

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UNA EMPRESA DE MAQUINARIA PESADA Y SERVICIO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial,
que presenta el Bachiller:

SILVA ABUHADBA, TAREK EDUARDO

Arequipa - Perú

2016

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico a Dios, fuente de sabiduría, principio supremo de todas las cosas, quien día a día me acompaña y asiste para poder superar todos mis retos y cumplir mis metas.

A mis padres Gustavo y Miryan, por enseñarme cada día a ser mejor persona, por darme fuerza y ánimos para cumplir mis sueños. Y sobre todo, por su amor incomparable.

A mi mejor amiga María Fernanda Oviedo, por su cariño angelical, su simpatía incondicional, y por todo el afecto y atención que me regala día a día. Ánimos y alegría, que me han fortalecido y me han beneficiado a ser ambicioso en mi vida.

A mi mejor amigo Diego Velazco, por acompañarme y aconsejarme siempre en todo momento, por motivarme y apoyarme en mis decisiones. Y sobre todo, por poder confiar siempre en su admirable y más sincera amistad.

RESUMEN

En la presente investigación se utilizará la herramienta de mejora Six Sigma, un sistema de calidad que busca mejorar procesos dentro de una organización. Para este caso de estudio se identificará y resolverá los problemas en la atención oportuna de los requerimientos de repuestos por parte del área de Logística.

En esta área se identifican dos procesos clave en la atención de requerimientos, dentro de cada uno de estos existen diferentes variables que afectan el porcentaje de requerimientos atrasados que a su vez, retrasan la entrega de repuestos para el mantenimiento que recibe la maquinaria de la empresa. Esta situación trae como consecuencia numerosas paradas de máquina, que se traducen en cuantiosas pérdidas para la empresa.

Se plantea la aplicación de la mejora utilizando la metodología Six Sigma (DMAIC) analizando las distintas variables que influyen en la atención los requerimientos de repuestos. Aparte de esta herramienta de solución de problemas nos ayudamos con distintas herramientas de descripción y análisis de procesos como las matrices SIPOC y AMFE. Finalmente, se aplica análisis ABC para determinar el 20 % de los materiales de repuestos que más nos impactan en el 80% costo y se realizan pronósticos a partir de los repuestos más críticos del análisis ABC.

Vemos la complejidad que origina la gestión del inventario de repuestos para ello se recurre a la metodología Six Sigma que nos permitió identificar los problemas más frecuentes en la atención de los requerimientos, seleccionar los repuestos más críticos y así poder realizar una mejor gestión de estos.

ABSTRACT

This research aims to implement the different stages of Six Sigma to identify problems timely attention to the requirements of spare parts by the Logistics area.

In the area of logistics are two key processes are identified in the addressing requirements within each of these there are several variables that affect the percentage of overdue requirements which in turn, delay the delivery of spare parts for maintenance it receives machinery the company. This situation results in many machine breakdowns, resulting in huge losses for the company.

Improving the application of the methodology is proposed using Six Sigma (DMAIC) analyzing the different variables that influence the care of spare parts requirements. Apart from this tool troubleshooting help us with different tools of description and analysis of processes such as FMEA SIPOC and matrices. Finally, ABC analysis is used to determine the 20% of the materials which most parts influence the 80% cost and forecasts made from the most critical parts of the ABC analysis.

We see the complexity that arises inventory management of spare parts for it to Six Sigma methodology that allowed us to identify the most common problems in dealing with the requirements, select the most critical parts so you can make a better management of these is used.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	14
1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	14
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.4 JUSTIFICACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5.1 Objetivo general.	16
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
1.6 HIPOTESIS	17
1.7 SISTEMA DE VARIABLES.....	17
1.8 MARCO METODOLÓGICO.....	18
1.8.1 Tipo de investigación.	18
1.8.2 Diseño de investigación.	18
1.8.3 Alcance.....	18
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. LOGÍSTICA	20
2.2 SISTEMAS DE GESTIÓN LOGÍSTICA.....	21
2.3. FUNCIONES DEL ALMACÉN	22
2.4 GESTIÓN DE INVENTARIOS	22
2.4.1 Clasificación de inventarios.	23
2.4.2 Análisis ABC.....	23
2.4.3 Pronósticos	24
2.5 SIX SIGMA	25
2.5.1 Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero.....	27
2.5.2 Costes de No Calidad	27
2.5.3 Relación con proveedores	28
2.5.4. Roles en la estrategia Six Sigma	28
2.6. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA.....	29
2.6.1 D - Fase de Definir	30

2.6.2.- M – Fase de Medir	31
2.6.3.- A – Fase de Analizar.....	34
2.6.4.- M – Fase de Mejorar	37
2.6.5.- C – Fase de Controlar	39
2.6.6. Herramientas usadas en la metodología DMAMC	40
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	45
3.1 ASPECTOS GENERALES	45
3.1.1. Misión.....	46
3.1.2. Visión.	46
3.1.3. Parque de máquinas.....	47
3.1.4 Órdenes de trabajo y reporte diario de las maquinarias.	48
3.2 ATENCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE REPUESTOS.....	51
3.2.1 Los procesos clave en la atención de requerimientos.	54
3.4 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS	54
3.4.1. Descripción del proceso de abastecimiento de almacén.	54
3.4.2. Descripción del proceso de compras.....	57
3.5 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	60
3.5.1. Diagnóstico de la gestión de almacén.	60
3.5.2. Diagnóstico de la gestión compras.....	60
3.5.2. Incumplimiento del programa de mantenimientos.....	60
3.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO	62
3.6.1 Sujetos de estudio.....	62
3.6.2 Metodología	63
3.6.3 Herramientas del Estudio	63
3.6.4 Métodos de análisis de ingeniería	63
CAPITULO IV PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA	65
4.1 APLICACIÓN DEL MAPA SIX SIGMA.....	65
4.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	66
4.2.1 Definir el problema y clientes principales del proyecto.....	66
4.2.2 Análisis de los procesos claves.	67
4.3 DEFINIR LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES	69
4.3.1 Requisitos del proceso de atención de requerimientos.....	69
4.4 MEDIDA DEL RENDIMIENTO ACTUAL.....	69

4.4.1 Defectos por unidad o DPO	69
4.4.2 Toma y recolección de datos.....	70
4.4.3 Análisis estadístico de la data obtenida.....	74
4.4.4 Fuentes de los datos obtenidos.	76
4.5 MEDIDA DEL NIVEL DE ATENCIÓN DE REQUERIMIENTOS.	76
4.5.1 Defectos por millón de oportunidades o DPMO.....	77
4.5.2 Nivel Sigma actual del proceso.....	77
4.6 DAR PRIORIDAD, ANALIZAR E IMPLANTAR LAS MEJORAS.	78
4.6.1 Proponer e implantar soluciones mediante el método DMAIC	78
CAPITULO V PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS	85
5.1 MEJORAS EN LA ATENCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE REPUESTOS	85
5.1.1 Propuestas de mejoras en los procesos del área de Logística	85
5.2. PROPUESTAS DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS	86
5.2.1 Requerimiento de Compras.....	86
5.2.2 Nivel de Stock de los repuestos	88
5.2.2.1 Clasificación del inventario mediante análisis ABC.....	88
5.2.2.2 Implementación de pronósticos.....	95
5.2.2.3 Disposición de Repuestos.....	101
5.3. PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL PROCESO DE COMPRAS	102
5.3.1 Movimientos y Diferencias de Inventario	102
5.3.2 Cotizaciones	106
5.4 TOMAR ACCIONES PARA CONTROLAR Y MANTENER LAS MEJORAS.	108
5.4.1 KPI Logísticos.....	108
5.4.2 Procedimiento de cálculo de los KPI Logísticos.....	109
5.4.2 Interpretación de los KPI.....	110
5.5 CONTROLAR: DEFINIR LA RESPONSABILIDAD Y COMPROMISOS DEL PROYECTO.	112
5.6 RESULTADOS Y BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO	113
5.6.1 Beneficios económicos del proyecto.....	114
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
6.1 CONCLUSIONES	117

6.2 RECOMENDACIONES.....	119
REFERENCIAS	120
ANEXOS.....	122
Anexo N ^{ro} . 1: Nivel Sigma por DPMO	122
Anexo N ^{ro} . 2: Clasificación ABC grupo A1.....	123
Anexo N ^{ro} . 3: Fichas de evaluación de Proveedores	125
Anexo N ^{ro} . 4: Pronósticos de los repuestos críticos.....	127



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Variables independientes	17
Tabla 1.2 Variables Dependientes	18
Tabla 3.1 Causas más frecuentes de páradadas de máquina.	50
Tabla 4.1 Procesos Clave y Clientes.	67
Tabla 4.2 Días atrasados en la entrega de requerimientos.....	71
Tabla 4.3 Nivel de requerimientos de repuestos inconformes.....	72
Tabla 4.4 Índice de Severidad	80
Tabla 4.5 Índice de Ocurrencia.....	81
Tabla 4.6 Índice de probabilidad de no detección	81
Tabla 4.7 Índice de prioridad de Riesgo.....	84
Tabla 5.1 Resultados de la clasificación ABC.	90
Tabla 5.2 Resultados de la clasificación ABC grupo “A”.....	91
Tabla 5.3 Productos Críticos de la clasificación ABC grupo “A”.....	93
Tabla 5.4 Resultados coeficiente de variación repuestos críticos.	96
Tabla 5.5 Resultados pronósticos de repuestos críticos.	100
Tabla 5.6 Criterios para la matriz KPI Logísticos	108
Tabla 5.7 Indicador de Requerimientos Completos	109
Tabla 5.8 Detalle cálculo indicador requerimientos completos	110
Tabla 5.9 Tabla de estandarización	110
Tabla 5.10 Nivel de Cumplimiento del indicador	110
Tabla 5.11 Porcentaje de repuestos críticos en los requerimientos semanales.....	113
Tabla 5.12 Escenarios para el nivel de atención de requerimientos.	114
Tabla 5.13 Comparación entre el rendimiento actual y propuesto del sistema.	114
Tabla 5.14 Costos de rotura de Stock de repuestos.	115
Tabla 5.15 Beneficios Económicos del proyecto	115
Tabla 5.16 Evaluación económica para la implementación de las propuestas.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Proceso DMAIC.....	30
Figura 3.1 Mapa de procesos de la empresa.....	46
Figura 3.2 Reporte diario de los diferentes equipos.	49
Figura 3.3 Desviación de programación de mantenimientos	61
Figura 3.4 Disponibilidad de repuestos	62
Figura 4.1 Designación de roles para la ejecución del proyecto.	66
Figura 4.2 Inconformidades en la atención de requerimientos.....	70
Figura 4.3 Gráfico de atenciones atrasadas de requerimientos	70
Figura 4.4 Formato para la recolección de datos.....	71
Figura 4.5 Nivel de servicio en la atención de requerimientos	73
Figura 4.6 Prueba de Normalidad Anderson-Darling.....	74
Figura 4.7 Gráfico de control P del porcentaje de requerimiento inconformes.	75
Figura 5.1 Indicaciones para llenado de Requerimiento	87
Figura 5.2 Clasificación ABC por volumen de compras.....	89
Figura 5.3 Comparación del análisis ABC.....	90
Figura 5.4 Clasificación ABC por volumen de compras.....	91
Figura 5.5 Comparación de la clasificación ABC del grupo “A”	92
Figura 5.6 Gráfica serie de tiempo Aceite 15w40.....	97
Figura 5.7 Gráfica de descomposición en software Minitab 17.	98
Figura 5.8 Vista por dentro del almacén de repuestos.....	101
Figura 5.9 Distribución ABC en el almacén de repuestos.....	102
Figura 5.10 Formato del indicador Requerimientos Completos.....	109
Figura 5.11 Matriz KPI Logísticos	111

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 3.1 Flujograma de la atención de repuestos.....	52
Diagrama 3.2 Diagrama Causa-Efecto en la atención de repuestos.....	53
Diagrama 3.3 Flujograma de la Gestión de Inventarios.....	55
Diagrama 3.4 Diagrama Causa-Efecto del proceso de Gestión de Inventarios.....	56
Diagrama 3.5 Flujograma del proceso de Compras.....	58
Diagrama 3.6 Diagrama Causa-Efecto del proceso de Compras.....	59
Diagrama 4.1 Diagrama SIPOC de la gestión de Inventarios.....	68
Diagrama 4.2 Diagrama SIPOC del proceso de Compras.....	68
Diagrama 4.3 Variables Críticas del proceso.....	79
Diagrama 4.4 Matriz AMFE – Atención de Requerimientos.....	83
Diagrama 5.1 Diagrama DAP de recepción y almacenamiento de repuestos.....	103
Diagrama 5.2 Diagrama DAP de despacho de repuestos.....	103
Diagrama 5.3 Planificación Logística.....	105
Diagrama 5.4 Evaluación y Selección de Proveedores.....	107

INTRODUCCIÓN

Las empresas hoy en día, ante la imperiosa necesidad de ser cada vez más competitivas, han tenido que ser más eficientes en todas sus áreas, aumentando su productividad, reduciendo los tiempos de entrega de sus productos, etc. Entre las áreas más importantes en toda empresa, se encuentra la logística que se encarga de gestionar las compras, manejar los inventarios y controlar los niveles de Stock, de modo de poder atender las necesidades de sus clientes que cada vez son más exigentes.

En la industria minera cada vez se cuentan con más empresas que arriendan máquinas para realizar el servicio de movimiento de tierras. Para evitar paradas de máquinas y garantizar las operaciones de éstas, es de suma importancia contar con existencias de los repuestos de la maquinaria en el inventario, para poder realizarse los mantenimientos de las máquinas en las fechas programadas. Este estudio se centrará en el área de logística, teniendo como objetivo reducir el tiempo de atención de los requerimientos de repuestos y estará dividido en cinco capítulos.

En el primer capítulo se identifica y se define el problema de la investigación, se describen los objetivos y las variables establecidas para el estudio. Posteriormente se procederá a explicar la metodología a usarse para este caso de estudio.

El segundo comprende el marco teórico de la investigación, donde se desarrollan las distintas etapas del sistema de calidad Six Sigma, haciendo énfasis en el ciclo DMAIC. Se definirán las herramientas de ingeniería industrial a utilizar en la aplicación de la filosofía Six Sigma.

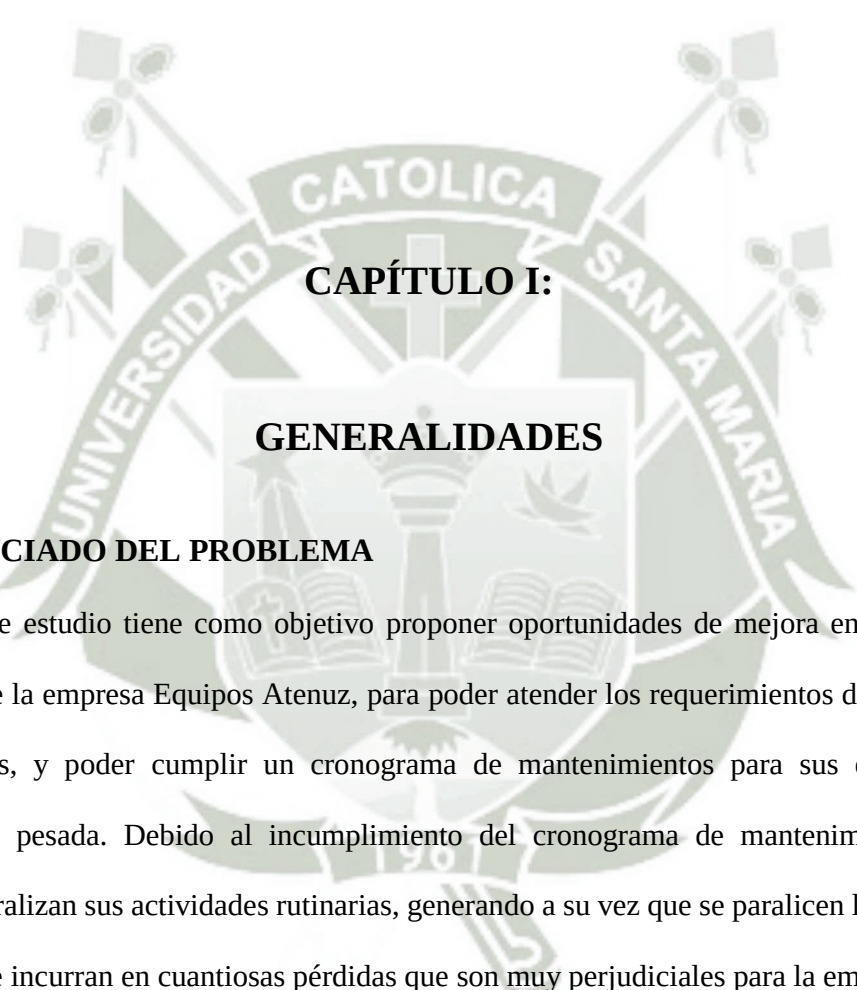
En el tercer capítulo se expone el diagnóstico actual de la empresa, haciendo énfasis en los procesos logísticos actuales de la empresa. En este capítulo se analiza el sistema de atención de los requerimientos de repuestos y se definen los problemas de este sistema.

En el cuarto capítulo se desarrollarán las primeras etapas del ciclo DMAIC, en donde se definirá el proceso a medirse, se hará la medida del rendimiento actual del proceso y se analizarán las posibles mejoras.

En el quinto capítulo, se expondrán y aplicaran las mejoras para el proceso de atención de requerimientos. Asimismo, se realizará la evaluación económica de la implementación de la filosofía Six Sigma.

Finalmente, en el sexto capítulo se desarrollarán las conclusiones y recomendaciones del estudio, seguido de los anexos respectivos.





CAPÍTULO I:

GENERALIDADES

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El siguiente estudio tiene como objetivo proponer oportunidades de mejora en el área de logística de la empresa Equipos Atenuz, para poder atender los requerimientos de repuestos sin retrasos, y poder cumplir un cronograma de mantenimientos para sus equipos de maquinaria pesada. Debido al incumplimiento del cronograma de mantenimientos, los equipos paralizan sus actividades rutinarias, generando a su vez que se paralizen las obras de trabajo y se incurran en cuantiosas pérdidas que son muy perjudiciales para la empresa.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, el área de logística de la empresa de Equipos Atenuz S.A. no cuenta con un abastecimiento eficiente de los requerimientos de repuestos que recibe semanalmente para poder realizar adecuadamente los mantenimientos de sus equipos de maquinaria pesada. Cada semana se reportan constantes retrasos en la entrega de los repuestos para

los mantenimientos programados para los equipos de maquinaria pesada. Debido a esto, los mantenimientos de los equipos se retrasan o se reprograman y en el peor de los casos, el mantenimiento no se llega a realizar, generando que el equipo quede inoperativo indefinidamente. La falta de cumplimiento de los mantenimientos programados para los equipos se traduce en daños futuros que van apareciendo en los equipos repentinamente. Se han reportado casos de saturación de filtros o desgaste de piezas del motor, que se relacionan a la falta de cumplimiento del cronograma de mantenimientos de los equipos, causando que estos reduzcan cada vez más su capacidad de producción y que su trabajo diario no sea el más eficiente ni el más óptimo para la empresa.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el poco tiempo de operación de la empresa, ésta ha conseguido licitar importantes contratos con proyectos mineros. Debido a esto, hubo la necesidad de arrendar muchos más equipos de línea amarilla para cumplir con las operaciones de la empresa. Junto al creciente número de equipos, aumento el número de mantenimientos necesarios para cada uno de estos, con el fin de que se garantizara que los equipos pudieran operar con la mayor eficiencia posible. Debido a este gran y repentino crecimiento, aumentó a su vez el volumen de requerimientos de repuestos para los mantenimientos, y con el pasar del tiempo el área de logística se sobrecargó con el volumen de los requerimientos. En la actualidad, el personal de ésta área, se centra solamente en comprar los repuestos para las maquinarias y atender lo más antes posible los requerimientos para los mantenimientos de los equipos. No existe una política de abastecimiento adecuada, ni una clasificación de los repuestos de mayor criticidad o rotación que deben ser analizados con mayor atención para poder cumplir con el cronograma de mantenimientos establecidos para las maquinarias. La falta de estas políticas, se traduce en un mayor número requerimientos

de repuestos sin atender que afectan directamente la productividad y el rendimiento de la maquinaria de la empresa.

Esto conlleva a que no se tomen las mejores decisiones para solucionar el desabastecimiento de los repuestos y que la empresa continúe perdiendo ingresos irre recuperables. Para la resolución de este problema, es muy importante contar con alguna metodología que garantice una llegada correcta a la solución.

1.4 JUSTIFICACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En la industria minera cada vez se cuentan con más empresas que arriendan máquinas para realizar el servicio de movimiento de tierras. Para evitar paradas de máquinas y garantizar las operaciones de éstas, es de suma importancia contar con existencias de los repuestos de la maquinaria en el inventario, para poder realizarse los mantenimientos de las máquinas en las fechas programadas.

La búsqueda de una óptima gestión logística para cada organización en particular es una necesidad muy importante para las empresas de hoy en día que se preocupan en complacer las necesidades de sus clientes y satisfacer satisfactoriamente la demanda de insumos que estos requieran.

La gestión y planificación de compras es una herramienta indispensable para un óptimo funcionamiento de la logística, que permita reducir la incertidumbre de la demanda y poder satisfacer las necesidades de los clientes.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general.

Aplicar la herramienta de calidad Six Sigma en la empresa, para reducir las deficiencias encontradas en el servicio de movimiento de tierras.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Realizar el diagnóstico del proceso de atención de requerimientos para analizar su rendimiento actual y su importancia en el servicio de movimiento de tierras.
- Proponer e implantar oportunidades de mejora en el proceso de atención de requerimientos mediante la metodología DMAIC.
- Mejorar el desempeño del proceso de atención de requerimientos, logrando reducir el porcentaje de requerimientos inconformes y mejorando su nivel sigma.
- Realizar una clasificación de los repuestos críticos y de mayor valor para la empresa con el fin implantar una política para el abastecimiento y control de estos.
- Evaluar los resultados y beneficios económicos del proyecto

1.6 HIPOTESIS

La aplicación del sistema de calidad Six Sigma en la empresa, permitirá atender oportunamente los requerimientos de repuestos para cumplir el cronograma de mantenimientos de la maquinaria de la empresa.

1.7 SISTEMA DE VARIABLES

Tabla 1.1 Variables independientes

Definición Conceptual		Indicadores
Variables Independientes	Aplicación de la metodología Six Sigma	Numero de defectos por millón de oportunidades
	Metodología para definir, medir, analizar, mejorar y controlar procesos de una empresa.	Nivel Sigma del proceso

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.2 Variables Dependientes

Definición Conceptual			Indicadores
Variables Dependientes	Mejora de atención de requerimientos de repuestos	Se refiere al mayor número posible de requerimientos atendidos sin retrasos, sin faltante y sin ningún defecto	Cantidad de requerimientos atendidos sin retrasos
			Cantidad de requerimientos atendidos sin repuestos faltantes
			Cantidad de defectos hallados en los requerimientos

Fuente: Elaboración Propia

1.8 MARCO METODOLÓGICO

1.8.1 Tipo de investigación.

El tipo de la investigación es descriptivo y correlacional. Es descriptivo porque se analiza la gestión actual de los procesos de compras e inventarios, identificando las deficiencias y oportunidades de mejora. Es de carácter correlacional, porque se mide la cantidad de requerimientos atendidos a tiempo, tras aplicar la metodología propuesta.

1.8.2 Diseño de investigación.

El diseño de este tipo de investigación es no experimental, debido a que no manipularemos las variables, solo se observará el cambio de la variable dependiente tras aplicar la metodología propuesta de la variable independiente.

Dentro del tipo de diseño no experimental, la investigación es de diseño longitudinal, debido a que se hará una recopilación de datos de la atención de los requerimientos de repuestos en un periodo determinado de tiempo.

1.8.3 Alcance.

El estudio se desarrolla en las áreas de logística y mantenimiento de la empresa Equipos Atenuz S.A. en sus labores tanto de oficina como de campo.

Instrumentos.

- Microsoft Excel 2013
- Software Minitab 17
- Cronograma
- Financiamiento
- Bibliografía



CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. LOGÍSTICA

La logística en estos tiempos es un área indispensable para cualquier empresa sin importar su tamaño o función. Según Chase (2009), el manejo del área de logística es un tema importante en los negocios actuales, debido a que muchas empresas logran una significativa ventaja competitiva con su forma de configurar y manejar sus operaciones a lo largo de la cadena. Según Bowersox, Closs y Cooper (2007), la logística es un subconjunto de la cadena de suministro que consiste en todo el trabajo requerido para promover y colocar el inventario en la cadena de suministro.

En la literatura de la administración, la logística es una función de la gerencia, que consiste en la gestión del flujo de materiales en torno a las operaciones y el proceso productivo de la empresa; involucra toda la cadena productiva, desde la provisión de insumos hasta la distribución de los bienes producidos al punto de contacto con el consumidor final. La buena o mala gestión de este proceso influye en la competitividad y

productividad para las empresas, en la medida en que se mantengan los costos de logística en un nivel mínimo por unidad de producto. (Ramos Menéndez & Flores Aliaga, 2013)

Finalmente, vemos que la logística es parte fundamental de toda la cadena de suministros. En este sentido tenemos que la cadena de suministros no sólo involucra funciones de las áreas al interior de la empresa, sino que además involucra las de las empresas que forman parte del abastecimiento de manera que se creen sinergias y se pueda mejorar el desempeño de todas las partes involucradas (Alvarez Tanaka , 2009)

2.2 SISTEMAS DE GESTIÓN LOGÍSTICA

Las actividades del sistema logístico son susceptibles de planearse como se ha dicho antes, con la finalidad de reducir al mínimo las posibles ineficiencias. La planeación permite entre otros aspectos, el control eficiente de los espacios, el nivel adecuado de inventarios, corregir flujos desordenados de procesos y transportes de materiales, la satisfacción de las demandas de los clientes, el control de los costos operativos a su nivel más eficiente, y por lo tanto, la sostenibilidad misma del negocio. (Aponte Gómez, 2014)

La planificación de la evaluación logística es un proceso que dada la heterogeneidad de las empresas y sus particularidades en función del entorno en el que se desenvuelven, no se puede difundir como una práctica generalizada con pasos estrictos; mas existen ciertos criterios genéricos que se pueden considerar para ser adaptados a las condiciones específicas funcionales de cada empresa. (Aponte Gómez, 2014)

El crecimiento de una empresa conlleva a que el sistema de gestión logístico se encuentre en continua mejora, optimizando la gestión de compras e inventarios con el fin de poder adaptarse a las nuevas exigencias que el mismo crecimiento genera.

2.3. FUNCIONES DEL ALMACÉN

Alor, Aparicio, Catalayud, & Rojas, (2014). El almacén es una unidad de servicio en la estructura orgánica y funcional de una empresa comercial o industrial con objetivos bien definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos.

Para un servicio eficiente, las siguientes funciones son comunes a todo tipo de almacenes

- Recepción de materiales y/o repuestos
- Registro de entradas y salidas del almacén
- Almacenamiento de materiales y/o repuestos.
- Despacho de materiales
- Coordinación del almacén con los departamentos de control de inventario y contabilidad.
- Mantienen en constante información al departamento de compras, sobre las existencias reales de materia prima.
- Rapidez y eficacia en atención a las necesidades.

En conclusión, se puede decir que los almacenes tienen funciones que son muy importantes para el control de inventario ya que en ellos se lleva a cabo un registro de todo el material que entra y sale y de los que están almacenados, utilizado correctamente puede ser una herramienta muy útil para el control de inventarios y contabilidad. (Alor, Aparicio, Catalayud, & Rojas, 2014)

2.4 GESTIÓN DE INVENTARIOS

Según Krajewski (2008), la administración de inventarios se refiere a la planificación y control de los inventarios para mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente, importante para lograr el pleno potencial de toda cadena de valor. Es por ello que la correcta gestión de los inventarios es la clave para un desempeño exitoso de toda empresa. Para esto se requiere de

información sobre las demandas esperadas, las cantidades de inventario disponibles y en proceso de pedido, entre otros. (Krajewski, 2008)

Las empresas cuentan con diversos tipos de inventarios para poder cubrir cada una de las necesidades que se presenten al interior de la misma, de esta manera encuentran flexibilidad y mejores tiempos de respuesta ante cualquier situación no planificada.

2.4.1 Clasificación de inventarios.

La optimización de los inventarios es crítica para poder mantener los costos bajo control dentro de la logística. No obstante, para poder aprovechar al máximo los esfuerzos de los gerentes, resulta eficaz concentrarse en los artículos que cuestan más al negocio. Para esto es necesario un método de categorización de inventario que consiste en la división de los artículos en categorías de valor. Según el principio de Pareto se establece que el 80% del valor de ventas totales se basa solo sobre el 20% de los artículos totales. En otras palabras, la demanda no está distribuida uniformemente entre los artículos: los que más se venden superan ampliamente a los demás y se encuentran en una categoría superior a estos. (Collignon & Vermorel, 2012)

2.4.2 Análisis ABC.

En las empresas con variedad de artículos en almacén es importante dar prioridades y optimizar el manejo y gestión de materiales. Es frecuente que las listas de almacén incluyan códigos de artículos, que varían, en valor, desde unas pesetas hasta miles de ellas y que son consumidos a un ritmo desde unos pocos al año hasta decenas de miles.

El valor en volumen de un artículo es el consumo anual en unidades multiplicado por el precio unitario. En un almacén pueden existir artículos de diversos, con lo cual la gestión puede ser más eficaz si se centra en los de mayor importancia. De esta manera los artículos se clasifican en tres grupos:

- **Grupo A.** Formado por los artículos de alto valor, que generalmente no sobrepasan el 20 % del número total de artículos, representando, sin embargo, un valor del 70 al 80 % del inmovilizado.
- **Grupo B.** Formado por artículos de valor intermedio, que pueden representar entre un 30 y un 40 % del número total de artículos, no sobrepasando su repercusión en el inmovilizado, del 25 % del total.
- **Grupo C.** Formado por artículos de poco valor, y que constituyen gran número entre el total de los del almacén, representando solamente un pequeño valor del total de las existencias. Representan un 85% del número de artículos y acostumbran a responder de sólo el 10%, aproximadamente, del valor del volumen del almacén. Estos los llamamos artículos "C".

Método de trabajo basado en la clasificación ABC, significa que no tratamos todos los artículos de compra de la misma forma, sino que asignamos una importancia especial a los artículos "A", menos importancia a los "B" y la menor a los "C".

2.4.3 Pronósticos

Pronosticar es el proceso de estimación en situaciones de incertidumbre. Los pronósticos son procesos críticos y continuos que se necesitan para obtener buenos resultados durante la planificación, de un proyector, también se refieren a la estimación de series de tiempos o datos instantáneos. El pronóstico ha evolucionado hacia la práctica del plan de demanda como una herramienta de solución en los negocios.

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

$$\text{Coeficiente de Variacion (CV)} = \frac{S}{X}$$

Dónde:

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

2.4.3.1 Error en el Pronóstico

Las estadísticas de medición de errores desempeñan un papel fundamental en el seguimiento de la precisión de los pronósticos, seguimiento de las excepciones, y la evaluación comparativa de su proceso de pronóstico. La interpretación de estos datos puede ser complicado, particularmente cuando se trabaja con bajo volumen de datos o cuando se trata de evaluar la precisión a través de múltiples elementos. (Colombia, 2015)

Muchas organizaciones se centran principalmente en el MAPE a la hora de evaluar la exactitud del pronóstico. La mayoría de las personas está cómoda pensando en términos porcentuales, por lo que el MAPE es fácil de interpretar. También se puede transmitir información cuando usted no sabe el volumen de la demanda de dichos ítems. Calcular un MAPE es una práctica común. Un problema potencial con este enfoque es que los ítems de menor volumen (que por lo general tienen un MAPE superior) pueden dominar la estadística. Esto generalmente no es deseable. Una solución consiste en separar primero los artículos en diferentes grupos basándose en el volumen (por ejemplo categorización ABC) y luego calcular las estadísticas para cada agrupamiento. (Colombia, 2015)

2.5 SIX SIGMA

Es una herramienta de medición de defectos y mejora de la calidad, fue diseñada para hacer que las empresas sean tan exitosas como sea posible. Su objetivo primordial: proporcionar procesos de clase mundial, confiables y con valor para el cliente.

La magia de Seis Sigma no radica en las estadísticas ni en exhibiciones espectaculares de alta tecnología, sino en métodos ciertos y probados que han estado disponibles por décadas. Pero las herramientas se aplican dentro de una estructura simple de mejora de desempeño conocido como: Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar (DMAIC, por sus siglas en inglés); DMAIC se usa casi universalmente para guiar los proyectos de mejora de procesos de Seis Sigma. Aun cuando las mejoras dramáticas en calidad requieren transformar la filosofía gerencial y la cultura organizacional, el hecho es que los proyectos actuales deben ser emprendidos tarde o temprano para lograr objetivos. Los proyectos son los medios por los cuales los procesos son sistemáticamente cambiados – el puente entre planear y realizar. Sin embargo, DMAIC no es un método para planear proyectos. La planeación de proyectos es una disciplina completa. Aun cuando los planes y proyectos están relacionados muy de cerca, también difieren en muchos aspectos. Seis Sigma es un proceso que tiene como objetivo cuantificado cometer 3,4 errores entre un millón de oportunidades de cometerlos. Esas oportunidades de cometer errores se cuantifican en aquellas características que el cliente ha dicho que son importantes para él. Se pretende dar al cliente un producto o servicio prácticamente sin defectos pero centrado en aquello que es para él de veras realmente importante. (Sánchez Ruiz, 2005)

Se diseña un proceso, se mide, se analiza, se mejora y se controla. Estas etapas sirven para cualquier tipo de proceso, administrativo, financiero, fabricación o servicio al cliente. Eso implica que es útil para cualquier tipo de empresa, no sólo para el entorno de producción. (Sánchez Ruiz, 2005)

Asimismo, comprender que mejorando procesos clave dentro de la organización y eliminando defectos sistemáticos desaparecerá las variaciones que inciden negativamente en los procesos. (Sánchez Ruiz, 2005)

2.5.1 Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero

Sánchez Ruiz, (2005). Seis Sigma es una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento. Seis Sigma pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores soluciones.

Los esfuerzos Seis Sigma se dirigen a tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente.
- Reducir el tiempo de ciclo.
- Reducir los defectos.

Las mejoras en estas áreas normalmente representan grandes ahorros de costes para los negocios, así como oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa excelente en productos y servicios.

Básicamente, la estrategia competitiva de Seis Sigma según Enric Barba¹ es la siguiente:

Implantar en todos los niveles de la empresa un modelo de gestión empresarial basado en la mejora de procesos, usando el conocimiento derivado del proceso estadístico de datos, con el fin de determinar las acciones oportunas para lograr una calidad que represente un índice final de defectos del producto de sólo 3,4 dpm.

2.5.2 Costes de No Calidad

Se consideran costes de no calidad los costes derivados de la falta de calidad, de la no conformidad o no cumplimiento de las especificaciones de los clientes o de no alcanzar los niveles de calidad requeridos. Incluyen los fallos y errores en el diseño, desarrollo y producción antes y después de la entrega al cliente (garantía, etc.) que provocan su insatisfacción. (Sánchez Ruiz, 2005)

¹ **Enric Barba** es Doctor Ingeniero de Telecomunicación, Máster en Gestión y Organización de Empresas y Master Black Belt por la Six Sigma Academy. Es autor de Ingeniería Concurrente: “Guía para su implantación en la empresa”.

2.5.3 Relación con proveedores

El papel que desempeñan los proveedores resulta fundamental para que Seis Sigma llegue a implantarse de forma efectiva. Los proveedores constituyen el primer eslabón de la cadena, y sobre ellos habrá que actuar para obtener calidad desde el origen ya que no depende exclusivamente de nuestra organización, sino que vendrá supeditada por grado de calidad que nos sirvan los proveedores. Es muy importante trabajar conjuntamente con ellos y que asuman la responsabilidad de proporcionar niveles de calidad acordes a los que tiene proyectados la propia empresa. (Sánchez Ruiz, 2005)

2.5.4. Roles en la estrategia Six Sigma

2.5.4.1 Líder de Seis Sigma

Es el ejecutivo de más alto rango, su responsabilidad es desarrollar, encauzar y pernear la filosofía de Seis Sigma. Generalmente suele ser del consejo directivo. (Rivera García, 2009)

2.5.4.2 Líder de implementación.

Este papel puede tener varios nombres: vicepresidente de Seis Sigma, director ejecutivo de Seis Sigma. Su responsabilidad es la dirección ejecutiva de la iniciativa Seis Sigma. Debe ser un profesional con experiencia en la mejora empresarial, en calidad y ser respetado por su gran experiencia en la empresa. (Rivera García, 2009)

2.5.4.3. Patrocinadores.

Estos se designan de entre los líderes de cada negocio. Son los Líderes de cada proyecto. Ellos son los responsables de garantizar el éxito de la implementación de Seis Sigma en su propia área de influencia. (Rivera García, 2009)

2.5.4.4. Black Belts (cintas negras).

Son líderes de equipos responsables de medir, analizar, mejorar y controlar procesos que afectan la satisfacción del cliente, la productividad y calidad, todo esto diariamente. Son el recurso de tiempo completo que tiene la organización y se focalizan en liderar y facilitar el desarrollo y término de los proyectos. Los Black Belt (BB) juegan varios papeles, sin embargo su papel más importante es: ayudar a las personas de la organización a materializar las oportunidades de mejora que se hayan detectado; ayudar en la reducción de los defectos o problemas que se abordarán a través de los proyectos Seis Sigma y finalmente proporcionar la dirección y orientación a los equipos de proyecto para el desarrollo de técnicas de resolución de problemas. (Rivera García, 2009)

2.5.4.5. Green Belts (cintas verdes).

Son ayudantes de un cinta negra, ellos ayudan a los Black Belts a completar los proyectos y a mantener los logros. Realizan también actividades claves en las fases preliminares del proyecto para la exploración y tratamiento inicial de los datos y participación activamente en las actividades de las fases de control con el desarrollo de métodos y entrenamiento operacional. Registro de los avances y resultados del trabajo ejecutado. (Rivera García, 2009)

2.6. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

Una de las cosas más atractivas de los equipos Seis Sigma es su diversidad. Los miembros suelen venir de diferentes departamentos, niveles, estudios, habilidades y experiencia. Las contribuciones de cada miembro son claves para lograr las mejoras radicales que busca la iniciativa Seis Sigma. Toda la gente que se reúne debe compartir objetivos comunes para lograr sus metas. La respuesta a esta necesidad en Seis Sigma es el proceso DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar).

Tema	Fase de Seis Sigma	Descripción
¿Cuál es el Problema?	DEFINIR	Definir su importancia estratégica para trabajar en él.
¿Dónde está el proceso ahora?	MEDIR	Medir el actual desempeño del proceso que se necesita mejorar.
¿Qué es lo que está causando esto?	ANALIZAR	Analizar el proceso para establecer la(s) causa(s) principal(es) de su bajo desempeño.
¿Qué se puede hacer al respecto?	IMPLEMENTAR	Mejorar el proceso a través de pruebas/ensayos e implementar las posibles soluciones, para lograr un proceso mejorado que sea robusto.
¿Cómo se puede mantener así?	CONTROLAR	Controlar el proceso de mejora, mediante el establecimiento de un proceso estandarizado, capaz de ser operado y mejorado continuamente para mantener su desempeño a través del tiempo.

Figura 2.1 Proceso DMAIC

Fuente: Elaboración Propia

2.6.1 D - Fase de Definir

Es importante que se empiece Seis Sigma definiendo de forma clara el problema. Este es el propósito de la fase de Definir.

Primero se debe definir los aspectos crónicos “grandes” en el departamento u organización. Es fundamental que se defina los parámetros del proyecto. Comprendiendo su alcance y su secuencia de forma exacta se definirán las reglas del proyecto, su duración, lo que examinará, sus metas y las herramientas necesarias. (Sánchez Ruiz, 2005)

Este documento, aunque varía de una empresa a otra, típicamente incluye:

1. **Declaraciones del problema/oportunidad y objetivos:** ¿Cuál es el problema específico o el daño que queremos solucionar, y qué resultados buscamos?
2. **Limitaciones/hipótesis:** ¿Qué limitaciones se aplicarán al proyecto y qué expectativas de recursos se han hecho?
3. **Ámbito:** ¿Cuánto del proceso y/o del rango de cuestiones a tratar está incluido en el proyecto?

4. **Protagonistas y papeles:** ¿Quiénes son los miembros del equipo y otros interesados?

5. **Plan preliminar:** ¿Cuándo se completará cada fase (D,M,A,M,C)?

Mediante este plan del proyecto se pretende definir y limitar el ámbito del proyecto, clarificar los resultados que se busca, confirmar el valor del negocio, fijar los límites y los recursos para el equipo, y ayudar al equipo a comunicar sus objetivos y planes. Este plan de proyecto es la primera autorización, y a menudo la más importante.

Aunque cualquier proyecto es necesariamente un evento “limitado”, no se debe limitar la calidad de los resultados por no comprender por completo su alcance y sus criterios de objetivos. Cuanto más se conozca, más probable será que se encuentre aquello que se está buscando. (Sánchez Ruiz, 2005)

La etapa de definir representa la primera fase en la aplicación de la herramienta de Seis Sigma. A partir de ahora, se podrá dar solución de los problemas de las fases que siguen.

2.6.2.- M – Fase de Medir

La etapa de Medir es una continuación lógica a la de Definir y es un puente a la siguiente, Analizar. La etapa de Medir tiene dos objetivos principales.

1. Tomar datos para validar y cuantificar el problema, la oportunidad. Normalmente, ésta es una información crítica para refinar y completar el primer documento completo del marco del proyecto.
2. Empezar a obtener los datos y los números que nos puedan dar las claves para identificar las causas del problema.

Hay que recordar que, los equipos Seis Sigma adoptan una visión del proceso del negocio y usan esta visión para fijar prioridades y tomar buenas decisiones sobre las medidas que se necesitan.

- **Salida o Resultado:** los resultados finales del proceso. Las medidas en la salida se enfocan en los resultados inmediatos (entregas, defectos, quejas) y en los resultados de impacto a más largo plazo (beneficios, satisfacción del cliente, etc.).
- **Proceso:** elementos que se pueden seguir y medir. Normalmente ayudan al equipo a empezar a señalar las causas del problema.
- **Entrada:** elementos que entran en el proceso y se transforman en las “salidas”.

Desde luego, unas malas entradas crean unas malas salidas, de modo que las medidas a las entradas pueden también ayudar a identificar las causas de un problema.

Sánchez Ruiz, (2005). La primera prioridad del equipo DMAMC es casi siempre las medidas en la “salida”, porque son las que mejor cuantifican los problemas actuales. Esta medida de referencia se usará para completar el documento marco del proyecto, siguiendo el primer objetivo principal mencionado al inicio de este apartado; a veces si el problema resulta ser más pequeño o diferente de lo que se esperaba, se puede cancelar o modificar. Así, por ejemplo: si el cliente espera un cierto estándar a un cierto precio, debe identificar los pocos factores vitales que afectan a esa expectativa. Esto es fundamental, ya que el determinar los pocos factores vitales permite concentrar los esfuerzos y los recursos. Entonces podrá medir el impacto de los defectos en esas áreas. Se debe hacer hincapié en que los defectos son características medibles de un proceso o de su salida y que no entran dentro de los límites aceptables para el cliente o especificaciones. (Sánchez Ruiz, 2005)

Una vez que se ha determinado qué se va a medir, el equipo DMAMC prepara un “plan de toma de datos”. Éste es el momento en que los miembros del equipo se mueven de la confortable sala de conferencias o de la sala de formación al mundo real, intentando conseguir gente que ayude a contar y cuantificar qué ocurre en el negocio. (Sánchez Ruiz, 2005)

Algunas de las técnicas más importantes que se aprenden en los cursos sobre DMAMC son la toma de datos, cuánto tomar (muestreo) y cuán a menudo. Conseguir la cooperación de los clientes, los colegas y los proveedores suele ser crítico. De hecho, la mayoría de las veces que alguien se relaciona por primera vez con proyectos Seis Sigma es cuando se le pide que ayude a la toma de datos. (Sánchez Ruiz, 2005)

Luego de identificar los defectos, entonces se podrá preguntar cuánto dinero se ahorraría si éstos fueran eliminados. Al hacerlo, se está conectado directamente el trabajo del proyecto con el impacto en dólares, relacionando la calidad mejorada con la rentabilidad mejorada. Ésta es una relación directa y medible entre defectos y dólares. En la fase de Medir, se puede descubrir esa relación de manera exacta. (Sánchez Ruiz, 2005)

Cuando un maestro cinta negra aprueba con éxito los defectos hallados en un determinado proceso, se puede concluir la fase de medición del problema.

2.6.2.1 Cuestiones a plantearse en la fase de Medir

- Las cuestiones a ser planteadas son:
- ¿Cuáles son los procesos de los que soy responsable y quién es mi cliente?
- ¿Cuáles son los miembros relacionados con el proceso? ¿Cuál es su grado de trabajo en equipo?
- ¿Cuáles de los procesos de los que uno se debe responsabilizar tienen una necesidad de mejora más urgente? ¿En qué evidencias se sustenta dicha conclusión?
- ¿Cuál es el diagrama de flujo de los procesos seleccionados? ¿Disponemos de un sistema para medir sus variables críticas?
- ¿Disponemos de forma fiable de las especificaciones de nuestro cliente? ¿En qué datos nos basamos para afirmarlo?
- ¿Podemos calcular la capacidad de nuestro proceso?

- ¿Conocemos las causas de variabilidad de nuestro proceso? ¿Estamos en condiciones de tomar los primeros datos?

Un hito común en la etapa de Medir es desarrollar una medida inicial del nivel en sigma para el proyecto que intentamos mejorar. Como ya se ha mencionado antes, el nivel en sigma es bueno para ayudar a comparar el nivel de desempeño de procesos muy diferentes y relacionarlos con los requerimientos del cliente. Con una lectura del número de defectos o de salidas erróneas de un proceso, podemos calcular ese nivel inicial. El **Anexo A-1** explica como calcular el Nivel de Calidad Sigma. (Sánchez Ruiz, 2005)

En conclusión la fase de Medir consiste en: hacer un mapa del proceso, evaluar el sistema de medida, utilizar las métricas y estimar la línea de referencia de la capacidad del proceso. Esta fase está realmente completa cuando los Black Belts pueden identificar los pocos factores vitales (Xs), demostrando la capacidad del proceso y establecer un sistema de medida válido. (Sánchez Ruiz, 2005)

2.6.3.- A – Fase de Analizar

Llegados a este punto, se trata de comprender por qué se producen los defectos y plantear qué razones múltiples (nuevamente, las Xs) son identificadas como causantes. Dicho de otro modo, el equipo de Black Belt se preguntará qué entradas afectan las salidas.

A veces, las causas raíces de un problema son evidentes. Cuando lo son, los equipos pueden moverse rápidamente a través del análisis. A menudo, sin embargo, las causas raíces están enterradas debajo de montones de papel y de procesos obsoletos, perdidas entre las complejidades de mucha gente haciendo el trabajo a su manera y sin documentarlos, año tras año. Cuando esto ocurre, el equipo puede necesitar invertir semanas o meses aplicando una serie de herramientas y ensayando varias ideas antes de finalmente cerrar el caso. (Sánchez Ruiz, 2005)

Sánchez Ruiz, (2005). Uno de los principios de una buena resolución de problemas mediante el DMAMC es considerar muchos tipos de causas, a fin de no permitir que la experiencia pasada o prejuicios ofusquen el juicio del equipo. Algunas de las categorías de causas comunes a explorar son:

- **Métodos:** los procedimientos o técnicas usados para ejecutar el trabajo.
- **Máquinas:** la tecnología, por ejemplo, ordenadores, fotocopadoras o equipos de producción usado en el proceso de trabajo.
- **Materiales:** los datos, instrucciones, números o hechos, impresos y ficheros que, con fallos, tendrán un impacto negativo en la Salida.
- **Medidas:** datos de errores obtenidos de la medida de un proceso o acciones para cambiar la gente en base a lo que se midió y a cómo ha medido.
- **Madre naturaleza:** elementos ambientales, desde el tiempo a las condiciones económicas que impactan en cómo se lleva a cabo un proceso o negocio.
- **Personas:** una variable clara que afecta cómo todo el resto de elementos se combina para producir los resultados del negocio.

2.6.3.1 Ciclo de Análisis

Los equipos DMAMC enfocan su búsqueda de las causas mediante lo que se llama el Ciclo de Análisis. El ciclo empieza mediante la combinación de la experiencia, los datos, medidas y una revisión del proceso y entonces se procede a formular una hipótesis inicial sobre la causa. El equipo entonces busca más datos y otras evidencias para ver si encaja con la causa sospechosa. El ciclo de análisis continúa, refinando la hipótesis o rechazándola hasta que la verdadera causa raíz se identifica y verifica con los datos. (Sánchez Ruiz, 2005)

Uno de los grandes desafíos en la etapa de Analizar es usar las herramientas adecuadas. Con suerte, con herramientas simples se puede describir la causa. Cuando las causas son

más profundas o cuando la relación entre el problema y otros factores es compleja y oculta, es probable que se requiera técnicas estadísticas avanzadas para identificar y verificar la causa. (Sánchez Ruiz, 2005)

Al hacer el mapa y medir los procesos e identificar las variables de entrada que pueden afectar los atributos críticos para la calidad, probablemente se llegará a algunas suposiciones acerca de la relación entre su métrica de negocio (la medida de defecto crítico para la calidad, en la Y) y las entradas (los factores, las Xs) que le afectan. Por tanto, ahora podrá formular hipótesis y tests estadísticos para determinar qué factores son fundamentales para el resultado. (Sánchez Ruiz, 2005)

Aquí es donde la fase de Analizar empieza un nuevo ciclo, al realizar toda una serie de tests de hipótesis. El ciclo consta de los siguientes pasos:

1. Desarrollar las hipótesis sobre la(s) causa(s).
2. Analizar el proceso y/o datos.
3. Si la hipótesis es correcta, añadir la causa(s) a la lista de los pocos factores vitales. Si la hipótesis es incorrecta, hay perfeccionarla y volver al paso 2 o rechazarla y volver al paso 1.

El test de hipótesis utiliza una serie de análisis detallado para el cálculo de la probabilidad de que los factores que ha identificado como los pocos vitales sean realmente aquellos con mayor impacto en los aspectos críticos para la calidad del resultado. Se pasará entonces de las conclusiones estadísticas a diseñar soluciones prácticas, y a desarrollar planes para tomar acciones correctivas. (Sánchez Ruiz, 2005)

Cuando los equipos de proyecto están en la fase de Analizar, continuamente están haciendo un brainstorming (tormenta de ideas) en un sentido estadístico, están desafiando el status quo (estado actual) e investigando realmente qué pocos factores vitales están

influyendo el resultado de un determinado proceso, eliminando los muchos triviales para revelar los pocos significativos. (Sánchez Ruiz, 2005)

Una vez que se tenga claros los pocos factores vitales que con más probabilidad son la causa de la mayoría de las variaciones, está preparado para continuar hasta la siguiente etapa, la de Mejorar.

2.6.4.- M – Fase de Mejorar

Esta etapa – la solución y la acción – es a la que muchos se sienten tentados a saltar desde el inicio del proyecto.

De hecho, el hábito de empezar a resolver un problema sin primero entenderlo es tan fuerte que muchos equipos consideran un desafío adherirse al rigor objetivo del proceso DMAMC. Sin embargo, cuando se ve el valor de hacer preguntas, de verificar las hipótesis y de usar datos, los miembros de equipo se dan cuenta de cuánto mejor es el enfoque Seis Sigma. (Sánchez Ruiz, 2005)

Antes de empezar a desarrollar soluciones, muchos equipos vuelven a revisar el documento marco del proyecto y modifican las declaraciones de problema y objetivo para que reflejen sus descubrimientos hasta este punto. Es común también reafirmar el valor del proyecto con los Champions del equipo. Los equipos también modifican el ámbito del proyecto, en base a una mejor comprensión del problema y del proceso. Pero una vez que el equipo ha realineado los objetivos, la etapa de Mejorar permite planificar y lograr los resultados. (Sánchez Ruiz, 2005)

Es decir que tras medir cuidadosamente (a veces concienzudamente) y analizar la situación, se ha llegado al excitante punto de probar de verdad la teoría para encontrar la ecuación que solucione el problema. En la fase de Mejorar, se confirma las variables clave y se cuantifica los efectos de esas variables en los resultados críticos para la calidad (Ys).

Como resultado, se podrá identificar el máximo margen aceptable para cada variable a fin de asegurar que el sistema de medida pueda de hecho medir esa variación.

Al llegar a la fase de Mejorar, se puede modificar cada variable para que permanezca dentro del margen aceptable. Cuando se puede activar o desactivar un defecto para mejorar por completo ambos lados de la ecuación $Y = f(X)$, se puede manipular los pocos factores vitales (X) a fin de alcanzar el resultado deseado (Y). (Sánchez Ruiz, 2005)

Sánchez Ruiz, (2005). Sorprendentemente, esto es más fácil decirlo que hacerlo. Las soluciones creativas de verdad que ataquen las causas principales del problema y que el equipo que trabaja en el proceso las considere factibles no se encuentran fácilmente. Y una vez que esas nuevas ideas se desarrollan, tienen que ensayarse, refinarse e implementarse.

¿Por qué las nuevas soluciones de verdad son tan costosas? Una razón puede ser que el equipo ha estado acostumbrado a los enfoques actuales (en la medida y el análisis) por tanto tiempo que le cuesta librarse de esa manera de pensar. La otra razón es que las soluciones de verdad creativas son siempre escasas. (Sánchez Ruiz, 2005)

Diversos ejercicios de creatividad ayudan al equipo a sacudir su modo de pensar y enfocar la generación de ideas con nuevos métodos. El equipo también puede examinar otras empresas y otras divisiones de la empresa para ver si pueden tomar prestadas de ellas “mejores prácticas”. (Sánchez Ruiz, 2005)

Una vez que se han propuesto varias soluciones potenciales, las técnicas analíticas regresan y se usan varios criterios, incluyendo costes y beneficios probables, para seleccionar las soluciones más prometedoras y prácticas. La solución final o series de cambio deben ser siempre aprobadas por el Champion y, a menudo, por el equipo entero de liderazgo. (Sánchez Ruiz, 2005)

En este punto, Mejorar pasa a ser Implementar. (De hecho, algunos expertos añaden una I al proceso y le llaman DMAMIC)

La implementación no es una actividad de “hazlo ya”. Las soluciones DMAMC tienen que gestionarse con cuidado y verificarse. Es casi obligatorio hacer una implementación piloto a pequeña escala; los equipos tienen que hacer un cuidadoso “análisis de problemas potenciales” para determinar qué puede ir mal y prevenir o manejar dificultades. Los nuevos cambios tienen que “venderse” a los miembros de la organización cuya participación es crítica. Hay que tomar datos para seguir y verificar el impacto (y consecuencias inesperadas) de la solución. (Sánchez Ruiz, 2005)

2.6.5.- C – Fase de Controlar

El método DMAMC aleja de la mentalidad del “yo pienso”, “yo creo” o “me parece”. El DMAMC se basa en hechos medibles para erradicar el despilfarro y la ineficiencia. Es el conjunto de herramientas definitivas para la mejora de la calidad duradera, validada por los resultados económicos. Es el núcleo del método de solución de problemas de Seis Sigma. (Sánchez Ruiz, 2005)

A menudo se describe a las organizaciones y los procesos como gomas elásticas. Se puede trabajar duro y estirarlas mucho dándoles incluso formas nuevas e interesantes, pero inmediatamente que las suelte, vuelven a la forma original.

Precisamente, el principal objetivo de la etapa Controlar es evitar ese efecto de regresar a los viejos hábitos y procesos. De hecho, el que se logre un impacto a largo plazo en la forma que trabaja la gente y de asegurarse que dure, depende tanto de la persuasión y de la venta de ideas como de la medición y control de los resultados. Ambos son esenciales. Explicado desde otro enfoque, la fase de Controlar es cuando se mantiene los cambios que se realizaron en las Xs de la ecuación a fin de sustentar las mejoras en las Ys resultantes. (Sánchez Ruiz, 2005)

En esta fase, se sigue documentando y controlando los procesos por medio de las métricas que se definió y otras herramientas de medida para evaluar su capacidad a lo largo del tiempo. En algunos casos, la fase de Controlar nunca existe, porque ha eliminado el problema por completo.

Siguiendo con la secuencia lógica del DMAMC, la fase de Controlar le permite mantener un nivel alto de calidad y productividad. Al hacer un mapa de sus procesos, y al medir y analizar cada factor, sabe cómo mejorar y controlarlos. Estos mecanismos de control pueden ser tanto macros como micros en su extensión. (Sánchez Ruiz, 2005)

Ahora se sabe lo que se debe hacer para conseguir cambios duraderos y provechosos. Se sabe lo que funciona y lo que no funciona. Ahora se dispone de un mapa para mantener el rumbo correcto.

2.6.6. Herramientas usadas en la metodología DMAMC

- **Diagrama de procesos:** El diagrama de proceso es una forma gráfica de presentar las actividades involucradas en la elaboración de un bien y/o servicio terminado. En la práctica, cuando se tiene un proceso productivo y se busca obtener mayor productividad, se estudian las diversas operaciones para encontrar potenciales o reales “cuellos de botella” y dar soluciones utilizando técnicas de ingeniería de métodos.
- **Diagrama de flujo o flujograma:** Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza.

Símbolos del flujograma:



Inicio/Fin: Se utiliza al inicio y al fin de un proceso



Operación: Se utiliza para representar una actividad o conjunto de actividades.



Decisión: Se utiliza este símbolo en situaciones disyuntivas



Traslado: Indica el sentido del flujo o el traslado de información



Conector de página: Se utiliza cuando el flujo continúa en otra página



Conector: Este símbolo enlaza entre sí partes distantes del flujo

- **Diagrama de Pareto:** Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera. Este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.
- **Matriz Causa Efecto:** Las matrices causa-efecto son métodos de valoración cualitativa. Son muy útiles para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto. Una matriz es un cuadro de doble entrada, donde los variables de entrada “X” que pueden ser afectados por el proyecto ocupan las filas y las acciones impactantes (agrupadas por fases) las columnas “Y”.
- **Grafica de Gantt:** El diagrama de Gantt es una representación del periodo de desarrollo de un proyecto o cualquier situación que amerite una evaluación a lo

largo del tiempo. Se utiliza generalmente para establecer los intervalos de tiempo de sustentación u programación de algún Proceso.

- **Benchmarking:** es un modelo para comparar procesos, utilizando estándares o las mejores prácticas como referencia, para luego identificar maneras de mejorar el proceso.
- **Estudios de multivariables:** es un análisis que ofrece un modo de reducir las posibles causas de variación en un proceso de una familia de causas relacionadas, al mostrar gráficamente la interrelación entre las multivariables.
- **Análisis de regresiones:** es utilizado para generar un modelo de relación entre una respuesta y una variable de entrada
- **Pruebas de Hipótesis:** investigación de una teoría acerca de las causas sospechosas de provocar un efecto determinado en un proceso para determinar si es correcta.
- **AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos):** es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar y dar prioridad a problemas potenciales (errores).

El AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) es una de las herramientas más utilizadas en la planificación de Calidad, los tipos que existen son: AMFE de Producto para evaluar su diseño, y AMFE de Proceso para evaluar las deficiencias que puede ocasionar un mal funcionamiento del mismo en el producto o servicio.

Se definirán las reglas básicas a seguir para la realización e interpretación del Análisis Modal de Fallos y Efectos, resaltando las situaciones en que puede o debe ser utilizado.

Se aplica a todas aquellas situaciones en las que es necesario planificar o replanificar productos, servicios o procesos.

Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los Equipos de Mejora y por todos aquellos individuos u organismos que estén implicados en proyectos de mejora de la calidad en las que concurran estas circunstancias.

Además se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades de planificación incluidas en las tareas de diseño, ingeniería y gestión.

- **Diseño de experimentos:** es un método utilizado para probar y optimizar el rendimiento de procesos, productos, servicios o soluciones.
- **El histograma:** ilustra la frecuencia con la que ocurren cosas o eventos relacionados entre sí. Se usa para mejorar procesos y servicios al identificar patrones de ocurrencia. Se trata de un instrumento de síntesis muy potente ya que es suficiente una mirada para apreciar la tendencia de un fenómeno.
- **Diagrama Causa y Efecto:** los Diagramas Causa-Efecto ayudan a los estudiantes a pensar sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que cada equipo de trabajo pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar planes de acción.

El Diagrama Causa-Efecto es llamado usualmente Diagrama de "Ishikawa" porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas interesado en mejorar el control de la calidad; también es llamado "Diagrama Espina de Pescado" por que su forma es similar al esqueleto de un pez: Está compuesto por un recuadro (cabeza), una línea principal (columna vertebral), y 4 o más líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70° (espinas principales). Estas

últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas (espinas), y así sucesivamente (espinas menores), según sea necesario.

- **Diagrama de Dispersión:** relaciones posibles entre dos variables. Por ejemplo la relación entre el espesor y la resistencia de la rotura de una pieza metálica o entre el número de visitas y los pedidos obtenidos por un vendedor, o el número de personas en una oficina y los gastos de teléfono.
- **Un gráfico de Control:** es una gráfica lineal en la que se han determinado estadísticamente un límite superior (límite de control superior) y un límite inferior (límite inferior de control) a ambos lados de la media o línea central. La línea central refleja el producto del proceso.

Los límites de control proveen señales estadísticas para que la administración actúe, indicando la separación entre la variación común y la variación especial. Estos gráficos son muy útiles para estudiar las propiedades de los productos, los factores variables del proceso, los costos, los errores y otros datos administrativos. Un gráfico de control muestra:

- Muestra si un proceso está bajo control o no.
- Indica resultados que requieren una explicación.

Define los límites de capacidad del sistema, los cuales previa comparación con los de especificación pueden determinar los próximos pasos en un proceso de mejora.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

3.1 ASPECTOS GENERALES

La presente investigación se desarrollará y aplicará en la empresa Equipos Atenuz S.A, cuya razón social debe su nombre a su fundador, el señor Alan Teófilo Nuñez. Se trata empresa arequipeña fundada en el año 2010, cuyas actividades principales son el movimiento de tierras y alquiler de maquinaria pesada. En la actualidad, la empresa cuenta con 853 empleados, donde 75 de ellos radican y trabajan en Arequipa y el resto de personal labora en distintos proyectos, donde la empresa es contratada, para ejercer sus operaciones. Sus clientes principales son empresas transnacionales, que son propietarios de grandes proyectos mineros.

Equipos Atenuz S.A. cuenta con bastante experiencia y buenas referencias laborales, lo que ha permitido trabajar para grandes empresas mineras, lo que conlleva a un

crecimiento exponencial de la empresa. Esto se ve registrado en sus ventas anuales que en los últimos años pasaron de 500 UIT a 4000 UIT, y con miras de seguir creciendo en los próximos años.

3.1.1. Misión.

Satisfacer de manera confiable y segura los requerimientos de alquiler de maquinaria pesada de los sectores minero y construcción del Perú manteniendo los más altos porcentajes de operatividad de equipos dentro de nuestro sector. (ATENUZ, 2015)

3.1.2. Visión.

Alcanzar el liderazgo en el rubro de alquiler de maquinaria pesada, apoyando este crecimiento en el constante desarrollo de nuestro capital humano y en la consolidación de una cultura de respeto y apoyo a las comunidades donde ejercemos nuestra labor. (ATENUZ, 2015)

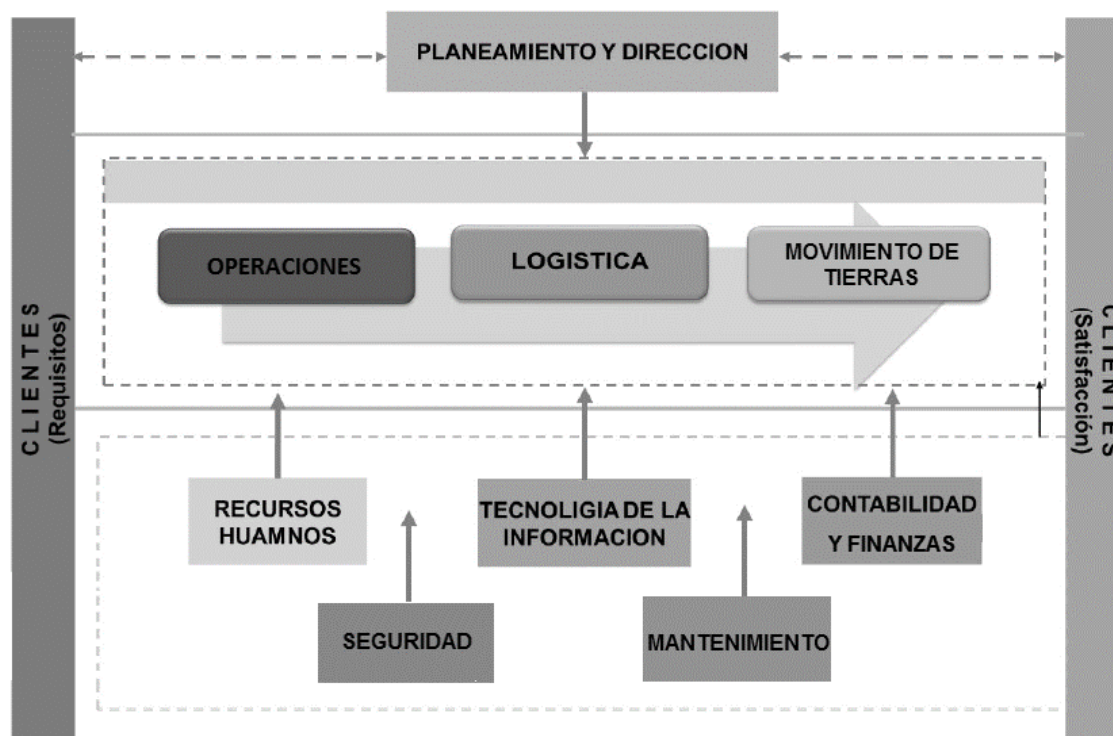


Figura 3.1 Mapa de procesos de la empresa.

Fuente: Elaboración Propia

En el actual mapeo de procesos se considera al área de operaciones de vital importancia, debido a que se encarga de licitar distintos contratos con los proyectos mineros, para poder captar mayores clientes y ampliar las operaciones y beneficios de la empresa. La logística en la empresa, tiene un papel fundamental a la hora de contribuir para el beneficio de la empresa, dado a que se encarga de cumplir cientos de requerimientos de insumos semanales, entre alimentación, equipamiento, repuestos, uniformes, etc. Sin todos estos insumos, las operaciones no se podrían realizar con normalidad, resultando en días inoperativos tanto de personal como de maquinaria y esta inoperatividad se vería reflejada en pérdidas para la empresa. Por último, se considera al proceso de movimiento de tierras, dado a que es el proceso que genera los mayores ingresos para la empresa. Este proceso comprende la operatividad y productividad de la maquinaria de la empresa, alcanzando la mayor disponibilidad posible y trabajo continuo de su flota.

3.1.3. Parque de máquinas.

En la actualidad, el parque de máquinas de la empresa lo constituyen 110 equipos de línea amarilla (de los cuales en su mayoría son tractores, excavadoras, motoniveladoras y rodillos) y 33 equipos livianos entre camionetas, minibuses, buses y furgonetas. Este parque de máquinas se encuentra distribuido en los distintos frentes de trabajo de los proyectos en donde opera la empresa, siendo el proyecto minero Las Bambas el que posee la mayor concentración de maquinaria. Se trata de 110 equipos entre equipos pesados y livianos, (aproximadamente el 75% del parque de máquinas) que se encuentra laborando en casi todas zonas o frentes del proyecto minero. Los equipos de línea amarilla, operan constantemente en dicho proyecto, con un nivel de servicio de aproximadamente 95% según datos de la empresa, solo se realizan paradas cortas cuando reciben sus respectivos mantenimientos.

3.1.4 Órdenes de trabajo y reporte diario de las maquinarias.

Debido a las condiciones del terreno y ambiente donde operan las máquinas, estas pueden sufrir repentinos incidentes, lo cual repercute en que el personal de mantenimiento se encargue de solucionarlos lo más rápido posible para garantizar la productividad de las máquinas. Para registrar cada intervención que se realiza a las distintas máquinas, el personal de mantenimiento maneja un reporte diario, donde se describe el estado de los equipos, los cuales pueden estar operativos o inoperativos. A su vez, el personal de mantenimiento describe a que se debe esta inoperatividad y propone las acciones correctivas correspondientes. A continuación se muestra el reporte diario que utiliza el área de mantenimiento, así como también las causas más frecuentes que originan una parada de máquina.



1	2					3			5		13				
Equipo	Frete	Fecha	Semana	SEM	Fecha Mes	Cod-Estado	Ubicador 1	Ubicador 3	Estado	Descripción	DM	FU	Paradas	Observaciones2	Responsabilid ad de Falla
EC-12	BAMBAS	1/04/2015	14	14	4	2	EC-1242095	EC-124	Inoperativo	Mantenimiento Preventivo @2000	29%	2	1	A LA ESPERA DE REPUESTO	ATENUZ - MAN
RE-52	BAMBAS	5/04/2015	14	14	4	2	RE-5242099	RE-524	Inoperativo	Mantenimiento Preventivo @250	13%	0	1	A LA ESPERA DE REPUESTO	ATENUZ - MAN
CF-04	BAMBAS	27/04/2015	18	18	4	2	CF-0442121	CF-044	Inoperativo	MANTENIMIENTO PREVENTIVO @2000	0%	0	1	A LA ESPERA DE REPUESTO	ATENUZ - MAN
EC-81	BAMBAS	20/06/2015	25	25	6	2	EC-8142175	EC-816	Inoperativo	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 - 1026/ADAPTER Y BASE DE CUCHARON CON	21%	3.5	1	A LA ESPERA DE REPUESTO	ATENUZ - MAN
EC-73	BAMBAS	28/06/2015	26	26	6	2	EC-7342183	EC-736	Inoperativo	MANTENIMIENTO PREVENTIVO @1000 CAMBIO DE FOCO H3	51%	10.75	1	A LA ESPERA DE REPUESTO	ATENUZ - MAN
TR-54	BAMBAS	12/07/2015	28	28	7	2	TR-5442197	TR-547	Inoperativo	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 - 3003/TAPON DE DRENAJE DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	42%	8.5	1	A LA ESPERA DE REPUESTO	ATENUZ - MAN

Figura 3.2 Reporte diario de los diferentes equipos.

Fuente: Elaboración Propia

Entre las causas que pueden originar una inoperatividad de la máquina se encuentran los incidentes por fallas en los equipos, las roturas repentinas de algún componente, los mantenimientos que se programan para cada máquina y otros. Las fallas de los equipos ocurren por el desgaste de los componentes de las máquinas, lo cual es algo común debido al uso de los equipos. Las roturas repentinas de componentes ocurren cuando se realiza una mala operación de la máquina o cuando las condiciones del terreno provocan la ruptura repentina de algún componente. Los mantenimientos programados para cada máquina se realizan siguiendo un cronograma, sino se cumpliera dichos mantenimientos, los equipos presentarían problemas como lo son pérdida de potencia o saturación de filtros.

Frecuentemente se presenta este tipo de problemas, porque no se ejecutó el mantenimiento programado para los equipos debido a la falta de repuestos. Y finalmente, la última causa son los otros tipos de incidentes, que ocurren por diversos factores; como por ejemplo, corte en un neumático, cambio de llantas, etc.

Tabla 3.1 Causas más frecuentes de páradadas de máquina.

Fallas de equipos por desgaste de componentes	7%
Roturas de algún componente por mala operación	33%
Mantenimientos inconclusos por falta de repuestos	36%
Otros	24%

Fuente: Elaboración Propia

Del total de más de 800 intervenciones a la maquinaria pesada, se detectó que los problemas más frecuentes son los mantenimientos inconclusos por la falta de repuestos y las roturas de los componentes. Este último inconveniente se puede atender ágilmente, según sea la gravedad de la rotura. Si se trata de un componente pequeño, los mecánicos de mantenimiento pueden soldar la pieza afectada resolviendo el problema rápidamente. Por otro lado, la falta de repuestos para los mantenimientos programados para las máquinas, no es responsabilidad del área de mantenimiento, la entrega a tiempo de los repuestos es una función del área de logística de la empresa. Actualmente esta área presenta problemas para cumplir con la entrega de los repuestos, lo que ocasiona un retraso en la ejecución de los mantenimientos, perjudicando el rendimiento y productividad de la maquinaria de la empresa. Para entender un poco más sobre este problema, se explicará el proceso de atención de repuestos, que es responsabilidad del área de logística.

3.2 ATENCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE REPUESTOS

Entre los principales servicios que brinda la empresa, podemos citar el alquiler de maquinaria pesada, mantenimiento de vías, administración de equipos y el servicio de movimiento de tierra. Este último servicio, implica un mayor uso tanto de equipos de línea de amarilla, como de personal de obra, ya que los proyectos que implican movimiento de tierras, comprenden enormes extensiones de terreno que necesitan ser movilizadas, niveladas o preparadas para la disposición del cliente.

Todo el parque de máquinas recibe un mantenimiento preventivo y correctivo, basado en un plan de mantenimiento propio para cada equipo según en el número de horas operadas. Estos mantenimientos requieren de muchos repuestos, herramientas y lubricantes para poder realizarse adecuadamente, la falta de alguno de estos componentes retrasa el mantenimiento y mantiene inoperativo al equipo hasta que este se realice.

Para poder cumplir con este complejo cronograma de mantenimientos, se debe atender con la mayor eficiencia posible los requerimientos de estos; es decir, la logística cumple un papel esencial en la entrega a tiempo de los repuestos necesarios. Para una mejor comprensión sobre el proceso de atención de requerimientos, a continuación se desarrollará un flujograma, donde se aprecian la participación tanto del área de mantenimiento como el área de logística.

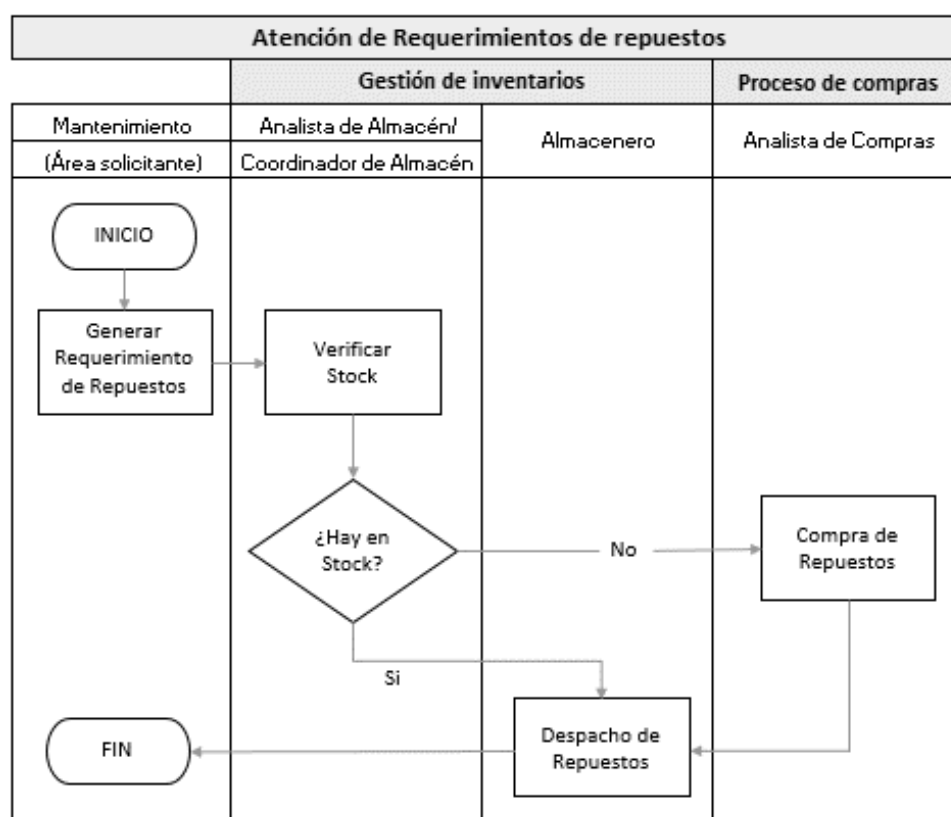


Diagrama 3.1 Flujograma de la atención de repuestos

Fuente: Elaboración Propia

En el flujograma del proceso de atención de requerimientos, podemos apreciar que el proceso de compras y la gestión de inventarios, son los procesos clave para una eficiente atención de repuestos. En la actualidad, este proceso presenta distintos focos problemáticos, que ocasionan que no se pueda atender eficientemente los repuestos para poder cumplir el cronograma de mantenimientos para las maquinarias. Estos problemas se traducen en requerimientos de repuestos atendidos con retrasos, requerimientos incompletos o requerimientos errados. A continuación se desarrollará el diagrama Causa-Efecto para el proceso de atención de repuestos, con el fin de identificar los focos problemáticos de éste proceso.

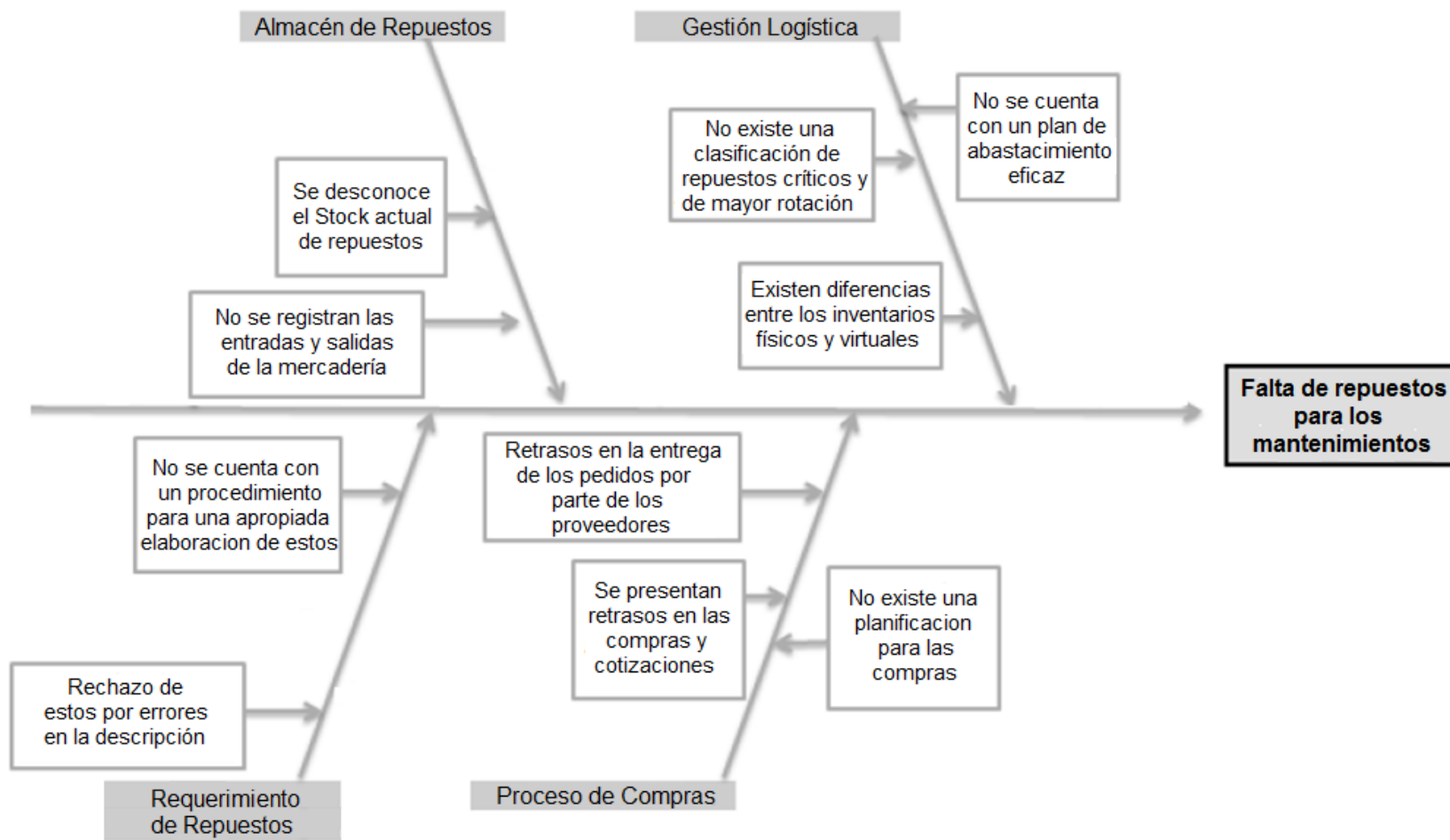


Diagrama 3.2 Diagrama Causa-Efecto en la atención de repuestos

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1 Los procesos clave en la atención de requerimientos.

La aplicación del Six Sigma se enfoca en determinar aquellos procesos importantes o claves que influyen en el desempeño del rendimiento actual de algún proceso. En este caso, los procesos clave en la atención de los requerimientos de repuestos son los siguientes:

- ❖ Proceso de Compras
- ❖ Gestión de inventarios

Para poder conocer más a fondo estos procesos clave, se realizará un análisis más profundo a estos procesos, con el fin de realizar un diagnóstico de estos e identificar sus principales problemas.

3.4 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

3.4.1. Descripción del proceso de abastecimiento de almacén.

A diferencia del proceso de compras, este proceso es mucho más simple e interactúan menos encargados y responsables. El proceso empieza, cuando el coordinador logístico revisa los niveles de stock de los distintos almacenes. Si se percata de la escasez de algún insumo, el coordinador logístico reporta inmediatamente al analista de almacén para que éste realice un pedido de reabastecimiento. El analista de almacén se basa en su experiencia laboral, para fijar las cantidades a pedir de los distintos insumos. Una vez fijadas las cantidades, se envía éste pedido de reabastecimiento al jefe de la cadena de suministro para dar su conformidad y aprobación. Finalmente el analista de almacén deriva el pedido de reabastecimientos a los analistas de compras, para que estos procedan al proceso de compras.

A continuación con la herramienta de los diagramas de flujo, se describirá gráficamente los procesos anteriormente descritos.

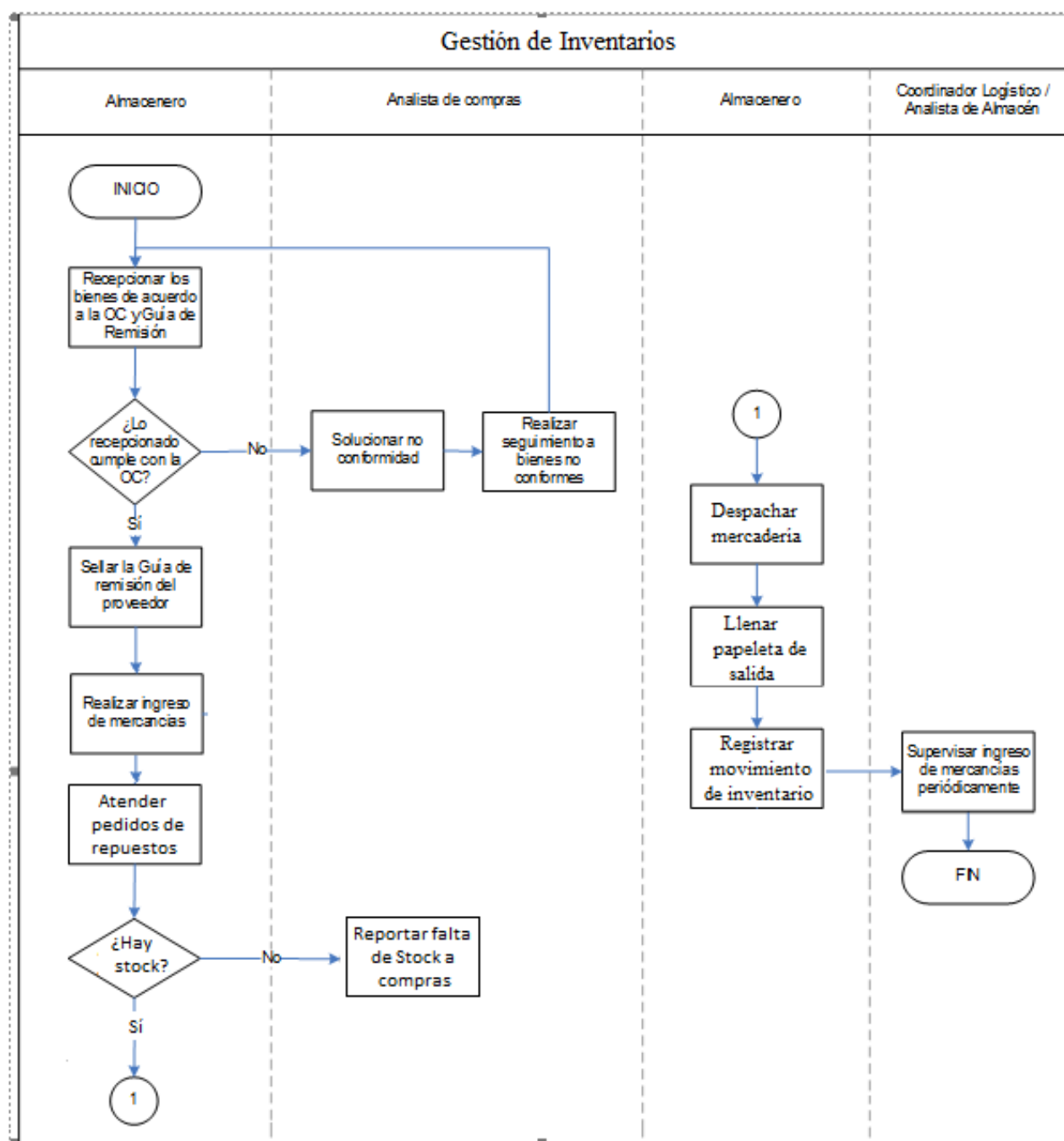


Diagrama 3.3 Flujograma de la Gestión de Inventarios

Fuente: Elaboración Propia

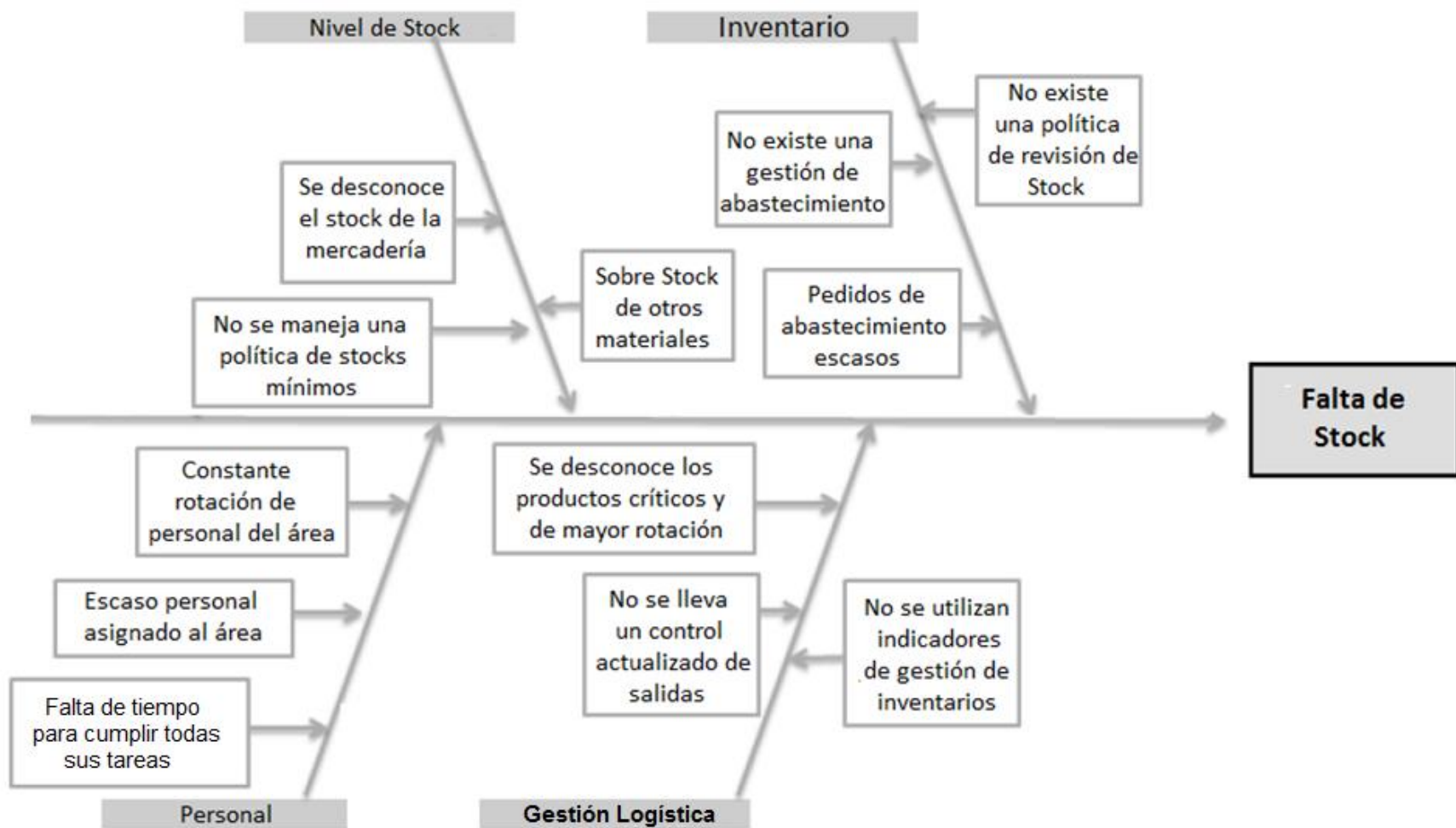


Diagrama 3.4 Diagrama Causa-Efecto del proceso de Gestión de Inventarios

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. Descripción del proceso de compras.

El proceso empieza cuando el área de compras recibe los requerimientos de compras previamente filtrados por el personal del almacén. Este analista se encarga de revisar si alguno de los insumos solicitados en el requerimiento se encuentra en stock en el almacén. Si lo solicitado se encuentra en stock, se procede a atender el requerimiento, terminando aquí el proceso. Si no hubiera stock de lo solicitado en almacén, los requerimientos llegan a los analistas de compras, que se encargan de contactarse con los distintos proveedores para realizar las cotizaciones respectivas. En el caso de tratarse de un insumo poco frecuente o desconocido para el área de compras, los analistas se contactan con la persona que emitió el requerimiento para obtener más detalles sobre éste; así como también, pedir una recomendación de algún proveedor que comercialice dicho insumo.

Como mínimo se debe trabajar con dos cotizaciones para elegir la mejor compra, se evalúan los criterios de calidad, tiempo de atención y costo. Luego de realizar los análisis y comparaciones respectivas y, se procede con la compra propiamente dicha, generando para esto una orden de compra, que se aprueba e por el jefe de la cadena de suministro y se la envía al proveedor seleccionado. Éste se vale de este documento para realizar sus trámites administrativos y poder transportar la mercadería solicitada a los almacenes de la empresa. A partir de este punto, entra a tallar la labor del analista de almacén, que se encarga de revisar la mercadería que llega al almacén y avisar a los analistas de compra la recepción y conformidad de ésta. En la siguiente figura, se detalla todo lo descrito anteriormente y se muestra las actividades del proceso de compras y también a los encargados y responsables de estas.

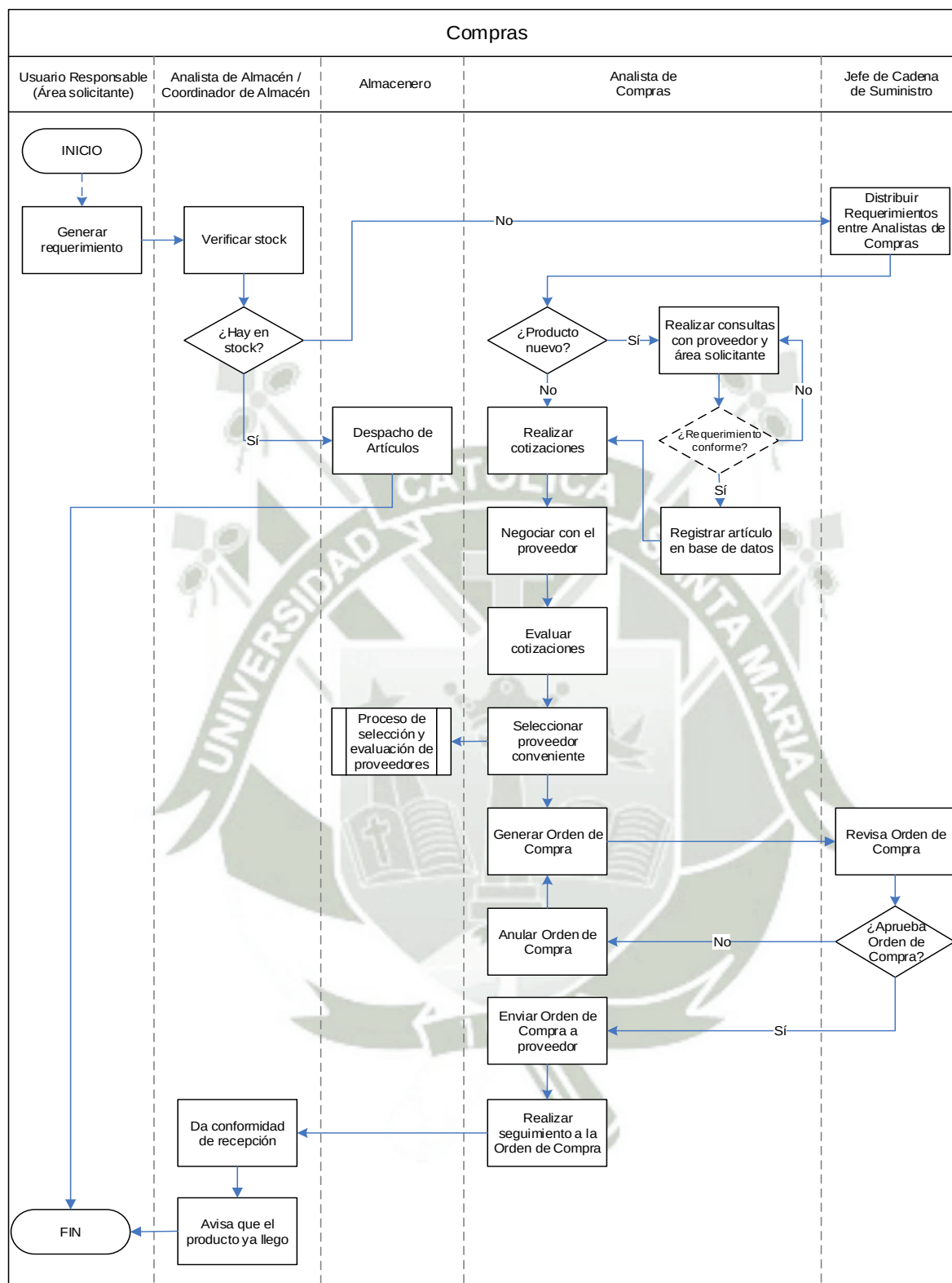


Diagrama 3.5 Flujograma del proceso de Compras

Fuente: Elaboración Propia

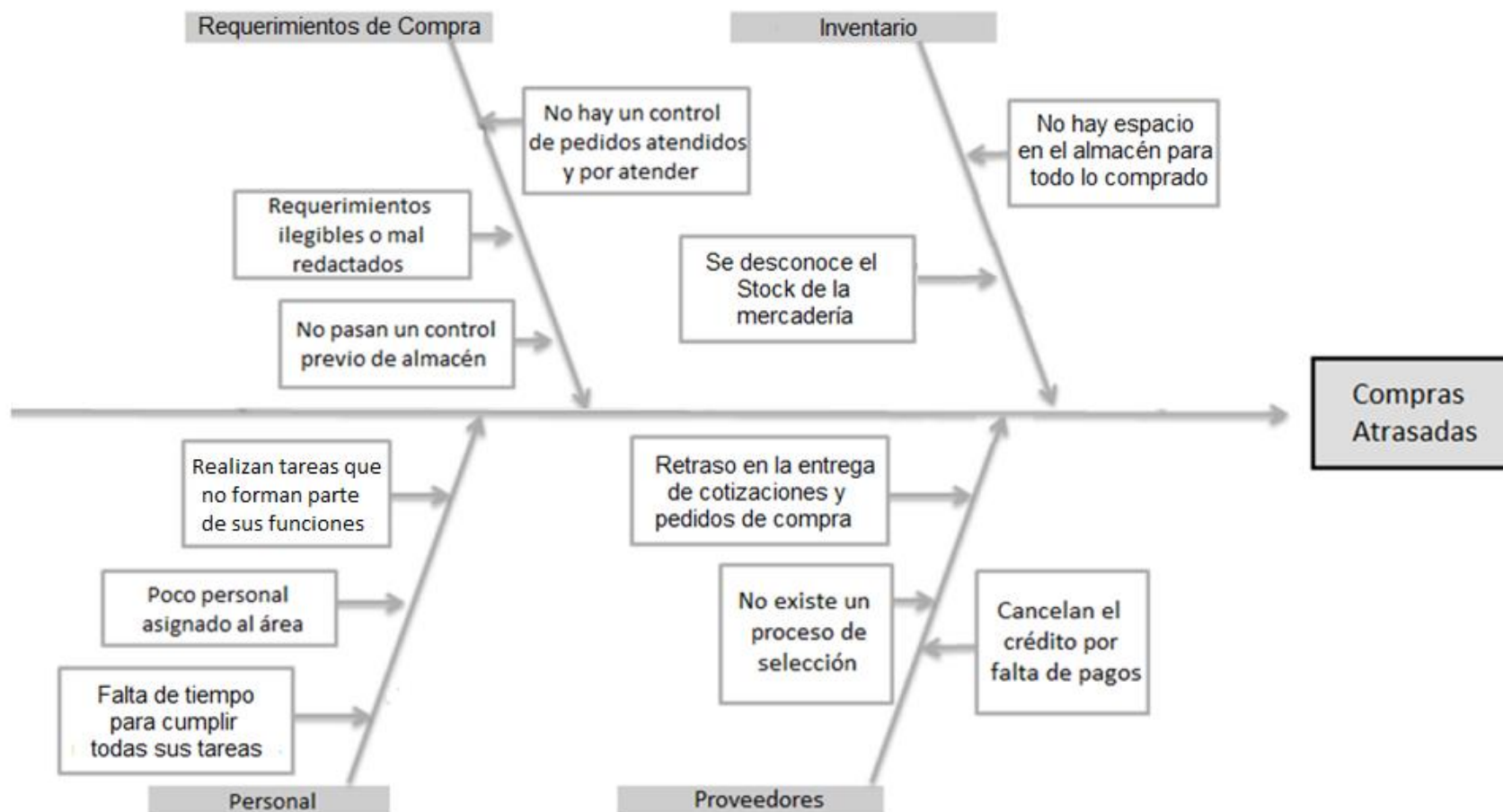


Diagrama 3.6 Diagrama Causa-Efecto del proceso de Compras

Fuente: Elaboración Propia

3.5 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.5.1. Diagnóstico de la gestión de almacén.

Todos los días, el personal de almacén realiza aproximadamente 50 despachos de mercadería del almacén a distintas personas solicitantes. En la actualidad el personal de almacén no lleva un registro actualizado sobre el stock de aproximadamente 1200 artículos que se registran en el inventario. Debido a la falta de tiempo del personal que labora en almacén, estos no registran la entrada y salida de la mercadería, por ende se desconoce la escasez de ésta. Esto produce que el personal de almacén reporte constantemente roturas de stock al área de compras.

3.5.2. Diagnóstico de la gestión compras.

Todas las compras de repuestos de las empresas se solicitan mediante un requerimiento elaborado por los analistas de planeación y programación del área de mantenimiento. Basta que la firma del gerente de mantenimiento esté presente en un requerimiento, para autorizar la compras de los repuestos para las máquinas. Cada semana el área de mantenimiento genera aproximadamente 30 requerimientos de distintos repuestos, eventualmente se reciben requerimientos urgentes, debido a un desperfecto de una máquina, que tienen prioridad sobre los demás, esto con el objetivo de poner operativa dicha máquina lo más antes posible. El área de compras realiza constantes pedidos de emergencia a sus proveedores para poder suplir estas carencias de mercadería.

3.5.2. Incumplimiento del programa de mantenimientos.

Debido a un proceso ineficiente en la atención de los repuestos para los mantenimientos, se incumple el cronograma de estos, retrasando la ejecución de los mantenimientos y en el peor

de los casos ocasionando paradas de máquina. Actualmente, el personal de mantenimiento presenta numerosos reclamos al área de logística por la demora o incumplimiento de los requerimientos de repuestos, lo que repercute que la maquinaria de la empresa esté inoperativa. Mientras más tiempo se encuentre inoperativa una máquina, mayores serán las pérdidas para la empresa, debido a la falta de productividad de sus equipos.

Debido a esta situación, el personal de mantenimiento empezó a reprogramar su cronograma de mantenimientos debido a la escasez de los repuestos. Esto originó que las máquinas trabajen exigidamente para cumplir con las exigencias del cliente, causando que algunas ocasiones presenten calentamientos en los motores o saturaciones de filtros.

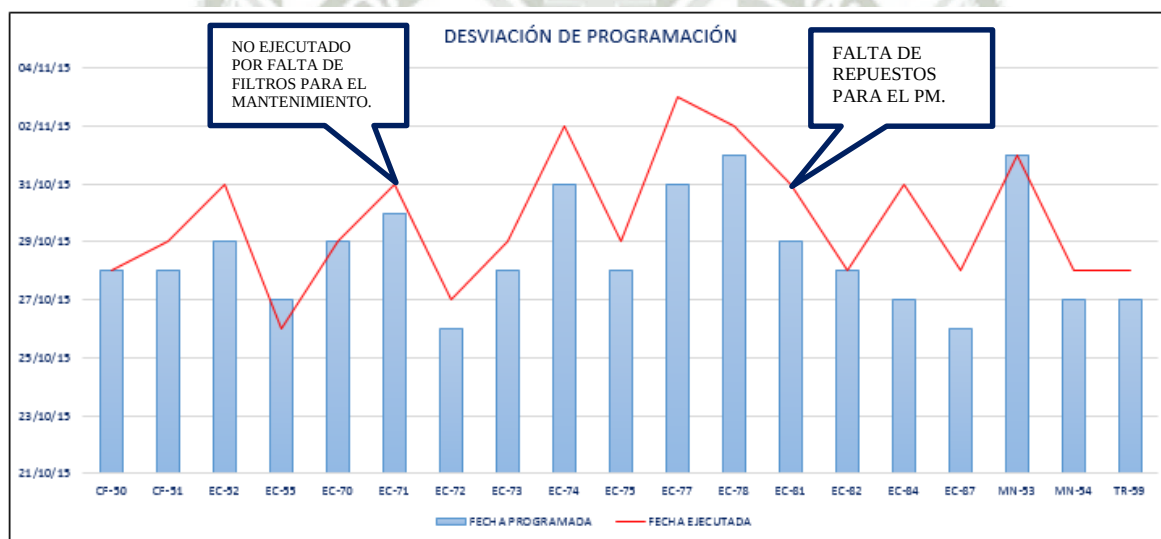


Figura 3.3 Desviación de programación de mantenimientos

Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior, podemos apreciar que las fechas programadas para los mantenimientos (barras azules), no coinciden con las fechas de ejecución de estos (línea roja), debido a la falta de repuestos para realizar los mantenimientos.

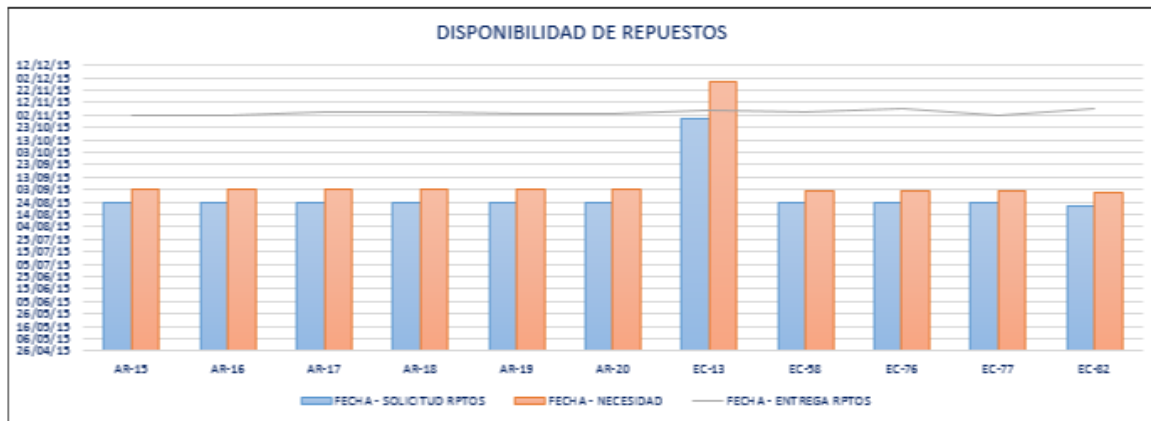


Figura 3.4 Disponibilidad de repuestos

Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior, la barra azul representa la fecha en que se solicitaron los repuestos en obra, la barra roja representa la fecha en que se necesitan los repuestos para poder ejecutar el mantenimiento respectivo de los equipos. Y finalmente, la línea negra, representa la fecha en la que se entregaron los repuestos, claramente se puede notar un retraso muy elevado en la entrega y ejecución de los mantenimientos.

3.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.6.1 Sujetos de estudio

En esta investigación, todas las personas relacionadas o que participen con el proceso de atención de requerimientos serán catalogados como sujetos de estudio, teniendo con mayor consideración al personal del área de logística y mantenimiento.

3.6.2 Metodología

Los métodos utilizados en el desarrollo y recopilación de datos en la presente investigación fueron los siguientes:

- Ciclo DMAIC para aplicar la herramienta Six Sigma
- Recolección de registros históricos de compras
- Porcentaje de requerimientos atendidos a tiempo y requerimientos completos
- Entrevistas al personal del área de mantenimiento y logística
- Aplicación de las propuestas al proceso de atención de requerimientos

3.6.3 Herramientas del Estudio

Las herramientas utilizadas en la elaboración del estudio fueron:

- Registros históricos de requerimientos de compras
- Mediciones de tiempos para la entrega y despacho de repuestos
- Herramienta de calidad Six Sigma para la mejora de procesos
- Registros históricos de entradas y salidas del inventario
- Información general acerca de la empresa
- Técnicas de ingeniería industrial

3.6.4 Métodos de análisis de ingeniería

La presente investigación tiene como base principal la aplicación de la metodología DMAIC en los distintos capítulos donde se irá aplicando la herramienta de calidad Six Sigma. Este ciclo se caracteriza por la variedad de métodos de análisis que se utilizan en resumir la información, identificar y mostrar la problemática de los procesos, evaluar el desempeño actual de un proceso y finalmente proponer e implantar las mejoras.

Entre estos métodos o técnicas de ingeniería, para realizar el diagnóstico de los procesos de logística, se utilizaron los diagramas de Ishikawa. Se graficaron y analizaron dichos procesos

mediante diagramas de flujo y diagramas SIPOC. Dentro de este último se detectan las posibles mejoras del proceso de atención de requerimientos. Se evaluarán los procesos clave dentro del proceso de atención de requerimientos de repuestos. Posteriormente, se detectaron y evaluaron los principales focos problemáticos de los procesos mediante la matriz AMFE. Finalmente, se plantearán e implantarán las mejores soluciones posibles, que nos ayuden a reducir o eliminar la problemática del área de logística.

Se aplicará un formato para la medición actual del rendimiento del proceso de atención de requerimientos. Con esta información podremos comparar la situación actual con la situación propuesta y apreciar como el proceso de atención de requerimientos muestra una mejoría relevante.





CAPITULO IV

PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

4.1 APLICACIÓN DEL MAPA SIX SIGMA

Se procederá con la propuesta para de aplicar la filosofía Six sigma para la empresa, ya que con esto se reducirá el tiempo de atención de los requerimientos y se podrá dar una solución al incumplimiento del cronograma de mantenimientos. Paso a paso, se irán desarrollando las distintas etapas del mapa six sigma. El primer paso consiste en definir a los responsables del proyecto y delegarles las tareas necesarias para la implementación de esta herramienta de calidad. Estos responsables pertenecen a distintos grupos jerárquicos, como se muestra a continuación:

Líder de Seis Sigma	Gerente General
En este proyecto, se eligió al gerente general de la empresa, dado a que es la persona encargada de aprobar todos los procedimientos y propuestas de mejoras para la organización.	
Líder de Implementación	Jefe de Desarrollo organizacional
Se propone que sea el Jefe de desarrollo organizacional el encargado de la implementación del proyecto, dado a que el área de desarrollo organizacional cuenta con las herramientas y personal inherente al desarrollo del proyecto y estos puedan identificar oportunidades de mejora en los procesos que realiza la empresa.	
Patrocinadores	Jefe de Logística
Como patrocinador principal se designaría al jefe de Logística, ya que en esta área se desarrollan los procesos clave para la atención de los requerimientos	
Maestros Cinta negra	Planners de Mantenimiento
Los responsables de este punto serían los planners de mantenimiento que se encuentran a cargo del cumplimiento del cronograma de mantenimientos y actualmente se encargan de medir y analizar el proceso de atención de requerimientos	
Maestros Cinta verde	Coordinadores Logísticos
Los encargados de este punto serían los coordinadores logísticos que velan por el mejor control posible del inventario y que no escasee ningún insumo importante para poder atender puntualmente los requerimientos de repuestos.	

Figura 4.1 Designación de roles para la ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

4.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

4.2.1 Definir el problema y clientes principales del proyecto.

En este punto, se establece las áreas de estudio de la empresa y el tipo de clientes beneficiados en la ejecución del proyecto. Para este estudio, se busca mejorar el número total de requerimientos atendidos a tiempo y sin faltantes. Cabe mencionar que en esta investigación, los clientes son internos; es decir, forman parte de la empresa de estudio, como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Procesos Clave y Clientes.

Procesos Clave	Cliente	Tipo de Cliente
Compras	Almacén	Interno
Gestión de Inventarios	Mantenimiento	Interno
Atención de Requerimientos	Operador de la minera	Externo

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Análisis de los procesos claves.

Para comenzar con el análisis de los procesos claves en la atención de los requerimientos, utilizamos la herramienta del diagrama SIPOC, cuyo nombre proviene de las palabras Suppliers-Inputs-Process-Output-Customers, que en castellano se traduce como (Proveedor-Entrada-Proceso-Salida-Cliente). Este diagrama nos permite reconocer los elementos que intervienen en un proceso, para poder analizarlos detalladamente uno por uno. Los elementos más importantes que intervienen en los procesos son:

- **Proveedor:** cualquier persona que aporta recursos, materiales al proceso.
- **Entrada o Insumo:** Puede ser desde recursos, información, materiales e incluso, personas que se requieran para realizar el proceso.
- **Proceso:** conjunto de operaciones que convierten las entradas en resultados, agregándoles o añadiéndoles valor.
- **Resultado o salida:** el resultado del proceso.
- **Cliente:** puede ser interno o externo, persona que recibe el resultado.

Estos diagramas nos permiten apreciar fácilmente el flujo de cada uno de los procesos de clave de la atención de los requerimientos, con estas herramientas, podemos identificar las distintas entradas y salidas de los procesos y nos ayudarán a desarrollar los siguientes diagramas que irán apareciendo en las etapas posteriores del mapa Six Sigma. A continuación de desarrollarán los diagramas SIPOC del proceso de compras y gestión de inventarios.

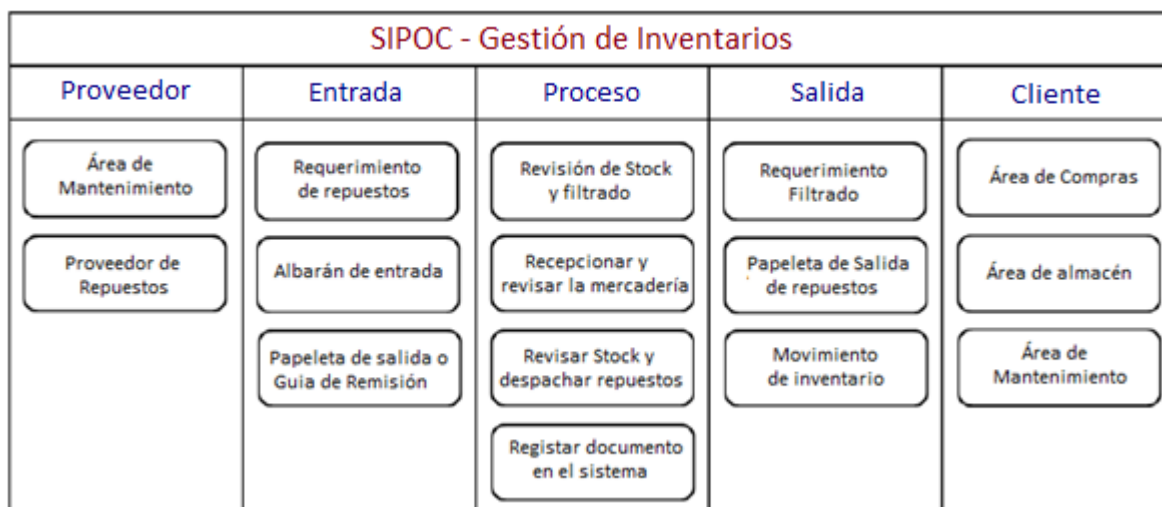


Diagrama 4.1 Diagrama SIPOC de la gestión de Inventarios

Fuente: Elaboración Propia



Diagrama 4.2 Diagrama SIPOC del proceso de Compras

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda de estos diagramas, podremos más fácilmente identificar las posibles fallas y puntos de mejora en los procesos. Las entradas y salidas de estos procesos se usarán posteriormente en este estudio, para poder reconocer aquellas que son más importantes y perjudiciales en el rendimiento actual del proceso de atención de requerimientos.

4.3 DEFINIR LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES

Se busca tener una figura clara de cómo las actividades relacionadas con el proceso de atención de requerimiento se interrelacionan para poder atender y complacer las necesidades de los clientes del proyecto.

4.3.1 Requisitos del proceso de atención de requerimientos.

Para poder identificar los requerimiento de los clientes en el proceso de atención de requerimientos, se realizaron entrevistas al personal de mantenimiento, quienes son los encargados en recibir y revisar que los requerimientos de repuestos lleguen a su debido tiempo y sin ningún faltante.

El tiempo de atención menor a siete días para un requerimiento es una política implantada por la dirección de la empresa desde que esta se creó. Dado a que en este caso, el cliente del proyecto es de tipo interno, el objetivo de este proyecto será velar por el cumplimiento del cronograma de mantenimientos y atender las necesidades del personal del área de mantenimiento, teniendo en cuenta la política de atención de repuestos por parte de la empresa.

4.4 MEDIDA DEL RENDIMIENTO ACTUAL.

4.4.1 Defectos por unidad o DPO

Este concepto se define como la probabilidad de que la entrega final de un producto o servicio presente algún desperfecto. Históricamente en la empresa, los defectos en la atención de requerimientos son los mismos ya que se repiten continuamente. Además, el jefe de Logística considera estos defectos como los más importantes en las desatenciones de los requerimientos. Se consideraron los siguientes defectos:

Requerimientos atrasados	En este caso, el requerimiento no se atendió a tiempo; es decir, no se cumplió con atender el requerimiento dentro de los 7 días hábiles por parte del área de logística. Este plazo es parte de la política de la empresa.
Requerimientos incompletos	Se considera un requerimiento incompleto, cuando se solicitan varios ítems dentro de éste, pero solo se entrega una parte del total de ítems solicitados en el requerimiento
Requerimientos errados	Este último caso trata sobre el incumplimiento de lo solicitado en un requerimiento. Por ejemplo, se solicitó una llanta de aro 40, pero se entregó una de aro 42; por ende, el requerimiento se atendió erróneamente

Figura 4.2 Inconformidades en la atención de requerimientos.

Fuente: Elaboración Propia

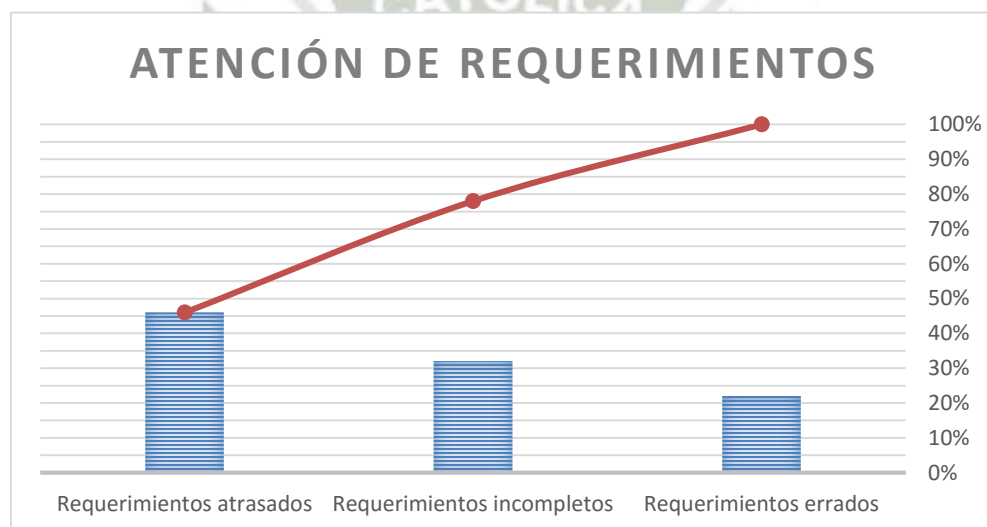


Figura 4.3 Gráfico de atenciones atrasadas de requerimientos

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2 Toma y recolección de datos

El siguiente formato (Tabla 4.2), fue elaborado, para poder recopilar información tanto para el área de logística, como para el área de mantenimiento. Por un lado, el área de mantenimiento pudo registrar el total de mantenimientos ejecutados, según el total de mantenimientos programados. Asimismo, se pudo calcular el número de desfases en la

programación de mantenimientos y la demora en la entrega de los repuestos según la fecha solicitada de estos. El área de logística por su parte logro medir el número de requerimientos que se atendieron con retraso, que se entregaron incompletos y los que se entregaron erróneamente. También se pudo saber cuántos días de retraso existía en la entrega de los repuestos. Todos estos inconvenientes afectan directamente el cumplimiento del cronograma de mantenimientos.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO SEMANA DEL 26-10-2015 AL 01-11-2015									
DATOS DEL EQUIPOS		PROGRAMACIÓN			REPUESTOS			DESFACE EN PM	
ITEM	COD.	TIPO PM	FECHA PROGRAMADA	FECHA EJECUTADA	FECHA - SOLICITUD RPTOS	FECHA - NECESIDAD	FECHA - ENTREGA RPTOS	DESFACE EN PM	DESFACE EN RPTO

Figura 4.4 Formato para la recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.2 Días atrasados en la entrega de requerimientos

Semana	Promedio Días atrasados	Desfases de PM
05/10 - 11/10	28	18
12/10 - 18/10	41	13
19/10 - 25/10	42	17
26/10 - 01/11	58	15
02/11 - 08/11	58	13
09/11- 15/11	58	12
16/11 - 22/11	33	7
23/11 - 29/11	38	9

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior podemos apreciar el promedio de días atrasados en la atención de los requerimientos de repuestos, lo que repercute en los desfases de los mantenimientos

programados para las máquinas. Como se sabe, los desfases en los mantenimientos de los equipos son muy perjudiciales para el rendimiento de estos, ya que no trabajan a su máxima capacidad de operatividad y producción.

En la siguiente tabla podremos apreciar el número de requerimientos no conformes del total de requerimientos de repuestos solicitados.

Tabla 4.3 Nivel de requerimientos de repuestos inconformes

Semana	Requerimientos	Requerimientos Inconformes	Fracción (p) Inconformidad
06/07-12/07	26	22	85%
13/07 - 19/07	35	22	63%
20/07 - 26/07	30	28	93%
27/07 - 02/08	34	27	79%
03/08 - 09/08	41	36	88%
10/08 - 16/08	32	20	63%
17/08 - 23/08	34	25	74%
24/08 - 30/08	37	31	84%
31/08 - 06/09	40	32	80%
07/09 - 13/09	33	21	64%
14/09 - 20/09	37	28	76%
21/09 - 27/09	35	29	83%
28/09 - 04/10	34	25	74%
05/10 - 11/10	29	17	59%
19/10 - 25/10	30	23	77%
26/10 - 01/11	31	19	61%
02/11 - 08/11	34	22	65%
09/11 - 15/11	39	29	74%
16/11 - 22/11	36	27	75%
23/11 - 29/11	32	20	63%
30/11 - 06/12	39	31	79%
07/12 - 13/12	31	20	65%
14/12 - 20/12	40	32	80%
21/12 - 27/12	26	22	85%

Fuente: Elaboración Propia

Como muestra la tabla, existe un alto porcentaje de requerimientos inconformes, entre estos se toman en cuenta los requerimientos atrasados, incompletos o que se entregaron erróneamente. Se aprecia que el porcentaje de requerimientos erróneos es similar en todas las semanas de la muestra.

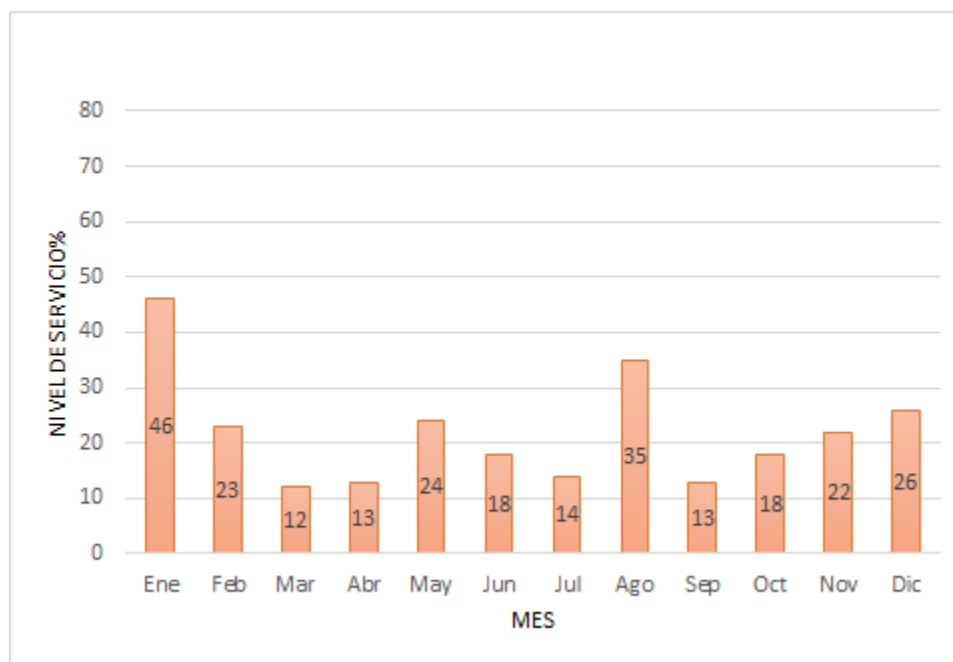


Figura 4.5 Nivel de servicio en la atención de requerimientos

Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior podemos apreciar el nivel de servicio actual en la atención de requerimientos de repuestos. La línea punteada azul muestra el nivel objetivo que se desea lograr, luego de implantarse la herramienta de calidad Six Sigma.

4.4.3 Análisis estadístico de la data obtenida.

Primeramente se realiza un análisis descriptivo al número total de requerimientos de repuestos semanales según la información recopilada por la empresa. Con esta data, se pretende hallar la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

<i>Media</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de variación</i>
33.958	4.206	12.39

Se aprecia que el coeficiente de variación es relativamente pequeño, por lo cual se considera que los datos obtenidos son fiables para poder utilizarse en futuros análisis. Por otro lado, mediante el test de normalidad Anderson-Darling y con la ayuda del software “Minitab”, procederemos a deducir que la distribución que sigue el número de requerimientos semanales se ajusta a una distribución normal.

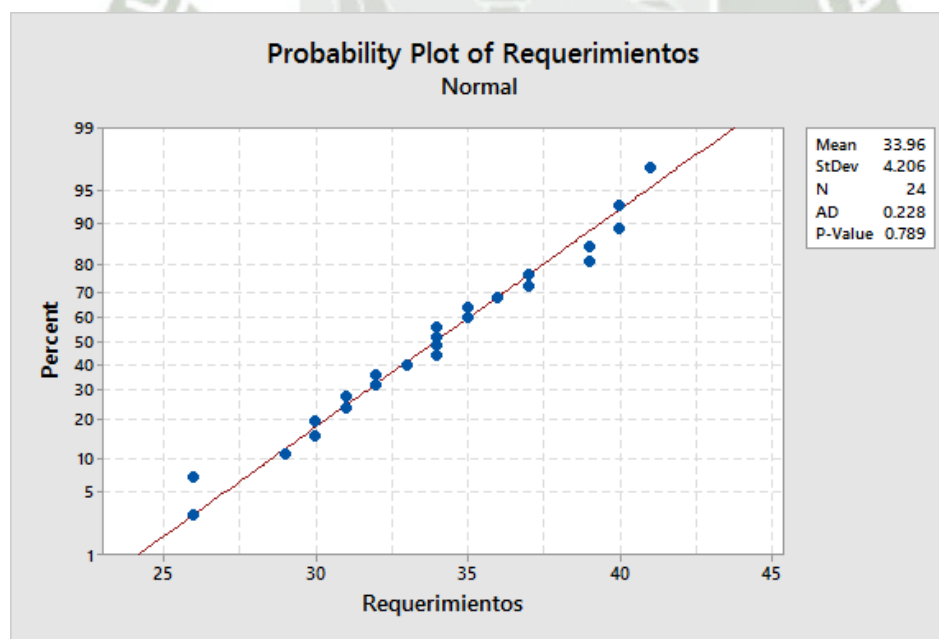


Figura 4.6 Prueba de Normalidad Anderson-Darling.

Fuente: Elaboración Propia

En el método de Anderson Darling o Ryan Joiner, si el valor de probabilidad P de la prueba es mayor a 0.05, se considera que los datos se ajustan a una distribución normal, para corroborar este se formulan las siguientes hipótesis:

H_0 : La variable de estudio sigue una distribución normal ($p > 0.05$).

H_a : La variable de estudio no sigue una distribución normal. ($p < 0.05$).

El valor arrojado por el software ($p = 0.789$) es mayor 0.05; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula. El siguiente paso consiste en realizar un gráfico de control (p) por atributos, con el fin de garantizar que el proceso de atención de requerimientos se mantiene dentro de los límites estadísticos.

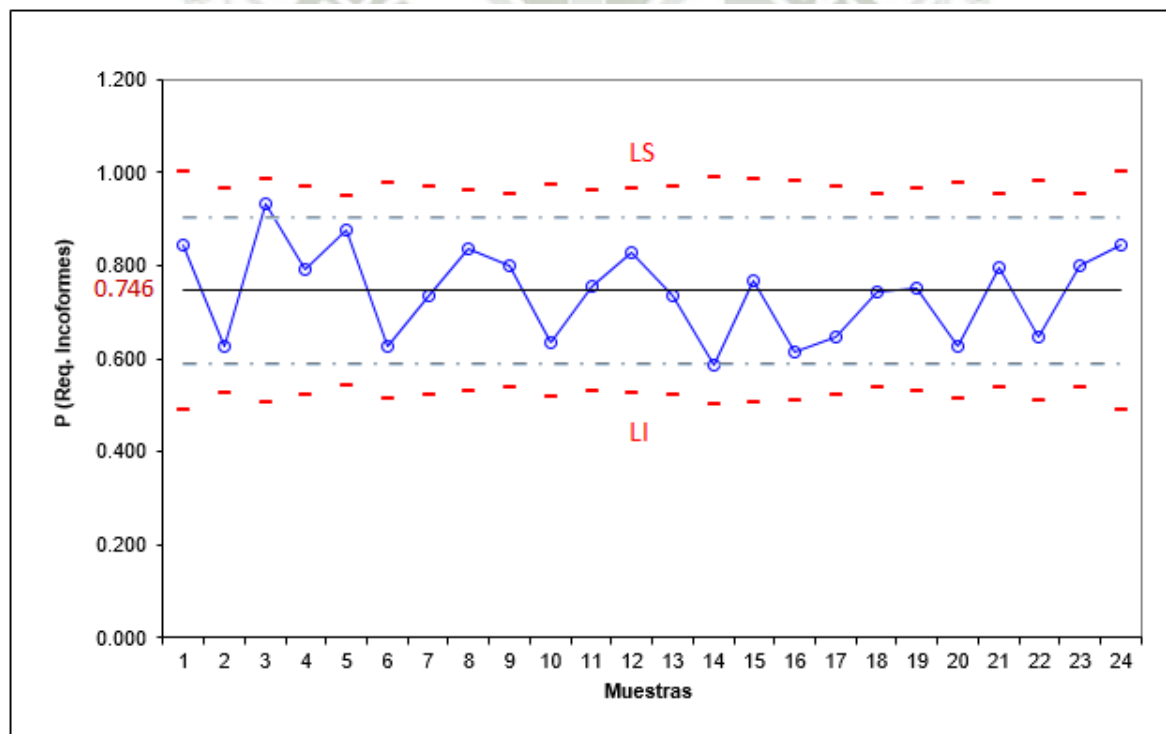


Figura 4.7 Gráfico de control P del porcentaje de requerimiento inconformes.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior, se observa los límites superior e inferior del proceso que están representadas por los marcadores rojos y el límite central está representada por una línea negra cuyo valor es de 0.746. La línea discontinua ploma representa un límite de control imaginario de 2 sigma respecto a la media estimada. Podemos notar como algunos puntos de la gráfica se encuentran en este límite e incluso lo superan, dando a entender que el rendimiento del proceso se encuentra cercano a 2 sigmas. Por último, los marcadores azules representan la fracción defectuosa de requerimientos de repuestos. Al notar que todos estos puntos se encuentran dentro los límites de control, podemos afirmar que este proceso se encuentra bajo control estadístico.

4.4.4 Fuentes de los datos obtenidos.

El formato de toma de datos fue implantando en el área de manteamiento de obra, donde los analistas de mantenimiento se encargan de revisar los ratios en la ejecución de los mantenimientos, los retrasos y reprogramación de estos. Estos analistas velan por el cumplimiento del cronograma planificado para los mantenimientos y se tuvieron las siguientes consideraciones al momento de recopilar la información para este estudio:

- Garantizar que se recopilen datos actualizados y representativos.
- Durante un determinado periodo de tiempo, mantener un control actualizado de la recopilación de datos
- Justificar el propósito de la recolección los datos.

4.5 MEDIDA DEL NIVEL DE ATENCIÓN DE REQUERIMIENTOS.

Para la medida del rendimiento actual del proceso de atención de requerimientos, usaremos los datos recopilados por el formato que se implantó en el área de mantenimiento, el cual nos permitió reunir información sobre el desempeño actual en el proceso de atención de

requerimientos de repuestos, así como también el nivel de cumplimiento del cronograma de mantenimientos.

Calculando el nivel Sigma del proceso			Atributos
1	Determine el numero de defectos posibles	O=	3
2	Determine el numero de datos procesados	N=	815
3	Determine el numero total de defectos	D=	608
4	Calcule los defectos por oportunidades	$D/(N \times O)$	0.249
5	Defectos por un millón de oportunidades	DPMO=	248671
6	Rendimiento del proceso		75.8%
7	Nivel Sigma del proceso	Sigma=	2.2
			Actual
			Objetivo

Figura 4.8 Nivel de Atención de Requerimientos

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1 Defectos por millón de oportunidades o DPMO

Esta métrica, también llamada DPMO, se encarga de representar el número total de defectos hallados en un millón de oportunidades de éxito. Es decir, se repetirá el proceso de atención de requerimientos un millón de veces y se contarán el número de veces en que la atención de un requerimiento presento una falla o defecto.

4.5.2 Nivel Sigma actual del proceso.

Para calcular el nivel Sigma actual del rendimiento del proceso de atención de requerimientos se utiliza una tabla de conversión, que convierte el número de DPMO en un valor Sigma del proceso. En la figura anterior se aprecia que el rendimiento y nivel sigma actual del proceso.

4.6 DAR PRIORIDAD, ANALIZAR E IMPLANTAR LAS MEJORAS.

A partir de esta etapa, se analizarán los problemas identificados en el capítulo tres de este estudio para establecer cuál de ellos es el más influyente y determinante para el proceso de atención de requerimientos.

4.6.1 Proponer e implantar soluciones mediante el método DMAIC

Se seguirá desarrollando el método DMAIC en el área de Logística para proponer mejoras a los problemas más influyentes que se identifiquen y para reducir o eliminar principalmente las inconformidades que se presentan en la atención de los requerimientos.

4.6.1.1 Definir los principales problemas del proceso

Según el diagnóstico realizado en el proceso de atención de repuestos en el área de Logística, se listará a continuación un resumen de los principales focos problemáticos identificados en estos procesos.

4.6.1.1.1 Focos problemáticos del proceso de Atención de Repuestos

- Retrasos en las cotizaciones y entregas de pedidos de los proveedores
- Desconocimiento sobre el Stock de los repuestos
- Rechazo de requerimientos por estar mal redactados
- Diferencias entre el inventario físico y virtual
- No se registran las entradas y salidas del almacén

Una vez identificados los principales focos problemáticos, se elaborará una matriz de variables con el fin de identificar los elementos que componen estos problemas y su influencia en el nivel de servicio en la atención de repuestos.

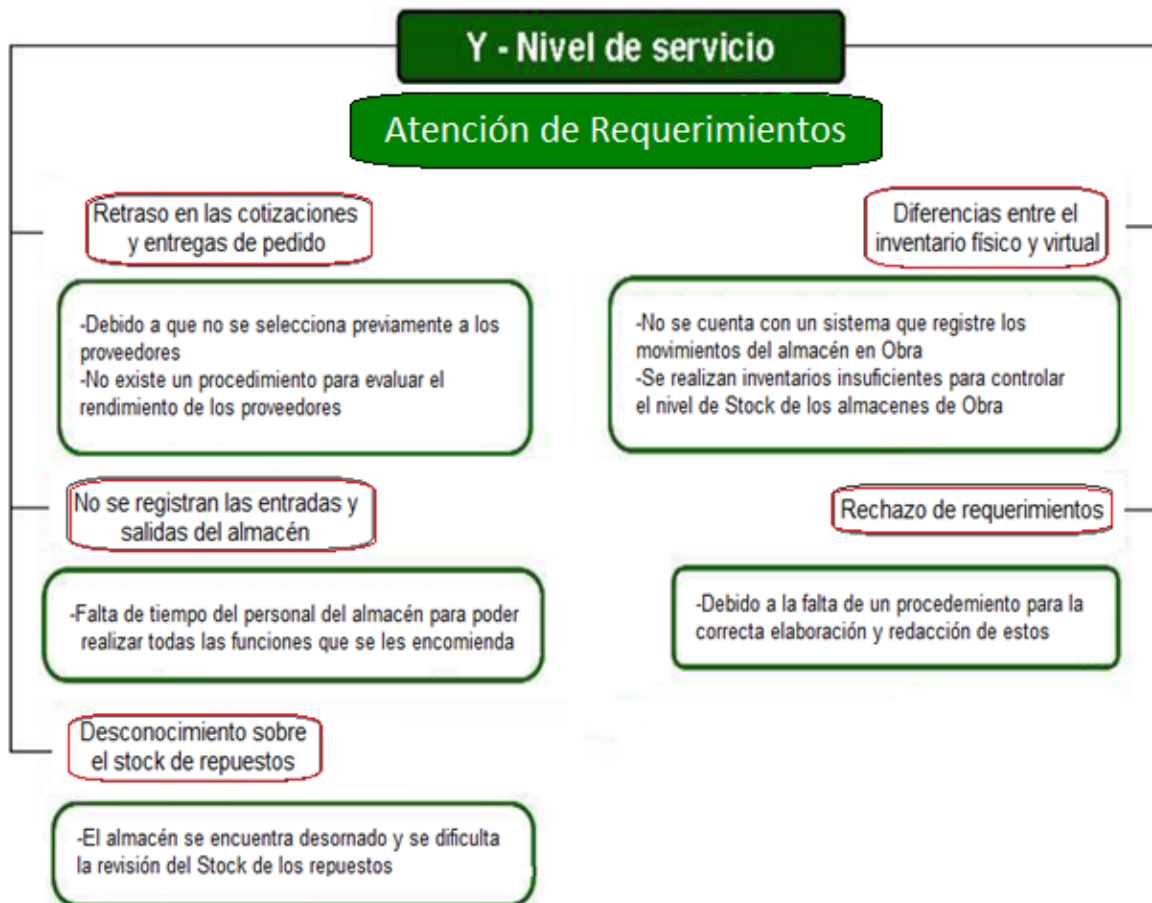


Diagrama 4.3 Variables Críticas del proceso

Fuente: Elaboración Propia

4.6.1.3 Análisis del proceso de atención de requerimientos

4.6.1.3.1 Análisis de Modo de Fallos y Efectos

Una de las características de la metodología Six Sigma es tener una amplia gama de análisis de estudio de procesos. Para un análisis más profundo de las variables que intervienen en el proceso de atención de requerimientos, se optó por utilizar la matriz AMFE, que también se conoce como matriz de Análisis de Modo de Fallos y Efectos.

Es una herramienta que nos permite Identificar las variables significativas de un proceso o producto para poder establecer las acciones correctivas necesarias, previniendo no sólo fallos sino también inconformidades por parte del cliente; por tanto esta metodología está orientada a maximizar su satisfacción gracias a la eliminación o minimización de posibles problemas. (Yaya Delgado, 2015)

Para poder diferenciar las causas más importantes que afectan a un proceso, se debe establecer un criterio de valoración de estas. Para esto, se utilizara un índice de prioridad de riesgo (IPR), que resulta de la multiplicación de tres índices de evaluación más simples. Estos indicadores que componen el IPR son los siguientes:

- ✚ Índice de severidad o gravedad: Se utiliza una escala del 1 y 10, para medir la gravedad al ocurrir un determinado fallo, mide la incidencia o alteración que el fallo pueda generar en un proceso y en la satisfacción del cliente.

Tabla 4.4 Índice de Severidad

Criterio	Escala
Muy leve	1-2
Leve	3-4
Gravedad moderada	5-6
Gravedad alta	7-8
Muy grave	9-10

Fuente: Elaboración Propia

- ✚ Índice de ocurrencia: Mide que tan probable es que un fallo ocurra, también se denomina frecuencia o incidencia. Este índice también utiliza una escala del 1 al 10,

las fallas poco frecuentes toman un valor de 1 y las más probables que ocurran un valor de 10.

Tabla 4.5 Índice de Ocurrencia

Criterio	Escala
Casi probable	1-2
Baja probabilidad	3-4
Probable	5-6
Alta probabilidad	7-8
Casi con certeza	9-10

Fuente: Elaboración Propia

🚦 Índice de detección: este índice analiza la probabilidad de no detectar un fallo durante la ejecución de un proceso. Como los índices anteriores, se utiliza una calificación del 1 a 10, para evaluar esta posibilidad.

Tabla 4.6 Índice de probabilidad de no detección

Criterio	Escala
Casi Improbable que no se detecte	1-2
Baja Probabilidad de detección	3-4
Probable detección	5-6
Alta probabilidad de no detección	7-8
Probabilidad muy alta de no detectar el fallo	9-10

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular el I.P.R. basta con multiplicar los valores de los índices obtenidos:

$$\text{IPR} = \text{S} * \text{P} * \text{D}, \text{ para cada uno de ellos.}$$

Donde,

- S=Severidad de fallo
- P=Probabilidad de ocurrencia o Frecuencia
- D=Probabilidad de no detección

El índice de probabilidad de riesgo nos proporciona una calificación final de todos los niveles de riesgos evaluados. Con esta calificación podemos apreciar las causas que tienen una mayor relevancia y a las cuales debemos de reunir esfuerzos para darle la mejor solución posible. Esta matriz AMFE, además nos permite conocer acerca de la Causa Raíz de los problemas presentes en la atención de requerimientos, el efecto que estos problemas producen y el control que actualmente se maneja para estos problemas. A continuación, se presenta el AMFE en la atención de los requerimientos de repuestos:

Función	Componentes	Fallo Funcional	Modo de Fallo	Causa Raiz	Efecto	Control	Valoración			
							G	F	D	IPR
Atención de Requerimientos	Rechazo de Requerimientos	Requerimiento mal redacto, ilegible, sin especificaciones	Desconocimiento	No se cuenta con un manual de solicitud de RQ	Demora en la atención de los RQs	No hay control	2	4	2	16
	Nivel de Stock de repuestos	No se cuenta con stock para atender los requerimientos	Irresponsabilidad	Falta de tiempo, desorden en el almacén	Sobrestock de insumos	Revisión periódica de RQs	5	4	3	60
	Retraso en las cotizaciones y entregas	No se logra cotizar un insumo o no hay cotizaciones suficientes para seleccionar la mejor compra	Deficiencia	No existe una evaluación de proveedores	Demora en la atención de los RQs	No hay control	4	3	2	24
	Diferencias en los inventarios físicos y virtuales	Compra doble de insumos, debido al desconocimiento del Stock	Deficiencia	No existe un procedimiento de revisión de Stock	Numero elevado de RQs sin atender	Compras de emergencia	4	6	2	48
	Regikstro de movimientos de almacén	No se verifica las cantidades descritas, no se hace registro en el sistema	Irresponsabilidad	Falta de tiempo	Se desconoce el nivel de Stock de los insumos	Toma de inventarios de emergencia	4	2	2	16

Diagrama 4.4 Matriz AMFE – Atención de Requerimientos

Fuente: Elaboración Propia

La matriz AMFE en la atención de los requerimientos de repuestos nos muestra que el nivel de Stock en los repuestos y las diferencias entre los inventarios físicos y virtuales son los problemas más relevantes en este proceso. Adicionalmente, podemos notar que muchos de estos problemas carecen de un control, y producen efectos negativos en el nivel de servicio de los requerimientos de repuestos.

Además, se puede apreciar que la gestión de Inventarios es el proceso clave que influye afecta con mayor frecuencia y gravedad la calidad en la atención de los requerimientos de. En la tabla siguiente, podemos apreciar las calificaciones obtenidas para las causas más importantes que afectan la calidad del proceso de atención de requerimientos:

Tabla 4.7 Índice de prioridad de Riesgo

IPR	
Proceso de Compras	
Requerimiento de Compra	16
Cotizaciones	24
Gestión de Inventarios	
Nivel de Stock	60
Diferencia de inventarios	48
Movimientos de almacén	16

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS

5.1 MEJORAS EN LA ATENCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE REPUESTOS

5.1.1 Propuestas de mejoras en los procesos del área de Logística

En este paso se proponen y aplican las mejores soluciones posibles para los problemas más críticos que se han identificado en el proceso de compras y el proceso de gestión de inventarios. Se desarrollaron las mejoras a partir de los principales focos problemáticos identificados en la matriz AMFE, en base al análisis realizado en los capítulos anteriores.

Esta matriz nos sirvió de ayuda para simplificar el trabajo al enfocarse en los puntos críticos de los procesos de logística para la atención oportuna de los requerimientos de repuestos. Las

propuestas de mejoras se dividen en los dos procesos principales del área de Logística, los cuales son el proceso de compras y la gestión de inventarios.

5.2. PROPUESTAS DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

5.2.1 Requerimiento de Compras.

Como se describió en la matriz AMFE, una de los principales inconvenientes en la emisión de un requerimiento de compra son los errores al momento de redactar este documento. Entre estos errores podemos mencionar, la falta de un correlativo de requerimientos, que perjudica al área de compras para poder llevar un control adecuado; otro de los errores es la falta de especificaciones en la redacción, lo que dificulta a los analistas de compras al momento de cotizar lo que solicita en los requerimientos. Al no existir un control para este problema, lo que se propone como alternativa de solución es crear un procedimiento para la correcta redacción de este importante documento.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 5.1 se muestran las indicaciones para un correcto llenado de requerimientos. Con el fin de evitar errores en la redacción de este documento, se propone difundir esta figura a todas las áreas de la empresa. De esta manera, el área de Logística podrá tener un mayor control para la atención de los requerimientos y se reducirá el tiempo de atención de estos.

5.2.2 Nivel de Stock de los repuestos

Este punto crítico es el más complejo de todos, debido a lo complejo que resulta trabajar en un inventario que no cuenta con data actualizada de sus registros de movimiento de inventario. Como alternativa de solución para este punto, se propone realizar una clasificación ABC del inventario, con el fin de encontrar los repuestos críticos que se manejan en el inventario. Posteriormente, con la ayuda de un software estadístico, se propone encontrar los pronósticos de estos repuestos críticos, con el fin de poder anticipar la demanda de los futuros requerimientos. A continuación se desarrollará las propuestas de mejora seleccionadas.

5.2.2.1 Clasificación del inventario mediante análisis ABC

La empresa actualmente maneja alrededor de 2000 ítems, divididos en distintas familias, como activos, equipamiento, repuestos, etc... Para proceder con la clasificación de estos se empleará un análisis ABC en base al volumen de compras en términos monetarios. El procedimiento es el siguiente:

1. Para el cálculo del volumen de compras se procedió a valorizar todo el inventario según una metodología propuesta por el contador general de la empresa. Posteriormente se utilizaron todos los registros de compras y requerimientos de repuestos emitidos en los cortos años de la empresa para calcular el total de compras por cada ítem. Por último se multiplicaron ambos valores para hallar el volumen de compras en términos monetarios.
2. Luego de calcular el volumen de compras, se ordenó de mayor a menor los artículos según su volumen de compras. Siguiendo el principio de Pareto, se agruparon los artículos en tres grupos distintos.

El primero grupo clasificado como “A” contiene hasta el 20% del total de los ítems; con un valor de inventario cercano al 80%. La clasificación del inventario se puede ver resumida en el Anexo N°2. Los ítems del grupo “A”, se consideran como los insumos críticos e importantes para la empresa y a partir de éstos se desarrollarán los siguientes cálculos.

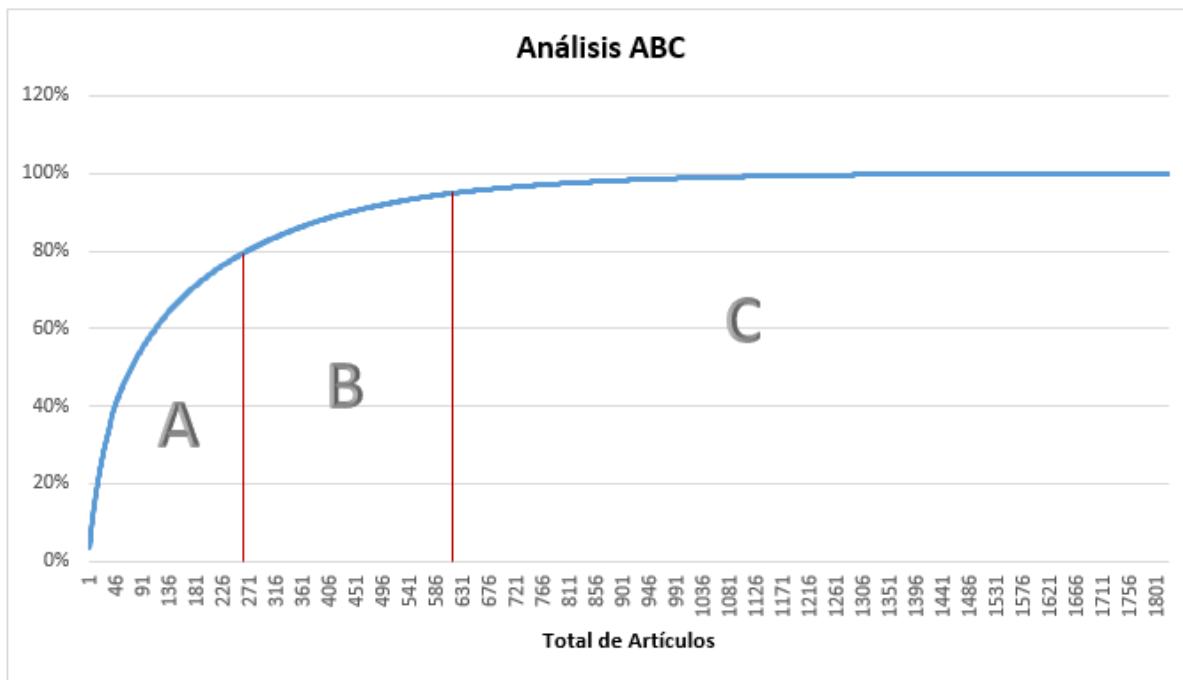


Figura 5.2 Clasificación ABC por volumen de compras.

Fuente: Elaboración Propia

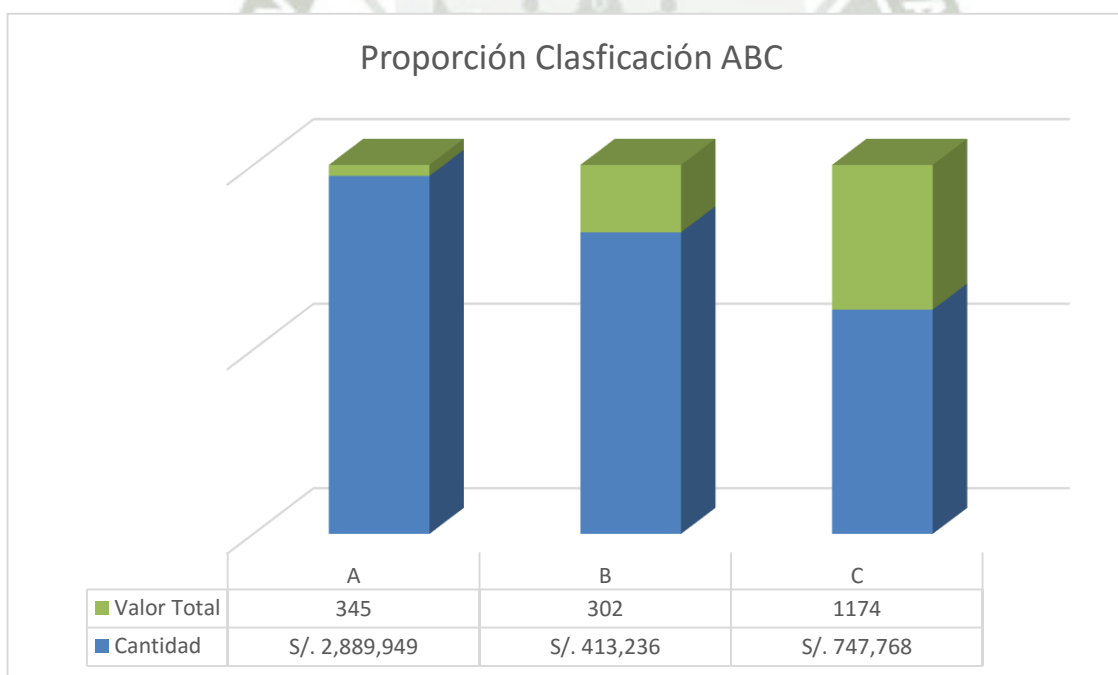
Como se aprecia en la figura anterior, aproximadamente 350 artículos conforman el grupo “A” de la clasificación ABC, el grupo “B” lo conforman 302 artículos y el grupo “C” contiene el resto con un total de 1174. En la siguiente tabla se muestran los de la clasificación en términos monetarios.

Tabla 5.1 Resultados de la clasificación ABC.

Clasificación	Valor Total	Porcentaje del Valor	Cantidad	Porcentaje del Total
A	S/. 2.889.948,82	71%	345	19%
B	S/. 413.236,26	10%	302	17%
C	S/. 747.768,17	18%	1174	64%
Total	S/. 4.050.953,24	100%	1821	100%

Fuente: Elaboración Propia

La clasificación ABC del inventario muestra que el 19% del total de los artículos del inventario representan el 71% del valor de éste. En la siguiente figura, se puede apreciar que los resultados arrojados por la clasificación son acertados, ya que se según el principio de Pareto, una pequeña parte del inventario representa el mayor valor de éste.


Figura 5.3 Comparación del análisis ABC.

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.1.1 Análisis ABC del grupo “A”

A fin de conocer los repuestos más críticos para la empresa, se realiza una reclasificación del grupo “A” del inventario. Esta nueva reclasificación nos muestra tres nuevos grupos de artículos; el grupo AI con el 53% del valor total, el AII con el 25% y 22% restante para el AIII. En la siguiente figura se aprecia la nueva clasificación del grupo “A”.

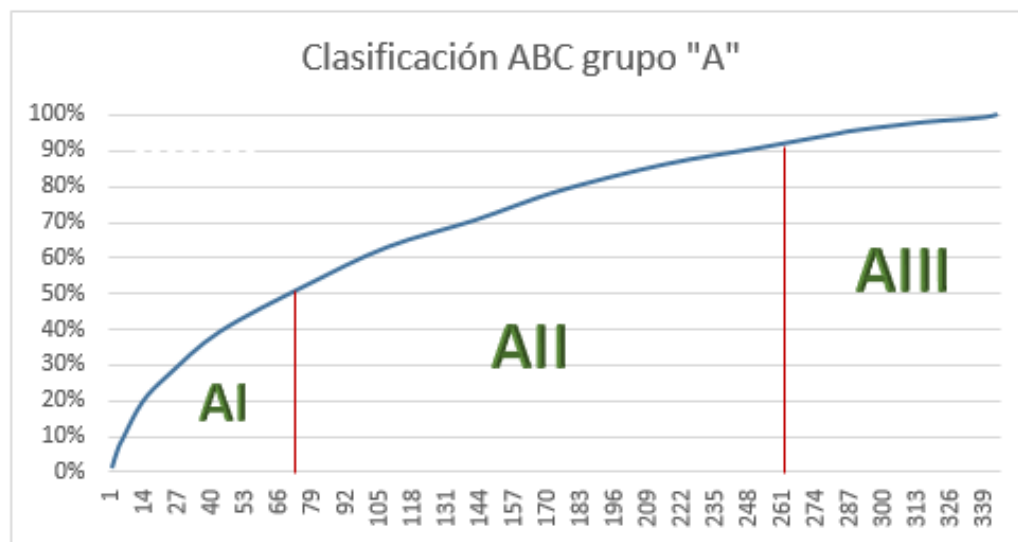


Figura 5.4 Clasificación ABC por volumen de compras.

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la figura anterior, la nueva clasificación queda distribuida de la siguiente forma: 74 insumos conforman el grupo “AI”; 112 el grupo “AII,” y 159 el grupo “AIII”. En el apartado de los anexos se aprecia con mayor detalle esta reclasificación.

Tabla 5.2 Resultados de la clasificación ABC grupo “A”.

Clasificación	Valor Total	Porcentaje del Valor	Cantidad	Porcentaje del Total
AI	S/., 1,560,256	53%	74	21%
AII	S/., 746,297	25%	112	32%
AIII	S/., 642,150	22%	159	46%
Total	S/., 2,948,703	100%	345	100%

Fuente: Elaboración Propia

Se considerará al grupo “A” para futuros cálculos y los repuestos que se encuentren dentro de éste, se tomarán en cuanto para pronosticar su demanda. Este grupo se conforma aproximadamente el 10% del total de artículos y representa el 35% del valor total de la empresa; debido a esto, se considera el grupo de mayor importancia y criticidad para esta investigación.

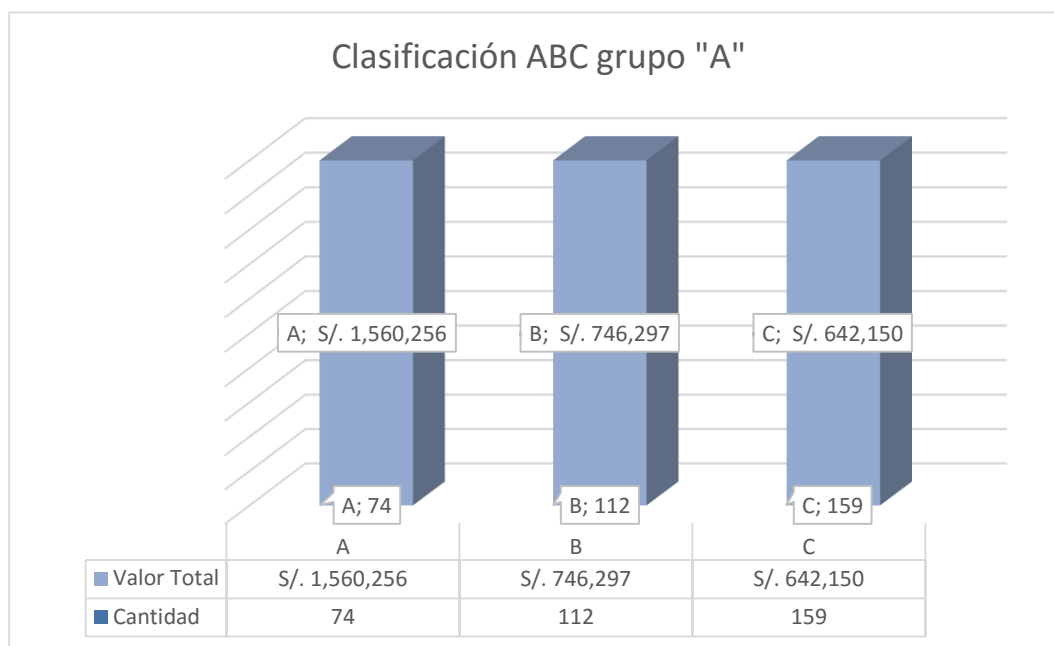


Figura 5.5 Comparación de la clasificación ABC del grupo “A”

Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior podemos apreciar que solamente 74 insumos del inventario controla la mayor parte del valor del inventario. A continuación, en la siguiente tabla, se hará un listado de los principales productos críticos identificados tras la clasificación ABC en el grupo “A” del inventario.

Tabla 5.3 Productos Críticos de la clasificación ABC grupo “A”.

Ítem	Insumo	Unidad	Tipo	Valor	Demanda Anual
1	ACEITE PARA MOTOR 15W40 CAT	Glns	Lubricante	S/. 34,41	4270
2	1R-1808 FILTRO/ FILTER CAT	Pza	Repuesto	S/. 125,80	331
3	ACEITE HIDRAULICO 10W / HYDO ADV10W CAT	Glns	Lubricante	S/. 38,23	1706
4	GRASA GADUS V220 2	Kgs	Lubricante	S/. 16,97	4514
5	326-1644 ELEMENT AS CAT	Pza	Repuesto	S/. 131,14	191
6	422-7587 ELEMENTO/ FILTER FUE EL CAT	Pza	Repuesto	S/. 268,18	153
7	ACEITE PARA TRANSMISIÓN SAE 30 TDTO TO4 CAT	Glns	Lubricante	S/. 33,17	1411
8	142-1339 ELEMENTO AIRE / ELEMENT AS CAT	Pza	Repuesto	S/. 305,95	136
9	438-5386 FILTRO/ FILTER AS CAT	Pza	Repuesto	S/. 198,51	156
10	1R-0762 FILTRO / FILTER A-FUE CAT	Pza	Repuesto	S/. 112,62	128
11	ACEITE PARA TRANSMISIÓN SAE 50 TDTO TO4 CAT	Glns	Lubricante	S/. 37,25	948
12	1R-0749 FILTRO / FILTER AS FUEL CAT	Pza	Repuesto	S/. 77,61	127
13	264-2131 PUNTA DE SERVICIO ADICONAL / TIP EXTRA DUTY K130 CAT	Pza	Repuesto	S/. 786,16	55
14	6I-2505 ELEMENTO/ ELEMENT AS CAT	Pza	Repuesto	S/. 321,44	71
15	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA M	Und	Equipamento	S/. 50,00	812
16	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA L	Und	Equipamento	S/. 50,00	712
17	360-8960 ELEMENTO/ ELEMENT FUEL CAT	Pza	Repuesto	S/. 76,97	150
18	220-9133 PUNTA DE PENTRACIÓN / TIP PENE PLUS K130 CAT	Pza	Repuesto	S/. 654,15	49
19	UNIFORME COMPLETO AMARILLO POLAR TALLA M	Und	Equipamento	S/. 94,43	607
20	GUANTES DRIVER EN CUERO MIXTO STEELPRO	Und	Equipamento	S/. 8,06	3944
21	328-3655 ELEMENTO/ ELEMENT AS CAT	Pza	Repuesto	S/. 337,51	63
22	188-3491 PUNTAS DE MARTILLO / TL MOIL CAT	Pza	EDD	S/. 7.160,16	4
23	8E-4193 CANTONERA / EDGE CUTTING RH CAT D8T	Pza	EDD	S/. 805,44	18
24	8E-4194 CANTONERA / EDGE CUTTING LH CAT	Pza	EDD	S/. 805,44	18

Fuente: Elaboración Propia

25	A9100010 PUNTA DE MARTILLO / CHISEL SG3300 HYDROKHAN	Pza	EDD	S/.	2.085,20	12
26	UNIFORME COMPLETO AMARILLO POLAR TALLA L	Und	Equipamento	S/.	94,43	561
27	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA S	Und	Equipamento	S/.	50,00	430
28	142-1404 FILTRO/ FILTER CAT	Pza	Repuesto	S/.	195,00	66
29	RA2040TM ELEMENTO/ ELEMENT 10 MICR	Pza	Repuesto	S/.	29,86	94
30	5I-8670 FILTRO/ FILTER A CAT	Pza	Repuesto	S/.	167,23	52
31	PARTE DIARIO DE TRABAJO LBB	Und	Formato	S/.	19,08	1597
32	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA XL	Und	Equipamento	S/.	50,00	465
33	9W-2452 PUNTA DESGARRADOR / TIP RIPPER CAT	Pza	EDD	S/.	405,00	6
34	7d-1577 CUCHILLA / EDGE CUTTING CAT	Pza	EDD	S/.	894,77	17
35	6Y-5540 CUCHILLA / EDGE CUTTING CAT	Pza	EDD	S/.	469,31	26
36	6Y-3394 PUNTA DESGARRADOR / PIN RIPPER RIPPER CAT	Pza	EDD	S/.	34,91	11
37	299-8229 FILTRO/ FILTER AS-FUEL CAT	Pza	Repuesto	S/.	89,51	74
40	179-9806 ELEMENTO / ELEMENT CAT	Pza	Repuesto	S/.	357,89	50
41	135-8203 PUNTA / TIP CAT	Pza	EDD	S/.	180,90	38
42	4T-2233 CUCHILLA /CUTTING 140K 160K	Pza	EDD	S/.	914,94	14
43	4T-6381 EDGE CUTTING CAT	Pza	EDD	S/.	826,25	13
44	6Y-0309 PUNTA DESGARRADOR / TIP RIPPER CAT 140 160	Pza	EDD	S/.	275,26	44
45	245-6375 ELEMENTO/ ELEMENT ASM CAT	Pza	Repuesto	S/.	272,53	30
46	1R-0755 FILTRO/FILTER CAT	Pza	Repuesto	S/.	206,30	38
47	1R-1807 FILTRO / LUBE FILTER CAT	Pza	Repuesto	S/.	67,56	47

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.2 Implementación de pronósticos

Para el cálculo de los pronósticos de la demanda futura de repuestos, se deben tener en consideración los siguientes argumentos.

La empresa de lleva apenas tres años de operaciones y tan solo uno trabajando para importantes compañías mineras. Debido a esto, la empresa no cuenta con muchos registros históricos de las actividades que realizaba.

Además, debido a problemas financieros que la empresa ha enfrentado en sus años de operación, ésta se ha visto obligado de buscar nuevos proveedores para trabajar con ellos, ya que sus proveedores habituales anulaban el crédito que la empresa poseía. Como consecuencia, se cuenta con una alta variedad de los insumos que se manejan en el inventario.

5.2.2.2.1 Análisis de la demanda de repuestos

Antes de proceder a realizar los pronósticos de los repuestos críticos con el software, se debe determinar el comportamiento de la demanda, para conocer su comportamiento. Para esto, se calculará la variabilidad de la demanda utilizando la ecuación descrita en el párrafo 2.3.3. Si el coeficiente de variación arroja un resultado mayor al 80% el comportamiento de la demanda se considera errático y no se tomará en cuenta para futuros cálculos.

Se utilizaron todos los repuestos críticos hallados dentro del grupo A1 para esta evaluación. Asimismo, como se explicó en el capítulo anterior, la empresa ha determinado que el tiempo de atención de los requerimientos de repuestos sea de un máximo de siete días. Para esto, es conveniente trabajar con pronósticos quincenales para que exista un amplio margen de anticipación para la atención de los requerimientos, evitando requerimientos atrasados y/o incompletos. Más adelante se explicará con mayor detalle la agrupación de los requerimientos semanales a quincenales.

Tabla 5.4 Resultados coeficiente de variación repuestos críticos.

Ítem	Insumo	Tipo	Demanda Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación
1	ACEITE PARA MOTOR 15W40 CAT	Lubricante	328,31	235,91	72%
2	1R-1808 FILTRO/ FILTER CAT	Repuesto	26,92	19,11	71%
3	ACEITE HIDRAULICO 10W / HYDO ADV10W CAT	Lubricante	108,42	124,98	>100%
4	326-1644 ELEMENT AS CAT	Repuesto	16,08	11,05	69%
5	422-7587 ELEMENTO/ FILTER FUE EL CAT	Repuesto	13,00	8,36	64%
6	ACEITE PARA TRANSMISIÓN SAE 30 TDTO TO4 CAT	Lubricante	127,58	98,78	77%
7	142-1339 ELEMENTO AIRE / ELEMENT AS CAT	Repuesto	11,67	10,87	>80%
8	438-5386 FILTRO/ FILTER AS CAT	Repuesto	13,00	8,36	64%
9	1R-0762 FILTRO / FILTER A-FUE CAT	Repuesto	10,75	7,59	71%
10	ACEITE PARA TRANSMISIÓN SAE 50 TDTO TO4 CAT	Lubricante	79,00	47,86	61%
11	1R-0749 FILTRO / FILTER AS FUEL CAT	Repuesto	8,92	5,12	57%
12	6I-2505 ELEMENTO/ ELEMENT AS CAT	Repuesto	6,00	6,02	>100%
13	360-8960 ELEMENTO/ ELEMENT FUEL CAT	Repuesto	12,92	8,34	65%
14	328-3655 ELEMENTO/ ELEMENT AS CAT	Repuesto	4,50	3,42	76%
15	142-1404 FILTRO/ FILTER CAT	Repuesto	7,58	5,76	76%
16	RA2040TM ELEMENTO/ ELEMENT 10 MICR	Repuesto	8,50	6,46	76%

Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla solo se muestran los insumos de repuestos y lubricantes, dado a fines de estudio de esta investigación. Tras realizar el cálculo del coeficiente de variación en los repuestos críticos, se obtienen resultados mayores al 10% y casi todos menores al 80%, exceptuando el “aceite hidráulico”, el “filtro 142-1339” y el “filtro 6I-2505”. Dado a que estos insumos presentan un coeficiente mayor al 80%, esto quiere decir que su comportamiento es errático; pero por fines de estudio, solamente el “filtro 142-1339” se aceptará para un futuro pronóstico, dado a que su coeficiente supera levemente el 80%. Los demás repuestos se tomarán en cuenta para futuros cálculos, debido a que sus demandas siguen un comportamiento probabilístico. Más adelante se apreciará que el error de pronóstico de este insumo es considerablemente aceptable con un 32% de error.

5.2.2.2 Pasos para pronosticar con el software Minitab 17

Con el objetivo de conocer la demanda futura de los siguientes periodos de los repuestos críticos seleccionados. Como referencia, se aplicarán dichos pasos al producto “Aceite 15W40”, para ilustrar el procedimiento descrito. Este procedimiento consta de dos pasos:

- 1) Los requerimientos semanales de repuestos se agruparon en quincenas, esto para poder generar pronósticos quincenales, según los ideales planteados en el anterior párrafo. Posteriormente se graficaron las series de tiempo de cada insumo para analizar su comportamiento y poder contrastarlo con el análisis que arrojaba el software.

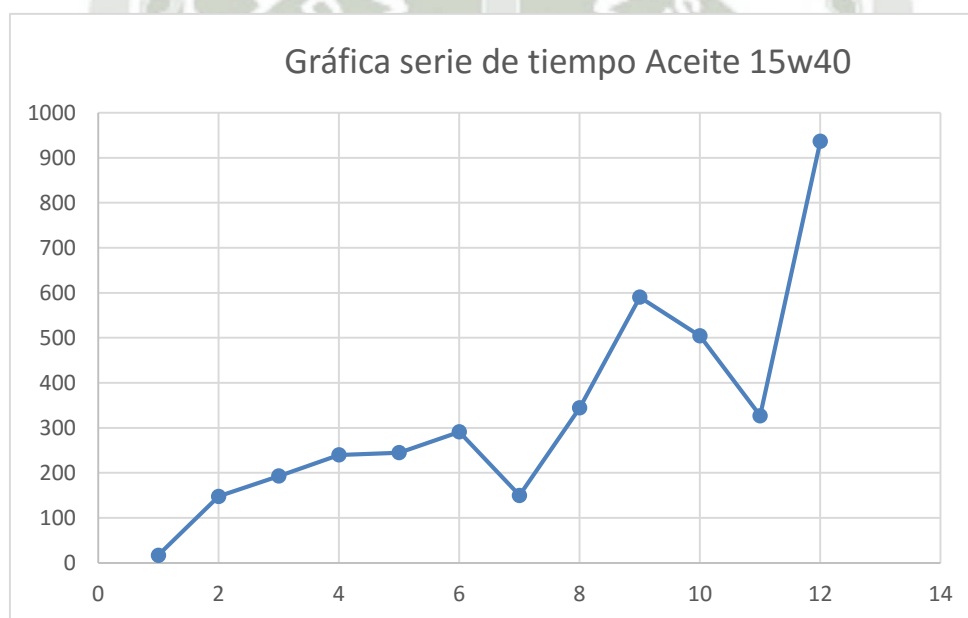


Figura 5.6 Gráfica serie de tiempo Aceite 15w40.

Fuente: Elaboración Propia

- 2) El segundo paso consiste en contrastar con el gráfico de serie de tiempo con el análisis arrojado por el software. El análisis del software arroja el modelo que mejor se ajusta a la distribución de los datos en la serie de tiempo. Con este modelo, el software crea una gráfica en donde figura la tendencia de los datos; así como también, los pronósticos

calculados. Por último, calcula también los errores MAPE, MAD y MSD, que miden la precisión del cálculo. Se tomará en cuenta el error MAPE, dado a que es el único error que se expresa en porcentaje, lo cual ayuda a conceptualizar la cantidad de error.

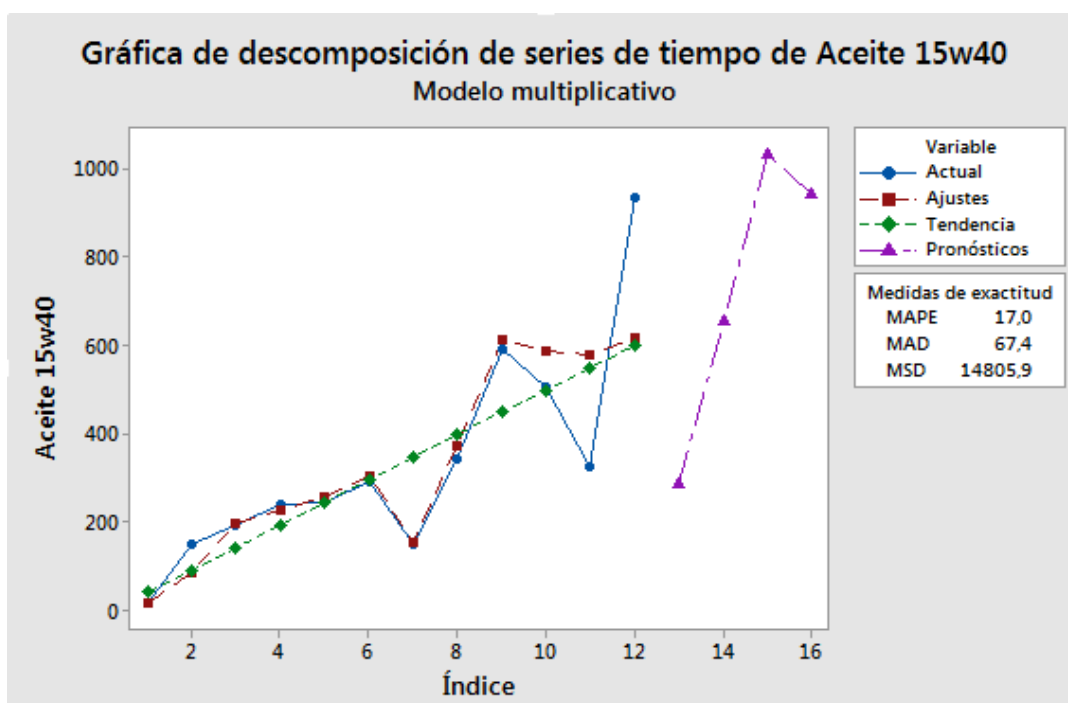


Figura 5.7 Gráfica de descomposición en software Minitab 17.

Fuente: Elaboración Propia

El software Minitab17 brinda la siguiente información estadística como se muestra a continuación:

Índices estacionales		Medidas de Exactitud		Pronósticos	
1	0,44177	MAPE	17	13	288,18
2	0,93347	MAD	67,4	14	656,55
3	1,37001	MSD	14805,9	15	1033,48
4	1,17359			16	945,17
5	1,05347				
6	1,02769				

Entonces, en base a los resultados del arrojados por el software podemos observar que para el producto “Aceite 15w40” sigue un modelo estacional multiplicativo con un error porcentual del 17.00%. En la siguiente tabla, se muestran los resultados de los modelos y pronósticos hallados para los repuestos de mayor importancia para la empresa. En el apartado de anexos, se detallan los resultados obtenidos de los repuestos de la tabla 5.6.

De esta forma manera se espera que el almacén cuente con los insumos necesarios en el momento indicado para poder atender los pedidos de repuestos que llegan día a día. El objetivo es lograr que la atención de los requerimientos de repuestos sea la más favorable para la empresa y que siempre se cuente con stock de los repuestos críticos.

Asimismo, se busca eliminar el hábito de los coordinadores logísticos al momento de suplir las roturas de stock, realizando ellos mismos compras de urgencia, que solo genera tiempo perdido y atrasos en otros procesos de su responsabilidad.

En la siguiente tabla se podrá apreciar los resultados de los pronósticos de los productos críticos para las siguientes dos quincenas, así como también el método de pronóstico óptimo analizado por el software y el error porcentual de éste.

Tabla 5.5 Resultados pronósticos de repuestos críticos.

Ítem	Insumo	Método de Pronóstico	<u>Cantidad pronosticada</u>		Unidad de medida	MAPE
			1	2		
1	ACEITE PARA MOTOR 15W40 CAT	Descomposición	288	656	Glns	17,00%
2	1R-1808 FILTRO/ FILTER CAT	Descomposición	61	29	Pza	28,18%
3	326-1644 ELEMENT AS CAT	Descomposición	14	30	Pza	34,99%
4	422-7587 ELEMENTO/ FILTER FUE EL CAT	Promedio móvil	14	33	Pza	38,59%
5	ACEITE PARA TRANSMISIÓN SAE 30 TDTO TO4 CAT	Holt Winters	195	482	Glns	24,73%
6	142-1339 ELEMENTO AIRE / ELEMENT AS CAT	Promedio móvil	18	38	Pza	32,25%
7	438-5386 FILTRO/ FILTER AS CAT	Promedio móvil	24	33	Pza	38,59%
8	1R-0762 FILTRO / FILTER A-FUE CAT	Descomposición	9	19	Pza	37,14%
9	ACEITE PARA TRANSMISIÓN SAE 50 TDTO TO4 CAT	Descomposición	149	105	Glns	14,13%
10	1R-0749 FILTRO / FILTER AS FUEL CAT	Promedio móvil	13	19	Pza	29,13%
11	360-8960 ELEMENTO/ ELEMENT FUEL CAT	Promedio móvil	14	24	Pza	28,98%
12	328-3655 ELEMENTO/ ELEMENT AS CAT	Promedio móvil	7	11	Pza	35,51%
13	142-1404 FILTRO/ FILTER CAT	Promedio móvil	13	18	Pza	27,47%
14	RA2040TM ELEMENTO/ ELEMENT 10 MICR	Promedio móvil	14	22	Pza	27,46%

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.3 Disposición de Repuestos

Siguiendo con la secuencia de las propuestas, al realizar la clasificación ABC de los insumos de la empresa, se establece una nueva distribución de estos. Se reubican los insumos del grupo A, colocándolos lo más cerca a la entrada del almacén. De igual forma, los insumos del grupo B se ubicarán al medio del container y los del grupo C se almacenarán al final de éste. Esta nueva distribución permitirá una mejor recepción y almacenamiento de los repuestos de mayor rotación y criticidad. Los almaceneros ahorran tiempo al evitar trasladarse constantemente para guardar, buscar y ubicar los repuestos en el almacén. Las siguientes figuras muestran las nuevas ubicaciones propuestas e implantadas para el almacén de repuestos.



Figura 5.8 Vista por dentro del almacén de repuestos

Fuente: Elaboración Propia

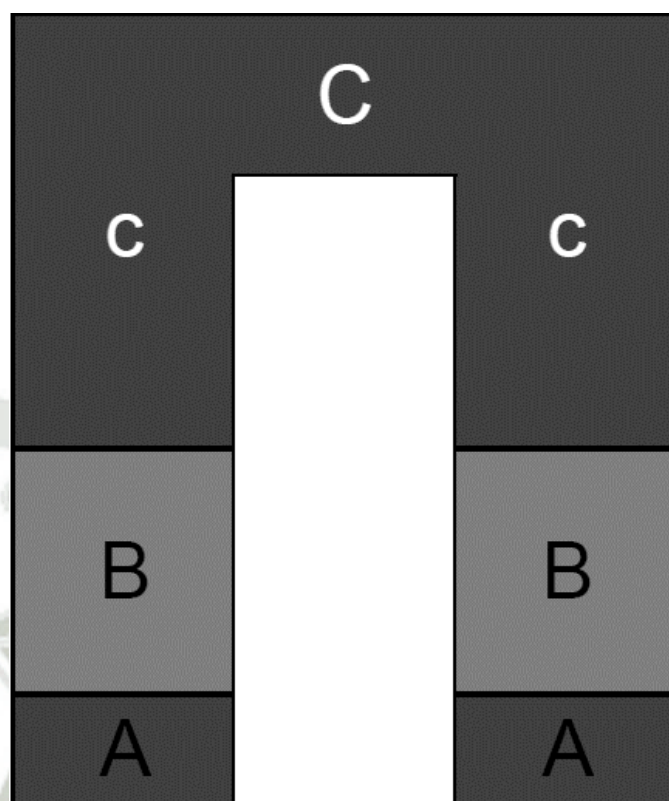


Figura 5.9 Distribución ABC en el almacén de repuestos

Fuente: Elaboración Propia

5.3. PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL PROCESO DE COMPRAS

5.3.1 Movimientos y Diferencias de Inventario

Estos dos últimos puntos identificados como críticos en la matriz AMFE, son netamente responsabilidad del coordinador logístico y de los almaceneros. Estos colaboradores no pueden realizar su debidamente dado a la falta de tiempo. Con las mejoras propuestas en los puntos anteriores, el tiempo de filtrado de requerimientos y el ingreso de las guías remisión se reduce al mínimo posible para cada repuesto, como se muestra a continuación.

Puesto: Almacenero							Equipos Atenuz S.A.	
Orden	Tareas						Observaciones (situación actual)	Observaciones (situación mejorada)
1	Recepcion de mercaderia	X					Guías de Remisión Transportista	Se continúan recibiendo físicamente
2	Recepción de documentos	X					Condiciones normales	Ningún cambio
3	Verificacion de la mercaderia				X		Mediante muestras aleatorias	Ningún cambio
4	Traslado de mercaderia a los estantes		X				Se ubica en el espacio más cercano	Ningún cambio
5	Busqueda de posiciones disponibles	X					No existe ningún criterio para ubicar	Se tiene codificado los racks por ABC
6	Registro de entrada a almacén	X					Se almacenan los repuestos uno a uno	Se almacena según lotes de envíos
7	Almacenamiento de repuestos					X	Falta de tiempo para el ingreso al sistema	Se mantiene el inventario actualizado
Total		3	1	1	1	1		

Diagrama 5.1 Diagrama DAP de recepción y almacenamiento de repuestos.

Fuente: Elaboración Propia

Puesto: Almacenero							Equipos Atenuz S.A.	
Orden	Tareas						Observaciones (situación actual)	Observaciones (situación mejorada)
1	Recepción de pedido de repuestos	X					Guías de Remisión Transportista	Se continúan recibiendo físicamente
2	Búsqueda posiciones de repuestos			X			Suele hacerse sin ningún orden	Se realiza más rápido gracias a la distribución
3	Recolección de repuestos	X					Se encuentran mal ubicados	Se realiza más rápido por la ubicación ABC
4	Check list manual de pedido				X		Verificación de todos los repuestos	Ningún cambio
5	Transporte a puerta del container		X				Condiciones normales	Ningún cambio
6	Registro de salida a almacén	X					Falta de tiempo para el ingreso al sistema	Se mantiene el inventario actualizado
Total		4	1	1	1	0		

Diagrama 5.2 Diagrama DAP de despacho de repuestos

Fuente: Elaboración Propia

De las tablas anteriores, podemos notar una notable reducción de tiempo para cada recepción y despacho de mercadería del almacén. Todo esto se logra principalmente al haber distribuido el almacén de repuestos gracias al análisis ABC que se realizó anteriormente. Otra mejora significativa es poder llevar un control actualizado del inventario, gracias al tiempo ahorrado y destinado para realizar los registros de entrada y salida del almacén de repuestos.

El analista de inventario y los almaceneros contarán con stock de los repuestos críticos y ya no realizarán toma de inventarios eventuales para conocer los niveles de stock de estos repuestos críticos. Con el ahorro de tiempo mostrado en la recepción y despacho de requerimientos de repuesto, como se aprecia en las tablas anteriores, lo que se propone es añadir una política para revisar periódicamente los niveles de Stock de los demás repuestos con un procedimiento rápido y fácil de realizar.

1. El coordinador Logístico / Analista de Almacén revisará el stock de materiales cada 15 días (miércoles), para evitar quebrar el stock se seguridad. Si en caso hubiera falta de stock reportará inmediatamente.
2. El Jefe de SCM realizará el análisis de pedido de los materiales regulares quincenalmente, aplicando la metodología necesaria, evaluando la frecuencia de consumo del bien.
3. Se deberán determinar los niveles de stock de los materiales regulares de acuerdo al análisis de pedido.

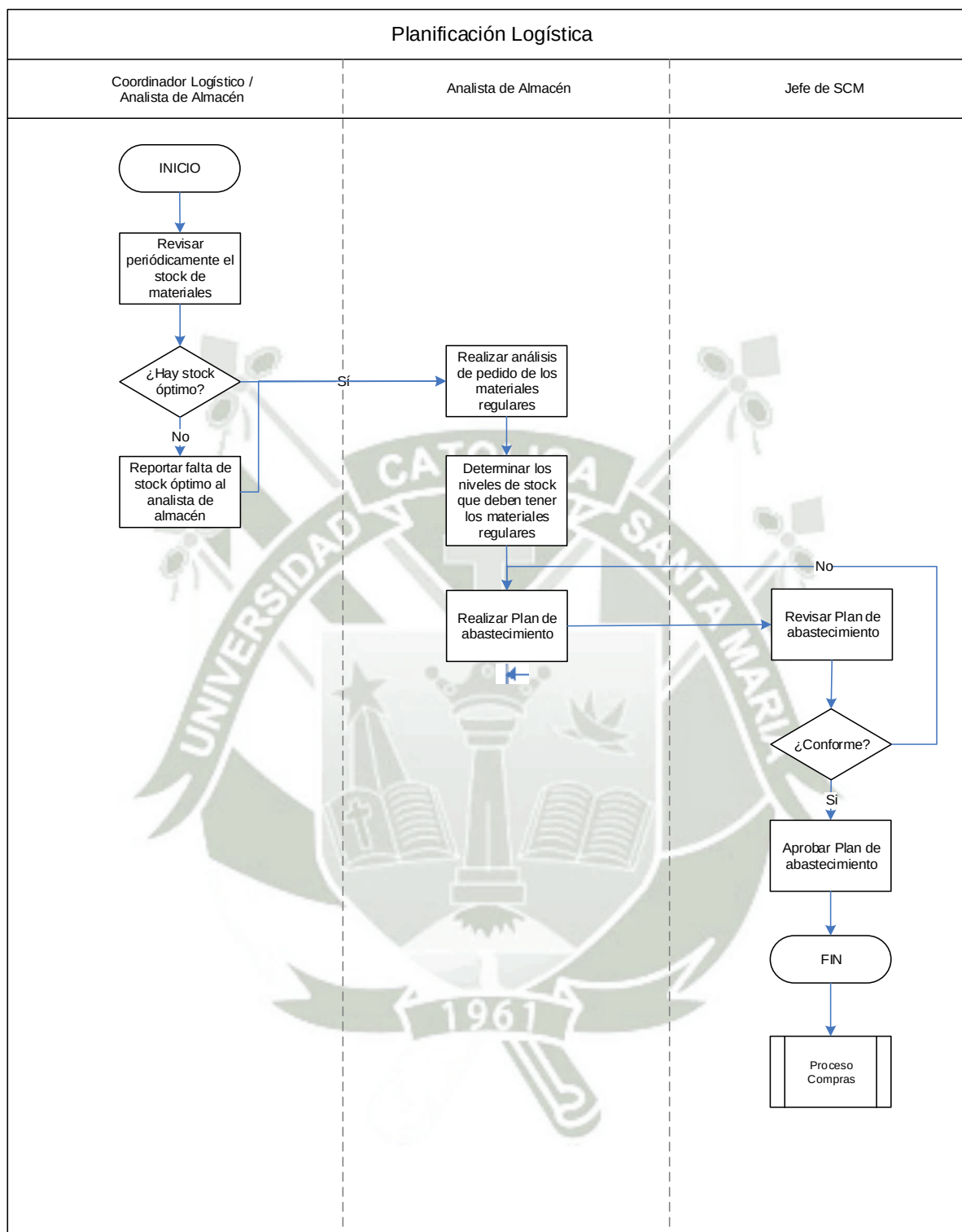


Diagrama 5.3 Planificación Logística

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 Cotizaciones

Las cotizaciones son un factor importante para la decisión de compra de un repuesto, lo que se busca es obtener un producto de calidad en el menor tiempo posible. El área de compras no tiene un rol tan significativo como el proveedor para lograr estos objetivos, ya que el proveedor se convierte en la pieza principal en la decisión de una compra. Bajo esta premisa, lo que se propone como solución para agilizar la atención de un requerimiento, es crear un procedimiento para evaluar el desempeño del proveedor antes y después del proceso de compra. Así se podrá dar tener calificación de los proveedores de la empresa y poder tomar una mejor decisión en el proceso de compras.

1. Este proceso se realiza cada vez que se realice la compra de un bien o servicio.
2. Se deberá de revisar y validar la información relacionada al proveedor, realizando un llenado del formato **“Ficha de datos del proveedor”**.
3. Verificar el cumplimiento de requisitos: Si el proveedor está registrado en SUNAT, si tiene certificación de productos (en algunos casos), si tiene correo electrónico y si el número de cuenta bancaria está a nombre de la empresa.
4. Si el proveedor cumple con los requisitos el Jefe de Cadena de Suministro se encargará de realizar la evaluación inicial de proveedor con ayuda de los siguientes formatos:
 - **“Evaluación inicial de proveedor “**
5. El Analista de Compras comunicará calificación a proveedor inmediatamente después de que el Jefe de SCM lo haya aprobado.
6. Todos los proveedores aprobados deberán ser registrados por el Analista de Compras en la base de datos **“Lista de proveedores calificados”**
7. El Analista de Compras deberá realizar una evaluación de desempeño a los proveedores usando los siguientes formatos:
 - **“Evaluación de Desempeño de proveedor ”**

Se realizará de manera periódica, permitiendo la mejora de desempeño del Proveedor.

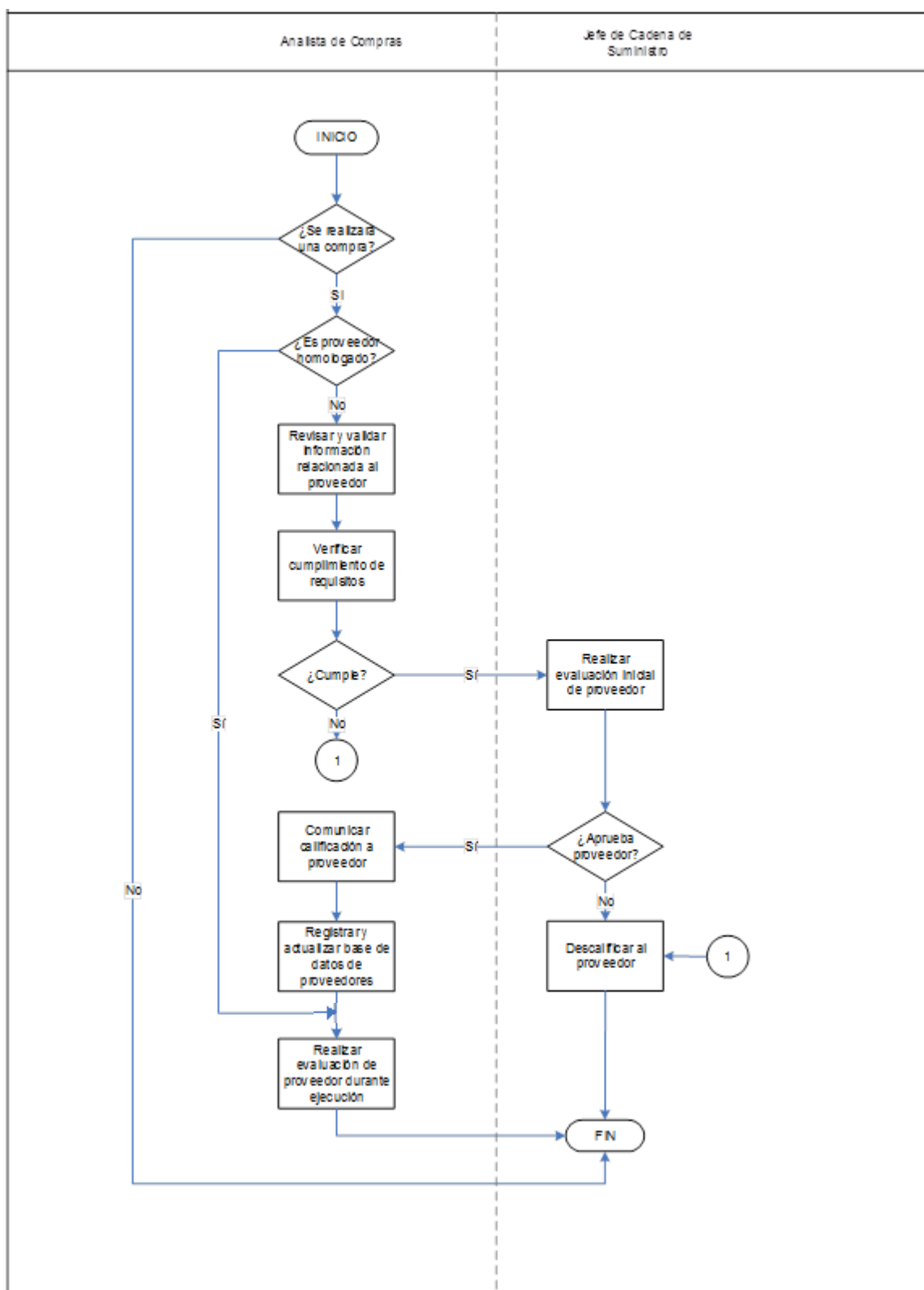


Diagrama 5.4 Evaluación y Selección de Proveedores

Fuente: Elaboración Propia

5.4 TOMAR ACCIONES PARA CONTROLAR Y MANTENER LAS MEJORAS.

En la última etapa de la metodología, la empresa debe optar por controlar y mantener las mejoras implantadas para ejecutar debidamente la herramienta de calidad Six Sigma.

5.4.1 KPI Logísticos

La gestión Logística debe medirse con la finalidad de controlar y tomar acciones si no se están cumpliendo los objetivos planteados. Por este motivo se diseñará una matriz de indicadores agregados por niveles, que se calculará con una frecuencia mensual. Los criterios que se usaron para el diseño de los indicadores son que sean fáciles de medir y que el resultado sea entendible y sirva para la toma de decisiones.

En la siguiente tabla se detallará la descripción de los criterios de los indicadores, para poder realizar la matriz de los KPI logísticos.

Tabla 5.6 Criterios para la matriz KPI Logísticos

Criterio	Descripción
Indicador	Nombre del indicador.
Objetivo	Finalidad de la medición
Método de Cálculo	Fórmula para el cálculo del indicador.
Definición	Interpretación del indicador.
Periodicidad	Intervalo de medición del indicador.
Grado Aceptabilidad	Grado de aceptabilidad del indicador.
Responsable	Persona a cargo del indicador.
Fuente de Información	Datos útiles para el indicador.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se procede a explicar el proceso de cálculos de los KPI; para esto, se tomará como ejemplo el indicador de requerimientos completos propuesto.

5.4.2 Procedimiento de cálculo de los KPI Logísticos

El primer paso consiste en realizar la tabla de criterios propia para cada indicador, con el fin de conocer detalladamente las características principales de cada indicador.

Tabla 5.7 Indicador de Requerimientos Completos

Criterio	Descripción
Indicador	Requerimientos Completos.
Objetivo	Controlar y medir la cantidad de requerimientos atendidos sin faltantes
Método de Cálculo	$\frac{\text{Requerimientos completos}}{\text{total requerimientos}}$
Definición	Porcentaje de requerimientos que se atendieron sin faltantes
Periodicidad	Cada semana
Grado Aceptabilidad	El grado de aceptabilidad es 80%
Responsable	Auxiliar de Logística
Fuente de Información	ERP de la empresa, archivador de requerimientos

Fuente: Elaboración Propia

Luego de elaborar la tabla de criterios para el indicador; mediante el uso de un formato, se procede a recopilar los datos necesarios para el cálculo de dicho indicador.

Indicador de Requerimientos Completos			
Año: _____	Requerimientos completos	Total de Requerimientos	Valor del indicador
Mes: _____	A	B	(A/B)
Semana 1	21	35	60%
Semana 2	32	40	80%
Semana 3	21	31	68%
Semana 4	20	34	59%
Total	94	140	67%

(f) _____ (f) _____
Auxiliar de Logística Jefe de Logística

Figura 5.10 Formato del indicador Requerimientos Completos

Fuente: Elaboración Propia

5.4.2 Interpretación de los KPI

Se detalla los parámetros para el cálculo del indicador de requerimientos completos, como además la tabla de estandarización de nivel de cumplimiento.

Tabla 5.8 Detalle cálculo indicador requerimientos completos

Nivel	Indicador	Método de cálculo	Peso	Mínimo	Grado Aceptabilidad	Meta	Resultado
2	Requerimientos completos	Requerimientos completos/ total requerimientos	30%	60%	80%	95%	60%

Fuente: Elaboración Propia

El resultado se calcula en el formato del indicador. Adicionalmente, una vez hallado el resultado, se puede optar por ponderar el resultado con una tabla de estandarización, elaborada según el criterio del evaluador.

Tabla 5.9 Tabla de estandarización

Resultado	Nivel de Cumplimiento
60%	50%
80%	90%
100%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.10 Nivel de Cumplimiento del indicador

Nivel	Indicador	Método de cálculo	Mínimo	Grado Aceptabilidad	Meta	Resultado	Nivel de Cumplimiento
2	Requerimientos completos	Requerimientos completos/ total requerimientos	60%	80%	95%	60%	50%

Fuente: Elaboración Propia

GESTIÓN LOGÍSTICA							
Nivel	Indicador	Método de cálculo	Peso	Mínimo	Grado Aceptabilidad	Meta	Resultado
1	Gestión de compras	Promedio ponderado Indicadores nivel 2	50%	60%	80%	100%	
1	Gestión de inventarios	Promedio ponderado Indicadores nivel 2	50%	60%	80%	100%	
GESTIÓN DE COMPRAS							
Nivel	Indicador	Método de cálculo	Peso	Mínimo	Grado Aceptabilidad	Meta	Resultado
2	Requerimientos entregados a tiempo	Requerimientos a tiempo/total requerimientos	30%	60%	80%	100%	
2	Nivel de servicio	Requerimientos entregados/total requerimientos	40%	70%	80%	100%	
2	Requerimientos completos	Requerimientos completos/total requerimientos	30%	60%	80%	100%	
GESTIÓN DE INVENTARIOS							
Nivel	Indicador	Método de cálculo	Peso	Mínimo	Grado Aceptabilidad	Meta	Resultado
2	ERI	Inventario físico/Inventario Real	50%	50%	80%	100%	
2	Rotación	Salidas/Inventario Promedio	50%	4	6	8	

Figura 5.11 Matriz KPI Logísticos

Fuente: Elaboración Propia

En la matriz de KPI se analizaron los siguientes puntos:

5.4.1.1 En la gestión de inventarios

- Para poder realizar un pronóstico más acertado de los repuestos críticos, se sugiere llevar un control actualizado de las salidas de repuestos de almacén, ya que estos datos resultarían más significativos que los pedidos de repuestos semanales.
- De ser posible, medir la rotación, obsolescencia y criticidad de los repuestos, con el fin de elaborar a futuro una clasificación ABC multicriterio, ya que estos criterios pueden resultar más significativos que el volumen de compras.

5.4.1.2 En el proceso de compras

- Medir el ratio de requerimientos atendidos a tiempo, con el fin de conocer la efectividad del área a la hora de atender un requerimiento
- Medir el nivel de servicio y los pedidos completos, para identificar los puntos débiles en la atención de un requerimiento y mejorar el proceso.
- De ser posible, que el ratio de requerimientos atendidos a tiempo, lo maneje el área de compras con el fin de las otras áreas no controlen este indicador netamente logístico.

5.5 CONTROLAR: DEFINIR LA RESPONSABILIDAD Y COMPROMISOS DEL PROYECTO.

Al implementarse la metodología Six Sigma, la empresa debe definir a los responsables del proyecto y fijar compromisos para todo el personal involucrado en este sistema de mejora.

- Los encargados del proyecto deben asegurarse que la metodología se implante y se utilice en las distintas áreas involucradas al sistema de mejora.
- Se debe fomentar las nuevas funciones a adoptarse por el personal involucrado al proyecto.
- Se debe medir el progreso de avance de la implementación en las distintas áreas involucradas.

5.6 RESULTADOS Y BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

Tras una revisión de los requerimientos de repuestos semanales se identificó que los repuestos críticos hallados en la clasificación ABC se encuentran presentes en la mayoría de estos. La siguiente tabla nos dará una idea más clara de los resultados:

Tabla 5.11 Porcentaje de repuestos críticos en los requerimientos semanales.

Semanas	Nº Total de repuestos	Total Repuestos críticos	Porcentaje rptos críticos
Sem 1	187	78	41,71%
Sem 2	118	66	55,93%
Sem 3	166	87	52,41%
Sem 4	167	100	59,88%
Sem 5	210	122	58,10%
Sem 6	59	37	62,71%
Sem 7	402	253	62,94%
Sem 8	446	285	63,90%
Sem 9	111	55	49,55%
Sem 10	217	125	57,60%
Sem 11	304	157	51,64%
Sem 12	610	362	59,34%
Sem 13	1099	644	58,60%
Sem 14	500	329	65,80%

Fuente: Elaboración Propia

Es por esto que si se adoptara esta propuesta, la empresa podría contar con stock de los repuestos críticos y de esta forma atender los requerimientos de repuestos con una mayor efectividad que antes. Ya que en promedio el 60% de los repuestos críticos se encuentran en los requerimientos de repuestos, se espera en el mejor escenario que la atención de los requerimientos de repuestos mejore significativamente, como muestra la siguiente figura:

Tabla 5.12 Escenarios para el nivel de atención de requerimientos.

Descripción	Escenario Optimista	Escenario Conservador	Escenario Pesimista
Requerimientos de repuestos (sem)	30	30	30
Defectos por millón	6	7,5	9
DPMO	66667	83333	100000
Nivel Sigma	3	2,9	2,8

Fuente: Elaboración Propia

Tras hacer una comparación de los DPMO (Defectos por millón de oportunidades) y el nivel sigma calculados anteriormente, podríamos concluir que los DPMO se redujeron en más 100000 defectos en el mejor escenario. Asimismo, el rendimiento del proceso aumentaría de 72.6% a 93.32% con un error de 3 sigmas, como muestra la siguiente figura.

Tabla 5.13 Comparación entre el rendimiento actual y propuesto del sistema.

Descripción	Actual	Propuesto
Defectos por millón	608	80
DPMO	248671	64103
Rendimiento	75.80%	93.30%
Nivel Sigma	2.2	3

Fuente: Elaboración Propia

5.6.1 Beneficios económicos del proyecto

Para medir este salto en la medida del error en términos monetarios, se calculará el costo de evitar una parada de máquina por falta de la entrega a tiempo de los repuestos para su mantenimiento. Asimismo, se considerará los beneficios obtenidos al identificar el inventario inmovilizado, tras realizarse el proceso de planificación logística y también el beneficio al evitar las compras doble de repuestos, gracias a los requerimientos filtrados de repuestos.

Tabla 5.14 Costos de rotura de Stock de repuestos.

Costos de Parada de Máquina				
Costos de Personal	Tiempo invertido	Costo por hora	Total	
Coordinador Logístico	2 horas	8 S/h	S/.	15.00
03 Mecánicos	2 horas	20 S/h	S/.	40.00
04 Vigias	3 horas	8 S/h	S/.	24.00
01 Operador	3 horas	6 S/h	S/.	18.00
Planner	2 horas	8 S/h	S/.	15.00
Otros		15 S/h	S/.	15.00
Costo de Equipos				
Equipo parado	3 horas	200 S/h	S/.	600.00
Uso de camionetas	2 horas	10 S/h	S/.	20.00
Costos Administrativos				
Costo de pedido		15 S/h	S/.	15.00
			S/.	762.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.15 Beneficios Económicos del proyecto

Beneficios Económicos del proyecto							
	Frecuencia al mes	Costo por fallo		Total al mes		Total en un año	
Paradas de Máquinas	4	S/.	762.00	S/.	3,048.00	S/.	36,576.00
Compras doble	5	S/.	192.00	S/.	960.00	S/.	11,520.00
Inventario Inmovilizado	1	S/.	1,065.00	S/.	1,065.00	S/.	12,780.00
Total				S/.	5,073.00	S/.	60,876.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.16 Evaluación económica para la implementación de las propuestas

	Año 0	Año 1	Año 2
Ahorro del sistema		S/.38,034.00	S/.41,640.00
Inversión			
Software Minitab 17 Profesional (2 licencias)	S/.10,188.54		
Capacitación del software	S/.3,000.00		
Capacitación sobre six sigma	S/.1,500.00	S/.500.00	S/.500.00
Renovación de licencias		S/.6,252.02	S/.6,252.02
Efectivo Final	-S/.14,688.54	S/.31,281.98	S/.34,887.98

Fuente: Elaboración Propia

Se consideró como inversión, la compra del software Minitab 17, el costo de la capacitación para el uso del software y posteriormente la renovación de las licencias para los dos coordinadores logísticos que actualmente laboran en obra. Para el cálculo del VAN se utilizó una tasa promedio acorde al costo de capital ponderado del rubro de la empresas mineras contratistas que oscila entre 15% y 20%.

Para el cálculo del VAN, se consideró un horizonte de evaluación de dos años, debido a que es la misma duración que tienen los proyectos que licita la empresa para prestar su servicio de movimiento de tierras. El VAN de la evaluación económica arroja un valor de 35 607 nuevos soles y una TIR mayor al 100%, lo que nos demuestra que un proyecto de mejora six sigma genera grandes beneficios a largo plazo para las empresas.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La aplicación del sistema de calidad Six Sigma en la empresa, permitió reducir las deficiencias encontradas en el servicio de movimiento de tierras, mejorando el proceso de entrega de repuestos, para el cumplimiento de los mantenimientos de la maquinaria que realiza esta actividad.

Se realizó el diagnóstico del proceso de atención requerimientos, identificando al proceso de compras y gestión de inventarios como los procesos clave en la entrega de repuestos. Se analizaron las deficiencias y se propusieron oportunidades de mejora para ambos procesos.

Mediante el uso de la metodología DMAIC, se propusieron e implantaron distintas propuestas de mejoras para los distintos focos problemáticos identificados en el proceso de atención de requerimientos de repuestos.

Se logró demostrar que implantando las mejoras propuestas, el rendimiento sigma del proceso de atención de repuestos mejora de un nivel 2.2 a un nivel 3 sigma, con miras a que en un futuro, la calidad del proceso pueda acercarse cada vez a un rendimiento seis sigma.

Se realizó una clasificación ABC del inventario, identificando los repuestos críticos y de mayor valor para la empresa, con el fin de poder establecer un mayor control para estos y poder pronosticar su demanda.

La metodología Six Sigma, ayudó a aumentar los beneficios económicos a en cuanto a evitar paradas de máquinas, compras dobles e inventario inmovilizado, por un valor de S/. 5, 745 en un mes y S/. 68, 940 anualmente.

6.2 RECOMENDACIONES

Los registros actualizados del nivel del inventario brindaran un mejor control de datos para calcular los indicadores de gestión logística. Igualmente el registro de los movimientos de almacén, proporcionarán datos reales a la hora de filtrar requerimientos de repuestos y ahorrar tiempos en la compra de estos.

Para poder aprovechar al máximo la política de abastecimiento propuesta, se recomienda recibir capacitaciones frecuentes del software Minitab 17, igualmente que el uso del programa Microsoft Excel para actualizar el análisis ABC y los pronósticos de demanda de repuestos.

Cumplir con establecer el proceso de selección y evaluación de proveedores con el fin de tener conocimiento de los proveedores con mejores referencias en el mercado, para así poder realizar un servicio más rápido y eficaz a la hora de comprar los repuestos.

Además, es recomendable que todo el personal en la empresa involucrado con los proyectos de mejora de procesos reciba una capacitación básica sobre los beneficios de la herramienta de calidad Six Sigma para una exitosa implantación de la misma.

Que la implementación de la filosofía Six Sigma en el área de logística, sirva de ejemplo para otras áreas de la empresa, a fin de evaluar otros procesos que realice la empresa, reducir gastos operacionales y buscar beneficios económicos para ésta.

REFERENCIAS

LIBROS:

- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Chopra, S. (2008). *Administración de la cadena de Suministro*. Mexico: Pearson.
- Krajewski, L. (2008). *Administración de Operaciones*. México: Pearson.
- Levine, D., Berenson, M., & Krehbiel, T. (México). *Administración de operaciones: Estrategias y análisis (5a. ed.)*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

ARTICULOS:

- Colombia, M. d. (2015). Obtenido de <http://www.pronosticoexperto.com:>
<http://www.pronosticoexperto.com/la-anatomia-de-un-pronostico.html>
- ATENUZ. (2015). Obtenido de <http://www.atenuz.com/nosotros/>: www.atenuz.com
- Collignon, J., & Vermorel, J. (Febrero de 2012). *lokad*. Obtenido de www.lokad.com

TESIS:

- Alor, Aparicio, Catalayud, & Rojas. (2014). *Reducción de stock en los almacenes de repuestos en una empresa que fabrica cajas de cartón, aplicando metodología Six Sigma*. Lima.
- Alvarez Tanaka , R. (2009). *ANÁLISIS Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PRONÓSTICOS Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO*. Lima.
- Aponte Gómez, F. A. (31 de 10 de 2014). *Implementación de un sistema de indicadores para la evaluación de la gestión logística en la empresa Baldijhoe*. Loja. Obtenido de <http://www.agas21.com/spa/item/ART00017.html#FormRequestInfo>
- Castro Romero, N. A. (2015). *Diagnóstico y propuesta de mejora en la gestión de inventarios y distribución de almacén en una importadora de juguetes aplicando el modelo SCOR y herramientas de pronósticos*. Lima.

- Herrera, W. D., & Gomes Costa, H. (2005). UNA FORMA DE CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO - ABC. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção*, 12.
- Martin Delgado Garcia, R. D. (2015). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE RUEDAS ABRASIVAS*. Arequipa.
- QUINTANILLA RODRÍGUEZ,, A. G., & PORTILLO ECHEGOVEN, R. A. (2004). *PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA A LAS EMPRESAS CERTIFICADAS CON ISO 9000 Y ORIENTADAS AL PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS*. Soyapanga.
- Ramos Menéndez, K. V., & Flores Aliaga, E. (2013). *ANÁLISIS Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PRONÓSTICOS, GESTIÓN DE INVENTARIOS Y ALMACENES EN UNA COMERCIALIZADORA DE VIDRIOS Y ALUMINIOS*. Lima.
- Rivera García, J. J. (2009). *EL SEIS SIGMA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES*. Veracruz.
- Sánchez Ruiz, E. A. (2005). *SEIS SIGMA, FILOSOFÍA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD: ESTUDIO TEÓRICO Y SU POSIBLE APLICACIÓN EN EL PERÚ*. Piura.
- Yaya Delgado, M. A. (2015). *Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) de un proceso productivo en una planta de consumo masivo*. Arequipa.

ANEXOS

Anexo N^{ro}. 1: Nivel Sigma por DPMO

Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities	Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities
99.9997	6	3.4	93.32	3	66800
99.9995	5.92	5	91.92	2.9	80800
99.9992	5.81	8	90.32	2.8	96800
99.999	5.76	10	88.5	2.7	115000
99.998	5.61	20	86.5	2.6	135000
99.997	5.51	30	84.2	2.5	158000
99.996	5.44	40	81.6	2.4	184000
99.993	5.31	70	78.8	2.3	212000
99.99	5.22	100	75.8	2.2	242000
99.985	5.12	150	72.6	2.1	274000
99.977	5	230	69.2	2	308000
99.967	4.91	330	65.6	1.9	344000
99.952	4.8	480	61.8	1.8	382000
99.932	4.7	680	58	1.7	420000
99.904	4.6	960	54	1.6	460000
99.865	4.5	1350	50	1.5	500000
99.814	4.4	1860	46	1.4	540000
99.745	4.3	2550	43	1.32	570000
99.654	4.2	3460	39	1.22	610000
99.534	4.1	4660	35	1.11	650000
99.379	4	6210	31	1	690000
99.181	3.9	8190	28	0.92	720000
98.93	3.8	10700	25	0.83	750000
98.61	3.7	13900	22	0.73	780000
98.22	3.6	17800	19	0.62	810000
97.73	3.5	22700	16	0.51	840000
97.13	3.4	28700	14	0.42	860000
96.41	3.3	35900	12	0.33	880000
95.54	3.2	44600	10	0.22	900000
94.52	3.1	54800	8	0.09	920000

Anexo N° 2: Clasificación ABC grupo A1

Item	Producto	Tipo	Puntaje Total	Valor	Clasificación
1	ACEITE PARA MOTOR 15W40 CAT	Lubricante	0.92000	S/. 146,951.58	
2	1R-1808 FILTRO/ FILTER CAT	Repuesto	0.58217	S/. 41,638.77	
3	ACEITE HIDRAULICO 10W / HYDO ADV10W CAT	Lubricante	0.56247	S/. 65,220.04	
4	GRASA GADUS V220 2	Lubricante	0.50546	S/. 76,613.23	
5	326-1644 ELEMENT AS CAT	Repuesto	0.48685	S/. 25,047.53	
6	422-7587 ELEMENTO/ FILTER FUE EL CAT	Repuesto	0.46015	S/. 41,031.27	
7	ACEITE PARA TRANSMISION SAE 30 TDTO TO4 CAT	Lubricante	0.45605	S/. 46,799.14	
8	142-1339 ELEMENTO AIRE / ELEMENT AS CAT	Repuesto	0.44707	S/. 41,608.87	
9	438-5386 FILTRO/ FILTER AS CAT	Repuesto	0.42159	S/. 30,967.19	
10	1R-0762 FILTRO / FILTER A-FUE CAT	Repuesto	0.41640	S/. 14,414.94	
11	ACEITE PARA TRANSMISION SAE 50 TDTO TO4 CAT	Lubricante	0.41276	S/. 35,315.88	
12	1R-0749 FILTRO / FILTER AS FUEL CAT	Repuesto	0.39124	S/. 15,868.70	
13	264-2131 PUNTA DE SERVICIO ADICONAL / TIP EXTRA DUTY K130 CAT	EDD	0.38917	S/. 43,238.66	
14	6I-2505 ELEMENTO/ ELEMENT AS CAT	Repuesto	0.38443	S/. 22,822.31	
15	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA M	EPP	0.38055	S/. 48,650.00	
16	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA L	EPP	0.35273	S/. 43,305.00	
17	360-8960 ELEMENTO/ ELEMENT FUEL CAT	Repuesto	0.35183	S/. 11,544.76	
18	220-9133 PUNTA DE PENTRACION / TIP PENE PLUS K130 CAT	EDD	0.33188	S/. 32,053.11	
19	UNIFORME COMPLETO AMARILLO POLAR TALLA M	EPP	0.32779	S/. 57,319.01	
20	GUANTES DRIVER EN CUERO MIXTO STEELPRO	EPP	0.32428	S/. 31,772.86	
21	328-3655 ELEMENTO/ ELEMENT AS CAT	Repuesto	0.31923	S/. 21,262.97	
22	188-3491 PUNTAS DE MARTILLO / TL MOIL CAT	Repuesto	0.31050	S/. 28,640.64	
23	8E-4193 CANTONERA / EDGE CUTTING RH CAT D8T	Repuesto	0.30834	S/. 14,497.94	
24	8E-4194 CANTONERA / EDGE CUTTING LH CAT	Repuesto	0.30834	S/. 14,497.94	
25	A9100010 PUNTA DE MARTILLO / CHISEL SG3300 HYDROKHAN	EDD	0.30343	S/. 25,022.40	
26	UNIFORME COMPLETO AMARILLO POLAR TALLA L	Repuesto	0.30331	S/. 52,975.23	
27	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA S	EPP	0.29422	S/. 24,260.00	
28	142-1404 FILTRO/ FILTER CAT	EPP	0.29124	S/. 12,869.89	
29	RA2040TM ELEMENTO/ ELEMENT 10 MICR	Repuesto	0.28769	S/. 2,806.38	
30	5I-8670 FILTRO/ FILTER A CAT	Repuesto	0.28733	S/. 8,696.00	
31	PARTE DIARIO DE TRABAJO LBB	Economato	0.28493	S/. 30,470.76	
32	CHALECO POLAR EN TASLAN NARANJA TALLA XL	EPP	0.28313	S/. 26,930.00	
33	9W-2452 PUNTA DESGARRADOR / TIP RIPPER CAT	EDD	0.28310	S/. 2,430.01	
34	7d-1577 CUCHILLA / EDGE CUTTING CAT	EDD	0.28072	S/. 15,211.09	
35	6Y-5540 CUCHILLA / EDGE CUTING CAT	EDD	0.28068	S/. 12,202.06	

A1

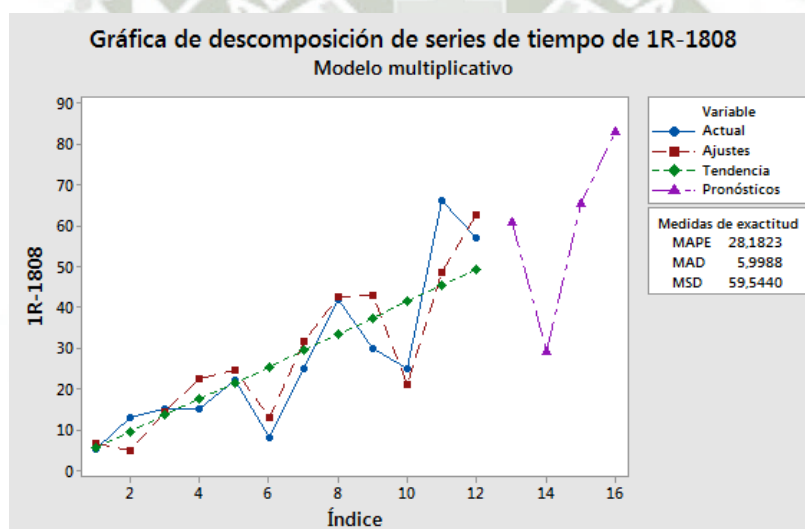
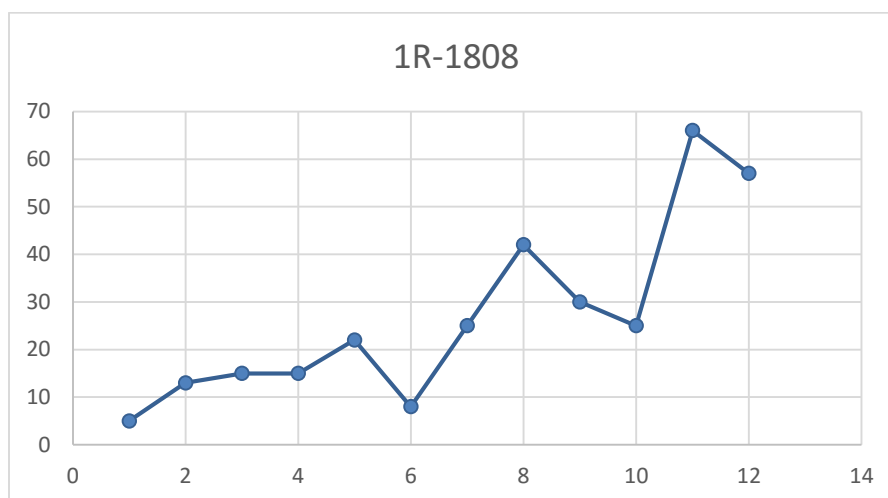
36	6Y-3394 PUNTA DESGARRADOR / PIN RIPPER RIPPER CAT	EDD	0.27628	S/. 384.06
37	299-8229 FILTRO/ FILTER AS-FUEL CAT	Repuesto	0.27542	S/. 6,623.86
40	179-9806 ELEMENTO / ELEMENT CAT	Repuesto	0.26800	S/. 17,894.43
41	135-8203 PUNTA / TIP CAT	EDD	0.26792	S/. 6,874.34
42	4T-2233 CUCHILLA /CUTTING 140K 160K	EDD	0.26771	S/. 12,809.11
43	4T-6381 EDGE CUTING CAT	EDD	0.26581	S/. 10,741.25
44	6Y-0309 PUNTA DESGARRADOR / TIP RIPPER CAT 140 160	EDD	0.26538	S/. 12,111.58
45	245-6375 ELEMENTO/ ELEMENT ASM CAT	Repuesto	0.26059	S/. 8,175.76
46	1R-0755 FILTRO/FILTER CAT	Repuesto	0.25947	S/. 7,839.56
47	1R-1807 FILTRO / LUBE FILTER CAT	Repuesto	0.25892	S/. 3,175.47
48	308-7298 FILTRO/ FILTER AS CAT	Repuesto	0.25886	S/. 4,658.53
49	093-7521 FILTRO / FILTER CAT	Repuesto	0.25669	S/. 7,006.06
50	114-0468 PASADOR / PIN J450 CAT	Repuesto	0.25588	S/. 1,763.21
51	106-3969 ELEMENTO AIRE / ELEMENT AS CAT	EDD	0.25282	S/. 10,344.55
52	ACEITE PARA TRANSMISION 80W90 VOLVO	Lubricante	0.25240	S/. 8,217.63
53	208-5235 PUNTA / TIP IMPACT CAT	EDD	0.25149	S/. 4,944.89
54	286-2114 PUNTA DE PENETRACIÃ"N PESADA K110 CAT	EDD	0.25126	S/. 13,874.42
55	UNIFORME COMPLETO FLOURESCENTE IMPERMEABLE TALLA M	EPP	0.25089	S/. 46,251.00
56	9W-8452 PUNTA / TIP J450 CAT	EDD	0.24965	S/. 5,892.56
57	1R-0716 FILTRO / FILTER A OIL CAT	Repuesto	0.24825	S/. 1,476.02
58	293-1184 FILTRO/ FILTER CAT	Repuesto	0.24817	S/. 4,449.53
59	UNIFORME COMPLETO AMARILLO POLAR TALLA S	EPP	0.24761	S/. 37,772.00
60	6I-2506 ELEMENT CAT	Repuesto	0.24690	S/. 10,066.14
61	1R-0777 FILTRO / FILTER CAT	Repuesto	0.24502	S/. 5,004.31
62	UNIFORME COMPLETO FLOURESCENTE IMPERMEABLE TALLA L	EPP	0.24488	S/. 47,450.10
63	469-4319 ADAPTADOR / ADAPTER-RH CAT	EDD	0.24421	S/. 7,262.54
64	470-7975 PUNTA K130	EDD	0.24418	S/. 13,250.68
65	ACEITE PARA MOTOR 15W40 VOLVO	Lubricante	0.24307	S/. 3,919.75
66	8E-8469 RETEN / RETAINER CAT	EDD	0.24267	S/. 2,301.65
67	346-6687 FILTRO/ FILTER CAT	Repuesto	0.24197	S/. 8,589.56
68	293-1137 FILTRO/ FILTER CAT	Repuesto	0.24141	S/. 5,420.89
69	361-9554 ELEMENTO / ELEMENMT FILTER CAT	Repuesto	0.23993	S/. 3,478.30
70	11110683 FILTRO SEPARADOR DE AGUA /FILTER VOLVO	Repuesto	0.23965	S/. 18,388.69
71	201-1239 RETAINER CAT	EDD	0.23922	S/. 1,265.64
72	368-2854 CUCHILLA / SIDERCUTEER-L CAT	EDD	0.23898	S/. 2,694.26
73	469-4316 ADAPTADOR / ADAPTER CTR CAT	EDD	0.23839	S/. 4,015.70
74	467-9813 PUNTA DE PENETRACION PLUS / TIP K130 PENE PLUS	EDD	0.23778	S/. 11,331.99

Anexo N° 3: Fichas de evaluación de Proveedores

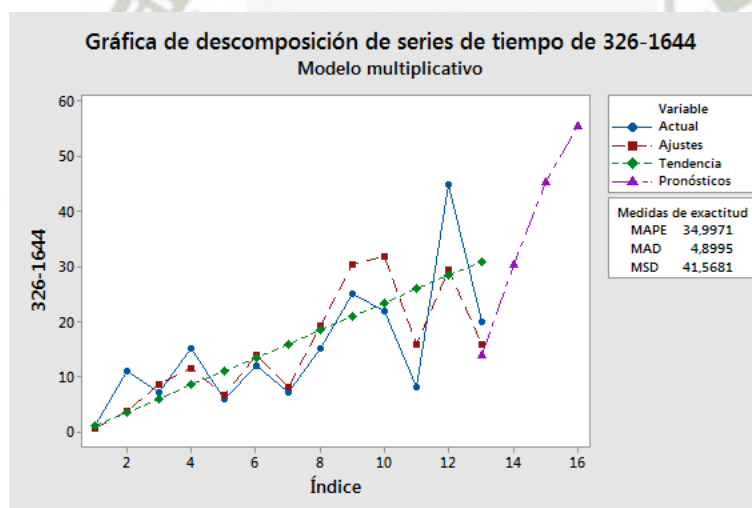
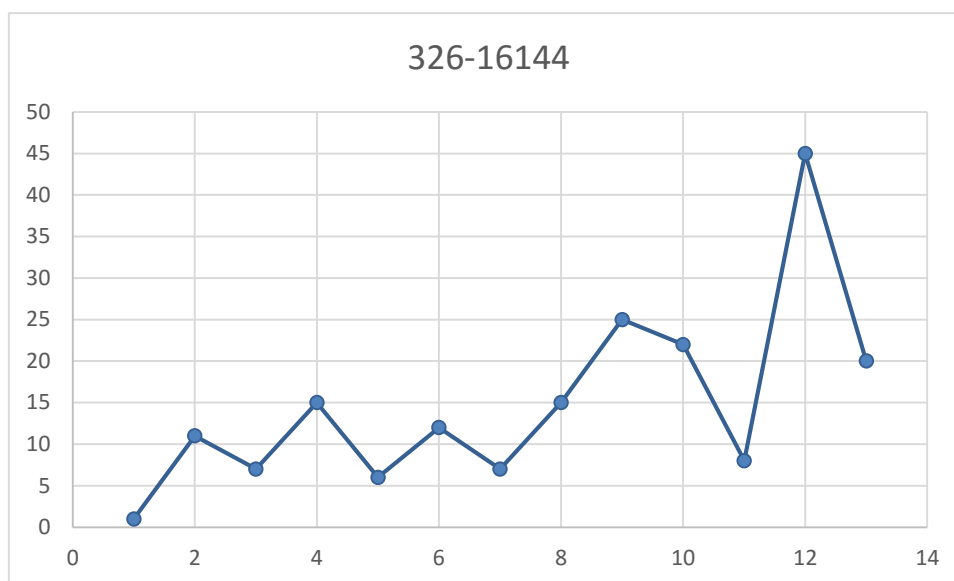
EQUIPOS atenuz		EVALUACIÓN INICIAL DE PROVEEDORES											
PROCESO	LOG	SUBPROCESO	GAS	GIE	VERSIÓN	01							
CÓDIGO	R-LOG-GAS-02		PÁGINA	1 de 1	F.A.	30/09/2015							
Proveedor: _____			Contacto: _____										
Correo electrónico: _____			<table border="1"> <tr> <th>Día</th> <th>Mes</th> <th>Año</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Día	Mes	Año			
Día	Mes	Año											
Fecha de la evaluación: _____													
Los siguientes son los criterios para realizar la evaluación inicial del proveedor antes de realizar la compra y/o servicio.													
COMPRAS Y/O SERVICIOS			Cumple	Puntaje									
				Máximo	Asig.								
Precio Unitario	• El precio unitario es competitivo en el mercado	☐	50	0.00									
	• Existen descuentos del precio por compras	☐											
Estandares de Calidad	• La calidad del producto es aceptable	☐	15	0.00									
	• El producto cuenta con certificación y ficha técnica	☐											
CONDICIONES COMERCIALES	• Se cuenta con línea de crédito	☐	25	0.00									
	• La mercadería se entrega en almacén	☐											
	• La línea de crédito es mayor a 30 días	☐											
	• El plazo de entrega es inmediato	☐											
ACUERDOS ADICIONALES	• La mercadería se entrega puesta en obra	☐	10	0.00									
	• Acepta devoluciones	☐											
			100	0.00									
Observaciones: _____													
Area que realiza la evaluación: _____													
INTERPRETACIÓN													
CALIFICACIÓN:	<table border="0"> <tr> <td>Mayor a 80 puntos</td> <td>• El proveedor permanece por un periodo más</td> </tr> <tr> <td>Entre 60 y 79 puntos</td> <td>• El proveedor queda en periodo de prueba</td> </tr> <tr> <td>Menor a 60 puntos</td> <td>• El proveedor es retirado del listado de proveedores</td> </tr> </table>							Mayor a 80 puntos	• El proveedor permanece por un periodo más	Entre 60 y 79 puntos	• El proveedor queda en periodo de prueba	Menor a 60 puntos	• El proveedor es retirado del listado de proveedores
	Mayor a 80 puntos	• El proveedor permanece por un periodo más											
	Entre 60 y 79 puntos	• El proveedor queda en periodo de prueba											
Menor a 60 puntos	• El proveedor es retirado del listado de proveedores												
Nota 1:	En caso de no aplicar parcial o totalmente alguno de los numerales a evaluar el valor de este se deberá repartir proporcionalmente entre los demás.												

EQUIPOS atenuz		EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE PROVEEDORES											
PROCESO	LOG	SUBPROCESO	GAS	GIE	VERSIÓN	01							
CÓDIGO	R-LOG-GAS-03		PÁGINA	1 de 1	F.A.	30/09/2015							
Proveedor:		Contacto:											
Correo electrónico:					<table border="1"> <tr> <th>Día</th> <th>Mes</th> <th>Año</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Día	Mes	Año			
Día	Mes	Año											
		Fecha de la evaluación:											
Los siguientes son los criterios para realizar la evaluación inicial del proveedor antes de realizar la compra y/o servicio.													
COMPRAS Y/O SERVICIOS			Cumple	Puntaje									
				Máximo	Asig.								
Documentación	• Cumple con la documentación que se solicitó en la orden de compra	☐	20	0.00									
	• La factura y guía de remisión no contiene errores	☐											
	• La cotización tiene una respuesta inmediata	☐											
Estandares de Calidad	• La calidad cumple las especificaciones del proveedor	☐	60	0.00									
	• La calidad supera las expectativas	☐											
	• La mercadería llegó en buen estado	☐											
CONDICIONES COMERCIALES	• El plazo de entrega se cumplió según lo establecido	☐	20	0.00									
	• La mercadería se entregó en almacén	☐											
	• La mercadería llegó correctamente embalado	☐											
			☐	100	0.00								
Observaciones:													
Área que realiza la evaluación: _____													
INTERPRETACIÓN													
CALIFICACIÓN:	Mayor a 80 puntos	• El proveedor permanece por un periodo más											
	Entre 60 y 79 puntos	• El proveedor queda en periodo de prueba											
	Menor a 60 puntos	• El proveedor es retirado del listado de proveedores											
Nota 1:	En caso de no aplicar parcial o totalmente alguno de los numerales a evaluar el valor de este se deberá repartir proporcionalmente entre los demás.												

Anexo N^{ro.} 4: Pronósticos de los repuestos críticos.



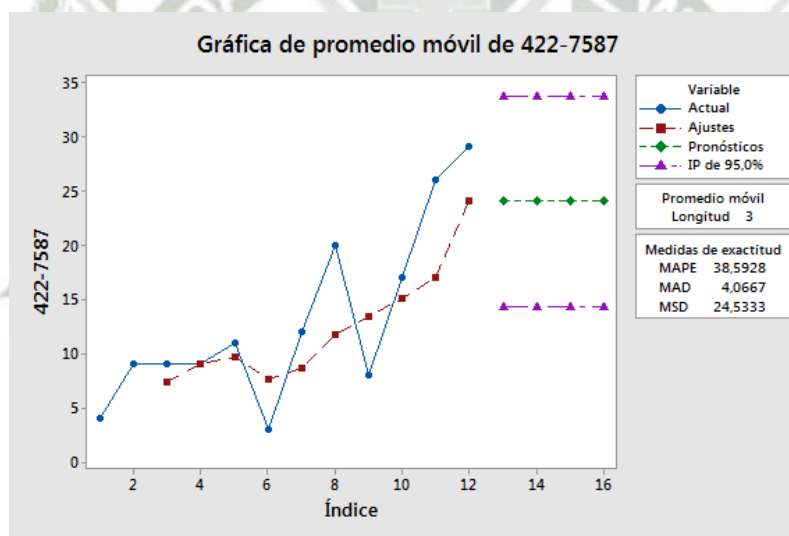
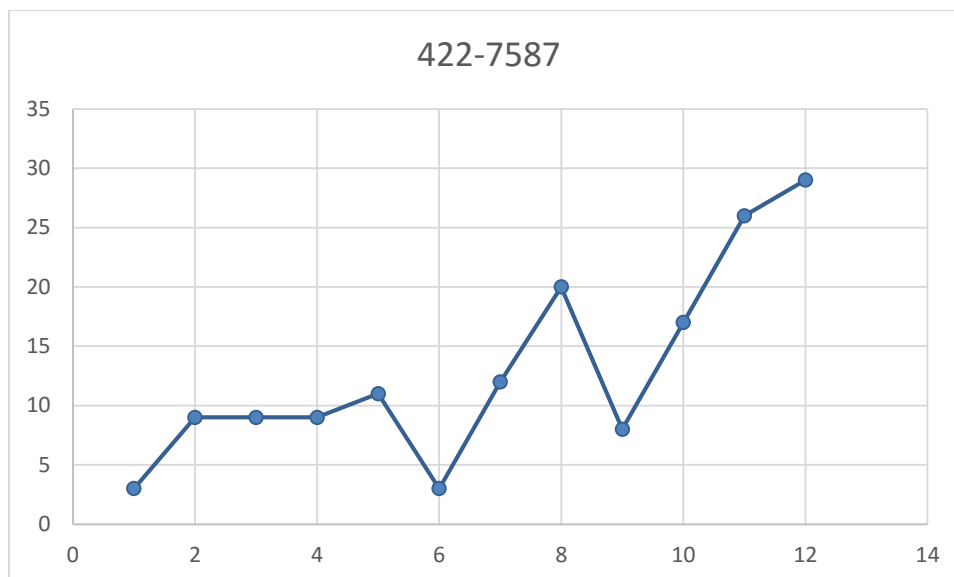
Índices estacionales		Medidas de Exactitud		Pronósticos	
1	1.14702	MAPE	28.1823	13	61.0327
2	0.50653	MAD	5.9988	14	28.9634
3	1.07186	MSD	59.544	15	65.544
4	1.27459			16	83.0016



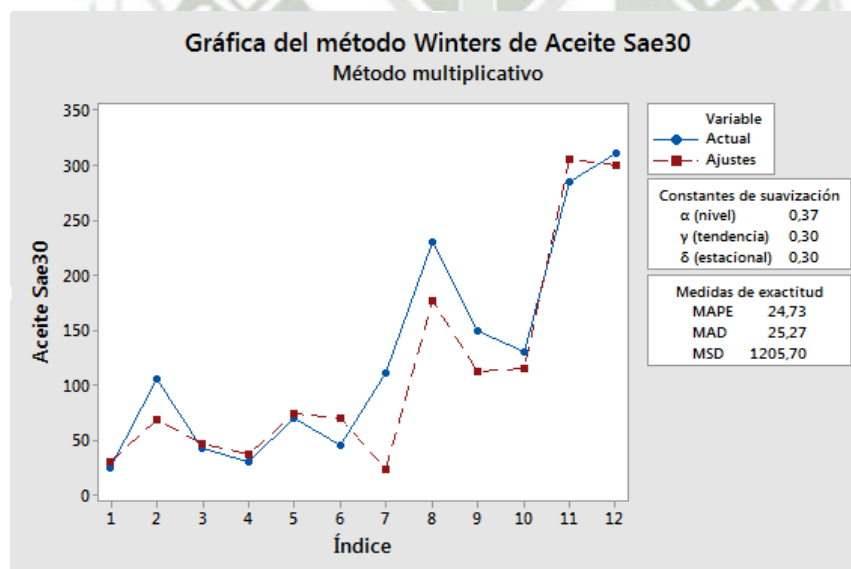
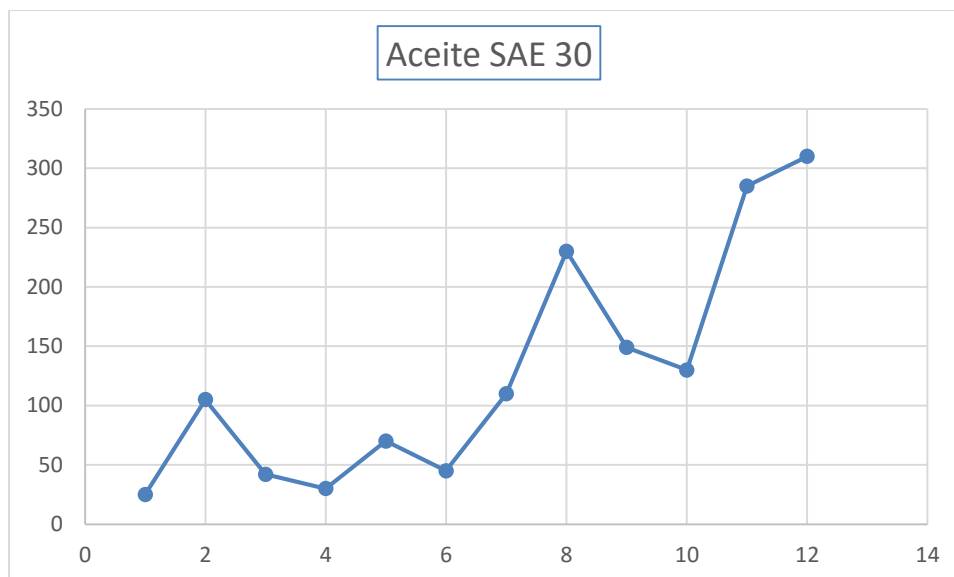
Promedio Móvil	
Longitud	4

Medidas de Exactitud	
MAPE	59.8
MAD	38.01
MSD	2258.7

Pronósticos	
13	45.6637
14	231.961
15	59.45
16	183.54



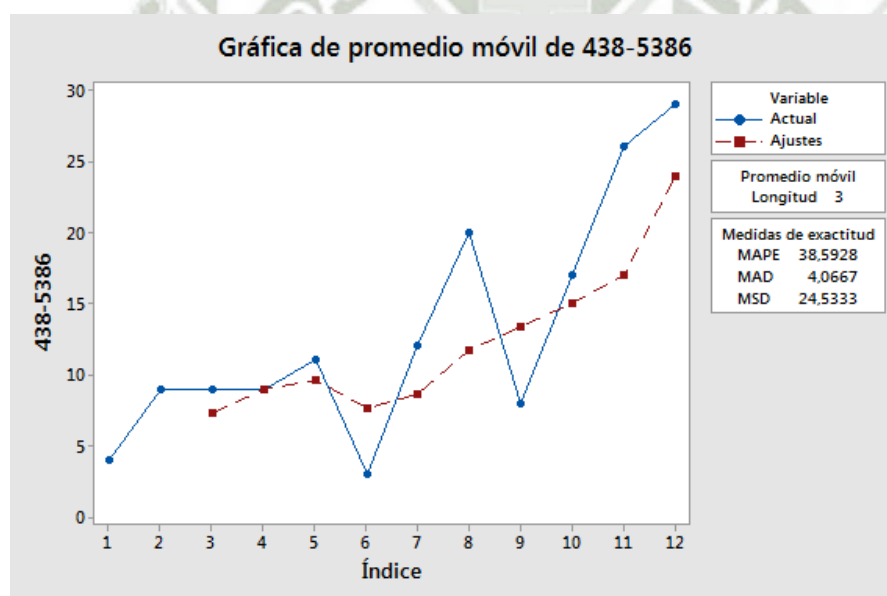
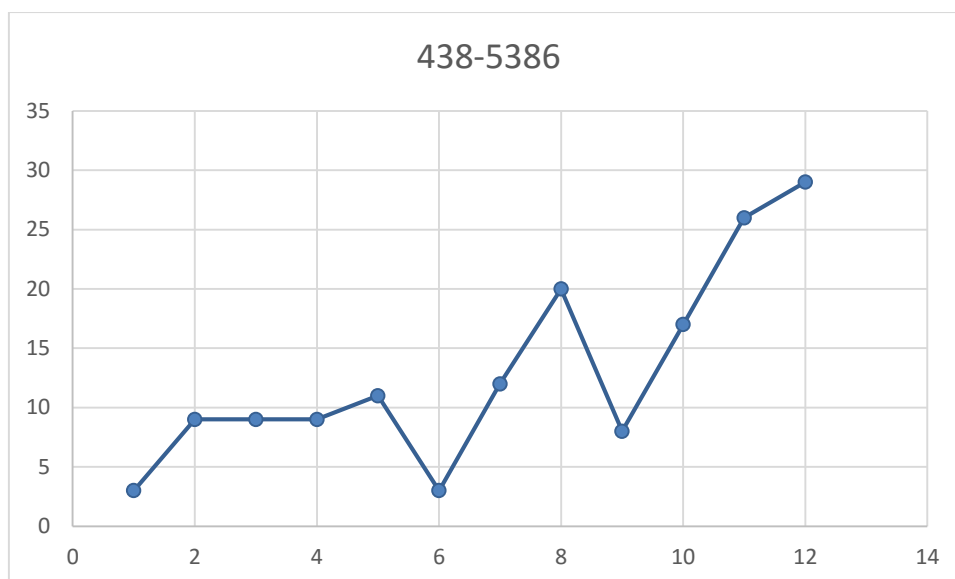
Promedio Móvil		Medidas de Exactitud		Pronósticos	
Longitud	3	MAPE	38.5928	13	14.2921
		MAD	4.0667	14	14.2921
		MSD	24.5333	15	14.2921
				16	14.2921
					33.7079
					33.7079
					33.7079
					33.7079



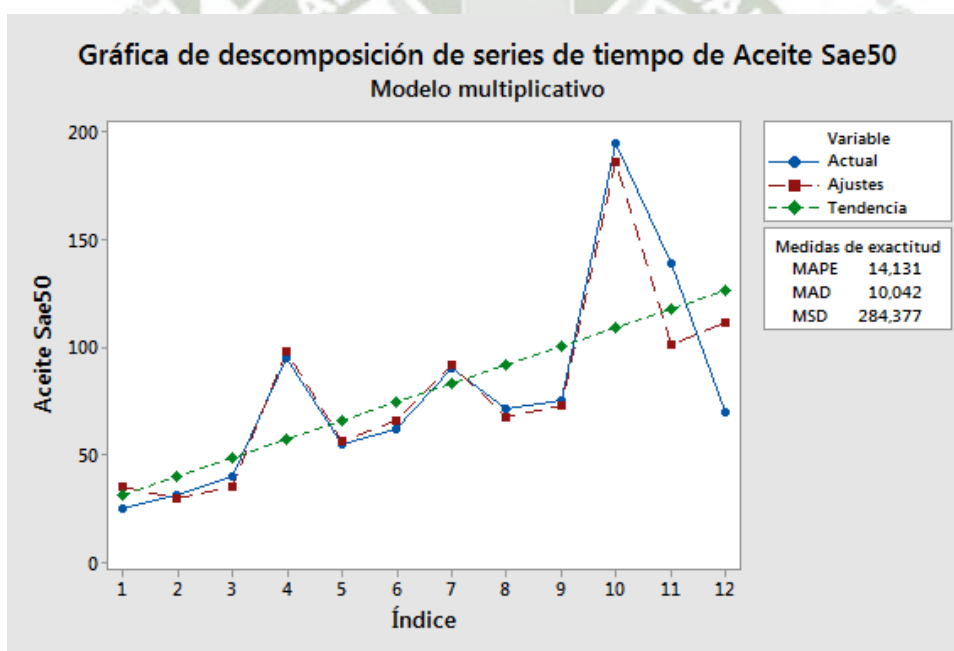
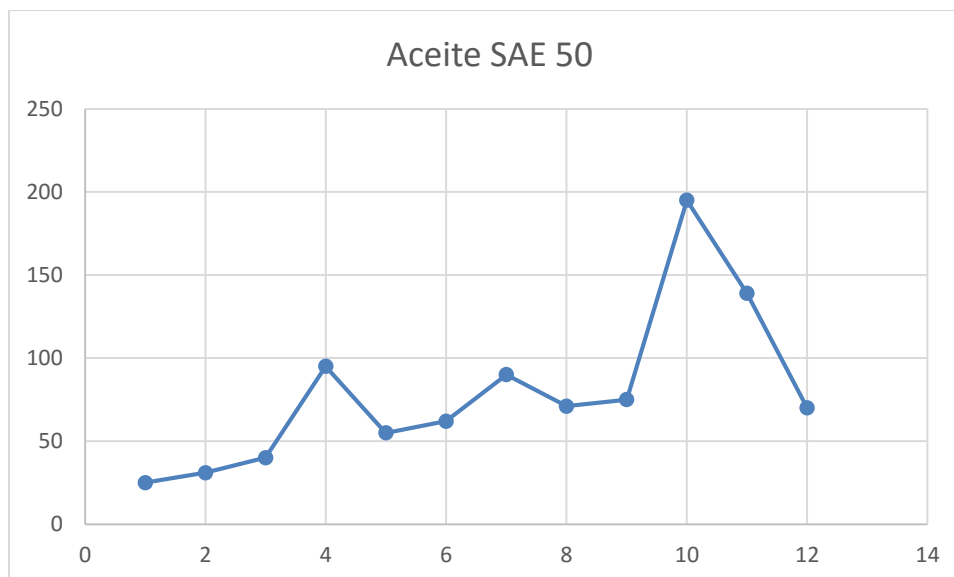
Índices estacionales	
1	0.51209
2	1.04123
3	1.44752
4	1.35589
5	0.61085
6	1.03243

Medidas de Exactitud	
MAPE	34.9971
MAD	4.8995
MSD	41.5681

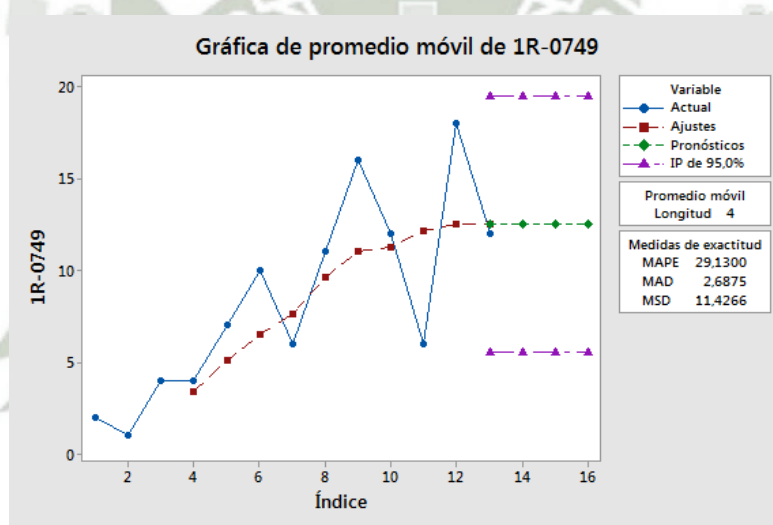
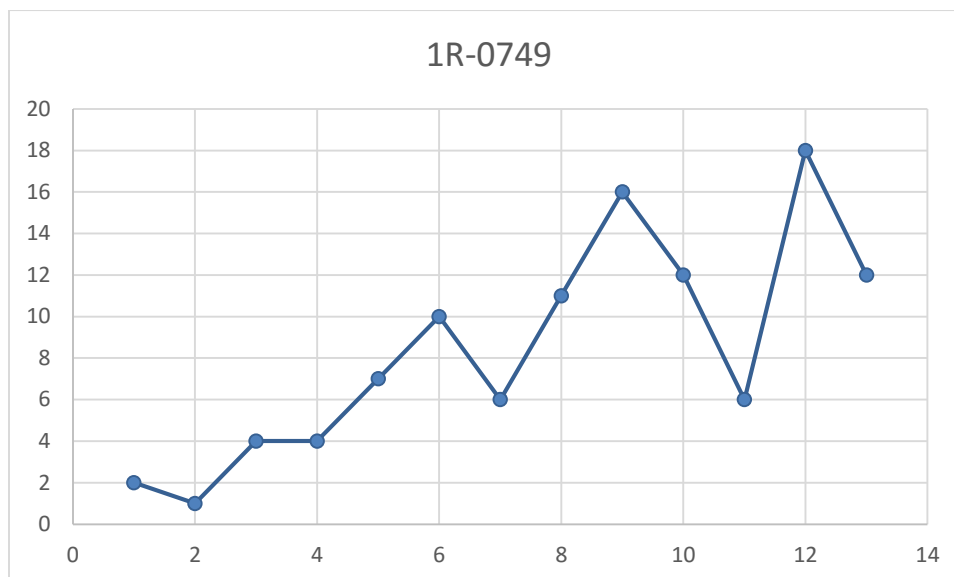
Pronósticos	
13	13.8996
14	30.4334
15	45.3277
16	55.6425



Promedio Móvil		Medidas de Exactitud		Pronósticos		
Longitud	3	MAPE	32.2506	13	17.8661	38.1339
		MAD	3.8667	14	17.8661	38.1339
		MSD	26.7333	15	17.8661	38.1339
				16	17.8661	38.1339



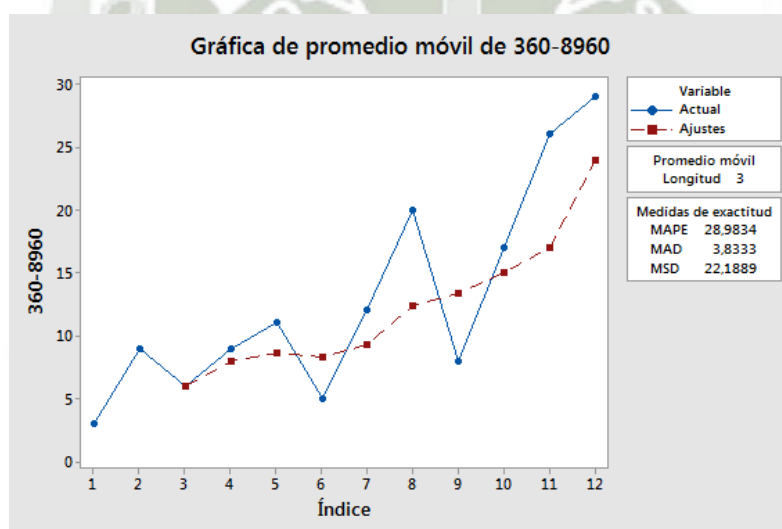
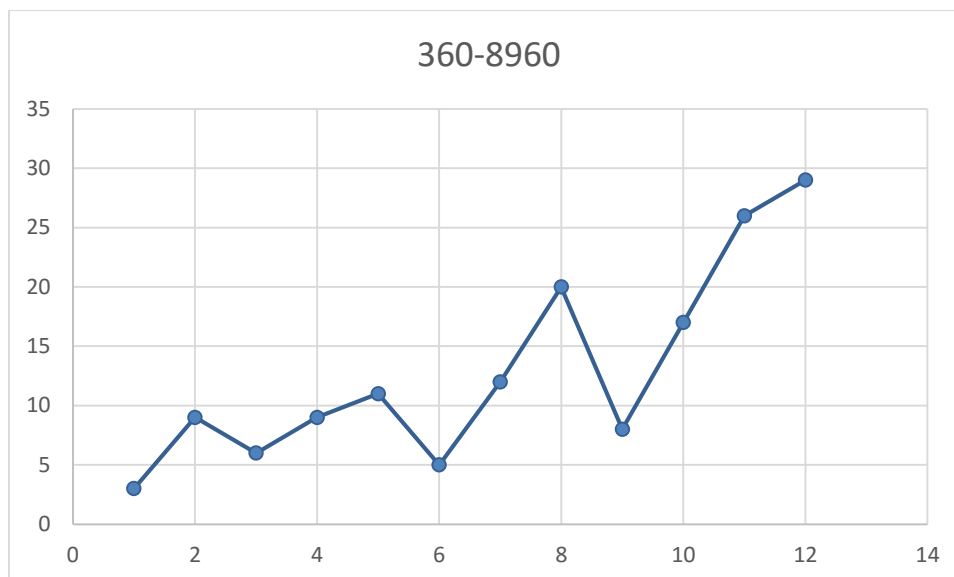
Promedio Móvil		Medidas de Exactitud		Pronósticos		
Longitud	3	MAPE	38.5928	13	14.2921	33.7079
		MAD	4.0667	14	14.2921	33.7079
		MSD	24.5333	15	14.2921	33.7079
				16	14.2921	33.7079



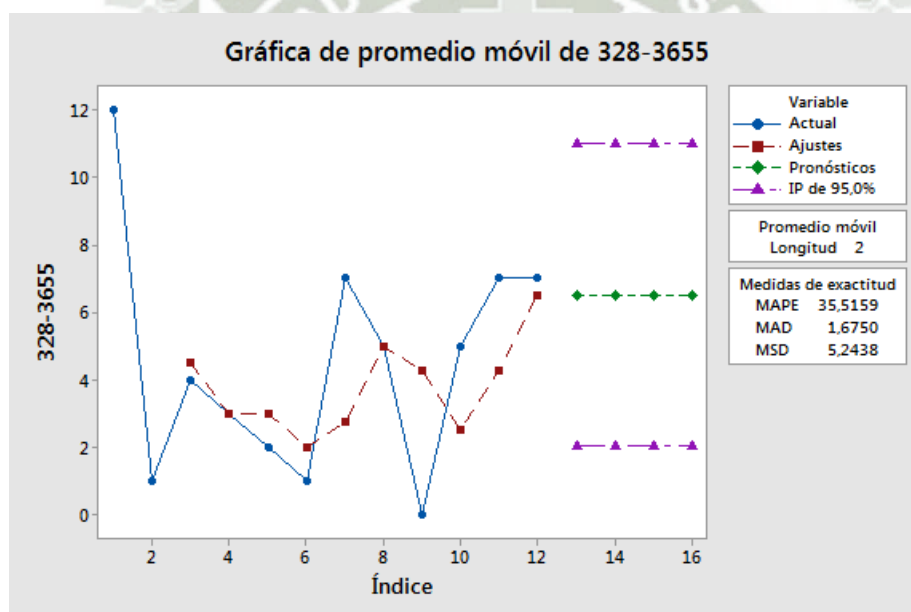
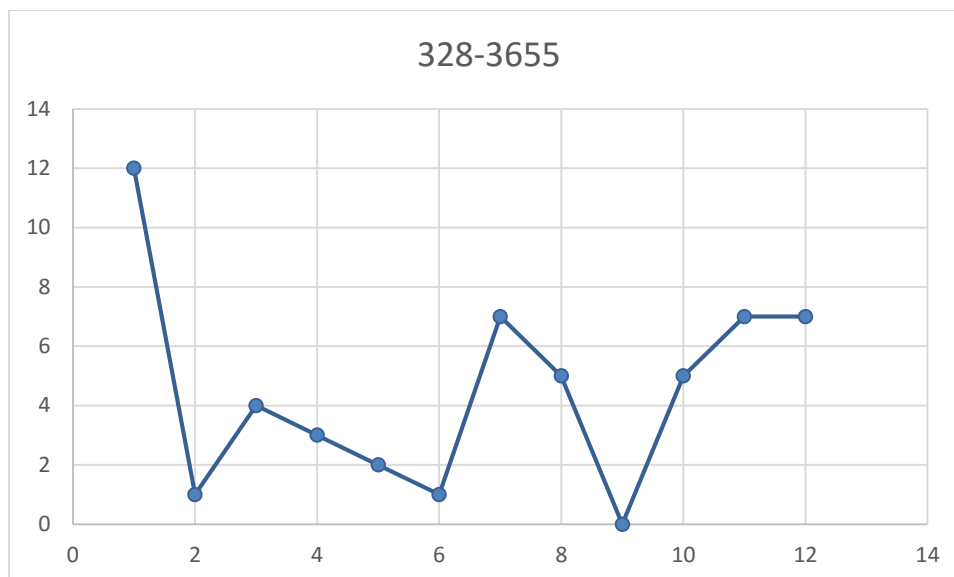
Índices estacionales	
1	0.4709
2	1.00376
3	1.65838
4	1.57108
5	0.31786
6	0.97802

Medidas de Exactitud	
MAPE	37.1469
MAD	3.8013
MSD	24.6837

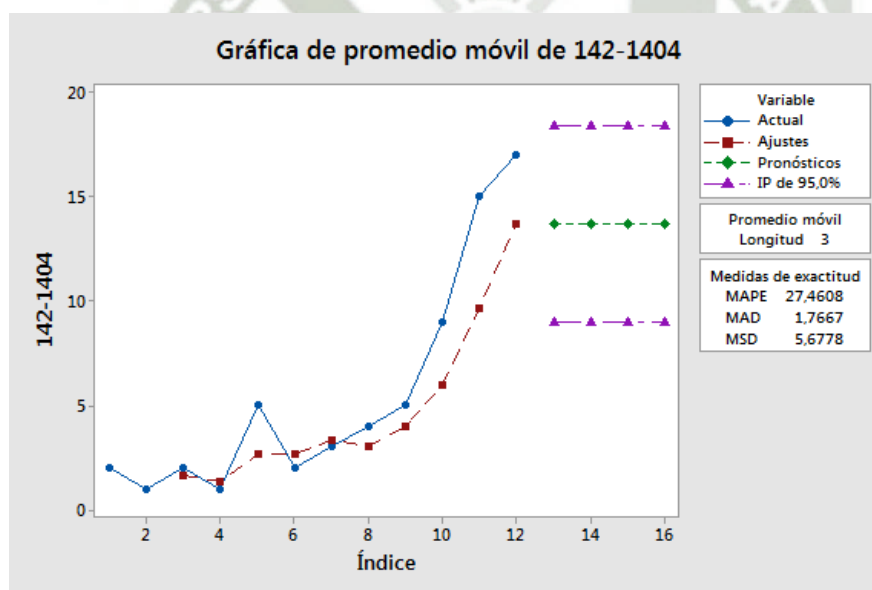
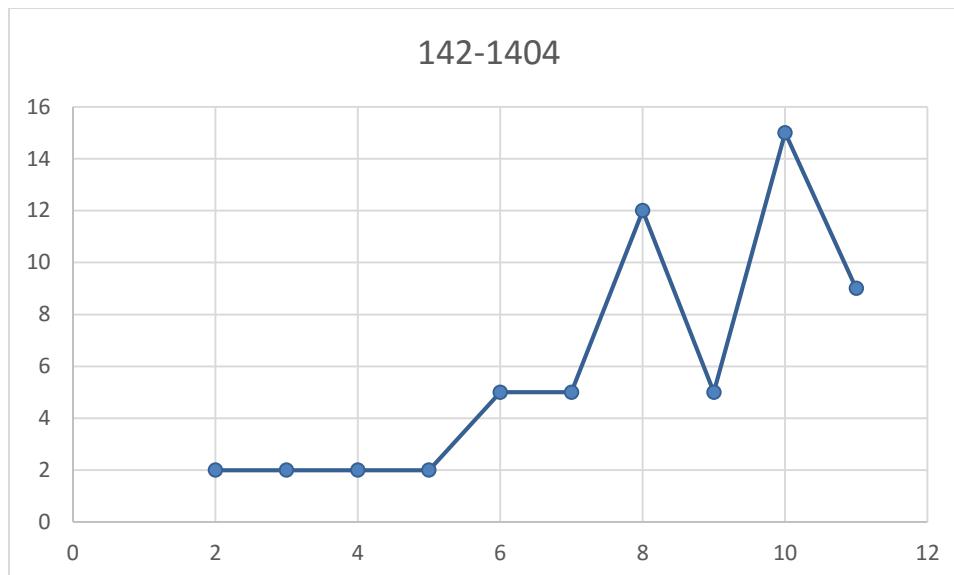
Pronósticos	
13	8.6375
14	19.7693
15	34.9057
16	43.2623



Promedio Móvil		Medidas de Exactitud		Pronósticos		
Longitud	3	MAPE	32.2506	13	17.8661	38.1339
		MAD	3.8667	14	17.8661	38.1339
		MSD	26.7333	15	17.8661	38.1339
				16	17.8661	38.1339



Promedio Móvil		Medidas de Exactitud		Pronósticos	
Longitud	2	MAPE	35.5159	13	2.01183
		MAD	1.675	14	2.01183
		MSD	5.2438	15	2.01183
				16	2.01183
					10.9882
					10.9882
					10.9882
					10.9882



Promedio Móvil		Medidas de Exactitud		Pronósticos		
Longitud	4	MAPE	29.13	13	5.52396	19.476
		MAD	2.6875	14	5.52396	19.476
		MSD	11.4266	15	5.52396	19.476
				16	5.52396	19.476