuro es un reflejo del pasado. Esto es, para intentar predecir la demanda de los clientes se analiza cómo ha sido el pasado de las órdenes, y después de entender su comportamiento se realiza la suposición de que el comportamiento se mantendrá a través del tiempo, por lo cual es posible obtener una idea de cómo será su demanda en el futuro.

Dado que lo que realizan los pronósticos es analizar el pasado de la demanda de los clientes, un pilar fundamental para el correcto desempeño de un pronóstico es la información con la que se cuenta. El éxito de todo pronóstico depende de la veracidad y calidad de la información del pasado, en el sentido en que el pronóstico se alimenta de información errada, este también lo será.

Lo primero que debe analizarse para iniciar el proceso de pronósticos es el comportamiento de los datos que vamos a utilizar (demanda o consumo), de manera que sea el insumo para comprender los resultados del pronóstico. El comportamiento de la demanda puede definirse como regular; es decir que sigue un patrón determinado y como irregular, donde no existe un comportamiento característico de la demanda, luego hacer un pronóstico no permite asegurar que se obtendrá un error adecuado.

➤ **Pronóstico de la demanda en función del tiempo**

La demanda de un material supone un valor discreto, a intervalos prefijados aproximadamente iguales. Estos valores conforman lo que se conoce como una serie de tiempo.

Existen diversas técnicas que permiten obtener el valor más representativo de una serie de tiempo, así como predicciones de los diversos valores que la variable puede tomar en el futuro.

Estas técnicas son, básicamente, las siguientes (Díaz, A. 1999):

- Técnicas cualitativas, como el análisis de Delphi y el método AHP (Analytic Hierarchy Process).

- Métodos causales, como la regresión lineal y no lineal, que consiste en ajustar una serie de valores a una hipótesis de comportamiento explicado por una ecuación establecida por el analista, cuyos coeficientes se establecen, usualmente, por mínimos cuadrados.
- Métodos Bayesianos, empleados cuando se dispone de alguna estimación subjetiva de los parámetros del modelo, que son ajustados sobre la base de la data real a medida que ocurre, utilizando el teorema de Bayes.
- Promedio móvil, que consiste en obtener un promedio sobre un número de períodos siempre igual, de manera de reducir el ruido en las observaciones. En cada período se recalcula un nuevo promedio eliminando la observación más antigua.
- Suavizado exponencial, que consiste en la utilización de un factor de “descuento” potencial en el peso de las observaciones anteriores.
- Modelos de Box y Jenkins, de autor regresión.

Este sistema es uno de los más simples que existen, pero no menos útil. A través de él se van a ilustrar varios aspectos que son comunes a cualquier método para pronosticar. El promedio móvil es adecuado para patrones de demanda estables o perpetuos, con poca o ninguna tendencia, lo que hace factible no sólo su aplicación sino también su incorporación en los sistemas de materiales y repuestos.

Las restantes técnicas presentan desventajas con respecto al del promedio móvil, tales como: la dificultad de obtener estimaciones subjetivas en las técnicas cualitativas y bayesianas o de establecer relaciones causales en los

métodos de regresión, la complejidad en los modelos auto regresivos.

➤ **Modelo de pronósticos de promedio móvil**

El modelo subyacente para este tipo de procesos es el siguiente:

$$x_t = b + e_t \quad (2.1)$$

Donde:

x_t = Valor real u observación de la demanda en el período t

b = Una constante que representa el proceso de demanda uniforme que se lleva a cabo.

e_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza $\sigma^2 > 0$ desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

Lo que se trata de estimar, en este caso, es el parámetro b. Aunque la parte aleatoria de la demanda no puede estimarse, se responde a ella definiendo inventarios de seguridad adecuados, como se verá más adelante.

El método de promedio móvil estima el valor de b por medio del cálculo del promedio de las últimas N observaciones, mediante la estadística

M_T , definida como:

$$M_T = \frac{x_T + x_{T-1} + x_{T-2} + \dots + x_{T-N+1}}{N} \quad (2.2)$$

El subíndice T representa el período actual, a partir del cual se calcula el promedio, devolviéndose N períodos, o sea,

hasta el período $T - N + 1$. Esta expresión no es más que el promedio simple de las últimas N observaciones de demanda, donde x_T es la más reciente demanda conocida.

Usualmente un valor de $N = 12$ es adecuado, aunque se debe probar con varios valores hasta determinar el que produzca el menor error de pronóstico sobre un período dado. El valor del promedio M_T se utiliza para pronosticar la demanda del período siguiente o de cualquier período posterior, dado que la demanda es perpetua. Cuando transcurre el próximo período y se conoce su demanda, entonces el promedio móvil “se corre” un período.

Por esta razón, el valor M_T puede ser más adecuada para implementar en una hoja electrónica, ya que el nuevo M_T se genera a partir del anterior, M_{T-1} .

$$M_T = M_{T-1} + \frac{x_T - x_{T-N}}{N} \quad (2.3)$$

Obsérvese que M_T es un estimador insesgado de b , ya que su valor esperado $E(M_T)$ es:

$$E(M_T) = E\left(\frac{x_T + x_{T-1} + x_{T-2} + \dots + x_{T-N+1}}{N}\right) = \frac{1}{N} E\left(\sum_{k=0}^{N-1} x_{T-k}\right) = \frac{1}{N} (Nb) = b$$

Además:

$$Var(M_T) = \frac{1}{N^2} Var\left(\sum_{k=0}^{N-1} x_{T-k}\right) = \frac{N}{N^2} (\sigma_\varepsilon^2)$$

$$Var(M_T) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{N} \quad (2.4)$$

➤ Error de pronóstico

El error del pronóstico se puede medir a través de varios estadísticos, tales como:

- Error cuadrático medio (MSE)
- Error o desviación absoluta media (MAE o MAD)
- Error absoluto medio porcentual (MAPE).

En la gestión de inventarios se emplea con mayor frecuencia la desviación absoluta media ya que permite cálculos rápidos y precisos del inventario de seguridad.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_t|}{n} \quad (2.5)$$

Donde:

X_t = Valor real u observación de la demanda en el período t.

\hat{X}_t = Pronóstico de demanda para el período t, calculado en algún período anterior, generalmente un período antes.

La desviación estándar S_1 está relacionada con la MAD, de acuerdo con el siguiente análisis. Supóngase que la variable aleatoria que represen error del pronóstico, e, se distribuye normalmente con media μ y desviación estándar S_1 (Vidal, C. 2010). Por definición, la MAD es:

$$MAD = \int_{-\infty}^{\infty} |e - \mu| \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{e - \mu}{\sigma_1}\right)^2\right] de$$

$$MAD = 2 \int_{\mu}^{\infty} (e - \mu) \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{e - \mu}{\sigma_1}\right)^2\right] de$$

Mediante la sustitución:

$$z = \frac{e - \mu}{\sigma_1}$$

Se obtiene el siguiente resultado:

$$MAD = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \times \sigma_1$$

O equivalente:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times MAD \cong 1,2533 \times MAD \quad (2.6)$$

El MAD puede utilizarse adicionalmente para construir un indicador de calidad de los pronósticos. Los valores anormales en una serie de tiempo pueden provocar que los pronósticos realizados sean de mala calidad y afectar todo el proceso de inventarios. Algunos de estos comportamientos anormales son:

- Impulsos o voladores: es un valor de la variable particularmente fuera de rango en una serie de tiempo. Un ejemplo común es una demanda relativamente uniforme, que en un mes particular se triplica por efecto, por ejemplo, de un mantenimiento mayor que no había sido previsto.

Este “volador” generará valores sistemáticamente más elevados de pronósticos y exceso de inventarios; además, si el “volador” no fue previsto, seguramente se producirá una ruptura de inventario en ese período. Este tipo de demanda, predecible y sistemática debe ser aislada de la serie de tiempo y tratada particularmente. En el ejemplo citado, la unidad de materiales notificará del consumo excepcional previsto con antelación suficiente; esa cantidad adicional se tratará como una compra especial y no será incluida en la serie de tiempo. Esto es particularmente importante en el caso de paradas de planta.

- Escalones: es un incremento puntual en los valores medios de la serie de tiempo, que queda estabilizada en un valor superior (o inferior) al anterior. El pronóstico será sistemáticamente inferior a la demanda durante cierto período y producirá estimaciones deficitarias. Lo correcto es ajustar los valores promedios manualmente, con la finalidad de reducir el error sistemático.
- Discontinuidades: es una serie de tiempo con períodos de uso intenso seguidos por otros de demanda nula. Se producen por escenarios similares al siguiente (Díaz, 1999): la gerencia de mantenimiento desconfía de la gerencia de inventarios ya que “cuando necesito un material para una reparación, esa gente nunca lo tiene”. Por lo tanto, el personal de mantenimiento está pendiente de la llegada de, digamos, un lote de tubos fluorescentes. En ese momento solicita la totalidad del lote, ya que “si no pedimos ahora, después ya no va a haber”. El lote de tubos fluorescentes extraído del almacén se transporta a un almacén de mantenimiento (almacén sectorial), donde es retirado a medida que sea requerido. El sistema de materiales observa una demanda discontinua y el pronóstico se hace

sistemáticamente más bajo, lo cual acentúa la situación de desconfianza. En este caso es necesario promediar las discontinuidades de la demanda ajustando la serie manualmente, con el propósito de reducir el error sistemático.

➤ **Distribución de la probabilidad de la demanda**

La presencia de variación en la demanda y el tiempo de reposición de los materiales obligan al uso del pensamiento estadístico o estocástico. Los procesos estocásticos estudian variables aleatorias indexadas en el tiempo, por lo que la gestión de inventarios es un proceso de naturaleza estocástica.

Los sistemas de gestión con base determinística, tomando en cuenta sólo promedios de estas variables, son de utilidad limitada.

Las distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas en la gestión de inventarios son la Normal y la Poisson. Otras distribuciones de probabilidad también pueden ser usadas, como la Binomial Negativa, la Laplaciana o Exponencial Bilateral y las distribuciones de Poisson compuestas. Sin embargo, la aplicación de distribuciones más complejas es muy limitada debido a las implicaciones que tiene el uso de éstas en grandes volúmenes de datos.

La distribución Normal es útil para describir la demanda de materiales que se mueven rápidamente, tales como los consumibles de uso general en mantenimiento o repuestos de alta rotación. Es de notar que aunque la variable “demanda” de un material es de naturaleza discreta, la

distribución Normal puede ser usada convenientemente para representarla.

Para modelar la demanda de materiales que se mueven lentamente es más adecuada la distribución de Poisson. Este tipo de movimiento es característico de muchos repuestos de baja rotación y baja frecuencia utilizado en mantenimiento.

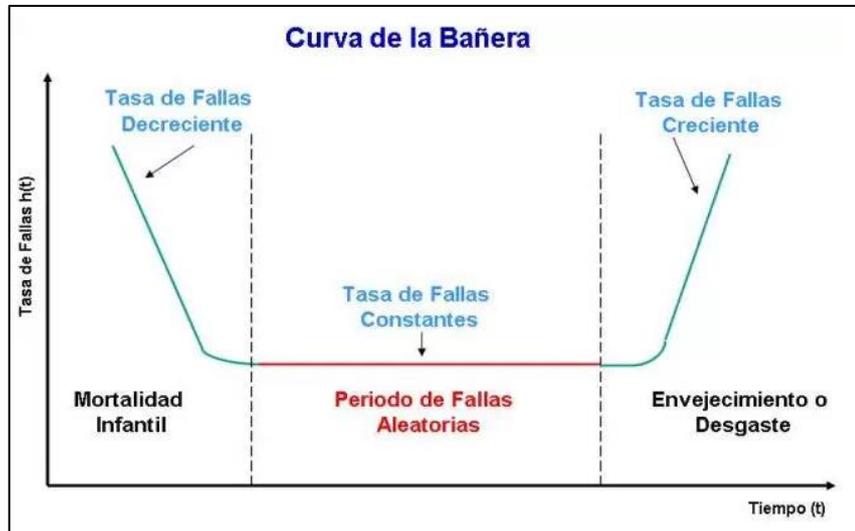
La tasa de fallas de una pieza de equipo o de sus componentes varía estadísticamente durante su ciclo de vida. Esta relación por lo general muestra un patrón definido, denominado “curva de la bañera” (véase la figura 2.3, en la página 44), la cual puede dividirse en las siguientes zonas:

- Mortalidad infantil. Fallas tempranas debido a material defectuoso o a un procesamiento defectuoso.
- Tasa constante de fallas. Fallas aleatorias que tienen una frecuencia de ocurrencia constante en el tiempo. Fallas por desgaste. Fallas debido a la edad, fatiga de los materiales de los componentes etc.

En mantenimiento, si la tasa de fallas (α) de un equipo es constante, es decir, se encuentra en la zona de vida útil de la curva de la bañera (tiempo entre fallas exponencial), que es el período más largo en la vida de servicio de una pieza de equipo, la media (λ) o valor esperado de fallas en un período determinado, puede calcularse mediante la relación $\lambda = \alpha n t$

Donde n es el número de equipos idénticos que poseen esa tasa de fallas y t es el tiempo de funcionamiento de cada equipo en el período considerado.

FIGURA N° 2.3
CURVA DE LA BAÑERA



Fuente: Dffuaa, Raouf y Dixon, 2000

➤ Pruebas de bondad de ajuste

La determinación de la distribución de probabilidad correspondiente a la demanda de cada artículo puede hacerse en forma gráfica mediante histogramas de frecuencia o a través de papeles probabilísticos. Una evaluación más precisa requiere la aplicación de una prueba de bondad de ajuste como la Chi-cuadrado o la de Kolmogorov-Smirnov. En la práctica, la cantidad de artículos que maneja un sistema típico de inventarios (sobre los 10 mil) dificulta la aplicación de estas pruebas, aún con medios computarizados. Una regla práctica consiste en utilizar la distribución Normal si la demanda promedio es superior a una unidad por mes y distribución de Poisson si la demanda promedio es igual o menor de una unidad mensual (Díaz, A. 1999).

➤ Tiempo de reposición

El tiempo de reposición (lead time) es el tiempo comprendido entre la detección de la necesidad de comprar una cierta cantidad de material y el momento en que ésta llega físicamente al almacén. Si la solicitud se recibe en varias partes, como por ejemplo, en fabricación contra pedido, se acostumbra a calcular el tiempo de reposición al momento de recibir el 60% del inventario solicitado (Díaz, A. 1999).

Dependiendo del sistema administrativo de la empresa, el tiempo de reposición puede descomponerse en dos partes:

- El tiempo que transcurre desde la detección de la necesidad de realizar la compra hasta que se emite la orden de compra (tiempo administrativo).
- El tiempo que transcurre desde la emisión de la orden de compra hasta la recepción física del almacén (tiempo de entrega).

El primer tiempo depende fundamentalmente de la organización administrativa de cada empresa y el segundo del proveedor del material. Evidentemente, estos tiempos variarán en función de la organización de la empresa, de si los materiales son de serie o de producción especial y de las disposiciones arancelarias y de licitación.

El tiempo de reposición es una variable de gran importancia en las compras internacionales, debido a los considerables tiempos que se necesitan para los trámites de importación y nacionalización de mercancías.

➤ **Inventario a la mano, en tránsito y total**

El inventario a la mano representa la existencia disponible físicamente en el almacén, el inventario se compone también de existencias en tránsito, que son aquellas solicitadas pero

aún no recibidas, y la suma de ambas constituye el inventario total.

Estos conceptos cobran importancia al momento de determinar la posición del inventario, definida como el inventario a la mano menos el inventario comprometido o reservado más el inventario en tránsito menos las demandas insatisfechas acumuladas. La inclusión de las demandas insatisfechas en los inventarios totales depende de la política de la empresa.

➤ **Costo de los inventarios**

El principal objetivo de un sistema de administración de inventarios es el de proporcionar un nivel adecuado de servicio al menor costo posible. En consecuencia, la gestión de inventarios se debe medir mediante:

- El nivel de servicio
- Los costos

El nivel de servicio también se define con base en el costo. Usualmente, se establece el nivel de servicio que dé el mejor resultado entre:

- El costo directo desembolsado para proporcionar el servicio (C1).
- El costo indirecto (oportunidad que se pierde) cuando se falla en proporcionar el servicio (C2).

Se plantea que el valor óptimo del nivel de servicio se puede calcular relacionando ambos costos mediante la siguiente expresión:

$$NS^* = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (2.7)$$

Además, es necesario conocer el costo de cada material en inventario a fin de:

- Estimar el monto de las órdenes de compra que se emitan
- Presupuestar las partidas de materiales
- Ajustar el presupuesto para el consumo de materiales
- Alimentar el sistema de contabilidad de costos
- Valorizar los inventarios
- Determinar las cantidades óptimas de compra
- El costo de los inventarios está compuesto por tres elementos básicos:
 - Costo unitario del artículo
 - Costo de almacenamiento o de mantenimiento
 - Costo de compra o de pedido

2.2.4 Modelos básicos de inventario con demanda independiente para mantenimiento

Los sistemas que se describen a continuación son modelos clásicos de gestión de inventarios que suponen una demanda independiente, es decir, no sincronizada con los planes de producción o de despacho, como es el caso de los materiales para mantenimiento. Sin embargo, la gestión de materiales en mantenimiento posee características particulares que ameritan un tratamiento especial (Díaz, A. 1999):

- En producción, suelen utilizarse pocos artículos como materia prima, pero en grandes volúmenes; en mantenimiento, la situación es la contraria: grandes cantidades de artículos con poco movimiento. Éste es

precisamente el tipo de gestión más complejo de gerenciar.

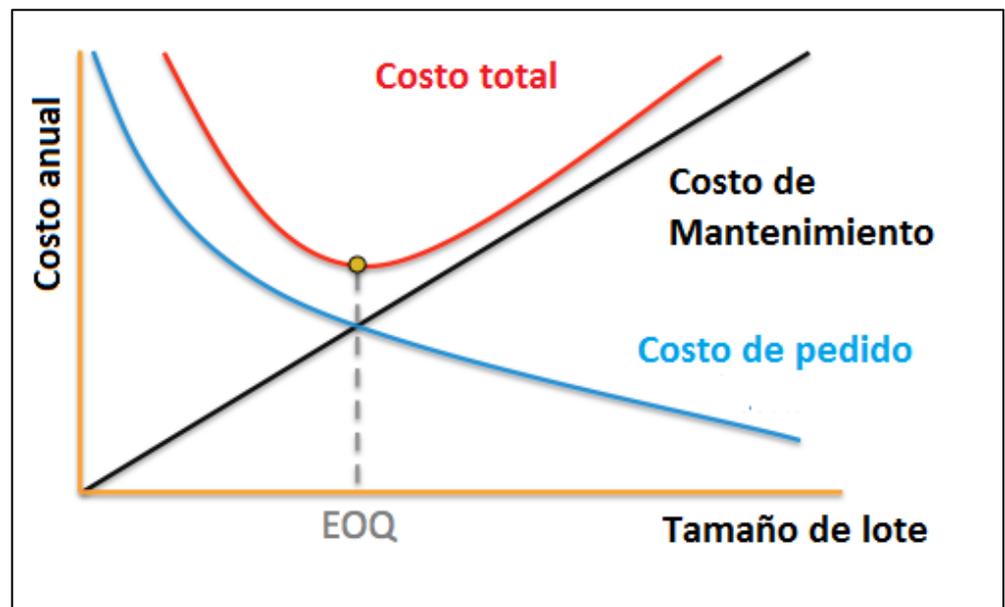
- En mantenimiento, el movimiento de los repuestos de baja rotación y frecuencia de uso tiende a obedecer a leyes de probabilidad de Poisson, a diferencia de los repuestos o consumibles de alta rotación, donde es rápido y tiende a obedecer a leyes de probabilidad Normal.
- La mayor parte de los materiales y repuestos usados en mantenimiento es importada, pues también lo son los equipos en los que se utilizan dichos materiales y repuestos; esta característica produce tiempos de reposición importantes.
- En mantenimiento, se utilizan materiales que entran en la categoría de reparables, considerados como activos fijos y a los cuales no se les aplica política de gestión automática, ya que no pierden sus características en cada uso, pues pueden ser reparados y vueltos a usar.

➤ **Sistema de revisión continua**

Este modelo de gestión, denominado también como punto de pedido o punto de reorden, usualmente se combina con el modelo de la cantidad óptima de compra (Economic Order Quantity o EOQ), también conocido como modelo de cantidad de pedido fija (Fixed Order Quantity) o fórmula de Wilson. El modelo QR (Q por cantidad óptima de compra y R por punto de reorden) consiste, simplemente, en establecer un punto de reorden, y cada vez que las existencias llegan a ese punto colocar un pedido por una cantidad que se estima como óptima.

Técnicamente, el punto de reorden es igual a la esperanza matemática de la demanda en el tiempo de reposición. Cuando el inventario total (existencia a la mano más existencia en tránsito) llega al punto de reorden, se puede comprar frecuentemente en pocas cantidades o en grandes cantidades infrecuentemente. En el primer caso se incurrirá en costos de pedido elevados; en el segundo, en costos de mantenimiento elevados. La cantidad óptima de compra busca minimizar el costo total del inventario (véase figura N° 2.4).

FIGURA N° 2.4
CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO



Fuente: Díaz, A.1999

Esta solución es conocida como fórmula de Wilson quien la popularizó hacia 1934, aunque en realidad fue desarrollada por Harris hacia 1913, y viene dada por la siguiente relación:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DC_s}{CaC}} \quad (2.8)$$

Donde:

Q*: Cantidad Óptima de Pedido

D: Demanda anual del artículo

Cs: Costo de solicitar un artículo

Ca: Costo anual de almacenamiento de una unidad del artículo, expresado como fracción de su costo unitario

C: Costo unitario del artículo

El modelo minimiza la siguiente función de costos:

$$CT = CD + Cs \frac{D}{Q} + Ca C \frac{Q}{2} \quad (2.9)$$

Donde, D/Q representa el número de pedidos por año, Q/2 es el inventario promedio y CT el costo total anual del inventario.

Aunque su derivación matemática es exacta, la fórmula de Wilson sólo proporciona valores aproximados en la práctica, ya que el modelo se basa en las siguientes suposiciones:

- La demanda es uniforme y conocida.
- El costo del artículo no varía con el tamaño del pedido, es decir, no se consideran descuentos por pedidos en grandes cantidades.
- Los pedidos completos se entregan en el mismo tiempo (no se consideran entregas parciales).

- El tiempo de reposición es conocido y constante, de manera que se puede programar un pedido para que llegue cuando se agote el inventario.
- El costo de hacer y recibir un pedido es el mismo independientemente del tamaño del pedido.
- El costo de almacenamiento de inventario es proporcional al número de artículos en existencia.

A pesar de estas debilidades, el modelo de Wilson sigue siendo el más empleado para la determinación del tamaño del lote, debido a la facilidad de su aplicación y tolerancia ante variaciones, hacia la derecha o izquierda, en la cantidad óptima (Díaz, A. 1999).

➤ **Modelo general del punto de reorden**

Al hacer caso omiso de la hipótesis de demanda constante, se puede obtener un modelo general aproximado, que consiste en lanzar un pedido de compra por una cantidad Q^* cada vez que el inventario total sea igual o se encuentre por debajo del punto de reorden, es decir:

:

$$CEM + CET \leq DE_{Tr} + k \sigma_{Tr} \quad (2.10)$$

Donde:

CEM: Cantidad a la mano

CET: Cantidad en tránsito

DE_{Tr}: Demanda esperada en el tiempo de reposición

Tr: Tiempo de reposición

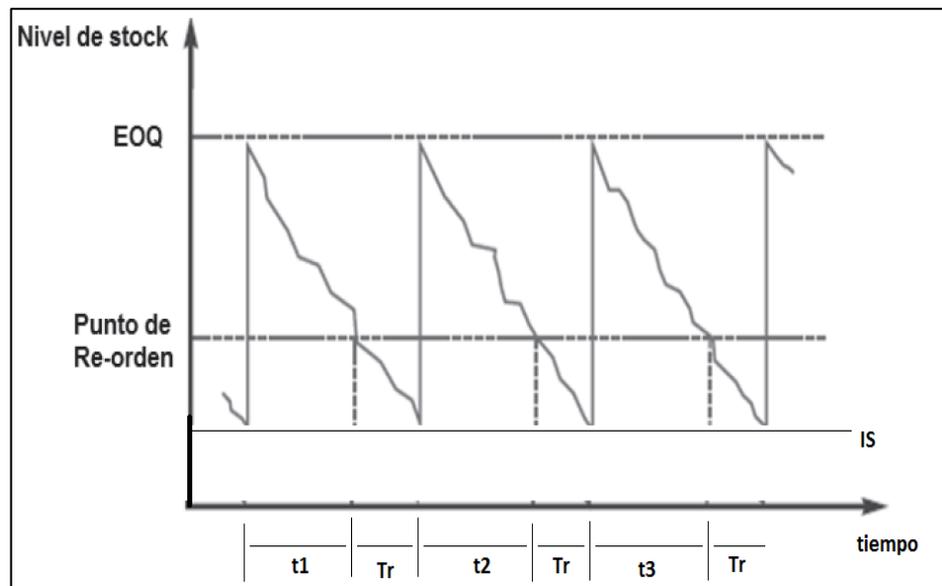
k: Factor de seguridad correspondiente al nivel de servicio proyectado

σ_{Tr} : Desviación estándar de la demanda en el tiempo de reposición

La aplicación de este modelo de inventario consistirá entonces en realizar pedidos de cantidades fijas (Q^*) a intervalos variables (t_1, t_2 , etc.), (véase figura N° 2.5, en la página 52)

El término CEM+CET representa el inventario total. Cuando los tiempos de reposición son considerables es común que varias órdenes de compra se encuentren pendientes (solicitadas, pero no recibidas) y si estas cantidades son recibidas antes que el pedido que se está colocando, el inventario total debe incluir las existencias en tránsito.

FIGURA N° 2.5
SISTEMA DE REVISIÓN CONTINUA



Fuente: Díaz, A. 1999

El término DE_{Tr} , representa la esperanza matemática de uso (demanda esperada) del material durante el tiempo de reposición, es decir:

$$DE_{Tr} = \sum_{t=1}^{Tr} DE_t \quad (2.11)$$

Para materiales con demanda estable, es decir, con un consumo promedio constante, se puede usar como estimación la demanda promedio, que va a ser aproximadamente la misma para cada período, por lo que la demanda esperada se puede calcular mediante el producto de la demanda promedio y el tiempo de reposición, es decir, $D_{Pm} Tr$.

El término $k \sigma Tr$, representa el inventario de seguridad, es decir, las existencias adicionales que se deben tener en almacén para absorber las variaciones en la demanda (o en el tiempo de reposición), calculado como un intervalo de confianza que dependerá del riesgo de agotamiento de las existencias que la gerencia esté dispuesta a asumir.

Para distribuciones normales de demanda, el factor de seguridad k viene dado por el valor de la variable reducida z (percentil) correspondiente al nivel de confianza $(1-\alpha)$ asignado al nivel de servicio especificado.

El factor σTr denota la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reposición y se determina mediante el producto $\sigma D Tr$, donde σD representa a la desviación estándar de la demanda. Esta expresión se obtiene con base en el teorema del límite central, el cual establece que la suma de variables aleatorias independientes con cualquier distribución de probabilidad tiende a generar una distribución

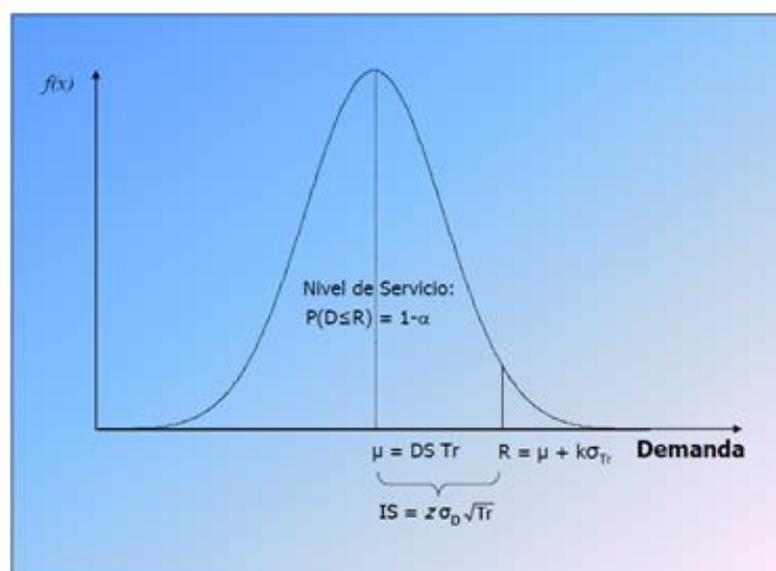
normal con una esperanza igual a la suma de las esperanzas y una varianza igual a la suma de las varianzas. Como la varianza de la demanda $(\sigma_D)^2$ se supone constante, la varianza para el período de reposición será $(\sigma_D)^2 T_r$ y su desviación, la raíz cuadrada de esta expresión.

Por lo tanto, el punto de reorden para materiales con demanda Normal, queda de la siguiente manera:

$$PR = DS_t T_r + z_{1-\alpha} \sigma_D \sqrt{T_r} \quad (2.14)$$

El nivel de servicio implícito en este modelo es el conocido como nivel de servicio tipo I, que consiste en la probabilidad de que no haya ruptura o agotamiento de inventario durante un ciclo de gestión. Esto es distinto al nivel de servicio tipo II, que viene dado por la probabilidad de que la demanda no exceda cierta cantidad y que, por lo tanto, se pueda despachar la cantidad solicitada (véase figura N° 2.6).

FIGURA N° 2.6
NIVEL DE SERVICIO PARA DEMANDA NORMAL



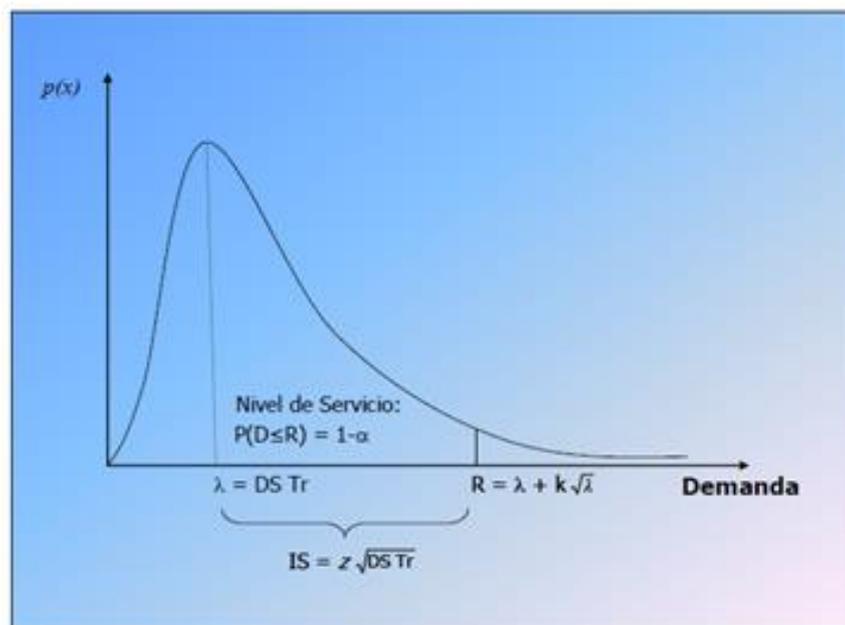
Fuente: Díaz, A. 1999

En el caso de la distribución de Poisson, la varianza es igual a la esperanza ($\lambda = \alpha t$), por lo que la desviación estándar de la demanda en el tiempo de reposición viene dada por la raíz cuadrada de la demanda promedio en el tiempo de reposición, $D_{Pm} Tr$. Es posible calcular el inventario de seguridad utilizando como factor de seguridad el valor z de la tabla normal, quedando el punto de reorden de la siguiente manera:

$$PR = DS_t Tr + z_{1-\alpha} \sqrt{DS_t Tr} \quad (2.15)$$

En este modelo se establece el nivel de servicio en forma aproximada a través del factor z de la distribución normal sobre un patrón de demanda de Poisson (véase figura N° 2.7).

FIGURA N° 2.7
NIVEL DE SERVICIO PARA DEMANDA POISSON



Fuente: Díaz, A.1999

Sin embargo, lo correcto es obtener el punto de reorden para materiales con demanda Poissoniana directamente de las tablas de Poisson, seleccionando la cantidad de artículos x que tiene una probabilidad de ser excedida menor al riesgo establecido, para el correspondiente valor de λ , calculado mediante la relación $\lambda = \alpha Tr$, o $\lambda = \alpha n Tr$, para n equipos idénticos.

➤ **Sistema de revisión periódica**

Se trata de un modelo tradicional de fácil aplicación que consiste en establecer un nivel máximo de inventario y un período fijo de revisión de sus niveles. El inventario se revisa sólo en esas ocasiones y se ordena la diferencia entre el máximo y la existencia total (cantidad a la mano más cantidad en tránsito). Sólo en casos especiales se colocarán pedidos fuera de las fechas de revisión cuando, por una demanda anormalmente alta, la existencia llegue al mínimo antes de la revisión. El nivel de inventario máximo se establece mediante la expresión:

$$\text{Max} = DSt (Tr+T) + k \sigma(Tr+T) \quad (2.16)$$

T es el intervalo o período (óptimo) entre revisiones y proporciona el número (óptimo) de compras por año, el cual se obtiene dividiendo la cantidad económica de pedido entre la demanda anual del material:

$$T=Q^*/D \quad (2.17)$$

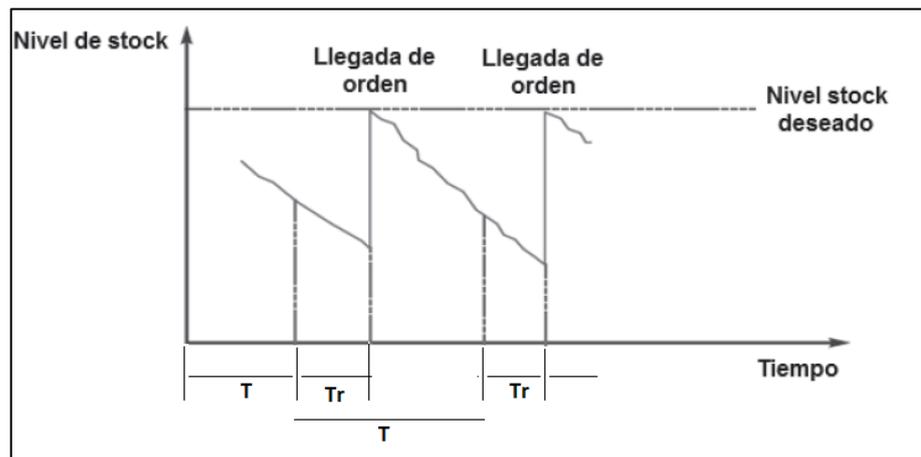
La aplicación de este modelo de inventario consistirá entonces en realizar pedidos a intervalos fijos (T) con cantidades variables (Q1, Q2, etc.), (véase figura N° 2.8, en la página 57).

El término $\sigma(T_r+T)$ representa la desviación estándar de la demanda en un período igual al tiempo de reposición más el tiempo de revisión, que dependiendo de si la demanda sigue una distribución Normal o de Poisson, vendrá dada por $\sigma_D T_r$ o $D_{Pm} T_r$, respectivamente.

Por lo tanto, el inventario máximo para materiales con demanda Normal, queda de la siguiente manera:

$$Max = DS_t(T_r + T) + z_{1-\alpha}\sigma_D\sqrt{T_r} \quad (2.18)$$

FIGURA N° 2.8
SISTEMA DE REVISIÓN PERIÓDICA



Fuente: Díaz, 1999

Para materiales con demanda Poissoniana y factor de seguridad normal (como aproximación), el inventario máximo vendrá dado por la relación:

$$Max = DS_t(T_r + T) + z_{1-\alpha}\sqrt{DS_tTr} \quad (2.18)$$

En este último caso, si se va a obtener el inventario máximo directamente de las tablas de Poisson, hay que tener en cuenta que el valor de λ se debe calcular para el período $Tr+T$, es decir, $\lambda = \alpha (Tr+T)$, o $\lambda = \alpha n (Tr+T)$ para n equipos idénticos.

En cualquier caso, la revisión del inventario a intervalos fijos requiere un inventario adicional para cubrir la demanda esperada entre revisiones. Por esta razón, estos modelos, aunque más simples de usar, requieren mayores inventarios que el modelo de punto de reorden.

La aplicación de este modelo puede generar la solicitud de artículos del mismo proveedor en períodos diferentes, perdiéndose el efecto deseado de consolidar los pedidos.

La aplicación práctica puede simplificarse usando el principio de la potencia de dos de Muckstadt y Roundy, que muestra que si el período óptimo de revisión de cada artículo es aproximado a la potencia de dos más cercana (1, 2, 4, 8, ..., 2^k), el costo total no se aleja más de un 2% del costo óptimo. Registrando este valor en los archivos de materiales, es fácil determinar en cada período a cuáles artículos le corresponde revisión (Díaz, A. 1999).

➤ Sistema de máximos y mínimos

Es un modelo híbrido entre el punto de reorden y el sistema de revisión periódica, que consiste en definir el mínimo como el punto de reorden y el máximo como el punto de reorden más la cantidad óptima; o utilizar tres cantidades: máximo (punto de reorden más cantidad óptima), el punto de reorden y el mínimo (inventario de seguridad). Al llegar las

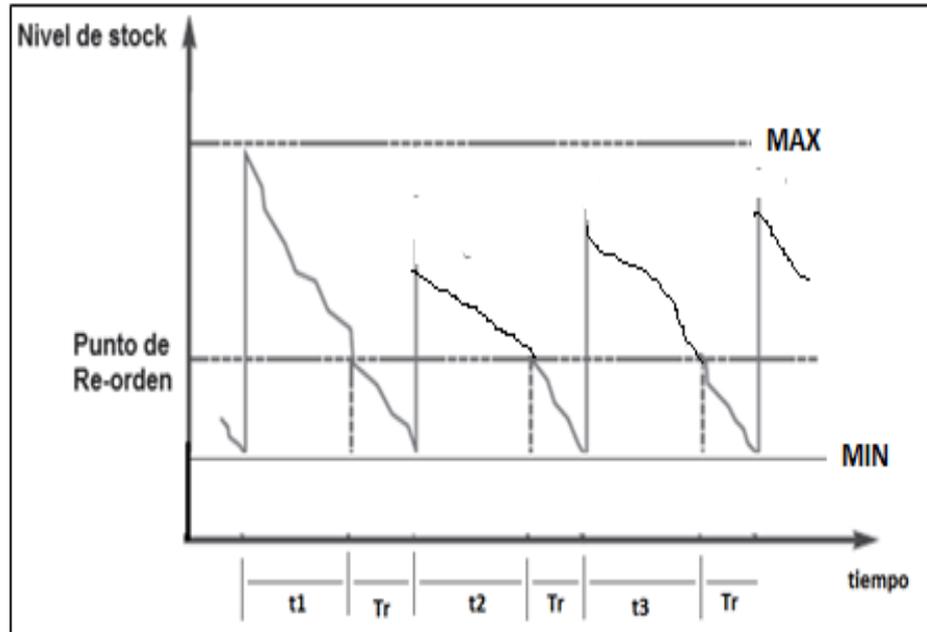
existencias al punto de reorden o al nivel mínimo, según el caso, se ordena la diferencia entre el máximo y la existencia total.

Por lo tanto, la operación de este modelo de inventario consistirá entonces en realizar pedidos de cantidades fijas (Q) a intervalos variables (t_1 , t_2 , etc.) como en el sistema de revisión continua, pero pidiendo la diferencia entre el máximo y la existencia total como en el sistema de revisión periódica (véase figura N° 2.9).

2.2.5 Sistemas de clasificación de materiales

Los sistemas de clasificación de materiales facilitan el análisis y agrupamiento de los inventarios con la finalidad de reducir el tiempo, el esfuerzo y el costo del control de materiales, enfocándose en aquellos que son más importantes para la empresa.

FIGURA N° 2.9
SISTEMA DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS



Fuente: Díaz, 1999

Comúnmente el inventario se clasifica de acuerdo al valor de uso de los materiales, sin embargo, en mantenimiento es necesario tomar en cuenta también otros criterios como la criticidad de éstos para las operaciones y si el material es reparable o consumible, como se describe a continuación.

➤ Clasificación por valor de uso

Denominado también análisis de Pareto o clasificación ABC, se basa en el principio de Pareto, un economista italiano quien, hacia 1897, afirmó que 20% de las personas poseen el 80% de las riquezas; lo cual puede aplicarse a muchas cosas y conforma un estilo de gerencia. Así, por ejemplo, la mayor parte de las fallas de un equipo se concentra en unas pocas causas, en las cuales hay que hacer énfasis. En gestión de materiales, el principio de Pareto significa que unos pocos materiales representan la mayor parte del valor de uso de los mismos; entendiendo por valor de uso el producto del consumo de un material en un período

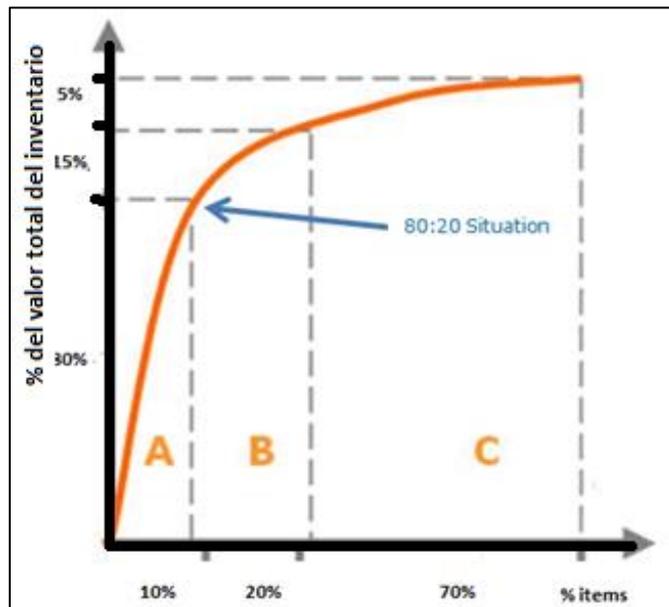
(usualmente un año) por el precio ponderado del mismo. Se deben considerar ambos factores, ya que el artículo más costoso o el de mayor uso, no son necesariamente, el de mayor valor de uso.

Los artículos de tipo A son aquellos que, aun siendo pocos, representan un porcentaje importante del total del valor de uso, los de tipo B son intermedios y los C son una gran cantidad de artículos que tan solo representan un pequeño porcentaje del total del valor de uso.

Los artículos de la clase A representan aproximadamente del 10% al 20% del total del inventario, pero constituyen del 60% al 80% del valor de uso.

Los artículos de la clase B son aproximadamente del 20% al 30% del total del inventario y representan del 20% al 30% del valor de uso. Los artículos de la clase C son aproximadamente del 60% al 80% del total del inventario, pero solo representan del 10% al 20% del valor de uso (véase figura N° 2.10, en la página 61).

FIGURA N° 2.10
ANÁLISIS DE PARETO ABC



Fuente: Dffuaa, S., Raouf, A. y Dixon, J. 2000

Los porcentajes asignados a cada clase son sólo indicativos, ya que varían según el tipo de sistema. Lo realmente importante es el concepto de que el mayor esfuerzo en la gestión de inventarios debe concentrarse en una cantidad pequeña de materiales que son los de clase A, y sobre un porcentaje importante de artículos, que son los C, es aceptable una gestión menos rigurosa y, por tanto, más económica.

Para realizar una clasificación ABC se puede emplear un procedimiento sencillo propuesto por Díaz, A. (1999) que consiste en los siguientes pasos:

- Obtener para cada artículo, el precio ponderado y el consumo en período de, preferiblemente, un año.
- Multiplicar ambos valores para obtener el valor de uso anual.
- Ordenar de mayor a menor valor de uso anual.

- Totalizar y dividir el valor de uso anual de cada artículo entre el total
- Sumar los porcentajes hasta llegar a 80% e identificarlos como clase A.
- Sumar los porcentajes hasta llegar a 95% e identificarlos como clase B.
- Sumar los porcentajes hasta llegar a 100% e identificarlos como clase C.

➤ **Clasificación por criticidad**

Un factor adicional que se debe tomar en cuenta a la hora de diseñar un sistema de gestión de inventarios es la criticidad de los materiales, el impacto que produce la carencia del material sobre el producto final de cada empresa. Es evidente que la inexistencia de lápices, por ejemplo, causa poco efecto sobre la producción, mientras que la falta de un repuesto crítico puede paralizar la operación del sistema. El asignar a cada material un orden de prioridades permitirá:

- Fijar altos niveles de servicio deseado sólo a materiales críticos, compensando los altos costos que esto conlleva, y fijar niveles de servicio más bajos a materiales menos críticos.
- Hacer matrices de valor de uso-criticidad, de manera de obtener elementos de decisión a la hora de escoger las políticas más adecuadas de gestión de inventarios.

Claramente, una definición de criticidad posee atributos múltiples, ya que un artículo puede ser considerado crítico dependiendo del efecto que una ruptura de inventario tenga en el sistema (criticidad operacional), pero también de cuán

difícil sea de adquirir, de su impacto sobre la seguridad, del tiempo de entrega, etc. Aunque es costumbre escoger cuatro niveles de criticidad, tres niveles pueden ser suficientes según el tipo de empresa. En la práctica, resulta complejo escoger entre criticidad uno y dos, dos y tres o tres y cuatro; mientras que resulta sencillo asignar uno a los materiales más críticos, tres a los que no lo son y dos a los restantes, clasificando el inventario de acuerdo a los siguientes criterios:

- Altamente crítico, piezas que son absolutamente esenciales para la operación del equipo.
- Moderadamente crítico, piezas que tendrán un efecto ligero a moderado en la operación del equipo si no están disponibles.
- Bajo grado crítico, piezas que no son absolutamente esenciales para la operación del equipo.

Para establecer estrategias adecuadas de pedidos de materiales con base en su clasificación, se puede relacionar la criticidad con el análisis ABC, agrupando los materiales de acuerdo a su valor de uso y el grado de criticidad. Así, por ejemplo, un material clasificado como C podrá ser crítico y otro de consumo masivo no serlo. Esta clasificación produce la matriz Valor-Criticidad, en la que la densidad de artículos es usualmente mucho más elevada hacia la periferia (tomando A1 como origen).

Con esta clasificación los materiales A1 son típicamente 2% o 3% del total, lo que permite concentrar el esfuerzo de gestión en estos ítems. Esto puede reducir significativamente el esfuerzo requerido de, por ejemplo, la administración aparentemente inmanejable de 40 mil artículos a solo unos 900. Se pueden establecer estrategias de pedido diferentes

para cada grupo de materiales, recomendándose las siguientes:

- Estrategia de pedidos 1. Para las piezas agrupadas como clase 1, mantenga una cantidad dada de artículos. Los niveles de existencias iniciales pueden estimarse de acuerdo al procedimiento de reemplazo directo. Siempre que ocurra una falla, obtenga un artículo para reemplazar el que se consumió para reparación o reemplazo. Es una práctica común agregar una unidad adicional en la adquisición inicial y utilizar un nivel de servicio del 99%, que corresponde a un factor de seguridad $Z=2.33$.
- Estrategia de pedidos 2. Para las piezas agrupadas como clase 2, puede utilizarse el modelo estándar EOQ y mantener una existencia de seguridad para compensar la demanda durante el tiempo de entrega.
- Estrategia de pedidos 3. Los artículos de este grupo son de bajo costo y tienen un grado variable de criticidad. En los casos en que las piezas pueden almacenarse durante cierto tiempo sin sufrir daño y cuando las piezas no se puedan obtener con facilidad en el mercado, calcule el requerimiento para un período considerablemente mayor que el indicado. De manera alterna, se puede aplicar la estrategia 2 para esta clase.

2.3 Definición de términos

- **Clasificación ABC:** Reagrupamiento de los elementos de un conjunto en tres clases; A (aproximadamente 20% de los elementos), B (aproximadamente 30%) y C (aproximadamente 50%).

- **Confiabilidad:** Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.
- **Costo de adquisición:** Precio de costo correspondiente al costo del pedido.
- **Costo de almacenamiento:** Gastos resultantes de guardar y poseer la mercancía.
- **Costo de escasez:** Gastos ocasionados por la falta de inventario.
- **Costo de pedido:** Gastos resultantes de la emisión de una solicitud de pedido. Estos gastos se derivan del transporte, la inspección y la recepción de la mercancía.
- **Descompostura:** Falla que da por resultado la falta de disponibilidad del equipo.
- **Disponibilidad:** Capacidad de un equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un momento específico o durante un período de tiempo específico.
- **Existencia de repuestos:** Piezas que están disponibles con fines de mantenimiento o para el reemplazo de piezas defectuosas.
- **Falla:** Terminación de la capacidad del equipo para realizar la función requerida.
- **Inventario:** Conjunto de productos materiales (materia prima, mercancías, productos semiterminados y terminados) disponibles en una empresa.
- **Inventario activo:** Inventario que varía constantemente con las entradas y salidas del almacén y que corresponde al consumo corriente.
- **Inventario de seguridad:** Inventario necesario para satisfacer la demanda durante el período de reabastecimiento.
- **Justo a tiempo:** El inventario justo a tiempo consiste en una filosofía empresarial que tiene por finalidad eliminar todo aquello

que represente desperdicio en las actividades de compras, fabricación, distribución,.. en una empresa.

- **Mantenibilidad:** es definida por la ISO/DIS 14224, como la capacidad (o probabilidad si hablamos en términos estadísticos), bajo condiciones dadas, que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados. Esto quiere decir, que si un componente tiene un 95% de Mantenibilidad en una hora, entonces habrá 95% de probabilidad de que ese componente sea reparado exitosamente en una hora.
- **Mantenimiento:** Combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o sistema se conserva o repara para que pueda realizar sus funciones específicas.
- **Mantenimiento basado en las condiciones:** Mantenimiento preventivo que se inicia como resultado del conocimiento de la condición del equipo observada mediante el monitoreo de rutina o continuo.
- **Mantenimiento correctivo:** Mantenimiento que se lleva a cabo después de que ocurre una falla y que pretende restablecer el equipo a un estado en el cual pueda realizar la función requerida.
- **Mantenimiento de emergencia:** Mantenimiento requerido para evitar consecuencias serias, como pérdida del tiempo de producción y condiciones inseguras.
- **Mantenimiento preventivo:** Mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o con la intención de minimizar la probabilidad de falla o la degradación del funcionamiento del equipo.

- **Predicción:** expresión que anticipa aquello que, supuestamente, va a suceder. Se puede predecir algo a partir de conocimientos científicos, relevaciones de algún tipo, hipótesis o indicios.
- **Programa de mantenimiento:** Una lista completa de piezas (equipo) y las tareas de mantenimiento requeridas, incluyendo los intervalos con que debe realizarse el mantenimiento.
- **Punto de reorden o de reabastecimiento:** Cantidad de inventario a partir de la cual se inicia el proceso de reabastecimiento.
- **Quinta rueda:** Coloquialmente se denomina quinta rueda al disco situado en el medio de las 4 ruedas (2 ejes) de la cabeza tractora. Este disco es paralelo a la superficie del suelo y es incompleto como un queso al que le falta una porción en forma de cuña en su parte trasera, que será dónde se realice el enganche con el remolque.
- **Renovación:** Trabajo extenso con la intención de que el equipo alcance condiciones funcionales aceptables, que frecuentemente implica mejoras.
- **Reparación:** Restablecimiento de un equipo a una condición aceptable mediante la renovación, reemplazo o reparación general de piezas dañadas o desgastadas.
- **Restablecimiento:** Acciones de mantenimiento con la intención de regresar al equipo a sus condiciones originales.
- **Ruptura de stock:** cantidad de demanda solicitada por un consumidor o cliente no satisfecha por ausencia de **stock** suficiente para atenderla. Los departamentos que gestionan el inventario suelen tener un temor especial ante el aumento de este valor.
- **Six Sigma:** es una metodología de mejora de procesos creada en Motorola por el ingeniero Bill Smith en la década de los 80, esta metodología está centrada en la reducción de la variabilidad,

consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente.

- **Stock de seguridad:** Artículos de uso excepcional, que cubren los riesgos derivados de la aleatoriedad de las salidas de almacén.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Definición de las variables

Variables independientes

X1: Tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento.

X2: Clasificación de repuestos y consumibles usados por el taller de servicios.

X3: Tiempo de pedido de repuestos para el almacén de taller de servicio.

X4: Tiempo de entrega de pedidos al almacén de taller de servicio.

X5: Calculo de tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría.

Variable dependiente

Y: Modelo de inventario para el almacén de taller de Servicio de mantenimiento de tractos camiones.

3.2 Operacionalización de las variables

A continuación, descompondremos deductivamente las variables que componen el problema de la presente tesis, partiendo desde lo más general a lo más específico, se indicaran las variables dependientes e independientes, sus dimensiones e indicadores (véase tabla 3.1, en la página 71).

3.3 Hipótesis generales e hipótesis específicas

3.3.1 Hipótesis General

El modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones debe considerar: la tasa histórica de consumo de materiales de mantenimiento, la

clasificación y categorización, el tiempo de pedido, el tiempo de entrega y el cálculo óptimo de repuestos y consumibles por categoría.

3.3.2 Hipótesis específicas

1. Obteniendo y evaluando la tasa de histórica de consumo de repuestos de materiales usados por el taller de servicios, contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.
2. Clasificando y categorizando los materiales de mantenimiento usados por el taller de servicios, contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.
3. Determinando el tiempo de pedido de repuestos por parte del almacén de servicios contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.
4. Determinando el tiempo de entrega repuestos por parte del almacén central contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.
5. Calculando el tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.

TABLA N° 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y: Modelo de inventario para el almacén de taller de Servicio de mantenimiento de tractos camiones.	Desarrollo del modelo de inventario para el almacén de repuestos del taller de Servicios de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones.	Descripción de procedimientos.	Relacionando: <ul style="list-style-type: none"> Tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento. Clasificación de repuestos y consumibles usados por el taller de servicios. Tiempo de pedido de repuestos para el almacén de taller de servicio. Tiempo de entrega de pedidos al almacén de taller de servicio. Calculo de tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría. Con la teoría de la gestión de mantenimiento y la gestión de inventario.
VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X1: Tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento.	Tasa de consumo de repuestos Tasa de consumo de Consumibles	Cantidades mensuales Cantidades mensuales	Extracción de datos del sistema. Clasificación de repuestos y consumibles.
X2: Clasificación de repuestos y consumibles usados por el taller de servicios.	Repuestos tipo A Repuestos tipo B Repuestos tipo C Repuestos del tipo I Repuestos del tipo II Repuestos del tipo III	% en cantidades Frecuencia de uso por mes al año	Técnica de Pareto Frecuencia de uso
X3: Tiempo de pedido de repuestos para el almacén de taller de servicio.	Tiempo estimado Tiempo pesimista	Días Días	Establecer de acuerdo tamaño del almacén de repuestos y el nivel de servicio
X4: Tiempo de entrega de pedidos al almacén de taller de servicio.	Tiempo optimo Tiempo programado	Días Días	Recabar información del área de importaciones y del almacén central
X5: Calculo de tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría.	Cantidad de repuestos por ítems de acuerdo a la categorías	Unidades Unidades Unidades	Calculo estadístico Agrupación por categorías

IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación en que se encuentra enmarcado el estudio realizado por su finalidad es del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, porque usa los conocimientos de los antecedentes y del marco teórico para plantear el modelo adecuado y luego se aplica el modelo establecido cuantitativamente para determinar la cantidad óptima de repuestos y suministro por categoría, su aplicación es importante en la gestión de inventario como soporte en la gestión de mantenimiento.

Esta investigación corresponde a un nivel descriptivo, correlacional y de campo.

Es descriptiva porque menciona el estado actual de la empresa y caracteriza los hechos, no solo adjunta información también los analiza y explica su relación con problema para luego describir su aplicación al establecer el modelo.

Es correlacional porque se cuenta con variables independientes que tienen correlaciones entre ellas en donde la variación de alguna de ellas afecta de manera directa a la otra como son los tiempos de entrega y los tiempos de pedido de los repuestos y consumibles afectará de manera directa a la cantidad óptima a determinar generando una variación en el estado financiero de la empresa.

Es investigación de campo por que se basó en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, ya que se

realizó en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio, sin manipular o controlar variable alguna y se pueden manejar los datos con más seguridad.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental ya que se realizó sin manipular de las variables, se observó los fenómenos tal como se dan, para después analizarlos. También es transaccional; se recolectó los datos en un momento único y en un tiempo único, con el objetivo de describir variables y analizar su interrelación en un momento determinado.

A continuación se dará a conocer las fases para el desarrollo de la investigación para cumplir con los objetivos (véase figura N° 4.1, en la página 74).

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población.

La población de estudio está constituida por los repuestos y consumibles importados usados en los talleres de servicio de mantenimiento de vehículos tracto camiones en la ciudad de Lima.

4.3.2 Muestra.

La muestra para la investigación son los repuestos y consumibles importados usados en el taller de servicio de mantenimiento para la reparación de los vehículos tracto camiones, ubicado en el distrito de Ate.

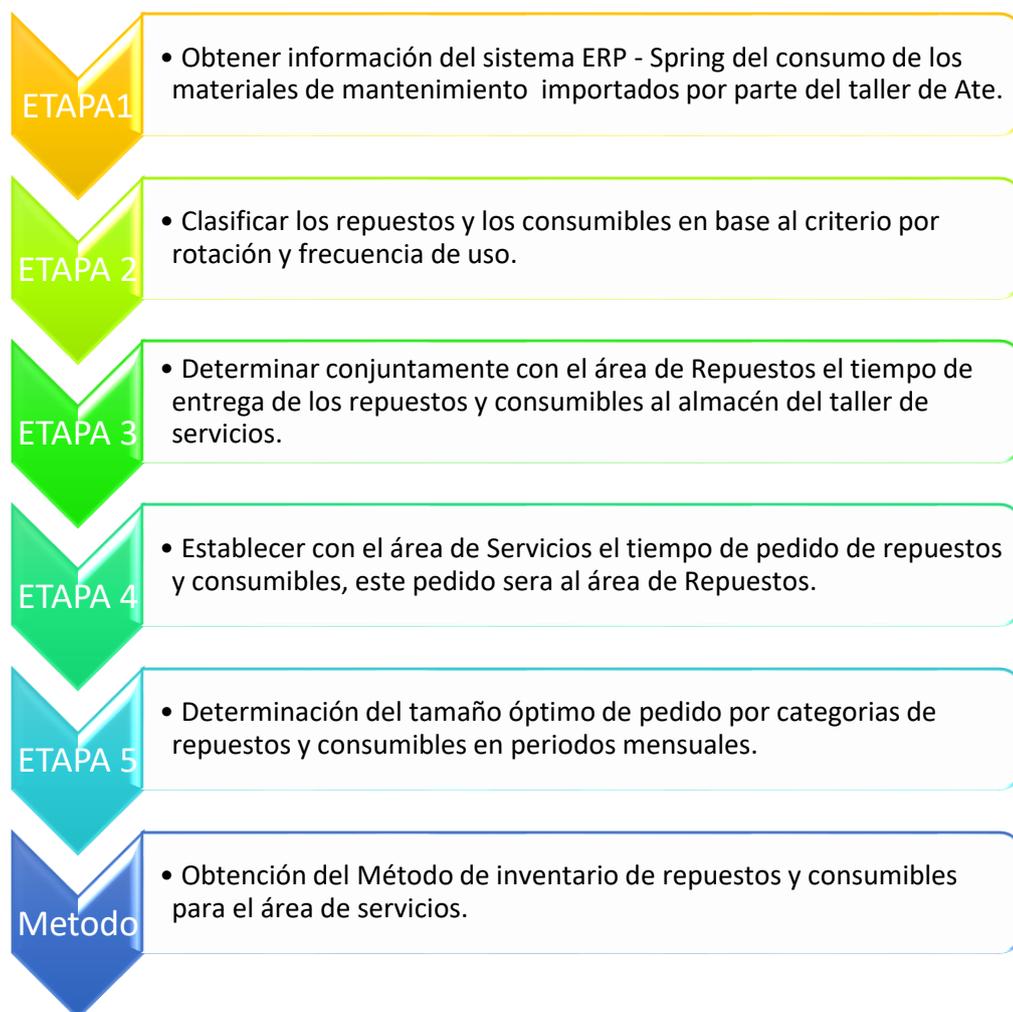
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo una efectiva evaluación se requirió buscar información confiable, para lo cual fue necesario el uso de determinadas técnicas de recolección de datos.

Entre las técnicas de recolección de datos utilizadas según el tipo de investigación se encuentran:

FIGURA N° 4.1

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN



Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Técnicas de recolección primaria.

- Observación directa.

La observación directa fue utilizada durante todo el estudio, por ser una de las más efectivas herramientas de investigación que sirve para alcanzar los objetivos planteados y se puede considerar como el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio donde éste se desenvuelve.

Es una técnica de recolección de datos muy eficaz en los trabajos que conlleva operaciones manuales repetitivas.

- Entrevista.

Consistió en la recopilación de información en forma directa, cara a cara, es decir se obtuvo datos del entrevistado siguiendo una serie de preguntas preconcebidas.

La entrevista es otro instrumento de la técnica de la observación mediante encuesta, la cual consiste en la obtención de datos de manera verbal por parte del sujeto informante.

- Recolección de data

La recolección de la información de consumo de repuestos y consumibles importados será de manera directa accediendo a la base de datos desde un Sistema Integral ERP – Spring modulo Sistemas, esta información es colocada en hojas de cálculo y los datos son ordenados para facilitar su posterior análisis. Una vez que la información es obtenida y ordenada, esta pasa a un proceso de depuración

4.4.2 Técnicas de recolección secundarias.

- Revisión documental y bibliográfica

Se realizó el estudio de bibliografía de diferentes autores que analizan el problema del control de inventario, los cuales nos permitió evaluar, analizar y diseñar las posibles soluciones a los problemas presentados en la investigación.

4.5 Procedimiento de recolección de datos

A continuación se redactará los procedimientos realizados para la recolección de datos:

4.5.1 Entrevistas.

- Para la entrevista con las personas involucradas en la gestión de inventarios de los repuestos y consumibles del almacén de taller de servicios de Ate, se acordó una fecha y hora adecuada donde todas las personas deberían de estar presentes para dar la explicación verbal sobre las preguntas a realizar.
- Las personas invitadas fueron: Gerente de Servicios, Jefe de Servicios, Responsable de almacén de taller, Gerente de Repuestos y Analista de Repuestos.
- Se procedió a realizar la entrevista por un periodo de una hora.
- Los formatos rellenos y obtenidos se presentaron a la Gerencia de servicios.

4.5.2 Data de consumo de repuestos y consumibles

- Para obtener la información del sistema ERP – Spring se solicitó la autorización de la Gerencia General por parte de la Gerencia de Servicios.

- Se coordinó con el área de Sistema para cargar el programa en la pc del analizador.
- Se buscó la información en el módulo Servicios y se obtuvo la información del consumo de repuestos y consumibles importados solamente del taller de servicios de Ate a un formato en Excel en el periodo de enero a diciembre del 2017.
- Se dio a conocer a la Gerencia de Servicios el trabajo realizado.

4.5.3 Revisión de bibliografía especializada.

Para obtener la información del método adecuado de inventario de repuestos y consumibles de un taller de servicios se procedió:

- Buscar información de manera temporal en la web usando la pc de la empresa: antecedentes, revistas, publicaciones, otro respecto al tema.
- Realizar visitas a las Bibliotecas de la Universidad Nacional de Ingeniería y de la Universidad San Ignacio de Loyola para la revisión de libros y monografías especializadas en gestión de mantenimiento y logística.

4.6 Procedimientos estadísticos y análisis de datos

Para el análisis estadístico de la data obtenida de los repuestos y consumibles importados usados en el taller de mantenimiento se usó el software Office Excel versión 2010 y el software SPSS Statics 23 de acuerdo a la necesidad de evaluar.

Una vez extraída la información del uso total de repuestos y consumibles del taller de Ate en el periodo de estudio a una hoja en Excel, se clasificó en dos grupos: uno fue los repuestos que pertenecen al mantenimiento preventivo; comúnmente llamados consumibles, y el otro grupo fue los repuestos que pertenecen al mantenimiento correctivo.

Para el grupo de repuestos de mantenimiento preventivo, se realizó de manera directa el análisis descriptivo por cada repuesto, se aplicó los parámetros a calcular llegando a obtener la cantidad óptima de repuesto del siguiente mes.

Para el grupo de repuestos de mantenimiento correctivo se realizó una clasificación de aquellos que han tenido mayor rotación en el periodo de análisis y los que han estado con mayor frecuencia de uso. A este nuevo grupo de repuestos representativos se realizó el análisis descriptivo por cada repuesto, se aplicó los parámetros a calcular llegando a obtener la cantidad óptima de repuesto del siguiente mes.

Se procedió a comprobar que la base de datos tenga un comportamiento de una distribución Normal y de Poisson a través del SPSS, según sea el caso de estudio, para poder usar las fórmulas de cálculo y determinar la cantidad optima de repuestos y consumibles del mes siguiente.

En el proceso de obtener las cantidades optimas de repuestos, se usó las tablas dinámicas del Excel las cuales nos proporcionó las sub tablas con la información que necesitaríamos como sería la cantidad de repuestos luego de la clasificación por rotación y frecuencia de uso u otra información adicional que necesitaríamos para determinar la cantidad optima de repuestos del próximo mes.

V. RESULTADOS

A continuación, se mostrará los resultados obtenidos después de haber analizado y trabajado en la información extraída del sistema y de los acuerdos establecidos para cumplir con los objetivos planteados y comprobar la hipótesis planteada al inicio de la investigación.

5.1 Base de datos histórico

Del software implementado en la empresa, ERP (Enterprise Resource Planning) Spring, módulo Servicios, se obtuvo la base de datos del consumo de repuestos y consumibles importados del taller de servicio de mantenimiento de Ate en el periodo 2017.

La información se bajó en un formato Excel para luego trabajarlo de acuerdo a nuestra necesidad, se puede observar que se han utilizado 2358 ítems entre repuestos y consumibles importados (véase tabla N° 5.1, en la página 81), como la tabla es bastante extensa, se procedió a realizar un corte para presentarlo.

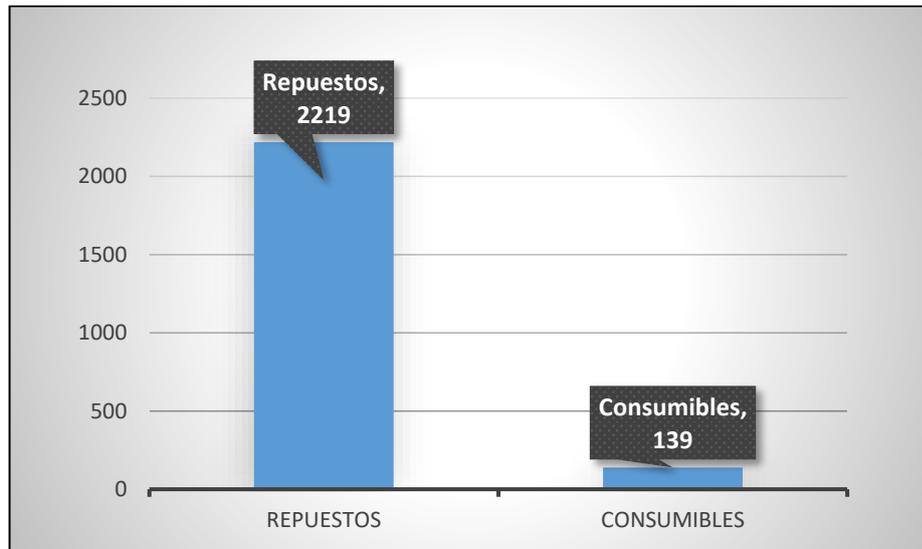
5.2 Clasificación de materiales de mantenimiento

De la tabla N° 51 se separó en dos grupos para poder clasificar los materiales de mantenimiento de acuerdo a sus características de uso. Podemos observar que existen 2219 ítems que pertenecen a los repuestos y solamente 139 ítems que pertenecen a los consumibles (véase gráfico N° 5.1, en la página 80).

Es importante mencionar que la venta anual de consumibles representa aproximadamente el 50 % de la venta total anual de los

materiales de mantenimiento del taller de servicio de Ate, es por ello su importancia en la investigación.

GRÁFICO N° 5.1
CANTIDAD DE ÍTEMS DE MATERIALES DE MANTENIMIENTO



Fuente: Elaboración propia

5.2.1 Repuestos importados

Los repuestos importados son los materiales de mantenimiento que se usan en el servicio de mantenimiento correctivo, son los repuestos originales provenientes de Estados Unidos los cuales pueden ser traídos de manera marítima o aérea dependiendo del tamaño y peso del mismo. De los 2219 ítems o tipos de repuestos importados existe un bajo porcentaje que representa una cantidad considerable de repuestos usados en el periodo de análisis, es por ello que se consideran repuestos críticos y no deben de faltar en el almacén de taller para la continuidad de los trabajos de servicio.

Para poder determinar cuáles son los repuestos críticos se usó la metodología de Pareto.

TABLA N° 5.1
RELACIÓN DE REPUESTOS Y CONSUMIBLES

REPORTE DE CONSUMO DE REPUESTOS IMPORTADOS - TALLER SERVICIOS ATE
PERIODO 2017

Item	Codigo	Descripcion	Unidad	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
1	1822135C1	O RING DE ENFOQUE	UND	5	4	1	4	3	2	1	4	3	3	4	3
2	KIT8000HD	Ratchet Kit	UND	16	16	26	36	18	21	18	16	25	58	12	2
3	488917C1	0.03	UND	6	4	8	0	4	0	0	0	0	0	3	0
4	488916C1	0.056	UND	6	4	18	0	2	0	12	8	0	0	4	4
5	590752C1	0.119	UND	6	0	5	0	2	1	0	4	0	0	0	4
6	XH5CC	ABARZADERA TUBO DE ESCAPE 5"	UND	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	690835C1	ABRAZADERA	UND	0	0	1	0	0	1	3	5	2	0	2	1
8	3553803C2	ABRAZADERA	UND	0	1	1	0	1	0	4	2	1	0	0	1
2338	1620074C91	VARILLA DE VALVULA DE SUSPENSION POST	UND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2339	3675119C3	VARILLA MEDIDOR DE ACEITE	UND	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2
2340	1681924C3	VARILLA MEDIDOR DE HIDROLINA	UND	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2341	2040042C2	VARILLA MEDIDORA DE ACEITE	UND	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2342	6083710C2	VARILLA MEDIDORA DE ACEITE MOTOR MWWMI-4	UND	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2343	3581044C91	VARILLA REGULADORA	UND	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2344	3553501C3	VARILLA SOPORTE DE BATERIA 7600	UND	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2345	2505186C91	VARILLA VALVULA SUSPENSION 7600	UND	2	0	0	1	2	1	1	0	0	2	0	2
2346	3670057C93	VELOCIMETRO	UND	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2347	3604600C93	VELOCIMETRO Y TACOMETRO CONJUNTO	UND	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
2348	2597955C1	VENTILADOR	UND	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2349	2505813C2	VIDRIO ESPEJO LATERAL 7600 VER 2505813C1	UND	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
2350	3540116C3	VISCOSTATICO, EMBRAGUE DE VENTILADOR	UND	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2351	3540116C4	VISCOSTATICO, EMBRAGUE DE VENTILADOR	UND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2352	1821915C91	VOLANTE DT466	UND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2353	3574681C1	YUGO	UND	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2354	ETN131437K	YUGO DE ENTRADA	UND	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2355	3507640C1	YUGO SALIDA TRANSMISION	UND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2356	1660415C1	YUGO SOPORTE CENTRAL	UND	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
2357	SMA2124515Q	ZAPATA DE FRENO CON FORRO 16.5 X7	UND	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0
2358	3566133C1	ZUNCHO TANQUE DE COMBUSTIBLE	UND	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente:

ERP

Spring,

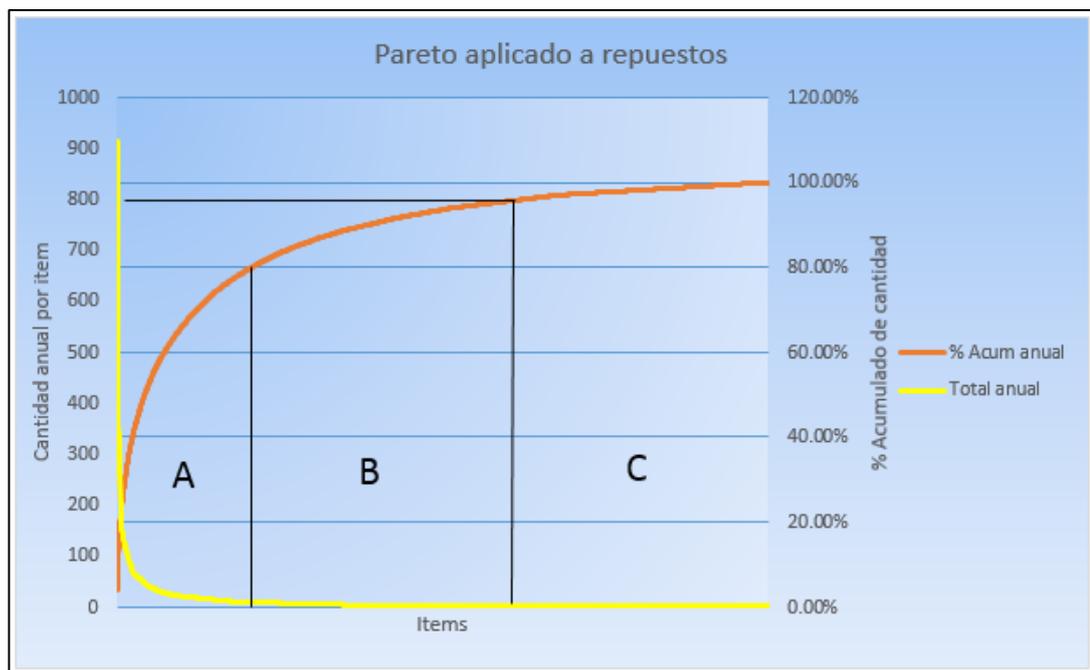
módulo

Servicio

Clasificación por cantidad de rotación.

Se procedió a clasificar los repuestos en base a la metodología de Pareto, obteniendo los repuestos por tipo A, B y C (véase gráfico N° 5.2).

GRÁFICO N° 5.2
PARETO APLICADO A REPUESTOS



Fuente: Elaboración propia

Se interpreta de la siguiente manera:

A: El 20.68% de tipos de repuesto, representa el 80% de cantidad de repuestos usados en el periodo 2017.

B: El 36.28% de tipos de repuesto, representa el 15% de cantidad de repuestos usados en el periodo 2017.

C: El 43.04% de tipos de repuesto, representa el 5% de cantidad de repuestos usados en el periodo 2017

Se acordó con la Gerencia de Servicio que se daría mayor importancia a los repuestos del tipo A que son 459 ítems porque

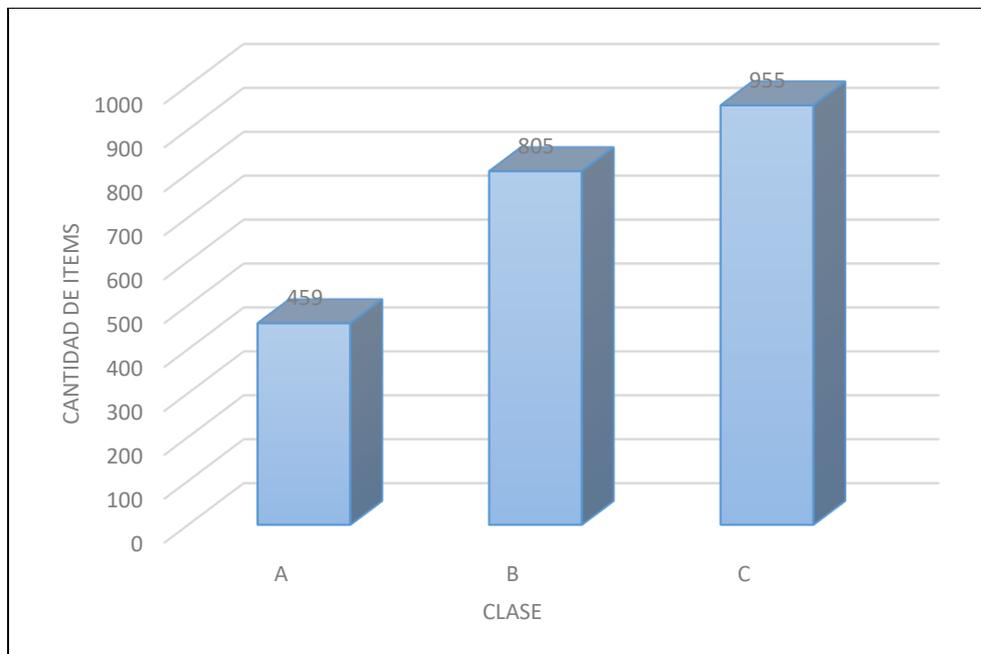
concentra el 80% de la cantidad total de repuestos usados en el periodo 2017 (véase tabla N° 5.2).

TABLA N° 5.2
CATEGORÍA POR ROTACIÓN DE REPUESTOS

CATEGORÍA	N° ÍTEMS	% ÍTEMS	% Cantidades
A	459	20.68%	80.00%
B	805	36.28%	15.00%
C	955	43.04%	5.00%
Total	2219	100.00%	100%

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.3
CATEGORÍA POR ROTACIÓN DE REPUESTOS



Fuente: Elaboración propia

Categorización por frecuencia de uso

Otro factor importante para categorizar los repuestos fue por su frecuencia de uso en los procesos de reparación de vehículos tracto camiones, para lo cual se analizó su presencia en meses durante el periodo 2017, con ello se limitó a aquellos repuestos que estuvieron presentes en gran cantidad pero que fueron por campañas de reparación y no se trataría de un repuesto crítico para el almacén de servicio.

Se usara la siguiente clasificaron:

- I: Ítems presente entre 9 a 12 meses al año
- II: Ítems presentes entre 5 a 8 meses al año
- III: Ítems presentes entre 1 a 4 meses al año

Obteniendo así la siguiente tabla N° 5.4.

TABLA N° 5.4
CATEGORÍA POR FRECUENCIA DE USO DE REPUESTOS

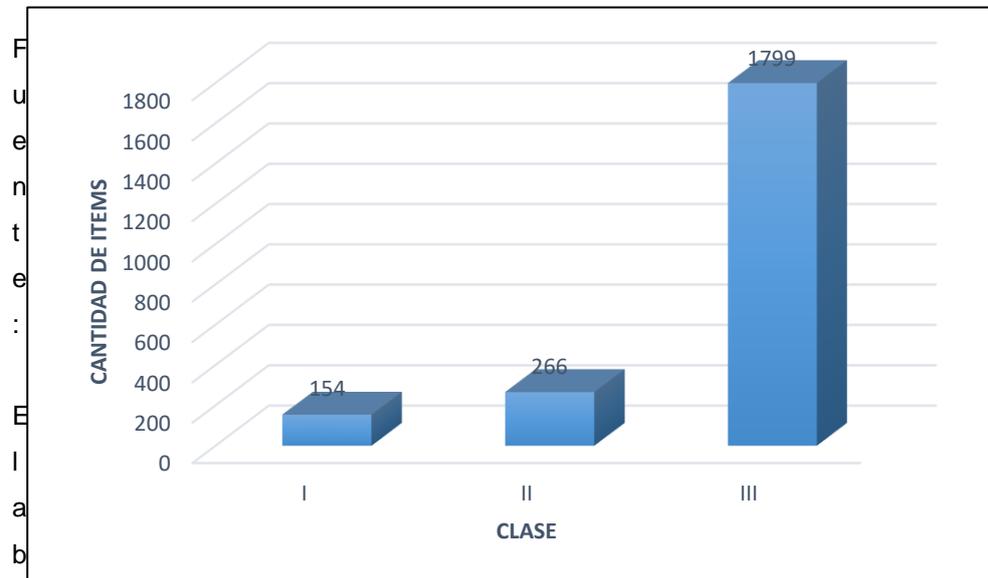
CATEGORÍA	N° ÍTEMS	% ÍTEMS
I	154	6.94%
II	266	11.99%
III	1799	81.07%
Total	2219	100.00%

Fuente: Elaboración propia

La interpretación sería de la siguiente manera:

El 6.94% de tipo de repuestos están presente entre 9 a 12 meses en el periodo de análisis, es decir que estos repuestos deben de estar en el almacén siempre de manera infaltable. Estos 6.94% de repuestos son 154 Ítems (véase gráfico N° 5.4, en la página 85).

GRÁFICO N° 5.4
CATEGORÍA POR FRECUENCIA DE USO DE REPUESTOS



Elaboración propia

Clasificación por cantidad de rotación y frecuencia de uso.

Relacionando las clasificaciones por cantidad de rotación y frecuencia de uso, obtuvimos la siguiente tabla N° 5.5

TABLA N° 5.5
RELACIÓN DE CATEGORÍAS DE REPUESTOS

Cantidad rotación	Frecuencia de uso			Total
	I	II	III	
ABC				
A	154	171	134	459
B		95	710	805
C			955	955
Total	154	266	1799	2219

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que de los 2219 ítems, 154 ítems son las que más rotación en cantidad se han presentado y están frecuente en las reparaciones en el periodo de análisis de un año (véase gráfico N° 5.5, en la página 87). La relación de repuestos críticos después de considerar las dos categorías se presenta en el anexo 4.

El resto de los repuestos se han presentado por reparaciones especiales no frecuentes y en otros casos por campañas de reparación propuesta por la empresa representante de la marca en fecha específica para sus clientes.

Estos repuestos a quienes se les llama secundarios serán incluidos en la relación de repuestos consumido a nivel nacional es decir entrará en el conteo general del área e Repuestos y será ahí que tendrán cierto valor de consideración para el stock de inventario del almacén general.

5.2.2 Consumibles importados

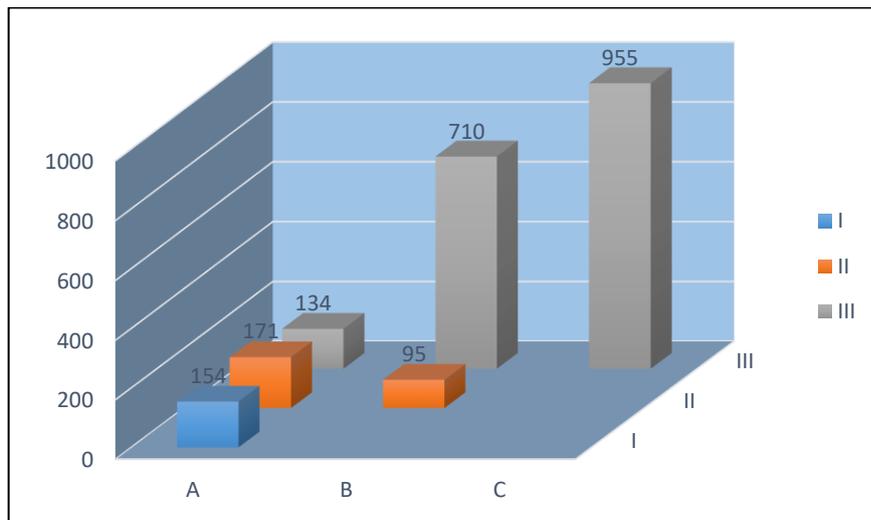
Los consumibles importados son los materiales de mantenimiento que se usan en el servicio de mantenimiento preventivo y son 139 ítems de los cuales se separó como filtros y lubricantes para su mejor análisis ya que ambos grupos de materiales sus cantidades tienen diferente unidad de medida; por lo tanto no se puede realizar la comparación.

Filtros

Los filtros son 115 ítems de la cantidad total de consumibles, se pudo observar que por la constante ruptura de stock se han

usado filtros alternativos nacionales y su presencia de uso no es frecuente y son en pocas cantidades, al realizar la categorización esto quedarán fuera del cálculo de cantidad óptima.

GRÁFICO N° 5.5
RELACIÓN DE CATEGORÍAS DE REPUESTOS



Fuente: Elaboración propia

Se aplicó el mismo análisis de categorización por cantidad de rotación y frecuencia de uso como a los repuestos y se obtuvo la siguiente tabla 5.6.

TABLA N° 5.6
RELACIÓN DE CATEGORIZACIÓN DE FILTROS

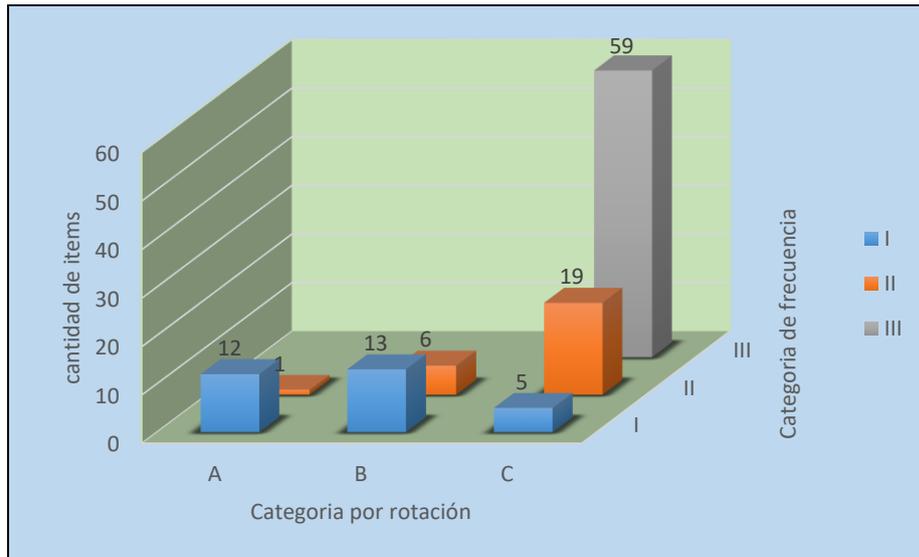
Cantidad de rotacion	Frecuencia de uso			Total
	I	II	III	
CAT ABC				
A	12	1		13
B	13	6		19
C	5	19	59	83

Total	30	26	59	115
--------------	----	----	----	-----

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.6

RELACIÓN DE CATEGORIZACIÓN DE FILTROS



Fuente: Elaboración propia

En este caso se tomará mayor importancia a la categorización por frecuencia de uso ya que si consideramos solamente los filtros de la categoría A1 estaríamos considerando solamente los filtros para un tipo de modelo de tracto camión y en la realidad existen como cuatro tipos con diferentes modelos de motor de combustión con la diferencia que en el mercado existe más vehículos de un modelo que otro.

Lubricantes.

Con respecto a los lubricantes, no se realizó la categorización ya que se usa un solo tipo de lubricante para el motor, caja y corona. También un solo tipo de refrigerante y grasa.

Se procedió a sumar las cantidades en galones y kilos totales de manera mensual para luego realizar el pronóstico de cantidad de uso (véase tabla 5.7 en la página 89).

TABLA N° 5.7
RELACIÓN DE LUBRICANTES

Ite	Codigo	Descripcion	Unid
1	ILC16528G	ACEITE DE DIFERENCIAL 85W/140 1GL	GAL
2	ILC16504G	ACEITE DE MOTOR 15W/40 CI 1GL	GAL
3	ILC16523G	ACEITE DE TRANSMISION 80W/90 1GL	GAL
4	ILC705254G	ACEITE SISTEMA HIDRAULICO AW 68 CILINDRO X 1GL	GAL
5	FELPM7998DG	ANTICONGELANTE 50/50 POR GALON	UND
6	ILC16549K	GRASA EP 2 MOLY, POR KILO	KL
7	FELPM7998G	REFRIGERANTE 50/50	GAL

Fuente: Elaboración propia

5.3 Tiempo de entrega

Para determinar este tiempo; el cual es importante, se realizó una reunión con la Gerencia de Servicios, la Gerencia de Repuestos y el Jefe de importaciones para determinar el tiempo de entrega de los pedidos de repuestos y consumibles realizado por el responsable del almacén de taller de servicio, en su primer momento se trató de que el pedido de los materiales de mantenimiento se realice directamente al área de importaciones para el cual el tiempo de entrega sería de 90 días vía marítima a un bajo costo de transporte pero por compromiso del Gerente de Repuestos se estableció que el pedido se realizaría al área de Repuestos y el periodo de entrega de los materiales serían de 30 días.

Se aprobó dicho acuerdo con la condición de ser evaluado el cumplimiento de la entrega total de los ítems y cumplir con dicho tiempo establecido para que el modelo de inventario implementado alcance el objetivo planteado.

5.4 Tiempo de pedido

Para determinar el tiempo de pedido de los materiales de mantenimiento se realizó una reunión con el Gerente de Servicios, el Jefe de Servicios y el responsable del almacén de taller de servicios y se tomó la decisión de lanzar cada 15 días el pedido a razón de:

- La capacidad del almacén de taller; el almacén cuenta con una área de 200 m² y es de un solo piso.
- La cantidad de personal con que cuenta el almacén para realizar la reposición del stock en sus respectivos lugares de ubicación.
- La cantidad de ítems a ser repuestos.

5.5 Calculo de cantidades optimas

Para determinar las cantidades óptimas de los materiales de mantenimiento seleccionados como son: repuestos del tipo AI, filtros tipos AI, BI y CI y lubricantes; luego de haber realizado la clasificación, para el siguiente mes a partir de la base de datos del periodo de investigación, se usó del método probabilístico de inventario con sistema de revisión periódica. Considerando que los repuestos tienen una distribución Normal y los consumibles también tienen una distribución Normal; como se indicó en la teoría por su comportamiento de demanda.

Se usaron las formulas mencionadas en la base teórica como es:

Calculo de la cantidad máxima, considerando una distribución Normal

$$Max = DS_t(T_r + T) + z_{1-\alpha}\sigma_D\sqrt{T_r}$$

Donde:

Tr: Tiempo de reposición de stock 30 días

T: Tiempo de revisión de inventario cada 15 días

DS_t: Demanda suavizada

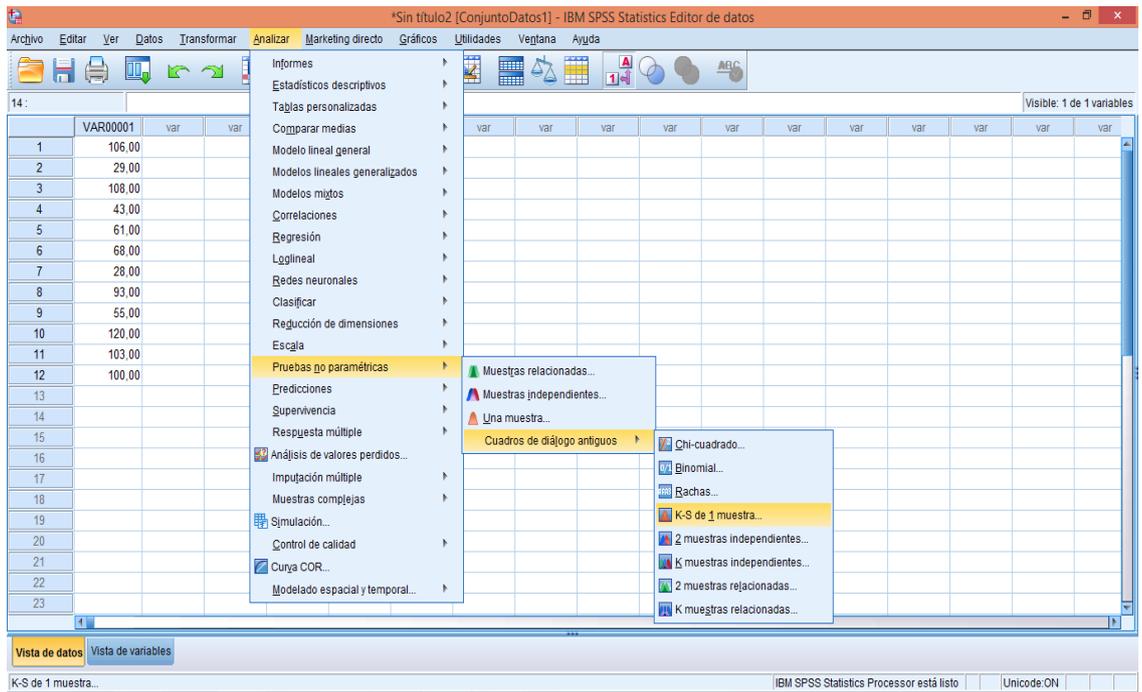
σD Desviación estándar de la demanda.

Z_{1-α} Factor de nivel de servicio

Antes de realizar los pronósticos de cálculo de los ítems clasificados usando las fórmulas establecidas, se verificó si los datos se ajustan a las distribuciones Normal tal como indica la teoría para poder tener una cantidad optima en el siguiente mes, para el cual se hizo uso del programa SPSS.

- Se realizó el ingreso del consumo de material de mantenimiento por ítem.
- Se seleccionó el tipo de prueba que es la Kolmogorov-Smirnov en el programa SPSS (véase las figuras N° 5.1).

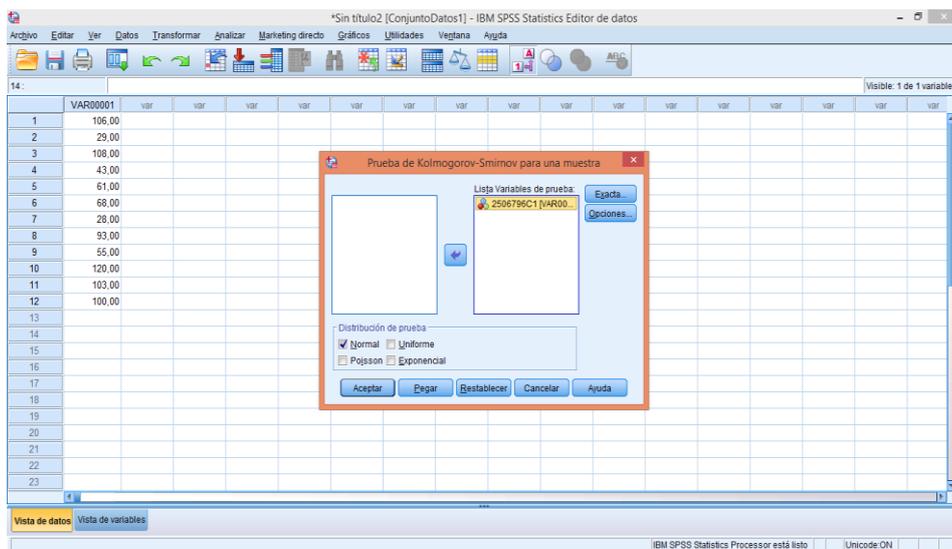
FIGURA N° 5.1
SELECCIÓN DE PRUEBA



Fuente: software SPSS

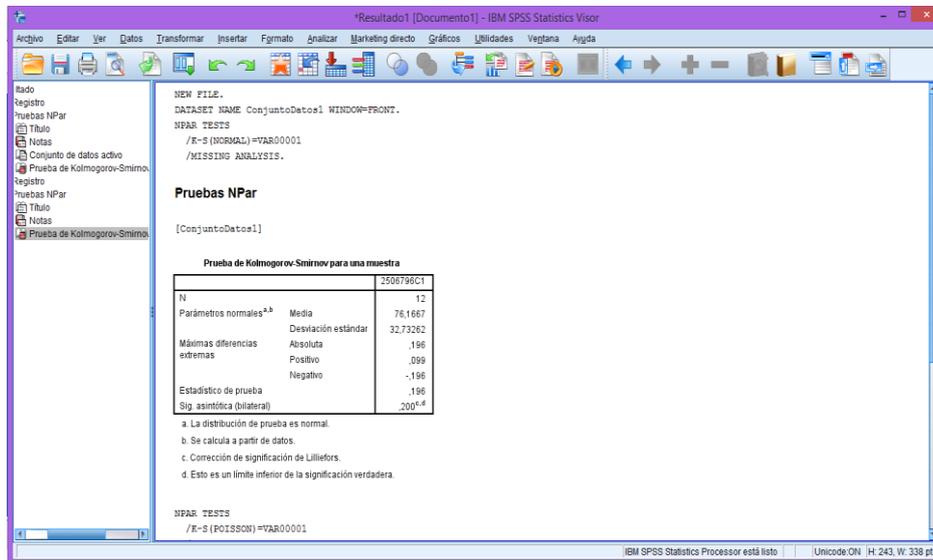
- Se seleccionó el tipo de distribución estadística a comprobar, en nuestro caso la Normal (véase figura N° 5.2).

FIGURA N° 5.2
SELECCIÓN DE DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA



Fuente: software SPSS

FIGURA N° 5.3
RESULTADO DE LA PRUEBA



Fuente: software SPSS

A continuación, se muestra los resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov aplicado a la base de datos de consumo en el periodo de prueba de un repuesto con código 2506796C1 (véase tabla N° 5.8).

TABLA N° 5.8
PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LA MUESTRA DE
REPUESTO

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		2506796C1
N		12
Parámetros normales ^{a,b}	Media	76,1667
	Desviación estándar	32,73262
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,196
	Positivo	,099
	Negativo	-,196

Estadístico de prueba	,196
Sig. asintótica (bilateral)	,200 ^{c,d}

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.
- d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
2506796C1	12	28,00	120,00	76,1667	32,73262
N válido (por lista)	12				

Fuente: software SPSS

Se muestra los resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de un filtro con código LF9080 (véase tabla N° 5.9).

**TABLA N° 5.9
PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LA MUESTRA DE
FILTRO**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		LF9080
N		12
Parámetros normales ^{a,b}	Media	314,0833
	Desviación estándar	21,63944
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,171
	Positivo	,157

	Negativo	-,171
Estadístico de prueba		,171
Sig. asintótica (bilateral)		,200 ^{c,d}

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
LF9080	12	271,00	360,00	314,0833	21,63944
N válido (por lista)	12				

Fuente: software SPSS

Se muestra los resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de un lubricante con código ILC16504G. (véase tabla N° 5.10)

TABLA N° 5.10
PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LA MUESTRA DE LUBRICANTE

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		ILC16528G
N		12
Parámetros normales ^{a,b}	Media	3797,5833
	Desviación estándar	570,25121
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,241
	Positivo	,118
	Negativo	-,241

Estadístico de prueba	,241
Sig. asintótica (bilateral)	,054 ^c

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
ILC16528G	12	2220,00	4472,00	3797,5833	570,25121
N válido (por lista)	12				

Fuente: software SPSS

De las pruebas realizadas con el programa estadístico SPSS se demostró que efectivamente los datos históricos de consumo de repuestos de alta rotación y uso frecuente corresponden a la distribución de Normal y los datos históricos de consumibles corresponden también a una distribución Normal.

Aplicando las fórmulas en la base de data en Excel y dependiendo si se trata de un repuesto, filtro o lubricante, se calculó las cantidades óptimas de los materiales de mantenimiento, considerando un nivel de seguridad de 95%, esta decisión del factor de seguridad fue decidida por el Gerente de Servicios para asegurar que se contara con los materiales de mantenimiento críticos necesarios para el servicio (véase las tabla N° 5.11, 5.12 y 5.13, en las paginas 97, 98 y 99 respectivamente).

En el anexo 4 se muestra la relación de los repuestos, filtros y lubricantes con su respectiva cantidades óptimas para el siguiente mes.

TABLA 5.11

RELACIÓN DE CANTIDAD ÓPTIMA DE REPUESTOS TIPO AI

Item	Código	Total anual	% Total	% Acum anual	ABC	FRECUEN	CAT FREC	Promedio 30 días	Desv STD	Stock Seguridad	Inventario promedio	Stock Máximo	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
1	2506796C1	914	0.038268297	0.038268297	A	12	I	77	32.73261741	54	74	131	3.792	496.752
2	1825610C1	577	0.024158432	0.062426729	A	12	I	49	9.643257968	16	29	65	2.115	137.475
3	CR35066	406	0.016998828	0.079425557	A	12	I	34	6.739750917	12	21	46	11.76	540.96
4	GLN31925SN	398	0.016663875	0.096089432	A	12	I	34	14.0183862	24	33	58	94.678	5491.324
5	265204R1	382	0.015993971	0.112083403	A	12	I	32	16.563011	28	36	60	3.858	231.48
6	2041419C1	355	0.014863507	0.12694691	A	9	I	40	27.71103598	46	56	86	0.146	12.556
7	417199C3	338	0.014151733	0.141098643	A	12	I	29	17.6832398	30	38	59	0.935	55.165
144	2017487C1	31	0.00129794	0.577750796	A	10	I	4	3.175426481	6	7	10	3.714	37.14
145	1818727C1	31	0.00129794	0.579048736	A	9	I	4	2.193309386	4	5	8	1.871	14.968
146	2017507C1	31	0.00129794	0.580346676	A	10	I	4	2.020725942	4	5	8	9.741	77.928
161	CR1612	29	0.001214202	0.598810919	A	11	I	3	1.505042031	3	4	6	16.723	100.338
160	1115701	29	0.001214202	0.597596717	A	11	I	3	1.56427929	3	4	6	80.21	481.26
149	3580088C1	30	0.001256071	0.584114889	A	9	I	4	2.315952582	4	5	8	126.266	1010.128
159	3607384C1	29	0.001214202	0.596382515	A	10	I	3	2.429303429	4	5	7	5.106	35.742
157	1841974C1	29	0.001214202	0.593954112	A	11	I	3	1.505042031	3	4	6	10.452	62.712
156	2017481C1	29	0.001214202	0.59273991	A	10	I	3	1.831955405	4	5	7	7.707	53.949
155	2508740C91	29	0.001214202	0.591525708	A	9	I	4	2.1514618	4	5	8	15.991	127.928
154	1841558C1	29	0.001214202	0.590311506	A	10	I	3	1.831955405	4	5	7	13.18	92.26

Fuente: software SPSS

TABLA N° 5.12
RELACIÓN DE CANTIDAD ÓPTIMA DE LUBRICANTES

Item	Codigo	Total anual	% Total	% Acum anual	ABC	FRECUEN	CAT FREC	Promedio 30 dias	Desv STD	Stock Seguridad	Inventario promedio	Stock Maximo	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
1	ILC16528G	12420	17.09%	17.09%	A	12	I	1035	304.282166	501	760	1536	9.904	15212.544
2	ILC16504G	45571	62.70%	79.79%	A	12	I	3798	570.251214	938	1888	4736	9.192	43533.312
3	ILC16523G	6424	8.84%	88.63%	B	12	I	536	68.1953522	113	247	649	8.889	5768.961
4	ILC705254G	109	0.15%	88.78%	B	7	II	16	15.8599457	27	31	43	7.563	325.209
5	FELPM7998DG	536	0.74%	89.52%	B	12	I	45	36.2173573	60	72	105	9.218	967.89
6	ILC16549K	6324	8.70%	98.22%	C	12	I	527	51.6808387	86	218	613	4.508	2763.404
7	FELPM7998G	1295	1.78%	100.00%	C	12	I	108	40.4462794	67	94	175	10.517	1840.475

Fuente: software SPSS

TABLA N° 5.13
RELACIÓN DE CANTIDAD ÓPTIMA DE FILTROS TIPO AI, BI Y CI

Item	Código	TOTAL	% Total	% Acum	ABC	FRECUEN	CAT FREC	Promedio 30 días	Desv STD	Stock Seguridad	Inventario promedio	Stock Maximo	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
1	LF9080	3769	0.23200985	0.23200985	A	12	I	315	21.6394351	36	115	351	23.131	8118.981
2	FS1029W	2248	0.13838104	0.37039089	A	12	I	188	56.5481827	94	141	282	5.959	1680.438
3	AF26103	1091	0.06715913	0.43755002	A	12	I	91	52.4186961	87	110	178	48.342	8604.876
4	FS19727	897	0.05521699	0.49276701	A	12	I	75	56.9547268	94	113	169	9.62	1625.78
5	2503221C1	824	0.0507233	0.5434903	A	12	I	69	17.1004164	29	47	98	22.178	2173.444
6	FF5078	683	0.04204371	0.58553401	A	12	I	57	8.76416602	15	30	72	6.168	444.096
7	LF3883	678	0.04173592	0.62726993	A	12	I	57	8.64975039	15	30	72	11.908	857.376
8	FS19547	641	0.03945829	0.66672822	A	12	I	54	8.81587755	15	29	69	16.567	1143.123
10	FS1007	408	0.02511542	0.71732841	A	12	I	34	14.2573745	24	33	58	23.87	1384.46
11	FS19624	363	0.02234534	0.73967375	A	12	I	31	11.2744683	19	27	50	9.681	484.05
12	AF26430	357	0.02197599	0.76164974	A	12	I	30	13.7584685	23	31	53	10.91	578.23
13	FS19729	346	0.02129886	0.7829486	A	12	I	29	10.5212627	18	26	47	10.252	481.844
14	AF26268	329	0.02025239	0.80320098	B	12	I	28	22.141932	37	44	65	26.355	1713.075
15	WF2074	250	0.01538935	0.81859034	B	12	I	21	15.8964452	27	33	48	10.24	491.52
16	AF25139M	230	0.0141582	0.83274854	B	11	I	21	14.0118997	24	30	45	34.707	1561.815
17	LF689	216	0.0132964	0.84604494	B	12	I	18	6.12001188	11	16	29	3.687	106.923
19	3532799C1	162	0.0099723	0.86802093	B	12	I	14	6.20117291	11	15	25	51.05	1276.25
20	3551814C1	162	0.0099723	0.87799323	B	10	I	17	22.6254081	38	43	55	65.497	3602.335
21	3551815C1	156	0.00960295	0.88759618	B	12	I	13	7.48331477	13	17	26	45.809	1191.034
22	AF25707	133	0.00818713	0.89578332	B	12	I	12	6.96038574	12	15	24	30.15	723.6
23	DONEAF506E	103	0.00634041	0.90212373	B	9	I	12	9.8114806	17	20	29	45.965	1332.985
26	HF35476	85	0.00523238	0.91954448	B	11	I	8	6.38831794	11	13	19	15.805	300.295
27	DONP606503	83	0.00510926	0.92465374	B	10	I	9	8.3715789	14	17	23	29.05	668.15
29	WF2127	80	0.00492459	0.9346876	B	12	I	7	6.18404594	11	13	18	17.359	312.462
30	3520401C1	78	0.00480148	0.93948907	B	12	I	7	4.66125227	8	10	15	23.706	355.59
42	FS1000	33	0.00203139	0.97556171	C	12	I	3	1.81533869	3	4	6	7.403	44.418
41	2506656C2	33	0.00203139	0.97353032	C	9	I	4	2.05049883	4	5	8	22.638	181.104
40	SMR107794N	40	0.0024623	0.97149892	C	9	I	5	3.98481968	7	9	12	16.818	201.816
36	3532800C1	48	0.00295476	0.96060326	C	12	I	4	2.73030135	5	6	9	40.141	361.269
33	AF25732	59	0.00363189	0.95136965	C	9	I	7	4.87028715	9	11	16	32.674	522.784

Fuente:

Elaboración

propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación de la hipótesis con los resultados

Con la aplicación de las técnicas y herramientas para el análisis de los datos recolectados cuyos resultados en forma concluyente conducen a la confirmación de la hipótesis planteada, que es la “El modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones debe considerar: la tasa histórica de consumo de materiales de mantenimiento, la clasificación y categorización, el tiempo de pedido, el tiempo de entrega y el cálculo óptimo de repuestos y consumibles por categoría” para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de Ate, lo cual reducirá de manera efectiva la ruptura de stock de los repuestos críticos y alcanzará los objetivos planteados por la Gerencia de Servicios.

6.2 Contratación de resultados con los otros estudio similares

Los resultados de la presente investigación si lo contrastamos con los antecedentes bibliográficos obtenemos lo siguiente:

Estamos de acuerdo que el modelo de inventario propuesto para una empresa debe de ser analizada de acuerdo al rubro. No es lo mismo tener un procedimiento del control de inventario para una empresa producción que para una empresa que brinda servicios.

Todos los métodos de control de inventario implementados de manera correcta reducirán los sobre stock o la ruptura de stock de los materiales de mantenimiento mejorando financieramente el estado de la empresa.

Los repuestos utilizados en el mantenimiento preventivo tienen un comportamiento diferente frente a los repuestos utilizados en el mantenimiento correctivo, además que cumplen diferente distribución estadística para su estudio del cálculo probabilístico de su cantidad óptima.

Al optimizar el stock de repuestos en una empresa, los servicios de mantenimiento serán de eficientes ya que se contará con los materiales de mantenimiento en cantidades y en el momento adecuado.

VII. CONCLUSIONES

- a. Obtener y conocer la tasa de consumo histórico de los materiales de mantenimiento usados por el taller de servicio a través del ERP Royal Sistem implementado en la empresa nos brinda una información amplia, confiable y rápida para su aplicación y evaluación que sirve como una herramienta en modelo de inventario implementado.
- b. Clasificar y categorizar los materiales de mantenimiento usador por el taller de servicio nos da una visión más clara y correcta de como evaluar los repuestos y consumibles en un taller de servicio, los métodos de Pareto y Frecuencia de uso para categorizar son herramientas importantes para implementar el modelo de inventario implementado.
- c. Determinar el tiempo de pedido de repuestos por parte del área de servicio para su almacén es importante considerar para el modelo de inventario implementado, porque este valor es proporcional a la cantidad a pedir y ello conlleva a mayor costo de inventario y mayor espacio de almacén lo cual no fue aceptada por la gerencia.
- d. Determinar el tiempo de entrega de repuestos y consumibles por porte de la gerencia de repuestos al almacén de servicios es importante considerar en el modelo de inventario implementado porque si llegará a incumplirse con el tiempo acordado se produciría una ruptura de stock de manera automática.
- e. Calcular el tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría específica usando la formulación correcta es importante considerar en el modelo de inventario implementado porque se convierte en el pedido de materiales de mantenimiento que hará eficiente en gran parte el trabajo para el área de servicio de mantenimiento.

VIII. RECOMENDACIONES

- a. Todas las empresas deben de contar con un analista de materiales de mantenimiento y esta persona debe de conocer los diferentes métodos de inventario pro balísticos por haber y saber cómo utilizarlo.
- b. No tratar de la misma manera los materiales de mantenimiento con los materiales de producción, ambos tienen diferente comportamiento de su demanda en el tiempo.
- c. Evaluar de manera constante los sobre stock y las rupturas de stock para que la empresa tenga activos con gran rotación y no inmovilizados que lo produce altos costos de almacenamiento y financieros.
- d. Los procedimientos del inventario debe estar dentro de un Sistema Integrado de Gestión ERP para evaluar de manera automática los inventarios de la empresa ya sea de materiales de producción, repuestos o materiales terminados.
- e. Debe existir un compromiso de cumplimiento de las personas involucradas en la logística de los materiales de mantenimiento porque si las entregas no cumplen con las fechas programadas afecta considerablemente la gestión de inventario de repuestos produciendo rupturas de stock en el tiempo.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

9.1 Bibliografía

- AMENDOLA P., L. (2007). Organización y Gestión del Mantenimiento. España. Ediciones PMM Institute of Learning.
- ARCINIEGAS P., C. (2002). Modelo de plan estratégico para la gestión de inventarios para los repuestos John Deere de Ponce Yepes S.A. Tesis de Maestría. Quito – Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar.
- BALLAO RONALD, H. (2004). Logística Administración de la cadena de Suministro. México. Ediciones Pearson Educación.
- BARRETO LARA, D. (2015). Modelos de control de inventarios para la reducción de costos de repuestos de mantenimiento en taladros de perforación offshore en la provincia de Tumbes. Tesis de Maestría. Lima – Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.
- CABREJOS RAMÍREZ, J. (2012). Contribución al mejoramiento de la gestión logística en el almacén del área de mantenimiento de maquinaria pesada en la empresa CYOMIN SAC, Dpto de Cajamarca. Tesis de Maestría. Lima – Perú. la Universidad Nacional del Callao.

- CHICA MEJÍA, G. H. (2015). Excesos y agotados de inventarios - análisis de las causas de retrasos en tareas de mantenimiento. Tesis de Maestría. Medellín – Colombia. Universidad EAFIT.
- DÍAZ MATALOBOS, A. (1999). Gerencia de Inventarios. Caracas. Ediciones IESA primera edición.
- DIXON CAMBELL, J., RAUUF, A., DUFFUAA, S., (2000) Sistemas de mantenimiento. Planeación y control. México. Editorial Limusa Wiley.
- GARCÍA CANTU, A. (2000). Enfoques prácticos para la planeación y control de inventarios. México. Editorial Trillas.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (2003). Reglamento Nacional de Vehículos. Lima, Perú. Decreto supremo N 058-2003-MTC: El Ministerio.
- MORA GUTIÉRREZ, L. A. (2009). Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control. México. Editorial Alfa y Omega. Primera Edición.
- MOSQUERA CASTELLANOS, G. (1987). Apoyo logístico para la administración del mantenimiento industrial. Caracas: Ediciones UCV, primera edición.
- MOTA SUAREZ, K. N. (2009). Gestión de inventario en las empresas de servicio a pozos en el Sector Petrolero del Municipio Lagunillas. Tesis de Maestría. Cabimas – Venezuela. Universidad de Zulia.
- RAMÍREZ CUSCO, O., SALINAS HUÁNUCO, L. (2011). Propuesta de mejora en el Control de Inventarios de Repuestos y Componentes CAT en una empresa Minera utilizando la

metodología Six Sigma. Tesis de Maestría. Lima – Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- RICALDI ARZAPALO, M. (2013) Propuesta para la mejora de la disponibilidad de los camiones de una empresa de transportes de carga pesada, mediante el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento. Tesis de Grado. Lima – Peru. Universidad Peruana de Ciencias Aplicada.
- VIDAL HOLGUIN, C. (2010) Fundamentos de control y gestión de inventarios. Colombia. Programa Editorial Universidad del Valle.
- ZAPATA CORTES, J. (2014). Fundamentos de la gestión de inventarios. Medellín. Editorial Esumer.

9.2 Otras fuentes bibliográficas

- BECERRA, F. (2014). Gestión del Mantenimiento [Versión electrónica]. Recuperado el 15 de Noviembre del 2017, de: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/GestionBecerra.pdf>.
- CONTRERAS MÁRQUEZ, J. (2016). La optimización de los inventarios en mantenimiento [Versión electrónica]. Recuperado el 16 de Noviembre del 2017, de: <http://www.avingenieria.net/single-post/2016/03/28/LA-OPTIMIZACION-DE-LOS-INVENTARIOS-EN-MANTENIMIENTO>
- PALMER, M., CARDOS, M., BABILONI, E. Y GUIJARRO, E. (2010). Revisión de modelos de gestión de inventario para repuestos reparables [Versión electrónica]. Recuperado 20 de Noviembre del 2017, de:

https://www.researchgate.net/publication/277793393_revision_de_modelos_de_gestion_de_inventarios_para_repuestos_reparables

- ROMEIJNDER, W., Teunter, R., & van Jaarsveld, W. (2012). A two-step method for forecasting spare parts demand using information on component repairs. *European Journal of Operational Research* [Versión electrónica]. Recuperado el 20 de noviembre del 2017, de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221712000392>
- VAN JAARSVELD, W., & DEKKER, R. (2011). Spare parts stock control for redundant systems using reliability centered maintenance data. *Reliability Engineering & System Safety* [Versión electrónica]. Recuperado el 20 de noviembre del 2017, de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832011001347>
- WILLEMAIN, T. R., SMART, C. N., & SCHWARZ, H. F. (2004). A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. *International Journal of forecasting* [Versión electrónica]. Recuperado el 20 de noviembre del 2017, de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920700300013X>

ANEXOS

ANEXO N° 1 Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cómo debe ser el modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones?	Elaborar un modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones.	El modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones debe considerar: la tasa histórica de consumo de materiales de mantenimiento, la clasificación y categorización, el tiempo de pedido, el tiempo de entrega y el cálculo óptimo de repuestos y consumibles por categoría.	Y: Modelo de inventario para el almacén de taller de Servicio de mantenimiento de tractos camiones.	Desarrollo del modelo de inventario para el almacén de repuestos del taller de Servicios de mantenimiento de una empresa que comercializa tracto camiones.	Descripción de procedimientos.	Relacionando: <ul style="list-style-type: none"> Tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento. Clasificación de repuestos y consumibles usados por el taller de servicios. Tiempo de pedido de repuestos para el almacén de taller de servicio. Tiempo de entrega de pedidos al almacén de taller de servicio. Calculo de tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría. Con la teoría de la gestión de mantenimiento y la gestión de inventario.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento importado usados por el taller de servicios?	1. Conocer la tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento importado usados por el taller de servicio.	1. Obteniendo y evaluando la tasa de histórica de consumo de repuestos de materiales usados por el taller de servicios, contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.	X1: Tasa de consumo histórico de materiales de mantenimiento.	Tasa de consumo de Repuestos Tasa de consumo de Consumibles	Cantidades mensuales Cantidades mensuales	Extracción de datos del sistema. Clasificación de repuestos y consumibles.
¿Cuál es la clasificación y categorización de los materiales de mantenimiento importado usado en el taller de servicio?	2. Clasificar y categorizar los materiales de mantenimiento usados por el taller de servicio.	2. Clasificando y categorizando los materiales de mantenimiento usados por el taller de servicios, contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.	X2: Clasificación de repuestos y consumibles usados por el taller de servicios.	Repuestos tipo A Repuestos tipo B Repuestos tipo C Repuestos del tipo I Repuestos del tipo II Repuestos del tipo III	% en cantidades Frecuencia de uso por mes al año	Técnica de Pareto Frecuencia de uso
¿Cuál es el tiempo de pedido de repuestos por parte del área de servicio considerando el tamaño de su almacén?	3. Determinar el tiempo de pedido de repuestos por parte del área de servicio para su almacén de repuestos.	3. Determinando el tiempo de pedido de repuestos por parte del almacén de servicios contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.	X3: Tiempo de pedido de repuestos para el almacén de taller de servicio.	Tiempo estimado Tiempo pesimista	Días Días	Establecer de acuerdo tamaño del almacén de repuestos y el nivel de servicio
¿Cuál es el tiempo de entrega de repuestos importados por parte del almacén central para evitar la ruptura de stock?	4. Determinar el tiempo de entrega de repuestos y consumibles por parte del almacén central de repuestos al almacén de servicios.	4. Determinando el tiempo de entrega repuestos por parte del almacén central contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.	X4: Tiempo de entrega de pedidos al almacén de taller de servicio.	Tiempo optimo Tiempo programado	Días Días	Recabar información del área de importaciones y del almacén central
¿Cuál es el tamaño óptimo de pedido de repuesto y consumibles por categoría?	5. Calcular el tamaño óptimo de pedido de repuesto y consumibles por categoría específica.	5. Calculando el tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría contribuirá a determinar un adecuado modelo de inventario para el almacén de repuestos y consumibles del taller de servicio de mantenimiento.	X5: Cálculo de tamaño óptimo de pedido de repuestos y consumibles por categoría.	Cantidad de repuestos por ítems de acuerdo a la categorías	Unidades Unidades Unidades	Calculo estadístico Agrupación por categorías

ANEXO N° 2 Formatos de Planes de Mantenimiento Preventivo por modelo de tracto camión

15,000 km		Mantenimiento Tipo A	
A	Periodo de mantenimiento Cada 15000 KM ó 400 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	13
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS1007	Filtro combustible 9200	1
	FS19765	Filtro de combustible	1
	AF25139M	Filtro de aire primario	1
	3678606	Junta anular	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulación de embrague	
		Regulación de frenos	
		Engrase general	
		Evaluación general de la unidad	
		Diagnostico computarizado	
		Materiales	
60,000 km		Mantenimiento Tipo B	
B	Periodo de Mantenimiento Cada 60000 KM, 1500 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	14
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS1007	Filtro combustible 9200	1
	FS19765	Filtro de combustible	1
	AF25139M	Filtro de aire primario	1
	AF25345	Filtro de aire secund	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
	ILC16523	Aceite de Transmisión SAE 80w90 GL1 International	4
	ILC16528	Aceite de Diferencial SAE 85w140 GL5 International	9
	3678606	Junta anular	1
	HF35476	Filtro de direccion	1
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulación de embrague	
		Regulación de frenos	
		Cambio de aceite de transmisión	
		Cambio de aceite de diferenciales	
		Cambio de aceite de dirección y filtro	
		Cambio de aceite de ruedas delanteras	
		Engrase general	
		Evaluación general de la unidad	
		Diagnostico computarizado	
	Materiales		
120,000 km		Mantenimiento Tipo C	
C	Periodo de mantenimiento Cada 120000 KM, 3000 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	14
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS1007	Filtro combustible 9200	1
	FS19765	Filtro de combustible	1
	AF25139M	Filtro de aire primario	1
	AF25345	Filtro de aire secund	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
	ILC16523	Aceite de Transmisión SAE 80w90 GL1 International	4
	ILC16528	Aceite de Diferencial SAE 85w140 GL5 International	9
	3678606	Junta anular	1
	HF35476	Filtro de direccion	1
	3090769	Sedaso filtro	1
	FLT107794	Filtro secador AD9	1
	BX5004341X	Valvula secador- AD9	1
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulación de embrague	
		Regulación de frenos	
		Cambio de aceite de transmisión	
		Cambio de aceite de diferenciales	
		Cambio de aceite de dirección y filtro	
		Cambio de aceite de ruedas delanteras	
		Engrase general	
		Evaluación general de la unidad	
		Afinamiento, calibración de válvulas, freno de motor e inyectores	
		Reparación de secador de aire	
		Diagnostico computarizado	
		Materiales	



15,000 km		Mantenimiento Tipo A	
A	Periodo de mantenimiento Cada 15000 KM ó 400 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	11
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS19727	Filtro de combustible	1
	AF26103	Filtro Aire Primario	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
67946	Arandela de tapon de carter	1	
MO		CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR Y FILTROS	
		REGULACION DE EMBRAGUE	
		REGULACION DE FRENOS	
		ENGRASE GENERAL	
		EVALUACION GENERAL DE LA UNIDAD	
		DIAGNOSTICO COMPUTARIZADO	
		MATERIALES	
60,000 km		Mantenimiento Tipo B	
B	Periodo de Mantenimiento Cada 60000 KM, 1500 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	12
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS19727	Filtro de combustible	1
	AF26103	Filtro Aire Primario	1
	AF26268	Filtro de aire secund	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
	67946	Arandela de tapon de carter	1
	ILC16523	Aceite de Transmisión SAE 80w90 GL1 International	4
	ILC16528	Aceite de Diferencial SAE 85w140 GL5 International	11
HF35476	Filtro de direccion	1	
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulacion de embrague	
		Regulacion de frenos	
		Cambio de aceite de transmision	
		Cambio de aceite de diferenciales	
		Cambio de aceite de direccion y filtro	
		Cambio de aceite de ruedas delanteras	
		Engrase general	
		Evaluacion general de la unidad	
		Diagnostico computarizado	
		Materiales	
120,000 km		Mantenimiento Tipo C	
C	Periodo de mantenimiento Cada 120000 KM, 3000 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	12
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS19727	Filtro de combustible	1
	AF26103	Filtro Aire Primario	1
	AF26268	Filtro de aire secund	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
	67946	Arandela de tapon de carter	1
	ILC16523	Aceite de Transmisión SAE 80w90 GL1 International	4
	ILC16528	Aceite de Diferencial SAE 85w140 GL5 International	11
	HF35476	Filtro de direccion	1
	FLT107794	Filtro secador AD9	1
	BX5004341X	Valvula secador- AD9	1
	146483	Sedaso filtro	1
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulacion de embrague	
		Regulacion de frenos	
		Cambio de aceite de transmision	
		Cambio de aceite de diferenciales	
		Cambio de aceite de direccion y filtro	
		Cambio de aceite de ruedas delanteras	
		Engrase general	
		Evaluacion general de la unidad	
		Afinamiento, calibracion de valvulas, freno de motor e inyectores	
		Reparacion de secador de aire	
		Diagnostico computarizado	
		Materiales	



15,000 km		Mantenimiento Tipo A	
A	Periodo de mantenimiento Cada 15000 KM ó 400 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	13
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS1007	Filtro combustible 9200	1
	FS19765	Filtro de combustible	1
	AF26103	Filtro Aire Primario	1
	3678606	Junta anular	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulación de embrague	
		Regulación de frenos	
		Engrase general	
		Evaluación general de la unidad	
		Diagnostico computarizado	
		Materiales	
60,000 km		Mantenimiento Tipo B	
B	Periodo de Mantenimiento Cada 60000 KM, 1500 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	14
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS1007	Filtro combustible 9200	1
	FS19765	Filtro de combustible	1
	AF26103	Filtro Aire Primario	1
	AF26268	Filtro de aire secund	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
	ILC16523	Aceite de Transmisión SAE 80w90 GL1 International	4
	ILC16528	Aceite de Diferencial SAE 85w140 GL5 International	9
	3678606	Junta anular	1
	HF35476	Filtro de direccion	1
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulación de embrague	
		Regulación de frenos	
		Cambio de aceite de transmisión	
		Cambio de aceite de diferenciales	
		Cambio de aceite de dirección y filtro	
		Cambio de aceite de ruedas delanteras	
		Engrase general	
		Evaluación general de la unidad	
		Diagnostico computarizado	
	Materiales		
120,000 km		Mantenimiento Tipo C	
C	Periodo de mantenimiento Cada 120000 KM, 3000 HR		
	Código	Descripción	Cantidad
	ILC16504	Aceite Motor SAE 15W40 CI-4 plus International	14
	LF14000NN	Filtro de aceite	1
	FS1007	Filtro combustible 9200	1
	FS19765	Filtro de combustible	1
	AF26103	Filtro Aire Primario	1
	AF26268	Filtro de aire secund	1
	ILC701708	Grasa EP2 moly	2
	ILC16523	Aceite de Transmisión SAE 80w90 GL1 International	4
	ILC16528	Aceite de Diferencial SAE 85w140 GL5 International	9
	3678606	Junta anular	1
	HF35476	Filtro de direccion	1
	3090769	Sedaso filtro	1
	FLT107794	Filtro secador AD9	1
BX5004341X	Valvula secador- AD9	1	
MO		Cambio de aceite de motor y filtros	
		Regulación de embrague	
		Regulación de frenos	
		Cambio de aceite de transmisión	
		Cambio de aceite de diferenciales	
		Cambio de aceite de dirección y filtro	
		Cambio de aceite de ruedas delanteras	
		Engrase general	
		Evaluación general de la unidad	
		Afinamiento, calibración de válvulas, freno de motor e inyectores	
		Reparación de secador de aire	
		Diagnostico computarizado	
	Materiales		

ANEXO N° 3 Fichas técnicas por modelo de tracto camión

ESPECIFICACIONES 9200[®]

VEHÍCULO	REMOLCADOR
MARCA	INTERNACIONAL [®]
MODELO	9200I SBA 6X4
CABINA	Techo Bajo con Litera
Peso Bruto	60,000 Lb (27,215 Kg)
Peso Seco	17,205 Lb (7,804 kg) Aprox.
No. Proposal	17543-01



Foto de referencia

MOTOR

Marca - Modelo	CUMMINS - ISX-450
Cilindrada	14.9 L
N° Cilindros	6
Combustible	DIESEL
Alimentación	Turbo-cargado Postenfriado
Potencia	450HP@1800RPM
Torque	1650 lb-ft@1200 RPM
Norma de Emisiones	EPA08
Inyección	Alta Presión de Inyección (HP-TP)
Freno de Motor	Interbrake (3 Tiempos)

TRANSMISIÓN

Marca	FULLER
Modelo	RTL(F)-169188
Tipo	Mecánica. Con bomba interna de lubricación y enfriador.
N° de velocidades	18 Vel. con doble Overdrive y 03 de reversa.
Traacción	6x4

DIRECCIÓN

Marca	Sheppard
Modelo	M-100
Tipo	Hidráulica

EMBRAGUE

Marca	Eaton Fuller
Díámetro	15.5"
Tipo	BI-Disco, mecánico, cerámico.
Torque	1700 Lb-ft

FRENOS DE SERVICIO

Tipo	100% Neumático. Con ABS (Bendix AntiLock Brake System) y ATC (Automatic Traction Control).
Delantero	Tambor y zapata 16.5" x 5.0"
Posterior	Tambor y zapata 16.5" x 7.0"
Filtro Secador	Bendix AD-9, con secador
Compresor de Aire	Cummins 18.7 CFM de capacidad

EJES

Eje delantero

Marca	Meritor
Modelo	MFS-14-143A Wide Track.
Capacidad	14,000 Lb (6,350 Kg)

Eje posterior

Marca	Meritor
Modelo	RT-46-164P Wide track. Con bomba de lubricación y bloqueo de diferencial delantero-posterior y posterior-posterior.
Capacidad	46,000 Lb (20,865 Kg)
Ratio de Corona	4,56

SUSPENSIÓN DELANTERA

Marca	INTERNACIONAL
Tipo	Muelles parabólicos, taper leaf, con amortiguadores.
Capacidad	14,000 Lb (6,350 Kg).

SUSPENSIÓN POSTERIOR

Marca	Hendrickson
Modelo	HAS-460-55"
Tipo	Bolsas de aire. De 55" de espacio entre ejes. Capacidad de 46,000 Lb.

CABINA

Tipo	Convencional Low - Roof (techo bajo) de 51". Con camarote.
Materia	Aluminio
Asientos	Piloto y copiloto con suspensión de aire, respaldar alto, material vinyl, ajustables.

INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS

Tablero	Velocímetro, tacómetro, odómetro, hornómetro, indicador digital de recorrido, indicador de temperatura de aceite de motor, transmisión y coronas.
Aire	Aire acondicionado.
Audio	Radio CD/ FM/ AM.
Alarma	De retroceso, audible y luz de diodo.

AROS - NEUMÁTICOS

Aros delanteros	De disco, de aluminio, 8.25 x 22.5"
Aros posterior	De disco de aluminio 13.00 x 22.5"
Neumáticos delanteros	12R22.5, 16 Plegues
Neumáticos posterior	425R22.5, 20 Plegues

QUINTA RUEDA

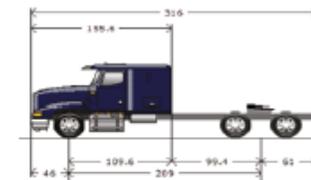
Marca/Modelo	Fontaine/SL7FMA-D69-3
Tipo	Fija
King Pin	2"

TANQUE DE COMBUSTIBLE

Tanque de combustible	02 de 120 Gal (454 L), total 240 Gal (908 L)
Materia	Aluminio
Tipo	Circular de 24" de diámetro, montadas al lado izquierdo y derecho debajo de la cabina.

DIMENSIONES

Largo Cabina	155.6" (3,95 m)
Longitud Total	316" (8,02 m)
Distancia entre Ejes	209" (5,30 m)



* Dimensiones expresadas en pulgadas

OFICINA LIMA: Calle Los Cipreses 429 Urb. Los Flores - Santa Anita
OFICINA AREQUIPA: Vía Evitamiento Km. 3.9 - Cerro Colorado
OFICINA TRUJILLO: Av. Teodoro Valdezno 1001

CENTRAL TELEFÓNICA
(01) 604 - 3360

Nota: las especificaciones y descripciones de esta modalidad son las más exactas al momento de la publicación. El fabricante se reserva el derecho de hacer cambios en precio y equipo. Cualquier solicitud comparecer con un distribuidor local.

ESPECIFICACIONES PROSTAR®

VEHÍCULO	REMOLCADOR
MARCA	INTERNATIONAL®
MODELO	Prostar-122 6X4
CABINA	Techo Bajo con Litera
Peso Bruto	60.600 Lb (27.487 Kg)
Peso Seco	18.025 Lb (8.176 Kg) Aprox.
No. Proposal	25977-01



Foto de referencia

MOTOR

Marca - Modelo	CUMMINS® - ISX-450
Cilindrada	14,9 L
N° Cilindros	6
Combustible	DIESEL
Alimentación	Turbo-cargado Postentendido
Potencia	450HP@1800RPM
Torque	1650 lb-ft@1200 RPM
Norma de Emisiones	EPV86
Inyección	Electrónica
Freno de Motor	Intelectral (3 Tiempos)

TRANSMISIÓN

Marca	FULLER
Modelo	RTLDF-16918S
Tipo	Mecánica, con bomba interna de lubricación y enfriador.
N° de velocidades	18 Vel. con doble Overdrive
Tiración	6x4

DIRECCIÓN

Marca	Sheppard
Modelo	HD94
Tipo	Hidráulica

EMBRAGUE

Marca	Easton Fuller Easy-Pedal Advantage
Díametro	15.5"
Tipo	B-Disco, mecánico, cerámico.
Torque	1700 Lb-ft

FRENOS DE SERVICIO

Tipo	100% Neumático, con ABS (Bendix AntiLock Brake System) y ATC (Automatic Traction Control).
Delantero	Tambor y zapata 16,5" x 5,0"
Posterior	Tambor y zapata 16,5" x 7,0"
Filtro Secador	Bendix AD-4S, con calentador.
Compresor de Aire	Cummins 18,7 CFM de capacidad

EJES

Eje delantero	
Marca	Hendrickson
Modelo	Steerlex NXL Tipo fabricado.
Capacidad	14.600 Lb (6.622 Kg)

Eje posterior

Marca	Meritor
Modelo	RT-46-160P con bomba de lubricación y bloque de diferencial posterior-posterior
Capacidad	46.000 Lb (20.865 Kg)
Ratio de Carona	4,30 ó 4,56

SUSPENSIÓN DELANTERA

Marca	INTERNATIONAL
Tipo	Muelles parabólicos, taper leaf, con amortiguadores.
Capacidad	14.600 Lb (6.622 Kg)

SUSPENSIÓN POSTERIOR

Marca	Hendrickson
Modelo	HAG-460-65
Tipo	Bolzas de aire de 55" de espacio entre ejes, Capacidad de 46.000 Lb.

CABINA

Tipo	Convencional Low - Roof (techo bajo) de 56", con camarote.
Materia	Acero galvanizado
Asientos	Con suspensión de aire conductor y copiloto, respaldar alto, material vinyl ajustables.

CENTRAL LIMA: Calle Los Capones 430 Urb. Los Pinos - Santa Anita - Tel: (01) 604 - 3360
 TIENDA DE REPUESTOS LIMA: Av. Nicolás Aranda 2050 - San Luis - Tel: (01) 579 - 3637
 SUCURSAL TRUJILLO: Av. Teodoro Valcázar 1091 Urb. Santa Leonor - Tel: (044) 605 - 300
 SUCURSAL AREQUIPA: Vía Evitamiento Km. 3,3 - Cerro Colorado - Tel: (051) 606 - 999

INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS

Equipamiento	Velocímetro, tacómetro, odómetro, hodómetro, indicador digital de recorrido, indicador de temperatura de aceite de motor, transmisión y canchales, Aire acondicionado.
Audio	Radio C/D FM/AM.
Alarma	De retroceso, audible y luz de diodo.

AROS - NEUMÁTICOS

Aros delanteros	De disco, de aluminio 8,25 x 22,5"
Aros posterior	De disco de aluminio 8,25 x 22,5"
Neumáticos delanteros	11R22.5, 16 Plegues
Neumáticos posterior	11R22.5, 16 Plegues

QUINTA RUEDA

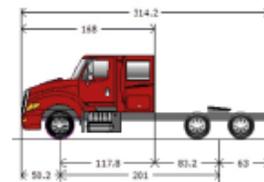
Marca/Modelo	Holland / FW35-560TXL
Tipo	Fija
King Pin	2"

TANQUE DE COMBUSTIBLE

Tanque de combustible	01 de 100 Gal (378 L) y 01 de 125 Gal (473 L), total 225 Gal (851 L).
Materia	Aluminio
Tipo	Circular de 26" de diámetro, montado al lado izquierdo y derecho debajo de la cabina.

DIMENSIONES

Largo Cabina	168" (4,26 m)
Longitud Total	314,2" (7,96 m)
Distancia entre Ejes	201" (5,10 m)



* Dimensiones expresadas en pulgadas

Nota: Las especificaciones y descripciones de esta material son las más exactas al momento de la publicación. El fabricante se reserva el derecho de hacer cambios sin previo aviso. Cualquier inquietud comuníquese con su distribuidor.

ESPECIFICACIONES WORKSTAR®

VEHÍCULO	REMOLCADOR
MARCA	INTERNATIONAL®
MODELO	7600 SBA 6X4
CABINA	Extendida con Litera
Peso Bruto	54,000 Lb (24,494 Kg)
Peso Seco	15,741 Lb (7140 Kg) Aprox.
No. Proposal	14883-01



Foto de referencia

MOTOR

Marca - Modelo	CUMMINS - ISM-350V
Cilindrada	10.8 L
Nº Cilindros	6
Combustible	DIESEL
Alimentación	Turbo-cargado Postenfriado
Potencia	335HP@2100RPM (350HP Pico)
Torque	1450 lb-ft@1200 RPM
Norma de Emisiones	EPAG8
Inyección	Electrónica
Freno de Motor	JACOBS. A las válvulas.

TRANSMISIÓN

Marca	FULLER
Modelo	FRO-14210C
Tipo	Mecánica. Con overdrive.
Nº de velocidades	10 vel
Trazción	6x4

DIRECCIÓN

Marca	Sheppard
Modelo	M-100
Tipo	Hidráulica

EMBRAGUE

Marca	Eaton Fuller Easy-Pedal Advantage
Diámetro	15.5"
Tipo	B-Disco, mecánico, cerámico.
Torque	1700 Lb-ft

FRENOS DE SERVICIO

Tipo	100% Neumático.
Delantero	Tambor y zapata 16.5" x 5.0"
Posterior	Tambor y zapata 16.5" x 7.0"
Filtro Secador	Bendix AD-9, con secador
Compresor de Aire	Cummins 18.7 CFM de capacidad

EJES

Eje delantero

Marca	Mertitor
Modelo	MFS-14-143A. Wide Track.
Capacidad	14,000 Lb (6,350 Kg)

Eje posterior

Marca	Mertitor
Modelo	MT-40-14X-SDFR. Reducción simple.
Capacidad	40,000 Lb (18,143 Kg)
Ratio de Corona	4,33

SUSPENSIÓN DELANTERA

Marca	INTERNATIONAL
Tipo	Muelles parabólicos, Taper leaf, con amortiguadores.
Capacidad	14,000 Lb (6,350 Kg)

SUSPENSIÓN POSTERIOR

Marca	INTERNATIONAL
Modelo	International Ride Optimized Suspensión (ROS)
Tipo	Bolsas de aire de 55" de espacio entre ejes. Capacidad de 40,000 Lb.

CABINA

Tipo	Extendida con litera
Material	Acero galvanizado
Asientos	De piloto y copiloto con suspensión neumática y respaldar alto, ajustables. Material de Vinyl.

INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS

Equipamiento	Velocímetro, tacómetro, odómetro, hornómetro, indicador digital de recorrido, indicador de restricción de filtro de aire, Aire acondicionado.
Audio	Radio CD/FM/AM.
Alarma	De retroceso, audible y luz de diodo.

AROS - NEUMÁTICOS

Aros delanteros	De disco, de acero, 8.25 x 22.5"
Aros posterior	De disco, de acero, 8.25 x 22.5"
Neumáticos delanteros	11R22.5, 16 Pilegues
Neumáticos posterior	11R22.5, 16 Pilegues

QUINTA RUEDA

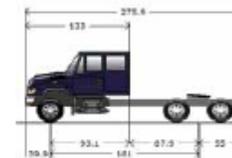
Marca/Modelo	Fontaine/SL7FMA-D69-3
Tipo	Fija
King Pin	2"

TANQUE DE COMBUSTIBLE

Tanque de combustible	02 de 100 Gal (378 L), total 200 Gal (757 L)
Material	Aluminio
Tipo	Sección en "D", 23" de profundidad. Montado al lado izquierdo debajo de la cabina.

DIMENSIONES

Largo Cabina	133" (3.37 m)
Longitud Total	279.9" (7.10 m)
Distancia entre Ejes	181" (4.59 m)



* Dimensiones expresadas en pulgadas

OFICINA LIMA: Calle Los Cipreses 420 Urb. Los Rios - Santa Anita
OFICINA AREQUIPA: Via Evtambiento Km. 3.9 - Cerro Colorado
OFICINA TRUJILLO: Av. Teodoro Valadroit 1091

CENTRAL TELEFÓNICA
(01) 604 - 3360

Nota: las especificaciones y descripciones de este material son las más exactas al momento de la publicación. El fabricante se reserva el derecho de hacer cambios sin previo aviso. Cualquier irregularidad comunicarse con el distribuidor local.

ANEXO N° 4 Relación de cantidades óptimas de materiales de mantenimiento.

RELACION DE REPUESTOS IMPORTADOS DEL TIPO AI

MES: ene-18

Item	Codigo	Total anual	% Total	% Acum anual	ABC	FRECUEN	CAT FREC	Promedio 30 días	Desv STD	Stock Seguridad	Inventario promedio	Stock Máximo
1	2506796C1	914	0.038268297	0.038268297	A	12	I	77	32.73261741	54	74	131
2	1825610C1	577	0.024158432	0.062426729	A	12	I	49	9.643257968	16	29	65
3	CR35066	406	0.016998828	0.079425557	A	12	I	34	6.739750917	12	21	46
4	GLN31925SNC	398	0.016663875	0.096089432	A	12	I	34	14.0183862	24	33	58
5	265204R1	382	0.015993971	0.112083403	A	12	I	32	16.563011	28	36	60
6	2041419C1	355	0.014863507	0.12694691	A	9	I	40	27.71103598	46	56	86
7	417199C3	338	0.014151733	0.141098643	A	12	I	29	17.6832398	30	38	59
8	FAK8481	324	0.013565567	0.15466421	A	12	I	27	8.591750801	15	22	42
9	FAK8482	295	0.012351365	0.167015575	A	12	I	25	14.96941326	25	32	50
10	3516934C1	289	0.012100151	0.179115726	A	12	I	25	19.5794806	33	40	58
11	KIT8000HD	264	0.011053425	0.190169151	A	12	I	22	14.006492	24	30	46
12	CR47697	262	0.010969687	0.201138838	A	12	I	22	13.85531295	23	29	45
13	3535486C1	199	0.008331938	0.209470775	A	12	I	17	12.50787631	21	26	38
14	417196C3	188	0.007871378	0.217342154	A	9	I	21	16.77299417	28	34	49
15	2039343C1	159	0.006657176	0.22399933	A	9	I	18	14.70389559	25	30	43
16	144425H	156	0.006531569	0.230530899	A	10	I	16	12.97550139	22	26	38
17	GE1157	155	0.0064897	0.2370206	A	12	I	13	9.699656351	16	20	29
18	GE1156	150	0.006280355	0.243300955	A	12	I	13	6.59889798	11	15	24
19	3520250C2	147	0.006154748	0.249455703	A	12	I	13	7.593358342	13	17	26
20	1661875C1	144	0.006029141	0.255484843	A	12	I	12	7.627700714	13	16	25
21	3864397C91	143	0.005987272	0.261472115	A	12	I	12	5.107184482	9	12	21
392	2594597C1	11	0.000460559	0.771311338	A	9	I	2	0.668557923	2	3	4
23	2501610C1	132	0.005526712	0.272651147	A	11	I	12	6.480740698	11	14	23
24	3535051C2	131	0.005484843	0.278135991	A	12	I	11	3.848455023	7	10	18
25	30360R1	125	0.005233629	0.28336962	A	11	I	12	6.734690832	12	15	24
26	CR453869	123	0.005149891	0.288519511	A	11	I	12	5.894913061	10	13	22
27	L2643655	123	0.005149891	0.293669402	A	11	I	12	7.5693761	13	16	25
382	FUL5556503BOX	12	0.000502428	0.766496399	A	9	I	2	0.738548946	2	3	4
29	L2643493	119	0.004982415	0.303676101	A	10	I	12	9.209267401	16	19	28
30	3549202C2	115	0.004814939	0.30849104	A	9	I	13	9.774347998	17	21	30
31	3538115C1	114	0.00477307	0.31326411	A	11	I	11	4.337992833	8	11	19
379	ZBF4303422	12	0.000502428	0.764989114	A	9	I	2	0.738548946	2	3	4
351	FUL4300907	13	0.000544297	0.750669905	A	9	I	2	0.900336637	2	3	4
34	3574680C1	110	0.004605594	0.327332105	A	12	I	10	3.688639398	7	10	17
347	ZLNK183104053	13	0.000544297	0.748492715	A	9	I	2	0.99620492	2	3	4
36	3566160C1	105	0.004396249	0.336166471	A	11	I	10	8.091802811	14	17	24
37	MIN20	103	0.00431251	0.340478982	A	12	I	9	5.517877282	10	13	19
38	GE194	102	0.004270641	0.344749623	A	11	I	10	7.292586522	12	15	22
39	1661872C1	98	0.004103165	0.348852788	A	12	I	9	5.060243137	9	12	18
40	3536085C1	95	0.003977558	0.352830347	A	10	I	10	6.444988657	11	14	21
41	3549153C1	91	0.003810082	0.356640429	A	10	I	10	5.177895911	9	12	19
333	3903986C91	14	0.000586166	0.740579467	A	9	I	2	1.029857301	2	3	4
323	ZBFK3497	15	0.000628036	0.734466589	A	9	I	2	1.055289706	2	3	4
321	2596214C92	15	0.000628036	0.732110518	A	10	I	2	0.965307299	2	3	4
45	3557858C1	87	0.003642606	0.371503936	A	12	I	8	4.454313538	8	10	16
46	BX800405	83	0.00347513	0.374979065	A	12	I	7	1.975225342	4	6	11
319	3570620C91	15	0.000628036	0.731954446	A	10	I	2	0.753778361	2	3	4
301	2507479C91	16	0.000669905	0.720063641	A	10	I	2	1.07308674	2	3	4
49	MIN15	82	0.003433261	0.385362586	A	10	I	9	4.98786406	9	12	18
300	2038062C1	16	0.000669905	0.719393736	A	9	I	2	1.07308674	2	3	4
51	306132C1	77	0.003223916	0.391894155	A	9	I	9	5.247654599	9	12	18
52	L2643486	74	0.003098308	0.394992464	A	10	I	8	4.448356864	8	10	16
298	3565410C3	16	0.000669905	0.718053927	A	10	I	2	1.154700538	2	3	4
54	GE2122BP	72	0.00301457	0.401063473	A	10	I	8	4.134115273	7	9	15
297	C10893582MO	16	0.000669905	0.717384023	A	12	I	2	0.887625365	2	3	4
296	3791174C2	16	0.000669905	0.716714118	A	9	I	2	1.07308674	2	3	4
57	HD60675003L	67	0.002805225	0.409562887	A	9	I	8	4.795041631	8	10	16
289	3843825C1	17	0.000711774	0.711982917	A	9	I	2	1.676486224	3	4	5
286	3589278C3	17	0.000711774	0.709847597	A	9	I	2	1.164500153	2	3	4
60	MIN10	65	0.002721487	0.417894825	A	12	I	6	2.64431924	5	7	11
281	3561905C2	17	0.000711774	0.706288729	A	10	I	2	0.99620492	2	3	4
62	C127760	64	0.002679618	0.42329593	A	12	I	6	2.269694947	4	6	10
63	2501302C1	63	0.002637749	0.425933679	A	11	I	6	3.048844789	6	8	12
278	1661873C1	17	0.000711774	0.704153408	A	10	I	2	1.311372171	3	4	5
271	797700C1	18	0.000753643	0.699129124	A	11	I	2	1	2	3	4
66	FULK3341	61	0.002554011	0.433637582	A	12	I	6	2.906367096	5	7	11
67	1824908C1	61	0.002554011	0.436191593	A	12	I	6	2.314316445	4	6	10
269	3536822C1	18	0.000753643	0.697621839	A	9	I	2	1.445997611	3	4	5
265	1661281C91	18	0.000753643	0.694607268	A	9	I	2	1.167748416	2	3	4
70	2509328C1	59	0.002470273	0.44368615	A	10	I	6	4.581749037	8	10	14
260	1673746C1	18	0.000753643	0.690839055	A	10	I	2	1.167748416	2	3	4
256	2506988C91	19	0.000795512	0.687824485	A	9	I	3	1.240112409	3	4	6
251	3579001C1	19	0.000795512	0.683846927	A	12	I	2	0.668557923	2	3	4
74	SD5003323	58	0.002428404	0.453399766	A	12	I	5	3.214550254	6	8	11
75	WWP56864B	58	0.002428404	0.455828169	A	9	I	7	4.323999271	8	10	15
250	C127740	19	0.000795512	0.683051415	A	9	I	3	1.311372171	3	4	6
77	3566966C1	57	0.002386535	0.460601239	A	9	I	7	5.429297627	9	11	16
243	2594380C1	20	0.000837381	0.677315358	A	9	I	3	1.723280874	3	4	6
240	1812559C1	20	0.000837381	0.674803216	A	11	I	2	1.154700538	2	3	4
80	MIN30	55	0.002302797	0.467635237	A	11	I	5	3.579190699	6	8	11

RELACION DE REPUESTOS IMPORTADOS DEL TIPO AI

MES: ene-18

Item	Codigo	Total anual	% Total	% Acum anual	ABC	FRECUEN	CAT FREC	Promedio 30 dias	Desv STD	Stock Seguridad	Inventario promedio	Stock Maximo
239	2017519C2	20	0.000837381	0.673965835	A	9	I	3	1.435481125	3	4	6
238	2017510C2	20	0.000837381	0.673128454	A	10	I	2	1.154700538	2	3	4
231	ZBF23559	20	0.000837381	0.667266789	A	9	I	3	1.370688834	3	4	6
84	C20892582	53	0.002219059	0.476637079	A	11	I	5	2.574643253	5	7	10
228	5MR284358N	21	0.00087925	0.664754647	A	11	I	2	1.055289706	2	3	4
86	3562434C91	52	0.00217719	0.480991459	A	12	I	5	2.14617348	4	6	9
87	3504540C1	52	0.00217719	0.483168648	A	12	I	5	2.534608929	5	7	10
227	DRA1115701	21	0.00087925	0.663875398	A	9	I	3	1.912875038	4	5	7
224	3669086C2	21	0.00087925	0.661237649	A	11	I	2	1.055289706	2	3	4
90	FLT50PLA	50	0.002093452	0.48961648	A	12	I	5	2.208797836	4	6	9
215	ZBF4304023	22	0.000921119	0.653282532	A	10	I	3	1.466804401	3	4	6
92	GEH5024	48	0.002009714	0.493719645	A	12	I	4	2.044949433	4	5	8
212	FULK2918	22	0.000921119	0.650519176	A	9	I	3	1.642245322	3	4	6
211	1116435	22	0.000921119	0.6459598057	A	11	I	3	1.403458931	3	4	6
95	MIN5	46	0.001925976	0.499623179	A	11	I	5	3.010084062	5	7	10
210	10518636	22	0.000921119	0.648676939	A	9	I	3	1.466804401	3	4	6
97	2508669C1	45	0.001884107	0.503433261	A	11	I	5	2.454124543	5	7	10
209	1821023C1	22	0.000921119	0.64775582	A	11	I	2	1.267304465	3	4	5
99	3548906C92	44	0.001842237	0.507159605	A	12	I	4	1.66969422	3	4	7
100	3519350C1	44	0.001842237	0.509001842	A	11	I	4	2.964435661	5	6	9
101	HD60670007	43	0.001800368	0.510802211	A	9	I	5	2.539088359	5	7	10
102	3605646C1	43	0.001800368	0.512602579	A	12	I	4	1.505042031	3	4	7
103	3558834C2	43	0.001800368	0.514402948	A	12	I	4	2.64431924	5	6	9
207	1889905C91	22	0.000921119	0.645913582	A	11	I	2	1.114640858	2	3	4
206	GE9007	22	0.000921119	0.644992464	A	10	I	3	1.749458791	3	4	6
205	3903524C91	22	0.000921119	0.644071345	A	11	I	2	1.029857301	2	3	4
204	1829802C1	22	0.000921119	0.643150226	A	9	I	3	1.642245322	3	4	6
203	ZWP185061	22	0.000921119	0.642229107	A	10	I	3	1.696699113	3	4	6
109	3546619C92	41	0.00171663	0.524870206	A	12	I	4	2.108783938	4	5	8
200	2502761C1	23	0.000962988	0.639423882	A	9	I	3	1.443375673	3	4	6
199	GEH6054	23	0.000962988	0.638460894	A	10	I	3	1.56427929	3	4	6
112	SD5675X	40	0.001674761	0.529936359	A	11	I	4	3.200378765	6	7	10
196	130704C1	24	0.001004857	0.635571931	A	10	I	3	1.348399725	3	4	6
191	1823182C95	24	0.001004857	0.630547647	A	9	I	3	1.53741223	3	4	6
115	410986C92	39	0.001632892	0.534918774	A	11	I	4	2.864357773	5	6	9
189	2592442C91	24	0.001004857	0.628537933	A	10	I	3	1.705605731	3	4	6
117	1885812C91	39	0.001632892	0.538184559	A	12	I	4	1.864744682	4	5	8
118	FAK8499	38	0.001591023	0.539775582	A	9	I	5	2.757908738	5	7	10
188	3547673C91	24	0.001004857	0.627533077	A	9	I	3	1.651445648	3	4	6
186	1826587C1	24	0.001004857	0.625523363	A	12	I	2	1.206045378	2	3	4
121	1822135C1	37	0.001549154	0.544506783	A	12	I	4	1.240112409	3	4	7
184	3534572C1	24	0.001004857	0.623513649	A	11	I	3	1.348399725	3	4	6
181	1672260C91	25	0.001046726	0.620499079	A	10	I	3	1.378954369	3	4	6
124	3533357C2	36	0.001507285	0.549112376	A	10	I	4	2.215646838	4	5	8
125	1825685C1	36	0.001507285	0.550619662	A	12	I	3	1.858640755	4	5	7
126	3559213C2	36	0.001507285	0.552126947	A	9	I	4	3.837612894	7	8	11
127	DRA1989497	36	0.001507285	0.553634232	A	12	I	3	1.206045378	2	3	5
172	3579000C1	25	0.001046726	0.611078546	A	10	I	3	1.505042031	3	4	6
170	1830669C92	26	0.001088595	0.608985095	A	11	I	3	0.937436867	2	3	5
169	591597C2	26	0.001088595	0.6078965	A	9	I	3	1.800673275	3	4	6
131	DONJ009607LA	35	0.001465416	0.559621504	A	9	I	4	2.574643253	5	6	9
132	3545881C92	35	0.001465416	0.56108692	A	12	I	3	1.729862492	3	4	6
133	ZBFK3341	35	0.001465416	0.562552336	A	9	I	4	2.539088359	5	6	9
168	BX5004341X	26	0.001088595	0.606807905	A	10	I	3	2.480224819	5	6	8
135	1822577C1	34	0.001423547	0.5654413	A	12	I	3	1.267304465	3	4	6
136	2505183C91	34	0.001423547	0.566864847	A	11	I	4	1.898963034	4	5	8
166	DRA1989495	27	0.001130464	0.604588846	A	10	I	3	1.602554779	3	4	6
138	1817867C93	33	0.001381678	0.569628203	A	11	I	3	1.484771179	3	4	6
139	1694430C1	33	0.001381678	0.571009881	A	11	I	3	1.764549904	3	4	6
140	3669091C1	33	0.001381678	0.572391559	A	12	I	3	1.764549904	3	4	6
165	2017508C2	27	0.001130464	0.603458382	A	10	I	3	2.261335084	4	5	7
163	1699216C91	28	0.001172333	0.601155585	A	12	I	3	1.435481125	3	4	6
162	2509224C91	28	0.001172333	0.59983252	A	10	I	3	1.922750555	4	5	7
144	2017487C1	31	0.00129794	0.577750796	A	10	I	4	3.175426481	6	7	10
145	1818727C1	31	0.00129794	0.579048736	A	9	I	4	2.193309386	4	5	8
146	2017507C1	31	0.00129794	0.580346676	A	10	I	4	2.020725942	4	5	8
161	CR1612	29	0.001214202	0.598810919	A	11	I	3	1.505042031	3	4	6
160	1115701	29	0.001214202	0.597596717	A	11	I	3	1.56427929	3	4	6
149	3580088C1	30	0.001256071	0.584114889	A	9	I	4	2.315952582	4	5	8
159	3607384C1	29	0.001214202	0.596382515	A	10	I	3	2.429303429	4	5	7
157	1841974C1	29	0.001214202	0.593954112	A	11	I	3	1.505042031	3	4	6
156	2017481C1	29	0.001214202	0.59273991	A	10	I	3	1.831955405	4	5	7
155	2508740C91	29	0.001214202	0.591525708	A	9	I	4	2.1514618	4	5	8
154	1841558C1	29	0.001214202	0.590311506	A	10	I	3	1.831955405	4	5	7

RELACION DE FILTROS IMPORTADOS TIPO AI - BI - CI

MES: ene-18

Item	Codigo	TOTAL	% Total	% Acum	ABC	FRECUEN	CAT FREC	Promedio 30 dias	Desv STD	Stock Seguridad	Inventario promedio	Stock Maximo
1	LF9080	3769	0.23	0.23	A	12	I	315	21.6394351	36	115	351
2	FS1029W	2248	0.14	0.37	A	12	I	188	56.5481827	94	141	282
3	AF26103	1091	0.07	0.44	A	12	I	91	52.4186961	87	110	178
4	FS19727	897	0.06	0.49	A	12	I	75	56.9547268	94	113	169
5	2503221C1	824	0.05	0.54	A	12	I	69	17.1004164	29	47	98
6	FF5078	683	0.04	0.59	A	12	I	57	8.76416602	15	30	72
7	LF3883	678	0.04	0.63	A	12	I	57	8.64975039	15	30	72
8	FS19547	641	0.04	0.67	A	12	I	54	8.81587755	15	29	69
10	FS1007	408	0.03	0.72	A	12	I	34	14.2573745	24	33	58
11	FS19624	363	0.02	0.74	A	12	I	31	11.2744683	19	27	50
12	AF26430	357	0.02	0.76	A	12	I	30	13.7584685	23	31	53
13	FS19729	346	0.02	0.78	A	12	I	29	10.5212627	18	26	47
14	AF26268	329	0.02	0.80	B	12	I	28	22.141932	37	44	65
15	WF2074	250	0.02	0.82	B	12	I	21	15.8964452	27	33	48
16	AF25139M	230	0.01	0.83	B	11	I	21	14.0118997	24	30	45
17	LF689	216	0.01	0.85	B	12	I	18	6.12001188	11	16	29
19	3532799C1	162	0.01	0.87	B	12	I	14	6.20117291	11	15	25
20	3551814C1	162	0.01	0.88	B	10	I	17	22.6254081	38	43	55
21	3551815C1	156	0.01	0.89	B	12	I	13	7.48331477	13	17	26
22	AF25707	133	0.01	0.90	B	12	I	12	6.96038574	12	15	24
23	DONEAF5069LA	103	0.01	0.90	B	9	I	12	9.8114806	17	20	29
26	HF35476	85	0.01	0.92	B	11	I	8	6.38831794	11	13	19
27	DONP606503LA	83	0.01	0.92	B	10	I	9	8.3715789	14	17	23
29	WF2127	80	0.00	0.93	B	12	I	7	6.18404594	11	13	18
30	3520401C1	78	0.00	0.94	B	12	I	7	4.66125227	8	10	15
42	FS1000	33	0.00	0.98	C	12	I	3	1.81533869	3	4	6
41	2506656C2	33	0.00	0.97	C	9	I	4	2.05049883	4	5	8
40	SMR107794N	40	0.00	0.97	C	9	I	5	3.98481968	7	9	12
36	3532800C1	48	0.00	0.96	C	12	I	4	2.73030135	5	6	9
33	AF25732	59	0.00	0.95	C	9	I	7	4.87028715	9	11	16

RELACION DE LUBRICANTES IMPORTADOS

MES: ene-18

Item	Codigo	Total anual	% Total	% Acum anual	ABC	FRECUEN	CAT FREC	Promedio 30 dias	Desv STD	Stock Seguridad	Inventario promedio	Stock Maximo
1	ILC16528G	12420	17.09%	17.09%	A	12	I	1035	304.282166	501	760	1536
2	ILC16504G	45571	62.70%	79.79%	A	12	I	3798	570.251214	938	1888	4736
3	ILC16523G	6424	8.84%	88.63%	B	12	I	536	68.1953522	113	247	649
4	ILC705254G	109	0.15%	88.78%	B	7	II	16	15.8599457	27	31	43
5	FELPM7998DG	536	0.74%	89.52%	B	12	I	45	36.2173573	60	72	105
6	ILC16549K	6324	8.70%	98.22%	C	12	I	527	51.6808387	86	218	613
7	FELPM7998G	1295	1.78%	100.00%	C	12	I	108	40.4462794	67	94	175

ANEXO 5 MODELO DE INVENTARIO

1. OBJETIVO

Proporcionar el lineamiento para determinar la cantidad optima de repuestos y consumibles para el almacén de servicios del taller de Ate, basado en el historial de uso de materiales de mantenimiento del taller de servicios de Ate aplicando el método probabilístico con revisión periódica.

2. FINALIDAD

Mantener un adecuado stock de materiales de mantenimiento de alta rotación.

Reduciendo las rupturas de stock o tener un sobre stock en el almacén de repuestos de servicio.

3. ALCANCE

La aplicación del modelo de inventario es obligatorio para el área de servicio; principalmente para el encargado del almacén de repuestos de servicios.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Tasa histórica de consumo.

Obtener la tasa histórica de consumo de materiales de mantenimiento importados usados por el taller de servicios de Ate de los doce meses recientes; del software implementado en la empresa, ERP (Enterprise Resource Planning) Spring, módulo servicios.

Obtener la información en un formato Excel; el ERP proporciona esta opción en el módulo de servicio, lo cual servirá para trabajarlo de acuerdo a nuestra necesidad.

4.2 Clasificación de materiales de mantenimiento.

De la información obtenida en el formato en Excel, separar los repuestos y los consumibles de mantenimiento para su evaluación de manera separa.

Repuestos importados

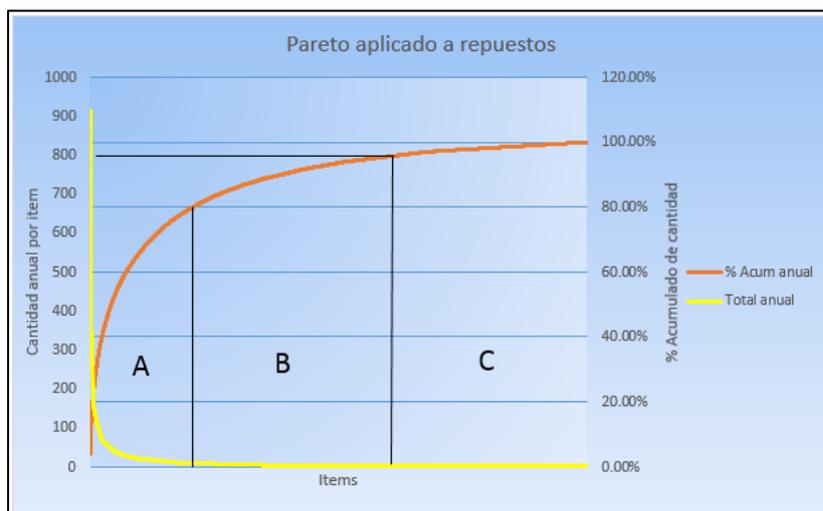
Los repuestos importados son materiales de mantenimiento que serán usados en los mantenimientos correctivos. Para categorizarlos usaremos dos criterios por rotación y fluencia de uso.

Categorización por Rotación

Usar el método de Pareto con las siguientes características.

Categoría	Características
A	El 20% de tipos de repuesto, representa el 80% de cantidad de repuestos usados en el periodo analizado.
B	El 70% de tipos de repuesto, representa el 15% de cantidad de repuestos usados en el periodo analizado.
C	El 10% de tipos de repuesto, representa el 5% de cantidad de repuestos usados en el periodo analizado.

Metodo de Pareto



Categorización por frecuencia de uso

Esta categorización se basa en la cantidad de meses presente los repuestos en el periodo de un año analizado.

Usar la siguiente clasificación:

Categoría	Características
I	Ítems presente entre 9 a 12 meses al año
II	Ítems presentes entre 5 a 8 meses al año
III	Ítems presentes entre 1 a 4 meses al año

Categorización por cantidad de rotación y frecuencia de uso.

Relacionar las clasificaciones por cantidad de rotación y frecuencia de uso a fin de obtener la siguiente tabla.

RELACIÓN DE CATEGORÍAS DE REPUESTOS

Cantidad rotación	Frecuencia de uso			Total
	I	II	III	
ABC				
A				
B				
C				
Total				

Considerar como repuestos críticos aquellos repuestos que tienen la categoría AI por ser de alta rotación y de mayor presencia en mes del año analizado.

El resto de los repuestos a quienes se les llama secundarios serán incluidos en la relación de repuestos consumido a nivel nacional es decir entrará en el conteo general del área e

Repuestos y será ahí que tendrán cierto valor de consideración para el stock de inventario del almacén general.

Consumibles importados

Los consumibles importados son los materiales de mantenimiento que se usan en el servicio de mantenimiento preventivo.

Separar los filtros y lubricantes para su mejor análisis ya que ambos grupos de materiales sus cantidades tienen diferente unidad de medida.

Filtros

Los filtros también serán categorizados por rotación y frecuencia de uso, aplicar los mismos procedimientos como de los repuestos y obtendremos el cuadro siguiente.

RELACIÓN DE CATEGORIZACIÓN DE FILTROS

Cantidad de rotación	Frecuencia de uso			Total
	I	II	III	
CAT ABC				
A				
B				
C				
Total				

En este caso se tomará mayor importancia a la categorización por frecuencia de uso AI BI Y CI

Lubricantes.

Con respecto a los lubricantes, no se realizará la categorización por ser un solo tipo de lubricante para el motor, caja y corona. También un solo tipo de refrigerante y grasa.

Sumar las cantidades en galones y kilos totales de manera mensual para determinar su pronóstico.

4.3 Tiempo de entrega

El tiempo de entrega repuestos y consumibles importados desde el almacén central de repuestos al almacén de repuestos de servicios lo determinará la Gerencia de Repuestos, para este modelo de inventario se consideró de 30 días calendarios.

4.4 Tiempo de pedido

El tiempo de pedido lo determina la Gerencia de Servicio en coordinación con el encargado del almacén de servicios. Para este modelo de inventario será de 15 días calendarios.

4.5 Calculo de cantidades óptimas

Para determinar la cantidad optima de pedido de los repuestos del tipo AI, filtros tipos AI, BI y CI y lubricantes mes a mes, usar la siguiente formula probabilística.

$$Max = DS_t(T_r + T) + z_{1-\alpha}\sigma_D\sqrt{T_r}$$

Donde:

Tr:	Tiempo de reposición de stock 30 días
T:	Tiempo de revisión de inventario cada 15 días
DSt:	Demanda suavizada
σ_D	Desviación estándar de la demanda.
Z1- α	Factor de nivel de servicio para un N.S. 95%

MODELO DE INVENTARIO

