

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PARA REDUCIR EL TIEMPO DE PARADAS DE MÁQUINA EN UNA
EMPRESA FABRICANTE DE PLÁSTICOS EN EL PERÚ**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR
BACH. ROJAS VITE, CARLOS EDISSON
BACH. SALAZAR LARA, ADOLFO JEAN PIERRE
ASESOR: ING. FALCON TUESTA, JOSÉ ABRAHAM**

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, porque me dieron todo el apoyo incondicional hasta en los momentos más difíciles, lo que me impulsó a lograr satisfactoriamente esta etapa de mi carrera.
¡Muchas gracias!

Carlos Rojas Vite

Este trabajo está dedicado a mis padres, que siempre me apoyaron para seguir adelante en los momentos más críticos en mi carrera profesional y de mi vida. Este es el resultado de una etapa y el comienzo de una mejor. ¡Gracias!

Adolfo Salazar Lara

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirnos en cumplir con este sueño. A nuestras familias por su apoyo incondicional, por sus consejos y motivación del día a día. A nuestros amigos y compañeros quienes nunca nos abandonaron cuando más lo necesitamos. A todos los profesores con quienes nos hemos relacionado, ya que no solamente nos han enseñado ser profesionales, sino también a ser mejores personas.

Carlos Rojas Vite

Adolfo Salazar Lara

INDICE GENERAL

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	1
<i>1.1 Descripción y formulación del problema principal y secundario</i>	2
1.1.1 Formulación del problema principal	7
1.1.2 Formulación de los problemas secundarios	7
<i>1.2 Objetivo general y específico</i>	8
1.2.1 Objetivo general	8
1.2.2 Objetivos específicos	8
<i>1.3 Delimitación de la investigación</i>	8
1.3.1 Delimitación espacial	8
1.3.2 Delimitación temporal	9
<i>1.4 Justificación e importancia</i>	9
1.4.1 Justificación Teórica	9
1.4.2 Justificación Metodológica	9
1.4.3 Justificación Económica	10
1.4.4 Justificación Práctica	10
1.4.5 Justificación Social	11
1.4.6 Importancia	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
<i>2.1 Antecedentes del estudio de investigación</i>	12
<i>2.2 Bases teórica vinculada a las variables de estudio</i>	14
2.2.1 Planificación de los requerimientos de material I (MRP I):	14
2.2.2 Planificación de los requerimientos de recursos de manufactura (MRP II):	19
2.2.3 Métodos de Pronósticos de la Demanda	24
2.2.4 Principio de Pareto	26
2.2.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM):	28
<i>2.3 Definición de términos básicos</i>	32
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	34

3.1	<i>Hipótesis</i>	34
3.1.1	Hipótesis Principal	34
3.1.2	Hipótesis Secundarias	34
3.2	<i>Variables</i>	34
3.2.1	Definición conceptual y operacionalización de las variables	35
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO		37
4.1	<i>Tipo y nivel de investigación</i>	37
4.1.1	Tipo de investigación	37
4.1.2	Nivel de investigación	37
4.2	<i>Diseño de investigación</i>	38
4.3	<i>Enfoque</i>	38
4.4	<i>Población y muestra</i>	38
4.4.1	Población	39
4.4.1	Muestra	39
4.5	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	39
4.5.1	Técnicas para recolección de datos	39
4.5.2	Instrumentos de recolección de datos	40
4.6	<i>Confiabilidad y validez de los instrumentos de recolección de datos</i>	41
4.6.1	Confiabilidad de los instrumentos	41
4.6.1	Validez de los instrumentos	41
4.7	<i>Técnicas de procesamiento y análisis de la información</i>	41
CAPÍTULO V: ASPECTOS OPERATIVOS		43
5.1	<i>Diagnóstico situacional</i>	43
5.1.1	Descripción de la realidad	43
5.1.2	Procesos de mantenimiento en la empresa y funciones	61
5.2	<i>Análisis de paradas de máquina</i>	63
5.2.1	Análisis de las causas del problema	65
5.2.2	Análisis de las causas del problema	67
5.3	<i>Correlación de las Variables</i>	70
5.4	<i>Propuesta de Solución</i>	74
5.4.1	Metodologías a utilizar	74

5.4.2	Aplicación de la Mejora	75
5.5	<i>Resultados obtenidos</i>	96
5.5.1	Análisis de Resultados	98
5.6	<i>Flujo de Caja Económico</i>	99
CONCLUSIONES		100
RECOMENDACIONES		101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		102
ANEXOS		104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparativa de producción real 2016 y 2017 vs proyectada 2018.....	3
Figura 2. Diagrama de Paradas de Máquina del área de espumado por año 2016; 2017; parte del 2018.....	4
Figura 3. Diagrama de parada de máquina por área en el periodo jul-2017 a jun-2018.....	5
Figura 4. Diagrama de parada de máquina en el área de espumado periodo jul 2017 a jun-2018.....	6
Figura 5. Indicador de la Gestión de Mantenimiento vs Horas de paradas de Máquina periodo jul 2017 a jun-2018.....	7
Figura 6. Diagrama de proceso de elaboración del MRP	15
Figura 7. Estructura del producto.....	16
Figura 8. Plan de Requerimiento de Materiales	17
Figura 9. Estructura de un Sistema MRP II.....	19
Figura 10. Diagrama de métodos	25
Figura 11. Diagrama de Pareto	27
Figura 12. Cuadro de TMP	28
Figura 13. Pilares del Mantenimiento Productivo Total.....	30
Figura 14. Pasos del mantenimiento planificado.....	32
Figura 15: Organigrama general de la empresa 2018.....	46
Figura 16. Balance Score Card de la Empresa.....	47
Figura 17. Plato PS N18	49
Figura 18. Vaso Térmico 10 OZ.....	49
Figura 19. Vaso PP 07 OZ “A”	49
Figura 20. Container Térmico 4 OZ.....	49
Figura 21. Bandeja PS Ovalada	50
Figura 22. Piso Torta PP Cartonplast 29cm.....	50
Figura 23. Caja Térmica ½ Pollo B.....	50
Figura 24. Cuchara PP N06.....	50
Figura 25. Repostero Térmico 07	50
Figura 26. Tapa PS P/Gelatinero PP.....	50

Figura 27: Organigrama del área de Espumado	51
Figura 28: Layout del área de Espumado	53
Figura 29. Mapa de procesos.....	55
Figura 30. Diagrama de bloques del área de Producción Rígidos.....	56
Figura 31. Flujograma del Proceso de Extrusión	57
Figura 32. Flujograma del Proceso de Termoformado y Empaquetado	58
Figura 33. Flujograma del Proceso de Molido	59
Figura 34. Imagen actual 1 de Extrusora ChiChang área Espumado	60
Figura 35. Flujograma del Proceso de Compras	62
Figura 36. Identificación de las causas del problema en horas de paradas de máquina para la extrusora (ESP-2) periodo jul-2017 a jun-2018	63
Figura 37. Diagrama de árbol de problemas – Fallas constantes de máquina	65
Figura 38. Causas de Fallas constantes de máquina periodo jul-2017 a jun-2018	66
Figura 39. Diagrama de árbol de problemas – Entrega de repuestos fuera de tiempo	68
Figura 40. Diagrama de árbol de problemas – Entrega de repuestos fuera de tiempo	69
Figura 41. Prueba de Normalidad – Variable Horas Totales de Paradas de máquina	71
Figura 42. Prueba de Normalidad – Variable Gestión de Mantenimiento	71
Figura 43. Coeficiente de Correlación	72
Figura 44. Gráfica de Coeficiente de Correlación	73
Figura 45. Pasos para el establecimiento del mantenimiento planificado	75
Figura 46. Inspección de Caja Reductora.....	76
Figura 47. Inspección de Motor Eléctrico	77
Figura 48. Inspección de Variador Principal	78
Figura 49. Mantenimiento a la Caja Reductora.....	79
Figura 50. Mantenimiento a los Motores Eléctricos	80
Figura 51. Mantenimiento al Variador Principal.....	81
Figura 52. Lista de Actividades por Sistema de Mantenimiento	83
Figura 53. Lista de Actividades por Frecuencia de Mantenimiento.....	85
Figura 54. Lista de Actividades por Frecuencia de Mantenimiento	87
Figura 55. Seguimiento del Mantenimiento Planificado	88
Figura 56. Registro de Órdenes de Trabajo para los Mantenimientos Planificados	89

Figura 57. Cronograma de Repuestos para mantenimientos programados	95
Figura 58. Flujo de Caja	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Justificación económica y pérdidas de la empresa.....	10
Tabla 2. Definición y operacionalización de las variables.....	35
Tabla 3. Pareto de identificación de las causas del problema en horas de paradas de máquina para la extrusora (ESP-2) periodo jul-2017 a jun-2018.....	64
Tabla 4. Análisis Pareto para las causas que generan las Fallas Constantes de Máquina...67	
Tabla 5. Análisis Pareto para las causas que generan la Entrega de Repuestos Fuera de Tiempo.....	69
Tabla 6. Correlación de las variables – Periodo Jul-2017 a Jun 2018	70
Tabla 7. Tabla de metodologías y causas del problema	74
Tabla 8. Cantidad Total de Actividades por Frecuencias y Sistemas de Mantenimientos para la Extrusora ESP-2.....	86
Tabla 9. Tabla de repuestos con más demanda periodo jul-2017 a jun-2018	92
Tabla 10. Tabla de repuestos con el tiempo de espera respectivo periodo jul-2017 a jun-2018	93
Tabla 11. Tabla de resultados – Fallas Constantes de Máquina	96
Tabla 12. Tabla de resultados – Entrega de Repuestos Fuera de Tiempo	97
Tabla 13. Tabla de resultados – Disponibilidad por avería.....	97

RESUMEN

La presente tesis de investigación fue realizada con el fin de brindar una propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basada en un pilar de la metodología TPM (Mantenimiento Planificado); y en la planificación de recursos de manufactura MRP II enfocada en los repuestos; para una máquina extrusora en el área de espumado en una empresa de producción y distribución de productos plásticos descartables colaborando con la reducción de tiempo de paradas de máquina.

De acuerdo a la información recaudada, los problemas específicos radican en el aumento de las horas de paradas de maquina debido a fallas constantes de máquina y entregas de repuestos fuera de tiempo. Esto perjudica toda la operación de producción, generando retrasos y horas extras para completar los pedidos.

Los resultados de la investigación favorecen la aplicación de las metodologías antes nombradas, ya que se ha visto una mejora del 71% con respecto al indicador de la gestión de mantenimiento, que a su vez reduce las horas de paradas de máquina para la extrusora en el área de espumado.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se puede concluir que las metodologías utilizadas son favorables para poder atacar los problemas específicos expuestos en la investigación, ya que se ha evidenciado mediante la experimentación los resultados positivos que se presentan por la aplicación de dichas metodologías. Además, a través del flujo de caja proyectado, la inversión necesaria para cumplir la implementación se recupera en casi 2 meses, dando a entender que la propuesta es viable y favorable para la empresa.

Palabras Claves: TPM, MRP II, planificación, disponibilidad, parada de máquina, entrega de repuestos fuera de tiempo

ABSTRACT

This research thesis was carried out in order to provide a proposal to improve maintenance management based on a pillar of the TPM methodology (Planned Maintenance); and in MRP II manufacturing resource planning focused on spare parts; for an extruder machine in the foaming area in a production and distribution company of disposable plastic products collaborating with the reduction of machine downtime.

According to the information collected, the specific problems lie in the increase in the hours of machine shutdowns due to constant machine failures and deliveries of spare parts out of time. This damages the entire production operation, generating delays and overtime to complete the orders.

The results of the research favor the application of the aforementioned methodologies, since it has seen an improvement of 72% with respect to the indicator of maintenance management, which in turn reduces the hours of machine stops for the extruder in the foaming area.

According to the above, it can be concluded that the methodologies used are favorable to be able to attack the specific problems exposed in the research, since the positive results presented by the application of said methodologies have been evidenced through experimentation. In addition, through the projected cash flow, the investment needed to complete the implementation is recovered in almost 2 months, implying that the proposal is viable and favorable for the company.

Keywords: TPM, MRP II, planning, availability, machine stop, spare parts delivery

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se desarrolló una propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para el área de mantenimiento de una empresa productora y distribuidora de envases de plástico descartables. Para este propósito se utilizarán las metodologías de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la Planificación de recursos de manufactura (MRP II) enfocado en los repuestos de las maquinarias, para reducir las paradas de una máquina, de este modo mejora la gestión del mantenimiento.

El primer capítulo, en el planteamiento del problema, se especificó el problema principal y los problemas secundarios que se obtienen como investigación; así como también se define los objetivos y límites para la investigación; y de qué manera éstos ayudarán con el desarrollo de la empresa.

El segundo capítulo, se refirió al marco teórico, en el cual se demostrará investigaciones anteriores que puedan ejemplificar el desarrollo de esta tesis. Así mismo se especifican las metodologías para las propuestas de mejora y sus términos básicos para el desarrollo de dicha tesis.

El tercer capítulo, se centró en el sistema de hipótesis, describe las hipótesis principales y secundarias que se utilizarán en la investigación, así como definir cada variable con su respectiva relación.

El cuarto capítulo, se basa en el diseño metodológico, describió las herramientas que se tomarán en cuenta para el desarrollo la investigación y las características de esta. Como los son el tipo; el enfoque; población y muestra; y el diseño.

Finalmente, en el quinto capítulo, aspectos operativos, se expuso la situación actual de la empresa y la identificación de problemas relacionados a la investigación. En el caso del Mantenimiento productivo Total (TPM) y el MRP II, se mostrará el procedimiento experimental y el resultado de la mejora con respecto al modelo actual.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema principal y secundario

La empresa en la que se basa el estudio es una empresa mediana dedicada al rubro de producción continua y distribución de envases plásticos descartables. Dicha empresa obtiene enormes cantidades de materia prima y genera altos volúmenes de productos plásticos descartables, con el fin de cubrir la demanda en el mercado nacional e internacional (México y Bolivia).

El estudio va a utilizar al área de espumado debido a ciertas limitaciones con la empresa. No obstante, ésta cuenta con un total de 9 máquinas especializadas en la producción de platos, cajas térmicas y reposteros, estos productos son de los principales generadores de volumen de producción dentro de la empresa.

Para el primer trimestre del 2017 la empresa pudo entrar al mercado altamente competitivo de México, el cual le exige un volumen de producción mayor al que normalmente están acostumbrados. Debido a esto, se impulsó una directiva dirigida a aumentar el volumen de producción de cada área, dentro de las cuales se encuentra el área de espumado.

Con motivo de graficar la situación, la Figura 1 muestra el incremento de la necesidad de producción real para el año 2017 y una proyección para el 2018 con respecto a lo real en el año 2016 para el área de espumado:



Figura 1. Comparativa de producción real 2016 y 2017 vs proyectada 2018

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

Como se puede apreciar en la Figura 1, existe una necesidad de aumentar el nivel de producción ya que la demanda del mercado lo exige.

Desafortunadamente, dicha directiva no ha dado los resultados esperados a pesar de los esfuerzos, las horas de parada de máquina están en aumento y perjudican toda la producción. Debido a esto, se están incurriendo en horas extra y en un sobre esfuerzo de las maquinarias para poder cubrir dicha demanda.

Para cumplir con el objetivo de producción que la empresa se ha trazado, se necesita que las 2 máquinas extrusoras en el área de espumado estén operativas el mayor tiempo posible.

Para graficar el aumento de paradas de máquina que viene ocurriendo en el área de ESPUMADO desde dicha directiva se presenta la siguiente Figura 2:

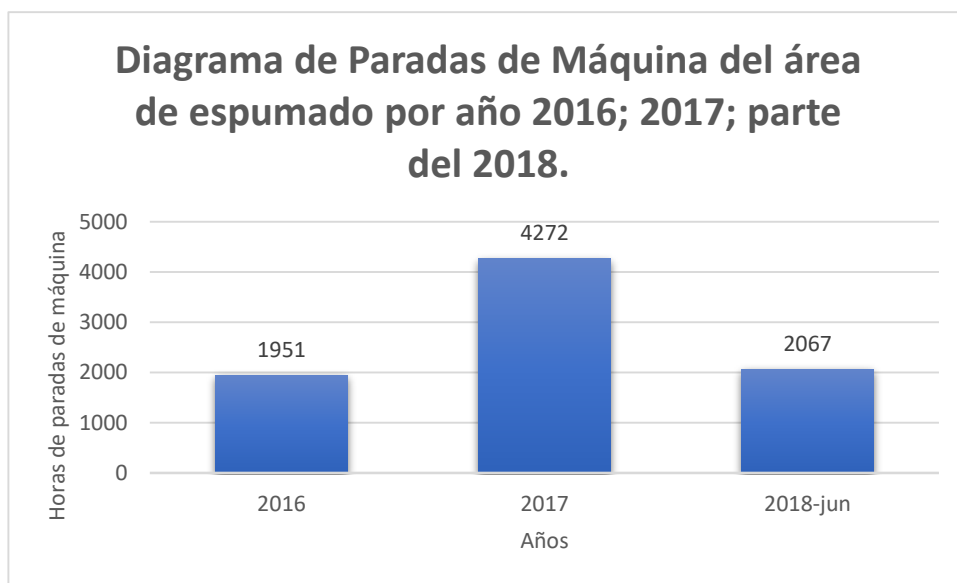


Figura 2. Diagrama de Paradas de Máquina del área de espumado por año 2016; 2017; parte del 2018.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

Según la Figura 2, se puede ver el aumento de horas de paradas de máquina en el área de espumado que viene ocurriendo desde el año 2017 y para lo que va del año 2018. Este fenómeno está estrechamente ligado al aumento de producción que se requiere desde el año 2017 hasta el presente (Jun-2018).

La investigación va a delimitar el tiempo de análisis por el periodo de un año que va de Julio 2017 hasta Junio 2018. Por lo cual, se muestra la siguiente Figura 3 que ejemplifica la elección del área de espumado:



Figura 3. Diagrama de parada de máquina por área en el periodo jul-2017 a jun-2018. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

En la Figura 3 se puede apreciar que las horas de paradas de máquina para el área de espumado son significativamente mayores que para otras áreas, teniendo en cuenta que áreas como *Carton Plast* y *Rig. Vasos y Envases* tienen un mayor número de máquinas trabajando, 25 y 17 respectivamente, contra solo 9 del área de espumado.

Cuando se analiza el área de espumado, se identifica que el mayor problema dentro de dicha área es el de la máquina de extrusión. En la siguiente Figura 4 se presenta la información:

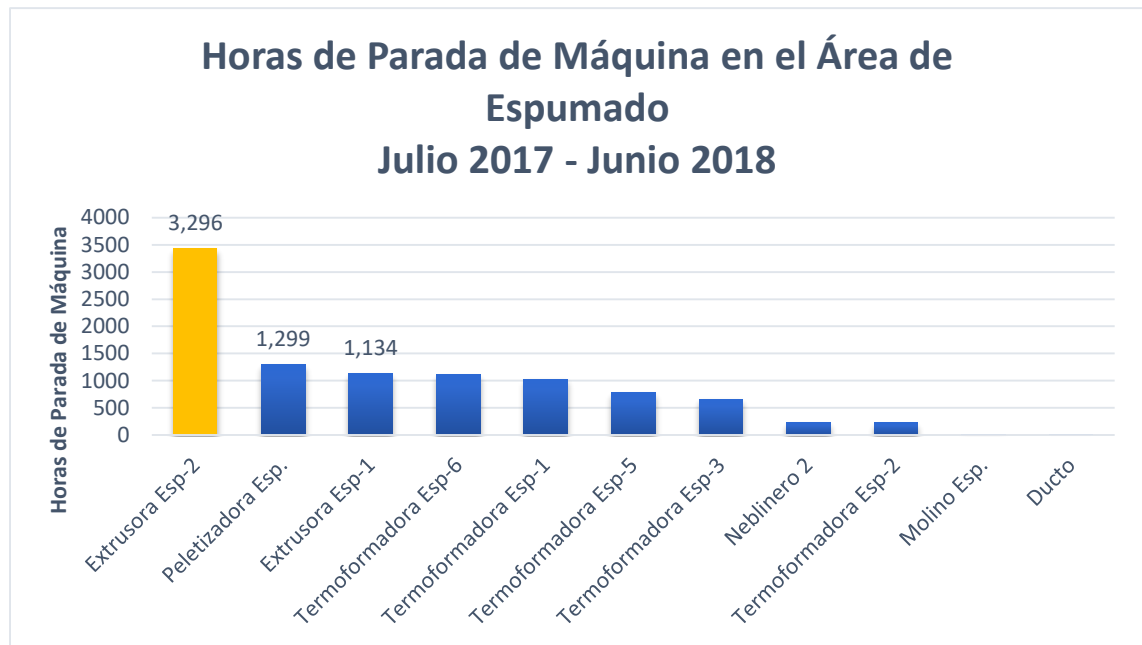


Figura 4. Diagrama de parada de máquina en el área de espumado periodo jul 2017 a jun-2018.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Junio 2018

Según la Figura 4, la máquina extrusora (ESP-2) es la que tiene mayores paradas de máquina. Esto perjudica completamente a la producción, ya que se considera que esta máquina tiene una función crítica en el proceso.

Las horas de paradas de máquina están estrechamente relacionadas con la gestión de mantenimiento como se puede ver en la siguiente Figura 5 que muestran los datos para la extrusora ESP-2 del área de espumado para los periodos Julio 2017 a Junio 2018:

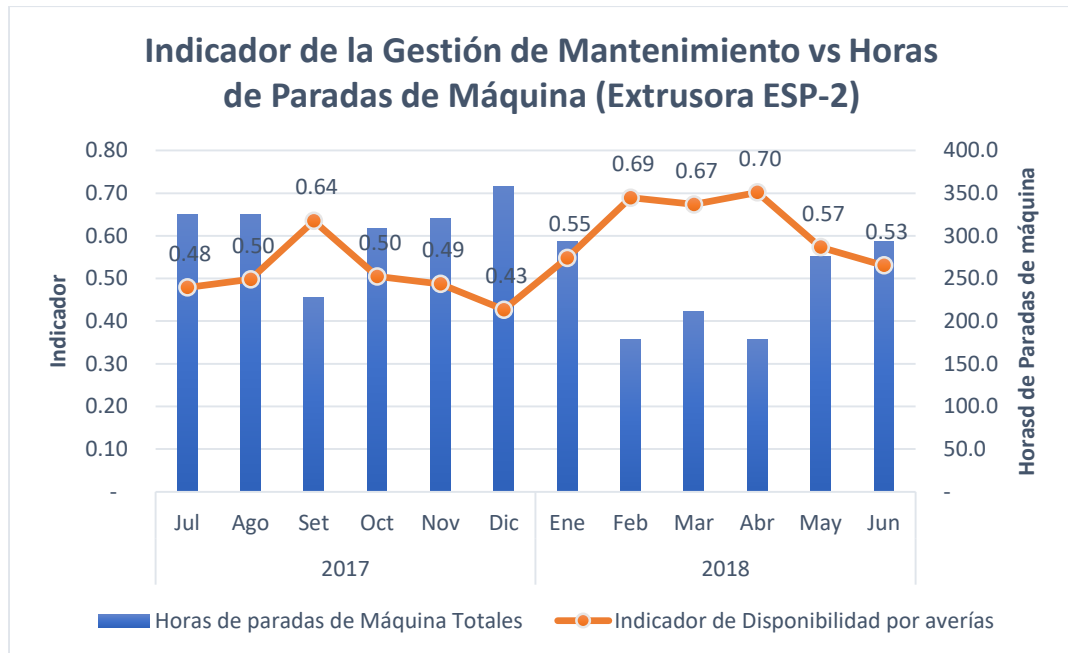


Figura 5. Indicador de la Gestión de Mantenimiento vs Horas de paradas de Máquina periodo jul 2017 a jun-2018.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Junio 2018

En la Figura 5 se puede ver que el indicador de la gestión de mantenimiento (Disponibilidad por averías) en muy pocas ocasiones sube de 0.5, lo cual demuestra el grave problema que está ocurriendo con esta máquina y en el área de espumado en general.

1.1.1 Formulación del problema principal

¿Cómo mejorar la Gestión de Mantenimiento para reducir el tiempo de paradas de máquina?

1.1.2 Formulación de los problemas secundarios

- a) ¿Cómo se debería gestionar el plan de mantenimiento de tal manera que se reduzcan las fallas constantes de las máquinas?

- b) ¿Cómo se debería gestionar el abastecimiento de repuestos para reducir las entregas de repuestos fuera de tiempo?

1.2 Objetivo general y específico

Se ha de plantear el objetivo general y objetivos específicos de la presente investigación.

1.2.1 Objetivo general

Mejorar la Gestión de Mantenimiento para reducir las horas de paradas de máquina.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Mejorar el plan de Mantenimiento para reducir las fallas constantes de las máquinas.
- b) Mejorar la gestión del Abastecimiento de repuestos para reducir las entregas de repuestos fuera de tiempo.

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Delimitación espacial

El levantamiento de información para el desarrollo de la investigación se llevará a cabo dentro de la empresa dedicada a la producción y distribución de envases plásticos descartables ubicada en el departamento de Lima, provincia de Lima Metropolitana.

1.3.2 Delimitación temporal

La presente investigación es delimitada temporalmente entre julio de 2017 a junio del 2018 dentro de la empresa objeto de estudio.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación Teórica

La presente investigación propone una solución para mejorar la calidad del área de mantenimiento de manera que se disminuyan las paradas de máquina en la empresa objeto de estudio.

Se está proponiendo aumentar la calidad mediante dos variables dependientes, fallas de máquina y entregas de repuestos fuera de tiempo. Esto se verá reflejado por el resultado de la investigación y se validará si las variables elegidas están estrechamente relacionadas a la solución de mejora propuesta en esta tesis.

1.4.2 Justificación Metodológica

La investigación tiene como base metodologías existentes, pero aplicadas al área de mantenimiento para corregir un problema que se puede abordar de distintas maneras.

Principalmente se centra en la aplicación de la metodología TPM y en la aplicación de una metodología de planificación de compras de repuestos (MRP II). Esto conlleva a analizar y definir si el método aplicado es el correcto y a su vez proponer una solución si se da el caso.

1.4.3 Justificación Económica

De acuerdo con el estudio previo, el problema de investigación genera pérdidas económicas sustanciales para la empresa. Esto se puede evidenciar con la información de los últimos 6 meses que se puede ver en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Justificación económica y pérdidas de la empresa.

	Meses	Horas Extra	Costo de Producción por parada de máquina
2018	Ene	S/ 1,829.55	S/ 8,875.26
	Feb	S/ 1,118.06	S/ 5,423.77
	Mar	S/ 1,321.34	S/ 6,409.91
	Abr	S/ 1,118.06	S/ 5,423.77
	May	S/ 1,727.90	S/ 8,382.19
	Jun	S/ 1,829.55	S/ 8,875.26
	Total	S/ 8,944.44	S/ 43,390.18

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018

Con lo mostrado en la Tabla 1, se puede concluir que lo que más afecta es la producción que se pierde por horas de paradas de máquina, no obstante las horas extras también generan pérdidas importantes que deben de reducirse.

1.4.4 Justificación Práctica

Las metodologías de planificación de TPM y MRP II que se quiere aplicar en esta investigación cubren las necesidades y los defectos que se han encontrado en la gestión de mantenimiento y en su ineficiencia que generan paradas de máquina. Esto se debe a que mediante dichas metodologías se propondrá una solución que tenga un mejor control en las operaciones de mantenimiento.

1.4.5 Justificación Social

La investigación y la propuesta de mejora aportaría a la empresa una reducción indirecta de las mermas de sus productos, esto a su vez impacta de manera positiva al medio ambiente y a la sociedad.

1.4.6 Importancia

La presente investigación contribuye en el incremento del conocimiento científico sobre la planificación de compras y proceso de mantenimiento. Es decir, con la investigación no solo busca beneficiar con mejoras dentro del área de mantenimiento, sino que permitiría que los trabajos se culminen a tiempo y las maquinarias estén a disposición de producción para continuar con los trabajos planificados. Las metodologías aplicadas en el área designada, generará que todo el equipo involucrado que se encuentren dentro de la organización se alinee y trabaje conjuntamente con el objetivo de aportar a la mejora de la empresa. Esto mejoraría el ambiente de trabajo y a su vez se beneficiarían todos los actores que participen en la entidad.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

En relación con los objetivos específicos de la investigación, se citan las siguientes tesis:

Tiburcio, V. (2002). El trabajo tiene como objetivo principal implantar un sistema de mantenimiento basado en la teoría del MRP II, de este modo combina el mantenimiento productivo total con la planificación de recursos de manufactura.

En su investigación, a través de la metodología MRP II, programa el momento preciso en que debe ser intervenida la máquina de acuerdo a sus necesidades y se abastece de repuestos en el momento exacto de la operación, para evitar las paradas innecesarias de máquina.

Tuarez, C. (2013). La investigación busca la implantación efectiva y gradual de un sistema de mejora continua bajo la filosofía del TPM en una planta elaboradora y comercializadora de bebidas gaseosas.

Dentro de sus objetivos principales podemos resaltar dos que nos van a apoyar para desarrollar la tesis, los cuales son el aumento de la confiabilidad de los equipos y el involucramiento de los colaboradores dentro de la filosofía TPM.

Portilla, L. (2014). Esta investigación busca solucionar los fallos que cuenta su programa de mantenimiento actual y reducir el tiempo de inactividad de las máquinas.

Para lograr esto, utiliza la metodología TPM que involucra todos los aspectos de los ocho pilares de esta teoría; la metodología 5^ˆS para ordenar y detectar anomalías dentro de los puestos de trabajo; y el indicador OEE que se aplica para comparar los comportamientos de las máquinas y corregir en caso sea necesario.

Rodríguez, W. (2013). La investigación propone la implementación de un diseño de MRP II para una planta de manufactura de productos de consumo masivo no alimenticios.

La tesis hace énfasis en la necesidad de gestionar y administrar de manera adecuada los inventarios de las materias primas, para los cuales usa análisis de la demanda, proyecciones y la aplicación de métodos probabilísticos. De este modo nos da una idea de cómo aplicar el MRP II a los repuestos de las maquinarias para nuestra tesis.

García, G. (2018). En esta investigación se basa en la mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa dedicada a la producción de alimento balanceado.

Principalmente se describe la implementación de la metodología de TPM desde los pasos a seguir y el desarrollo de los pilares del programa, las ventajas que significan implementar esta metodología de trabajo, y algunos casos de éxito tras la su implantación en empresas de producción afines a la investigación.

Gonzales, G. (2017). Su investigación se centró en disminuir los costos de mantenimiento, alargar la vida útil de las máquinas y reducir las pérdidas por defectos de calidad y averías en una empresa de embarcaciones.

Para realizar lo descrito se utilizaron herramientas como Ishikawa, diagrama de Pareto y mejora continua para poder apoyar una implementación a base de TMP. Al final se obtuvo un nuevo plan de mantenimiento con optimización de recursos y colaboración de todas las partes involucradas en el proyecto.

2.2 Bases teórica vinculada a las variables de estudio

Las bases teóricas de la investigación se presentan a continuación:

2.2.1 Planificación de los requerimientos de material I (MRP I):

MRP significa Material Requirements Planning (Planificación de los requerimientos de materiales). Es un sistema de planificación de la producción, programación y control de stocks, utilizado para gestionar procesos de fabricación.

La siguiente Figura 6 expone un diagrama de proceso de elaboración del MRP:

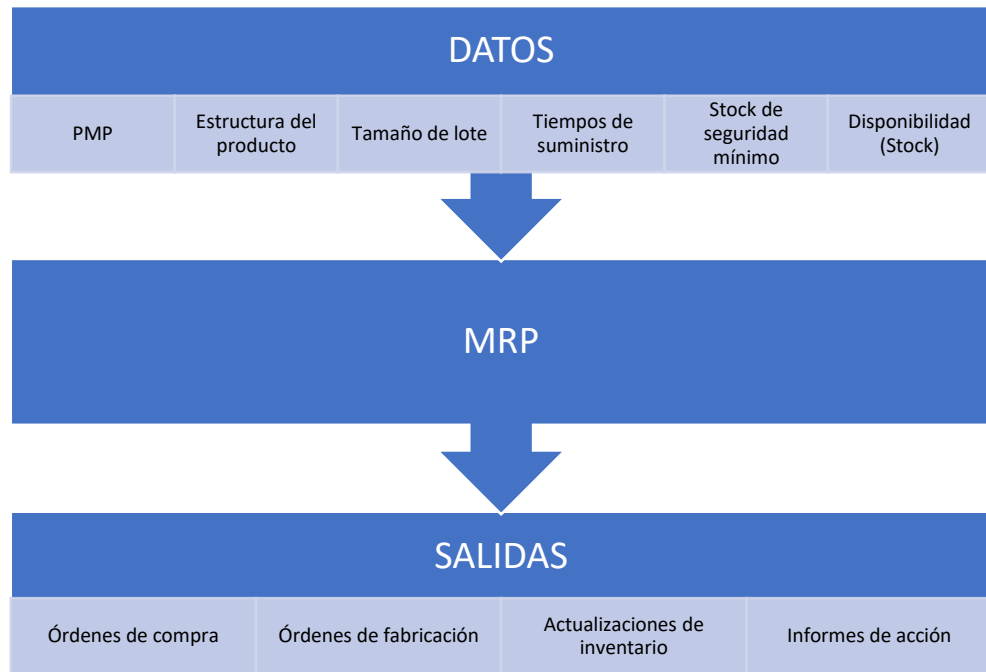


Figura 6. Diagrama de proceso de elaboración del MRP

Fuente: Cruelles, J. (2013). Ingeniería Industrial. Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y la mejora continua.

Como se puede ver en la Figura 6, para desarrollar un sistema de MRP es necesario los requerimientos de los productos terminados y la composición de estos (estructura del producto). (Cruelles, J., 2013,p. 89)

Estructura del producto

La Estructura del producto es una ficha que muestra la secuencia en la que se fabrican y ensamblan las materias primas, las partes que se compran y los subensambles necesarios para formar el producto final.

A continuación, se muestra la Figura 7 con una posible estructura de un producto:

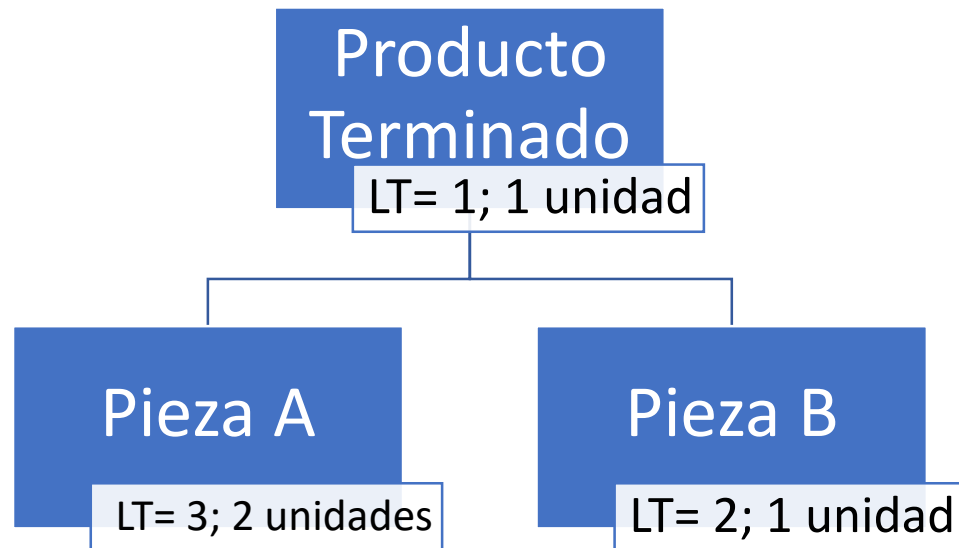


Figura 7. Estructura del producto

Fuente: Elaboración Propia. Setiembre 2018.

De acuerdo con la figura 7, el LT es el tiempo que se demora en conseguir, comprar o elaborar la pieza. Las unidades es la cantidad necesaria para conformar la pieza terminada. Con estos datos se tiene más claro cuánto es la demora para terminar un producto y los materiales necesarios para el mismo.

Elaboración del MRP

Después de haber desarrollado la estructura del producto, los siguientes aspectos que hay que tomar en cuenta son los siguientes:

- Unidades de medida para el tiempo de espera (LT= Lead Time).
- Período base de planificación de la producción que debe coincidir con las unidades del tiempo de espera (LT).
- Número de períodos a planificar.
- Necesidades brutas.
- Stock de seguridad.

- Tamaño de lote.
- Disponibilidad (Stock).
- Necesidades netas.

Desarrollo de un MRP

Para desarrollar un MRP se tiene que tomar en cuenta la información antes descrita. La siguiente Figura 8 refleja el procedimiento para construir la planificación de materiales para un producto terminado “X”:

Producto	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Necesidades Brutas										100
Entradas Programadas										
Saldo disponible proyectado	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0
Necesidades netas										60
Entradas de pedidos planeados										60
Expedición de pedidos planeados								60		
A Necesidades Brutas								120		
Entradas Programadas										
Saldo disponible proyectado	60	60	60	60	60	60	60	0	0	0
Necesidades netas								60		
Entradas de pedidos planeados								60		
Expedición de pedidos planeados					60					
B Necesidades Brutas								60		
Entradas Programadas										
Saldo disponible proyectado	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0
Necesidades netas								40		
Entradas de pedidos planeados								40		
Expedición de pedidos planeados							40			
C Necesidades Brutas					180		80			
Entradas Programadas										
Saldo disponible proyectado	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0
Necesidades netas					170		80			
Entradas de pedidos planeados					170		80			
Expedición de pedidos planeados			170		80					
D Necesidades Brutas								160		
Entradas Programadas										
Saldo disponible proyectado	20	20	20	20	20	20	0	0	0	0
Necesidades netas							140			
Entradas de pedidos planeados							140			
Expedición de pedidos planeados					140					

Figura 8. Plan de Requerimiento de Materiales

Fuente: Ejemplo del Plan de Requerimientos de Materiales (MRP), (2011), <https://www.gestiondeoperaciones.net/plan-de-requerimientos-de-materiales/ejemplo-del-plan-de-requerimientos-de-materiales-mrp/>

La forma convencional de poder completar la información del Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) es desde el producto terminado, en este caso, el Producto “X”. Como indica la Figura 8 para la semana 10 existe una necesidad bruta de este producto por 100 unidades, sin embargo, el inventario disponible (40 unidades) finalmente determina que sólo se necesiten 60 unidades adicionales. Como el tiempo de espera (LT) para el Producto X es de 2 semanas, el pedido se debe realizar en la semana 8.

Posteriormente, por cada unidad del Producto X necesitamos 2 unidades del Producto A. Esto determina la necesidad bruta del Producto A en 120 unidades en la semana 8. Luego, como se dispone de un inventario de 60 unidades del producto A, la necesidad neta es sólo de 60 unidades, las cuales se piden con 3 semanas de antelación dado el tiempo de espera. Siguiendo el mismo procedimiento se determinan las necesidades netas del Producto B.

Es importante destacar el caso del Producto C, el cual depende tanto de A como B. Por cada unidad de A se necesitan 3 unidades de C (en este caso 180 unidades) y por cada unidad de B se necesitan 2 unidades de C (en este caso 80 unidades).

El procedimiento mostrado en la Figura 6 que se ha utilizado para desarrollar el ejemplo del Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) es la política de lotificación Lote a Lote, es decir, cada vez que se necesitan unidades se piden éstas en forma exacta. Esta alternativa, sin embargo, NO garantiza los menores costos en la planificación, especialmente cuando los costos de emisión (generar un pedido) son relativamente superiores a los costos de almacenamiento (inventario).

El sistema empleado para llevar a cabo la validación de información y/o corrección del planeamiento de materiales es el MRP II. (Cruelles, J., 2013, p. 95)

2.2.2 Planificación de los requerimientos de recursos de manufactura (MRP II):

El sistema MRP II, Planificación de Requerimiento de Manufactura, amplía su enfoque tomando en consideración funciones de mercadotecnia, finanzas, compra e ingeniería, tratando de generar una mayor coordinación.

A comienzos de la década de los 80 aparecen los sistemas de planificación de recursos de fabricación MRP II (Manufacturing Resources Planning), mediante los que se pretende contrastar la disponibilidad de recursos necesarios para la ejecución de las órdenes de producción planificadas. Es por esto por lo que en ocasiones se les denomina «MRP con capacidad finita», por contraposición a los sistemas MRP originales, considerados como «MRP con capacidad infinita».

A continuación, se presenta la estructura simplificada de un sistema MRP II (Véase Figura 9):

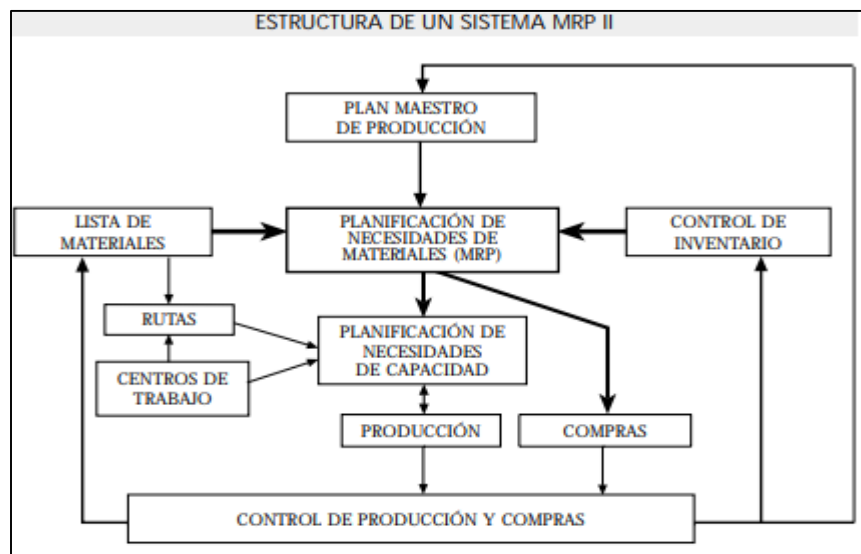


Figura 9. Estructura de un Sistema MRP II

Fuente: Delgado & Marín, (2000). Evolución en los sistemas de gestión empresarial: del MRP al ERP

Se puede ver que en la Figura 9 que la planificación de órdenes de producción incluye la *planificación de necesidades de capacidad y compras*.

Para lograr unir el plan de producción con la capacidad real, en el MRP II se introduce un módulo de centros de trabajo, en el cual se define la disponibilidad de recursos del sistema. Para establecer el consumo esperado de recursos por las órdenes de producción planificadas se introduce en el sistema información sobre las rutas, donde se establece qué centros de trabajo y qué intensidad de uso requiere cada producto de fabricación. Mediante la planificación de necesidades de capacidad se realiza el cotejo entre la capacidad disponible por cada centro de trabajo y la carga resultante del conjunto de órdenes de producción planificadas para un espacio de tiempo determinado. Este cotejo puede aconsejar la toma de medidas correctoras respecto a la forma de llevar a cabo las órdenes de producción planificadas, que pueden ocasionar decisiones que impliquen la modificación de la capacidad proyectada para los diferentes centros de trabajo, subcontratación, cambio de rutas o de fechas de las órdenes de producción.

La gestión de recursos en un sistema MRP II

Las aplicaciones MRP II se centran y limitan a ayudar en la toma de decisiones. Para finales de la década de los 80 aparecieron los primeros intentos de un software de apoyo para sugerir la realización de determinadas acciones, de manera que el plan de producción resultante fuera compatible con la disponibilidad de capacidad. Este tipo de enfoques, en el que se promulga la “toma automática de decisiones” por el sistema, ha provocado en ocasiones el rechazo a los sistemas MRP como consecuencia de lo que se conoce como “nerviosismo del MRP”: una excesiva alerta en las acciones a emprender o modificar ante cualquier pequeño cambio en las condiciones de contorno.

Los sistemas MRP II han estado orientados principalmente a la identificación de los problemas de capacidad y recursos que presenta un plan de producción, fundamentalmente mediante la presentación gráfica de la disponibilidad de recursos y el consumo planificado, de forma que el planificador pueda llevar a cabo con facilidad las modificaciones oportunas.

Para facilitar, no sólo la ejecución de medidas correctoras, sino la evaluación en conjunto de diferentes acciones y su comparación con otras alternativas, los sistemas MRP II suelen ofrecer la posibilidad de analizar diferentes escenarios, respondiendo a preguntas del tipo “¿qué pasa si...?”. Posteriormente, puede hacerse efectivo el plan de producción que resulte más satisfactorio entre todos los planteados.

A lo largo de este proceso se pone en primera línea de importancia diversos puntos relativos a la planificación de la producción como son:

La utilización de estimadores de tiempo para la realización de actividades productivas. Para determinar el consumo de recursos en un plan de producción se necesita de estándares realistas que permitan cuantificar la repercusión de posibles acciones a emprender.

La flexibilidad de los recursos. La disponibilidad de recursos compartidos (por ejemplo, mano de obra con dedicación compartida entre distintos centros de trabajo), facilita el incremento de capacidad de un determinado centro de trabajo, de manera que se resuelve anticipadamente un problema de saturación.

La versatilidad respecto a formas de producción. El establecimiento de rutas y la posibilidad de configurarlas en función de la planificación de necesidades de capacidad dejan ver la importancia de un sistema flexible que permita tener varias formas de producción alternativas.

La subcontratación, como caso poco común de «forma de producción alternativa», es otra opción para evitar problemas de falta de capacidad. De esta forma, se pone en evidencia la importancia de las relaciones de cooperación con proveedores adecuados para la subcontratación, y del establecimiento de criterios para la selección de los trabajos a subcontratar.

De esta forma se ha visto algunos aspectos que considera el MRP II que lo diferencian del MRP I. Por otro lado, para seguir ejemplificando algunas diferencias que existen entre el MRP I y el MRP II se dan los siguientes puntos:

- El MRP I planifica las necesidades de materiales, el MRP II la de recursos (donde por supuesto están incluidas las necesidades de materiales).
- El MRP II es más dinámico que el MRP I al poder predecir lo que pasaría si se tuviesen cambios.
- El MRP I tiene en cuenta el área de producción. El MRP II integra otras áreas como contabilidad, compras, **mantenimiento** e ingeniería.
- El MRP I parte del plan maestro (PMP). El MRP II se basa en estudios de mercado.
- El MRP II incluye al MRP I. Además, un software MRP se enfoca en el MRP II.

(Delgado, J. & Marín, F., 2000, p. 51-58)

Relación del MRP II con Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El MRP II es una filosofía que coordinará nuestras operaciones de gestión a través de la conexión establecida entre planificación y las actividades de administración. El **objetivo** es igualar de manera efectiva, suministro y demanda, ofrecer el mejor servicio posible a los clientes y así satisfacer sus necesidades.

Siguiendo con la misma línea, se puede decir que el MRP II tiene como objeto la planificación y el control de las operaciones, esto conlleva a un análisis de los procesos con la finalidad de definirlos para que sean más eficientes. Asimismo, incentiva a que las funciones se realicen correctamente la primera vez para que los procesos sean seguros y previsibles y, por lo tanto, planificados. Con ello a través de la implantación de MRP II se pueden generar los siguientes beneficios:

- **Mejorar el servicio al cliente**, usando MRP II es posible alcanzar el equilibrio entre mantenimiento y producción. Si no podemos suministrar el mantenimiento adecuado cuando se necesite, la producción no continuaría su flujo y los clientes finales podrían recurrir a otro proveedor y prescindir de los servicios de la empresa.
- **Mayor Productividad**, la planificación previa de todos los recursos como el uso real de la capacidad, el material y los recursos humanos es necesaria. Una mejor planificación a través de MRP II permitirá un mejor uso de nuestros recursos disponibles.

MRP II es una filosofía llevada a la práctica en la gestión de negocios; ha sido adoptada e implantada en un gran número de compañías en los Estados Unidos, Australia y en el Reino Unido, y en estas compañías ya se están notando los beneficios de operar con esta filosofía. MRP II proporciona un cambio importante en control. Los sofisticados sistemas y procedimientos incorporados proporcionan respuestas que permiten la toma de decisiones orientadas a favor de la empresa, mediante el planteamiento de las preguntas claves de cualquier empresa manufacturera:

- ¿Qué vamos a fabricar?
- ¿Qué se necesita para su fabricación?

- ¿De qué disponemos?
- ¿Qué necesitamos conseguir?

Se sabe que MRP II es aplicable a cualquier tipo de empresa, en el caso de esta investigación el MRP II aplicado a Mantenimiento, las preguntas serán las siguientes:

- ¿Qué tipo de mantenimiento se va a realizar?
- ¿Qué materiales se necesita para realizar el mantenimiento?
- ¿De qué disponemos?
- ¿Qué necesitamos conseguir?

MRP II mejora la capacidad organizativa con el fin de competir efectivamente al:

- Realizar el mantenimiento con el fin de que la producción no se vea afectada y con ello lograr que nuestros clientes obtengan el producto en el momento oportuno.
- Mejorar la productividad.

(Tiburcio, V., 2002, p. 78)

2.2.3 Métodos de Pronósticos de la Demanda

El pronóstico es la ciencia de predecir los eventos futuros mediante el manejo de datos históricos para poder ajustarlo a un modelo matemático, como también a través de una predicción del futuro en forma subjetiva o intuitiva. Así mismo, se pueden utilizar la combinación de las técnicas mencionadas para tener un modelo de pronóstico aún más ajustado. En la siguiente Figura 10 se muestra el diagrama de métodos de pronóstico:

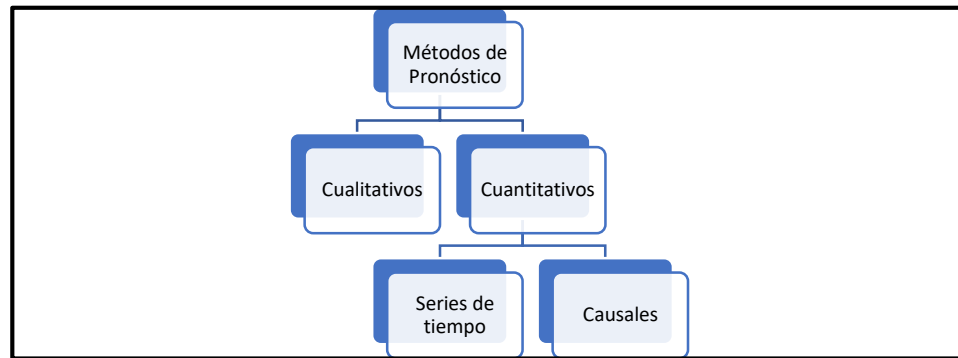


Figura 10. Diagrama de métodos

Fuente: (Chamorro, Caba, & Fontalvo, 2011). Gestión de la Producción y las Operaciones. Colombia: Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000.

Como se muestra en la Figura 10, los métodos se dividen en cualitativos y cuantitativos. Cada uno tiene una técnica para procesar la información y proponer un pronóstico.

Los métodos cualitativos o subjetivos toman en cuenta factores como la intuición, emociones, experiencias personales expertas, entre otros. Se utilizan en su mayoría cuando la industria es nueva y necesita un pronóstico de expertos en mercados similares. Por otro lado, también se utiliza cuando los datos históricos son pocos para estimar la demanda.

Los métodos de series de tiempo se basan en los datos de la demanda histórica para proporcionar un pronóstico. Este supuesto histórico es el indicador principal para proponer la demanda futura. Estos métodos son los más sencillos de implementar y sirven como punto de inicio para el pronóstico de la demanda.

El método causal forma una correlación entre los factores ambientales (factores externos) y datos históricos. Dichos factores tienen que tener una

relación con la variable a pronosticar, ya que a partir de estos se utiliza un modelo estadístico para predecir el cambio de dicha variable. El modelo más conocido de este método es la regresión lineal. (Chamorro, O., Caba, N., & Fontalvo, T., 2011, p. 87)

2.2.4 Principio de Pareto

El principio de Pareto, también conocido como la regla del 80/20, describe que, para un amplio número de fenómenos y casos de estudio, aproximadamente el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas.

Dicho principio no tiene un cimiento teórico, sino empírico. Su confirmación viene del hecho de que la aproximación del 80/20 resulta ser correcta por experiencia en una gran variedad de fenómenos y casos de estudio. Sin embargo, no son cifras exactas y pueden variar de acuerdo con determinadas situaciones. En casos concretos, la distribución puede ser, por ejemplo, del 80/30 o del 80/10.

Este principio se encuentra en la observación que realizó el economista y sociólogo italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) respecto a la distribución de la riqueza en Italia. Así, concluyó que, de hecho, el 80% de la riqueza del país correspondía tan sólo al 20% de sus habitantes. Tras estudiar la distribución de la riqueza en otros países, descubrió que seguía el mismo patrón.

En la siguiente Figura 11, se presenta un ejemplo del diagrama de Pareto que ejemplifica la distribución de los factores:

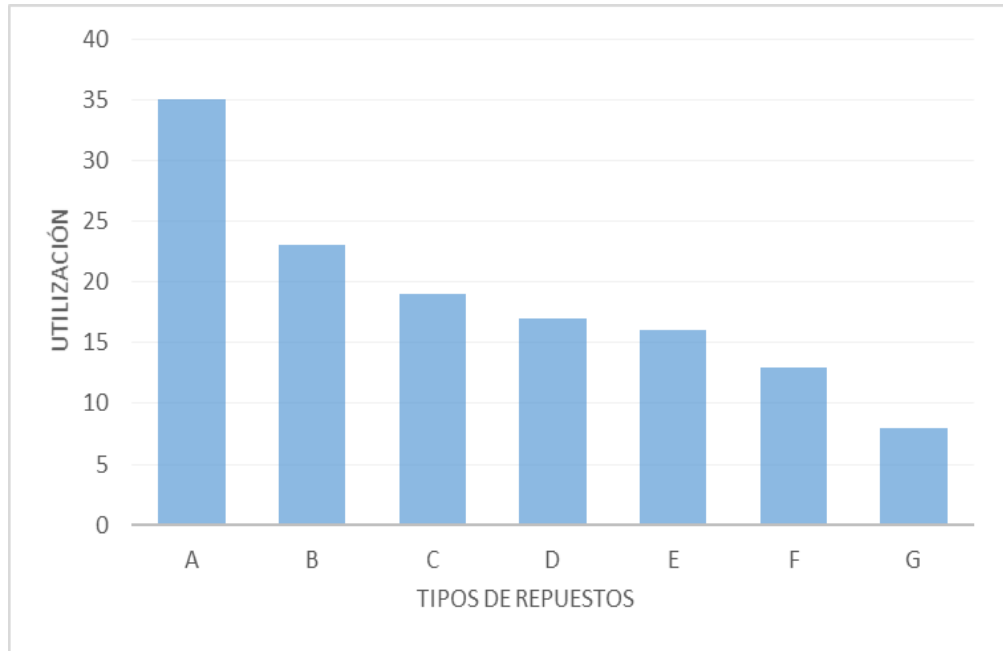


Figura 11. Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018.

Diagrama de Pareto es una gráfica (Véase Figura 11) que clasifica los datos de forma descendente, en este caso, el eje horizontal de datos son tipos de repuestos y el eje vertical simboliza a la utilización de estos durante un periodo determinado. Los pocos vitales se encuentran a la izquierda, y los muchos útiles están a la derecha (Clasificación que le otorgó Joseph Juran). Los diagramas de Pareto se usan para identificar los problemas más importantes. En general, el 80% del total se debe al 20% de los elementos.

A continuación, se describirá la construcción de un diagrama de Pareto en seis pasos según el libro de Besterfield:

1. Determinar el método para clasificar los datos: por problema, causa, tipo de no conformidad, etc.

2. Decidir si para evaluar las características se usarán unidades monetarias (que es lo recomendable), frecuencia ponderada o frecuencia.
 3. Reunir datos durante un intervalo adecuado de tiempo.
 4. Resumir los datos y agrupar las categorías en orden descendente.
 5. Calcular el porcentaje acumulado, si es que se va a usar.
 6. Trazar el diagrama y determinar cuáles son los pocos vitales.
- (Besterfield, 2009; p. 80)

2.2.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM):

El Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance), que es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de “mantenimiento preventivo” creado en los Estados Unidos (Véase Figura 12):

Mantenimiento	Actividad con el objetivo de mantener la eficacia de las instalaciones y máquinas en el tiempo
Productivo	Persigue el objetivo de mejorar la productividad de las instalaciones y las máquinas
Total	A través del involucramiento activo de todo el personal

Figura 12. Cuadro de TMP

Fuente: (Suzuki, 1996). “TPM en industrias del proceso”.

Según Figura 12, El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización. Se considera como estrategia, ya que

ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación exhaustiva y controlada de las deficiencias de los sistemas o procesos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Las características más significativas del TPM son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción, y en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

Asimismo, el objetivo principal que engloba el TPM es maximizar la efectividad total de los sistemas involucrados en la producción a través de la reducción de sus pérdidas con la participación del personal en actividades voluntarias.

Para tener una mejor perspectiva del significado del TPM hay que entender que este tiene 8 pilares en los cuales se basa (Véase Figura 13):

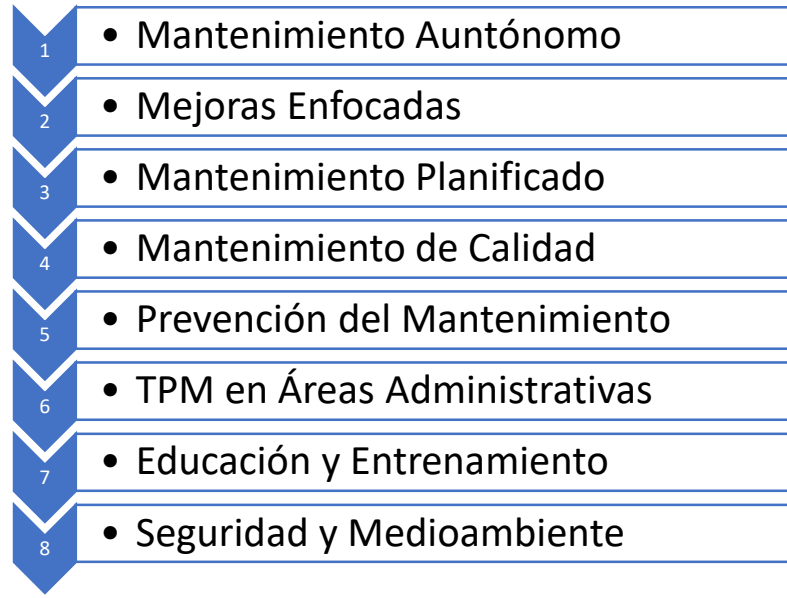


Figura 13. Pilares del Mantenimiento Productivo Total

Fuente: (Suzuki, 1996). “TPM en industrias del proceso”.

Según la Figura 13, se muestran los 8 pilares que conforman el TPM:

Mantenimiento autónomo, se basa en la experiencia y conocimiento que el operador tiene en su trabajo y en el equipo o la máquina con la que labora. Una característica fundamental del TPM es que son los mismos trabajadores de producción quienes llevan a término el mantenimiento autónomo, también denominado mantenimiento de primer nivel. Algunas de las tareas básicas son: limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes.

Mejoras enfocadas, son actividades que buscan minimizar las pérdidas que se requieren eliminar. Se desarrollan con equipos de personas de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objetivo de maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas.

Mantenimiento planificado o progresivo, tiene como finalidad principal eliminar las averías en las máquinas a través de acciones correctivas, de prevención y predicción. Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento.

Mantenimiento de calidad, tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad con respecto a los fallos, mediante el control de las condiciones de los componentes y del equipo que influyen directamente en las características de la calidad del producto final.

Prevención del mantenimiento, son aquellas actividades de control que se realizan después de la fase de instalación, construcción del sistema, con el objeto de reducir los costos de mantenimiento durante su explotación cuando se adquieren máquinas nuevas.

TPM en áreas administrativas, procura que todas las áreas que faciliten y ofrezcan el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, para poder reducir costos y tiempos de respuesta.

Educación y entrenamiento, incentiva la formación sistemática a los empleados, de forma que las habilidades obtenidas tienen que ver con la mejor forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones que se presentan para el funcionamiento correcto de los procesos.

Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad tanto para el personal como para los equipos y maquinarias. De este modo, garantiza un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación. (Suzuki T., 1996, p. 16-25)

Pasos para el establecimiento del mantenimiento planificado

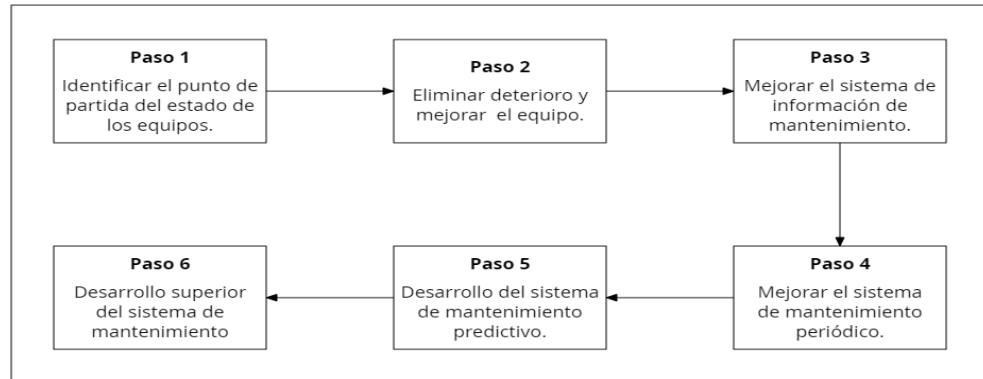


Figura 14. Pasos del mantenimiento planificado

Fuente: (Morales, J., 2013, p. 10). “Mantenimiento planificado”.

Paso 1: El primer paso, se trata de crear una base de datos histórica y necesaria para diagnosticar los diferentes problemas que tiene el equipo. Es decir, se identifica información útil para tu investigación.

Paso 2: El paso dos, elimina los problemas que genera el equipo y se implanta acciones que eviten fallas mecánicas.

Paso 3: El paso tres, se encarga de crear un programa informático en donde identifiques información precisa de elementos causales por fallas de maquina.

Paso 4: El paso cuatro, se desarrolla un sistema de gestión para el mantenimiento, con el fin de lograr en la realización periódica de las actividades programadas.

Paso 5: El paso cinco, busca introducir tecnología para diagnosticar los equipos y generar soluciones correctivas a fallas.

Paso 6: El paso seis, desarroll un sistema de mantenimiento por tipo de metodologías. (Morales, J, 2013, p. 10)

2.3 Definición de términos básicos

Mantenimiento: “Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio

durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.” (García S. , 2013, p. 1)

Calidad: “Para Juran la calidad se define como adecuación al uso, esta definición implica una adecuación del diseño del producto o servicio y la medición del grado en que el producto es conforme con dicho diseño.” (Juran, J., Gryna, F., & Bingham, R., 1983, p. 34)

Productividad: “La productividad es una medida de qué tan eficientemente utilizamos nuestro trabajo y nuestro capital para producir valor económico. Una alta productividad implica que se logra producir mucho valor económico con poco trabajo o poco capital. Un aumento en productividad implica que se puede producir más con lo mismo.” (Galindo, M. & Ríos, V., 2015, p. 2)

Proceso: “Es un conjunto de actividades, interacciones y otros componentes que transforma entradas en salidas que agregan valor a los clientes del proceso” (Bravo , 2009, p. 27)

Planificación: "Es seleccionar información y hacer suposiciones respecto al futuro para formular las actividades necesarias para realizar los objetivos organizacionales." (Terry, G. & Franklin S., 1997, p. 5)

MRP: “(Material Requirement Planning) es un sistema que controla y coordina los materiales para que se encuentren disponibles cuando sea necesario, y al mismo tiempo sin tener la necesidad de tener un inventario excesivo.” (Delgado, J. & Marín, F., 2000, p. 53)

MRP II: “(Material Requirement Planning) Es sistema de planeación y control de producción totalmente integrado, un plan de juego maestro para todos los departamentos de la compañía. Involucra todas las áreas que se relacionan con la producción.” (Delgado, J. & Marín, F., 2000, p. 54)

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis Principal

Mejorar la Gestión de Mantenimiento reduce el tiempo de paradas de máquinas.

3.1.2 Hipótesis Secundarias

- Mejorar el plan de Mantenimiento reduce las fallas constantes de las máquinas.
- Mejorar la gestión del abastecimiento de repuestos reduce el tiempo de paradas de máquinas por entregas de repuestos fuera de tiempo.

3.2 Variables

Según Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Una variable se puede definir como toda aquella característica o cualidad que identifica a una realidad y que se puede medir, controlar y estudiar mediante un proceso de investigación.

3.2.1 Definición conceptual y operacionalización de las variables

Las definiciones de cada variable y su operacionalización observar en la siguiente Tabla 1:

Tabla 2. Definición y operacionalización de las variables

Problema	Tipo de Variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
¿Cómo mejorar la Gestión de Mantenimiento para reducir el tiempo de paradas de máquina?	Independiente	Gestión de mantenimiento	<p>Según expresan Claudia Villamayor y Ernesto Lamas, “gestionar es una acción integral, entendida como un proceso de trabajo y organización en el que se coordinan diferentes miradas, perspectivas y esfuerzos, para avanzar eficazmente hacia objetivos asumidos...”</p> <p>Según Alpízar, “el mantenimiento procura contribuir por todos los medios disponibles a reducir, en lo posible, el costo final de la operación de la planta”.</p>	Esta variable se refiere a la eficacia con la que se realiza la gestión de mantenimiento respecto a las paradas de máquina.		Disponibilidad de Máquinas
	Dependiente	Tiempo de paradas de Máquina	Es el tiempo en el cual una máquina no se encuentra disponible para producción	Esta variable nos indica el tiempo total de paradas que incurre la máquina a analizar		Suma de paradas de máquina por fallas y por entrega de repuestos fuera de tiempo

¿Cómo se debería gestionar el plan de mantenimiento de tal manera que se reduzcan las fallas constantes de las máquinas?	Tiempo de parada por fallas	Es el tiempo en el cual una máquina no se encuentra disponible para producción por motivo de fallas	La contabilización de paradas de máquina originadas por fallas de máquina	*Horas de paradas de máquina por fallas de máquina	Sumatoria de tiempo de parada de máquina por fallas
¿Cómo se debería gestionar el abastecimiento de repuestos para reducir las entregas de repuestos fuera de tiempo?	Tiempo de parada por entregas de repuestos fuera de tiempo	Es el tiempo en el cual una máquina no se encuentra disponible para producción por motivo de entregas de repuestos fuera de tiempo	La contabilización de paradas de máquina originadas por entregas de repuestos fuera de tiempo	*Horas de paradas de máquina por entregas de repuestos fuera de tiempo	Sumatoria de tiempo de parada de máquina por entrega de repuestos fuera de tiempo

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018.

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalló el proceso de la investigación realizada para sustentar la tesis, comprende el tipo, nivel y diseño de la investigación, la recopilación de datos, la población y muestra, selección de técnicas, diseño y desarrollo de las metodologías.

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

La investigación presente es del tipo aplicada porque el trabajo está orientado a resolver un problema dentro del área de mantenimiento, se estará empleando las metodologías de requerimiento de materiales y planificación de mantenimiento para optimizar la capacidad del área mencionada y a su vez completar las órdenes de trabajo de la empresa objeto.

4.1.2 Nivel de investigación

La investigación de estudio tiene un nivel descriptivo correlacional porque se está analizando la relación que se tiene entre las variables independientes y la variable dependiente, al igual que la observación de las situaciones, costumbres y actitudes predominantes dentro de los procesos y objetos elegidos para la tesis dentro de la empresa. Por otro lado, el estudio es explicativo debido a que aclara el por qué se relaciona las variables de estudio presentes.

4.2 Diseño de investigación

En la presente investigación se emplea una investigación preexperimental y un diseño pre prueba y post prueba, ya que se realizará una medición a la situación anterior de aplicar la propuesta de mejora y luego a la situación después de aplicar las metodologías mencionadas anteriormente.

Se va a escoger una máquina (Extrusora) en el área de espumado, la cual tiene un historial de paradas de máquina por el no abastecimiento a tiempo de los repuestos y por fallas mecánicas, por lo que cumple las condiciones para la investigación. Este problema impacta directamente con la gestión de la calidad del área de mantenimiento debido a que aumentan el tiempo de paradas de máquina, impidiendo el flujo del proceso productivo. De este modo, se va a aplicar la propuesta de mejora a dicha máquina y se realizará un seguimiento de la misma para comprobar la efectividad de la investigación realizada.

4.3 Enfoque

La investigación presente es cuantitativa porque a través de las metodologías de requerimiento de materiales y planificación de mantenimiento buscará probar la hipótesis con base a la relación de datos estadísticos, registros e informes de la empresa objeto.

4.4 Población y muestra

Población, “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas conclusiones de la investigación. Esta queda determinada por el problema y por los objetivos del estudio.” (Arias, F. 2006, p. 81)

Muestra, “Un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.” (Arias, F. 2006, p. 83)

4.4.1 Población

La población es el conjunto de máquinas del área de ESPUMADO de una empresa de fabricación y distribución de productos plásticos descartables el cual abarca cuatro tipos de maquinarias: Extrusoras, Termoformadoras, Peletizadoras y Molinos.

4.4.1 Muestra

Para el diseño muestral de la investigación se tomará en cuenta una máquina Extrusora, encargada de mezclar la materia prima y transformarlas en bobina. Esta máquina es la que tiene más tiempo de parada debido a la falta de la planificación de mantenimiento y aprovisionamiento de repuestos.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

“**[Las Técnicas de recolección de datos se refieren a]**...cómo ordenar y presentar de la forma más lógica e inteligible los resultados obtenidos con los instrumentos aplicados...” (Sabino, C., 1992, p. 178)

“Un **instrumento de recolección de datos** es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información.” (Sabino, C., 1992, p. 149)

Las técnicas e instrumentos que se van a utilizar en el presente estudio son:

4.5.1 Técnicas para recolección de datos

Como técnica de investigación se empleó la observación directa y se agregó el apoyo del diagrama de flujo para poder tener un mejor panorama de

la situación del proceso y maquinaria probada. Esto nos permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y personas en el área de estudio.

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

En esta etapa se utilizará los siguientes instrumentos para el desarrollo de la tesis:

a) Formato de reporte de trabajo

El *Formato de reporte de trabajo* (Anexo 1) es un instrumento que permite apuntar las tareas de mantenimiento realizadas a la máquina observada y cuenta con la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

La información obtenida del registro se digitaliza en un archivo Excel para facilitar el envío de información a los actores involucrados en el proceso de mantenimiento.

b) Manual de la extrusora

El *Manual de la extrusora* (Anexo 2) es un instrumento de apoyo que nos permite adicionar e identificar actividades y repuestos necesarios para poder realizar los trabajos de mantenimiento.

4.6 Confiabilidad y validez de los instrumentos de recolección de datos

4.6.1 Confiabilidad de los instrumentos

Para Kerlinger, F. (1985), “la confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes”. (Kerlinger, 1985, pág. 581)

El *Formato de orden de trabajo* entra en la clasificación de confiable, ya que se han desarrollado tomando en cuenta las actividades de mantenimiento descritas dentro del manual de la extrusora.

4.6.1 Validez de los instrumentos

“**[Juicio de Expertos]**...consiste, básicamente, en solicitar a una serie de personas la demanda de un juicio hacia un objeto, un instrumento, un material de enseñanza, o su opinión respecto a un aspecto concreto”. (Cabero, J. & Llorente, M., 2010, p. 18)

El resumen de la validación de los instrumentos a través del juicio de expertos se presenta en el Anexo 3.

4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Según Bernal, los pasos para el análisis y procesamiento de datos son:

- Obtener la información de población o muestra de objeto de la investigación.
- Definir las variables o los criterios para ordenar los datos obtenidos del trabajo de campo.
- Definir las herramientas estadísticas y el programa de cómputo que va a utilizar el procesamiento de datos.

- Introducir los datos en la computadora y activar el programa para que procese la información.
- Imprimir los resultados. (Bernal, C. 2006, p. 95)

Se empleó el análisis y procesamiento de información digitalizada a través de una base de datos en Excel porque facilitaba el acceso a la información requerida para presentar el diagnóstico. Asimismo, también se utilizó este tipo de procesamiento, ya que la empresa no contaba con una base de datos propia en formato digital.

CAPÍTULO V: ASPECTOS OPERATIVOS

En el presente capítulo se realizará la descripción de la empresa que se seleccionó para la investigación, en la cual se identificaron los problemas actuales y se analizó las causas que lo originarían, para luego presentar una propuesta de mejora basada en las metodologías del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la Planificación de los Recursos de Manufactura (MRP II).

5.1 Diagnóstico situacional

5.1.1 Descripción de la realidad

5.1.1.1 Descripción general de la empresa objeto de estudio

- **Historia de la Empresa**

En 1987 la empresa comenzó sus actividades de industria en su planta ubicada en la avenida Colonial en el departamento de Lima, luego de 7 largos años se tuvo que trasladar al distrito de Callao. En el 2012, la empresa hizo un nuevo traslado a Lurín, en el cual contaba con maquinaria e instalaciones modernas en su nueva ubicación, abarcando un área total de 20,000 m² (metros cuadrados).

Cada uno de los productos que se encuentran parte de su portafolio, es muestra de su experiencia en la industria manufacturera de productos plásticos descartables que, a su vez brinda soluciones óptimas a sus clientes.

- **Misión, visión y política de calidad**

1) Misión:

Diseñar, producir y comercializar diferentes tipos de envases de plásticos descartables y sus complementos, para productos de consumo masivo en el sector

alimenticio que puedan satisfacer las necesidades del cliente, y en la cual se prioriza la calidad y el precio competitivo en el mercado nacional e internacional.

2) Visión:

Ser líderes en el rubro de productos plásticos descartables a nivel nacional e ingresar a nuevos mercados internacionales, siendo reconocidos por la innovación y calidad de sus productos.

3) Política de calidad:

La política de calidad de la empresa se basa en:

Ser una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de diferentes tipos de envases plásticos descartables y sus complementos para los productos de consumo masivo en el sector alimenticio, logrando de esa manera la satisfacción de los clientes mediante la innovación y los altos volúmenes de productos plásticos descartables, además de contar con la tecnología aplicada en el desarrollo de estos; mejorando de manera continua los procesos y actividades, así como el Sistema de Gestión de Calidad, para afianzar la posición de la empresa dentro del mercado nacional e internacional.

• Organización

La organización de la empresa a tratar como investigación, se identifica por un orden jerárquico en donde destaca la gerencia general, la gerencia administrativa y la gerencia de operaciones (Véase Figura).

Gerente General: Es la persona ejecutiva y principal dentro de la organización, en la cual administra y gestiona la empresa en término general (operativa y administrativa), además es la persona responsable que lidera y coordina las funciones de planificación estratégica. Es decir, todos los movimientos administrativos y

operativos de la empresa, además del funcionamiento y la relación de las áreas de la empresa, siempre debe estar informado por el gerente general.

Gerente Administrativo: es la persona que vela por el buen funcionamiento y desempeño de la empresa en el mercado, el control de los bienes y servicios, una adecuada contratación de personal y además de tener una mejor sostenibilidad del personal, con el fin de obtener los resultados favorables a corto y largo plazo.

Gerente de Operaciones: desempeñan un papel clave para el control de costos, elaboración de presupuestos y en el mantenimiento de organización para un buen camino financiero. Su gestión de la cadena de suministros y otros recursos ayuda a minimizar los costos de producción.

- **Organigrama**

En el organigrama general de la empresa, se identifica la estructura organizacional para poder identificar el área objeto de estudio: el área de Espumado, en donde se puede ubicar dentro del departamento de producción como se muestra en la Figura 15:

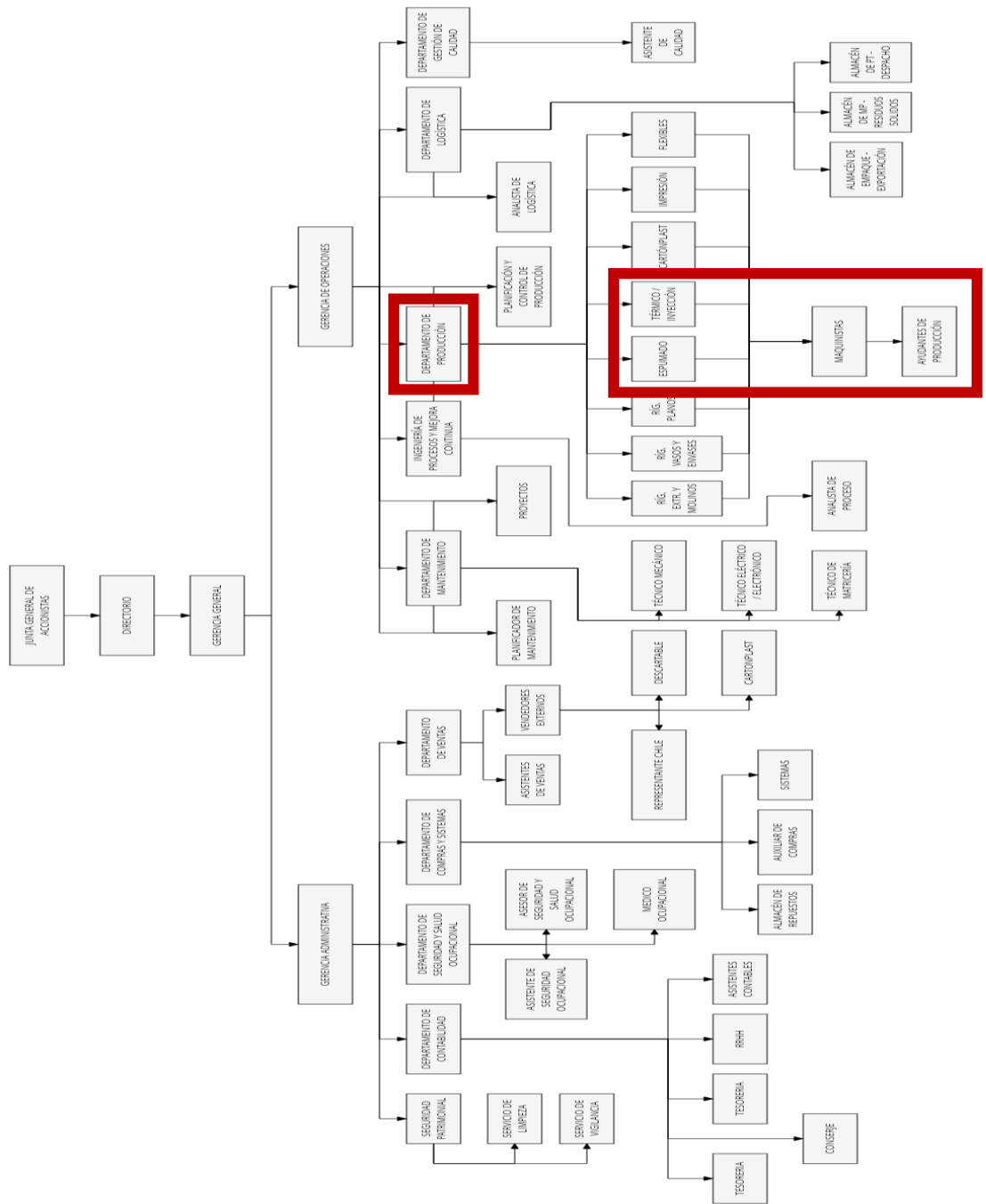


Figura 15: Organigrama general de la empresa 2018
 Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Agosto del 2018.

De acuerdo al organigrama de la Figura 15 el área de espumado pertenece al departamento de producción de la empresa, la cual está dentro de la gerencia de operaciones.

- **Objetivos de la organización**

Para verificar una mejor visión de los objetivos de la empresa a tratar como investigación, se elaboró un cuadro de mando integral, en el cual permite identificar los distintos objetivos de la empresa en forma conjunta e interrelacionada. (Véase Figura 16).

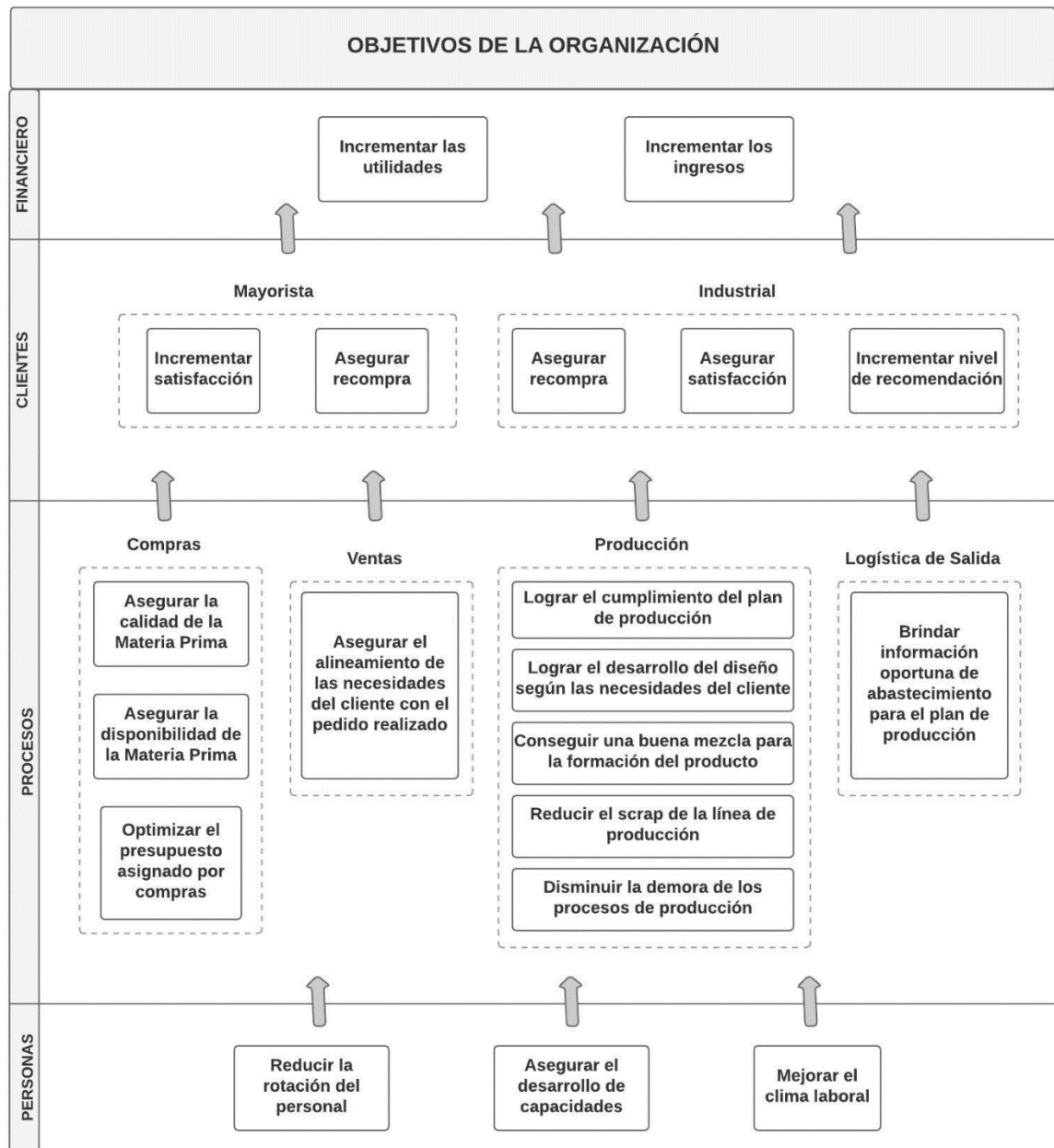


Figura 16. Balance Score Card de la Empresa
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración Propia Agosto 2018.

Según la Figura 16, tenemos los siguientes puntos de la información:

- **Posición en el mercado**

- 1) **Clientes**

En la actualidad la variedad de productos que produce la empresa permite que sea parte de las empresas líderes a nivel nacional en el rubro de envases plásticos descartables, contando además con presencia en Latinoamérica (Puerto Rico, Bolivia, Chile, Ecuador y México) y con una clara visión de seguir creciendo a nivel internacional.

- 2) **Proveedores**

La empresa cuenta con diferentes proveedores para la adquisición de sus insumos para la fabricación de sus productos. Entre los principales proveedores tenemos:

- Proveedores de bolsas con y sin impresión.
- Proveedores de cajas.
- Proveedores de cintas, etc.
- Proveedores de polipropileno y poliestireno.

- 3) **Competencias**

Para el rubro de la fabricación de productos plásticos descartables en el Perú la competencia es muy alta, es decir el principal problema que tiene la empresa es la variedad de empresas que se encuentran en el mercado, sin embargo, la elaboración de diferentes productos similares o alternos, se determinan por la calidad, diseño, precio, etc. Es por ello que, la empresa debe ofrecer un producto innovador para la satisfacción del cliente y como resultado se obtenga un mejor posicionamiento en el mercado nacional. Entre los competidores en el mismo rubro se tiene a Darnael, San Nicolás, Plastienvases, Tecnipack, Alfa, Pamolsa, etc.

- **Producto**

La empresa comercializa sus diferentes productos a nivel nacional e internacional, además de crear productos nuevos con la aceptación del mercado. (Véase Figura 17 a la Figura 26).



Figura 17. Plato PS N18
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 19. Vaso PP 07 OZ “A”
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 18. Vaso Térmico 10 OZ
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 20. Container Térmico 4 OZ
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 21. Bandeja PS Ovalada
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 24. Cuchara PP N06
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 22. Piso Torta PP
Cartonplast 29cm
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 25. Repostero Térmico 07
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 23. Caja Térmica 1/2 Pollo B
Fuente: La empresa
Elaboración propia



Figura 26. Tapa PS P/Gelatinero
PP
Fuente: La empresa
Elaboración propia

5.1.1.2 Descripción general del área de Espumado

- **Organigrama del área de Espumado**

El área de Espumado está conformada como organización de la siguiente manera (Véase Figura 27):

Nivel 1: Jefe de Espumado

Nivel 2: Encargado de Espumado

Nivel 3: Operario de extrusora y Operario de Termoformado

Nivel 4: Operario de molino, Operario de mezcla, Operario de peletizadora y el Operario de empaquetado.

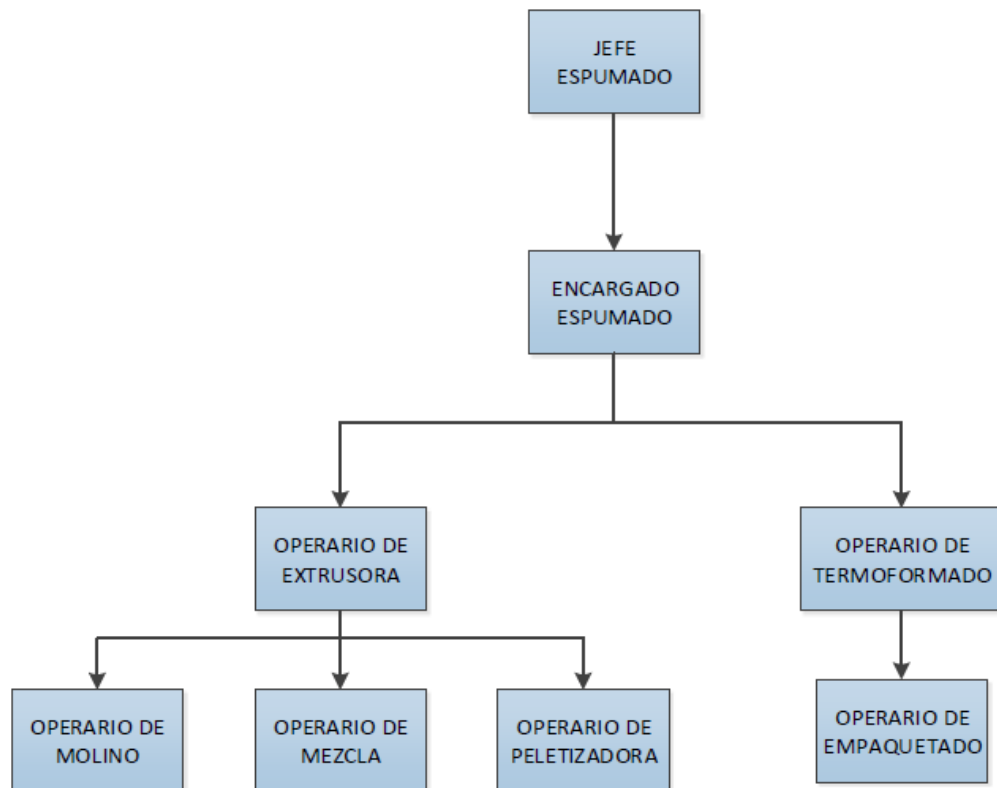


Figura 27: Organigrama del área de Espumado

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Agosto del 2018.

La Figura 27 nos permite conocer el diagrama organizacional dentro del área de Espumado.

- **Layout actual del área de Espumado**

Se utilizó el Layout actual de la empresa para poder verificar la distribución de las máquinas y poder identificar la máquina que se realizará la mejora para nuestra investigación.

Como podemos observar en el layout, se muestra la ubicación de nuestra máquina a tratar como investigación (circulo negro), en la cual se le aplicó las metodologías correspondientes para generar mayor valor a la máquina y no genere paradas de máquina no programadas.

En la Figura 28 se muestra el Layout actual del área de Espumado, presentando la máquina que se utilizará para la investigación:



Figura 28: Layout del área de Espumado
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Agosto del 2017.

En la Figura 28 se puede observar la ubicación de la máquina Extrusora ESP-2, en la cual se realizó la investigación.

- **Descripción de los procesos operativos del área de Espumado**

La empresa a tratar como investigación desarrolla todos sus productos dando inicio con el área de desarrollo de producto hasta la venta del producto terminado hacia el cliente (Véase Figura 29), para la presente investigación detallamos las etapas del proceso operativo de producción mediante diagrama de bloques para la línea de espumado (Véase Figura 30).

En la elaboración de los envases plásticos descartables tenemos 4 procesos operativos importantes, en la cual detallamos en los siguientes puntos:

- **Proceso de Extrusión:** La extrusión se aplica en el procesamiento de los materiales polímeros siendo un proceso continuo, en donde se realizan acabados a través de material fundido por medio de una herramienta de conformación (hilera, cabezal de extrusión, orificio), y como resultado final del proceso se obtiene láminas de plásticos en forma de bobinas. (Véase Figura 31).
- **Proceso de Termoformado:** Proceso mediante el cual la lámina plástica formada por bobina es sometida al calor mediante el horno para luego pasar por el molde o matriz de madera, resina o aluminio. Es decir, la lámina plástica toma la forma del molde con la acción de presión y temperatura elevada. (Véase Figura 32).
- **Proceso de Empaquetado:** Proceso de embalaje y empaquetado del producto final, con el fin de poder almacenar nuestros productos terminados o entregar al cliente. (véase Figura 32).
- **Proceso de Molienda:** Proceso de transformación física que se realiza con la materia prima y sin alterar su naturaleza misma, es decir este proceso es importante para diversos procesos industriales como reciclaje. (Véase Figura 33).

- Mapa de procesos

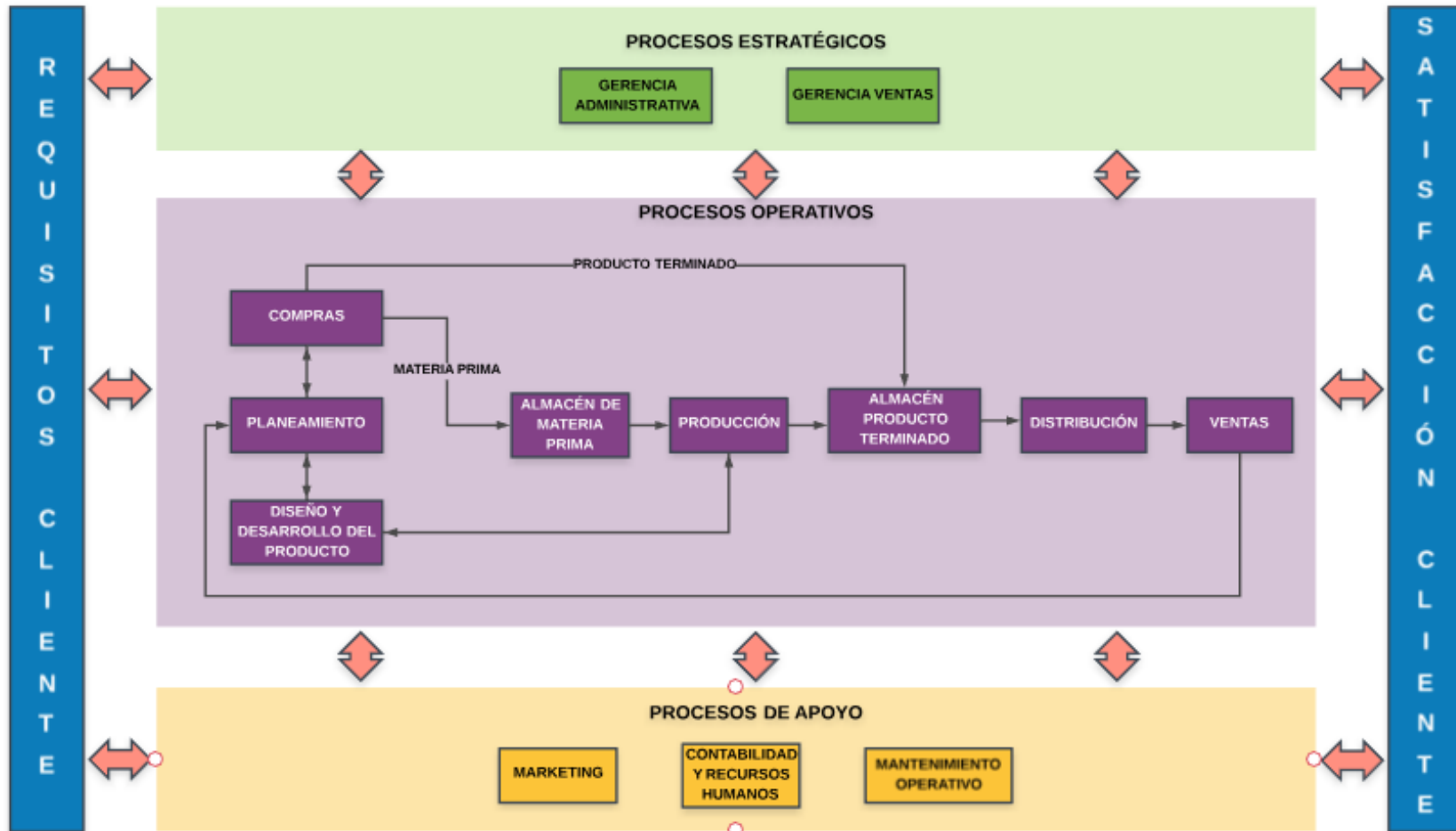


Figura 29. Mapa de procesos
 Fuente: La empresa
 Elaboración propia

• **DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PRODUCCIÓN ESPUMADO**

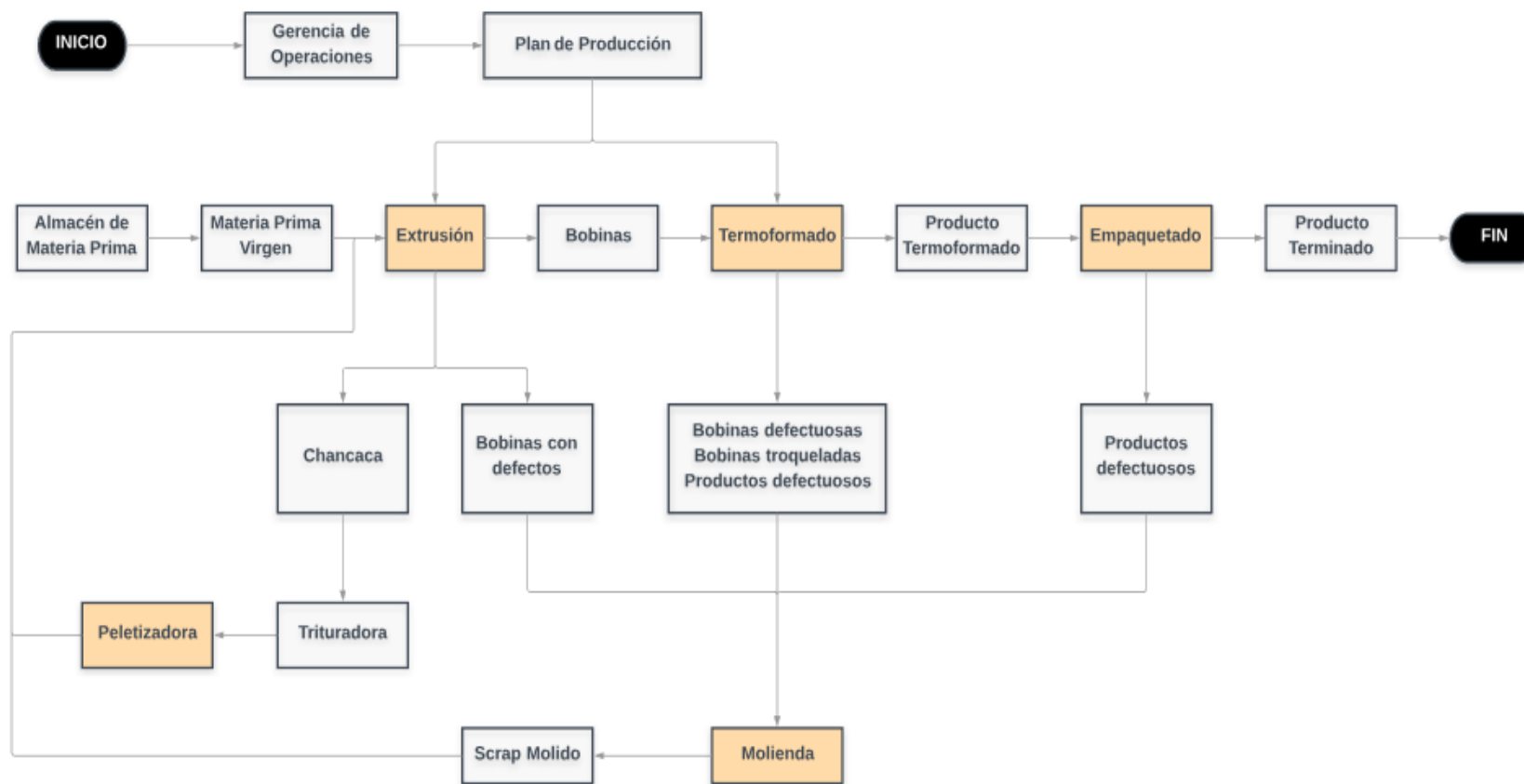


Figura 30. Diagrama de bloques del área de Producción Rígidos
Fuente: La empresa
Elaboración propia

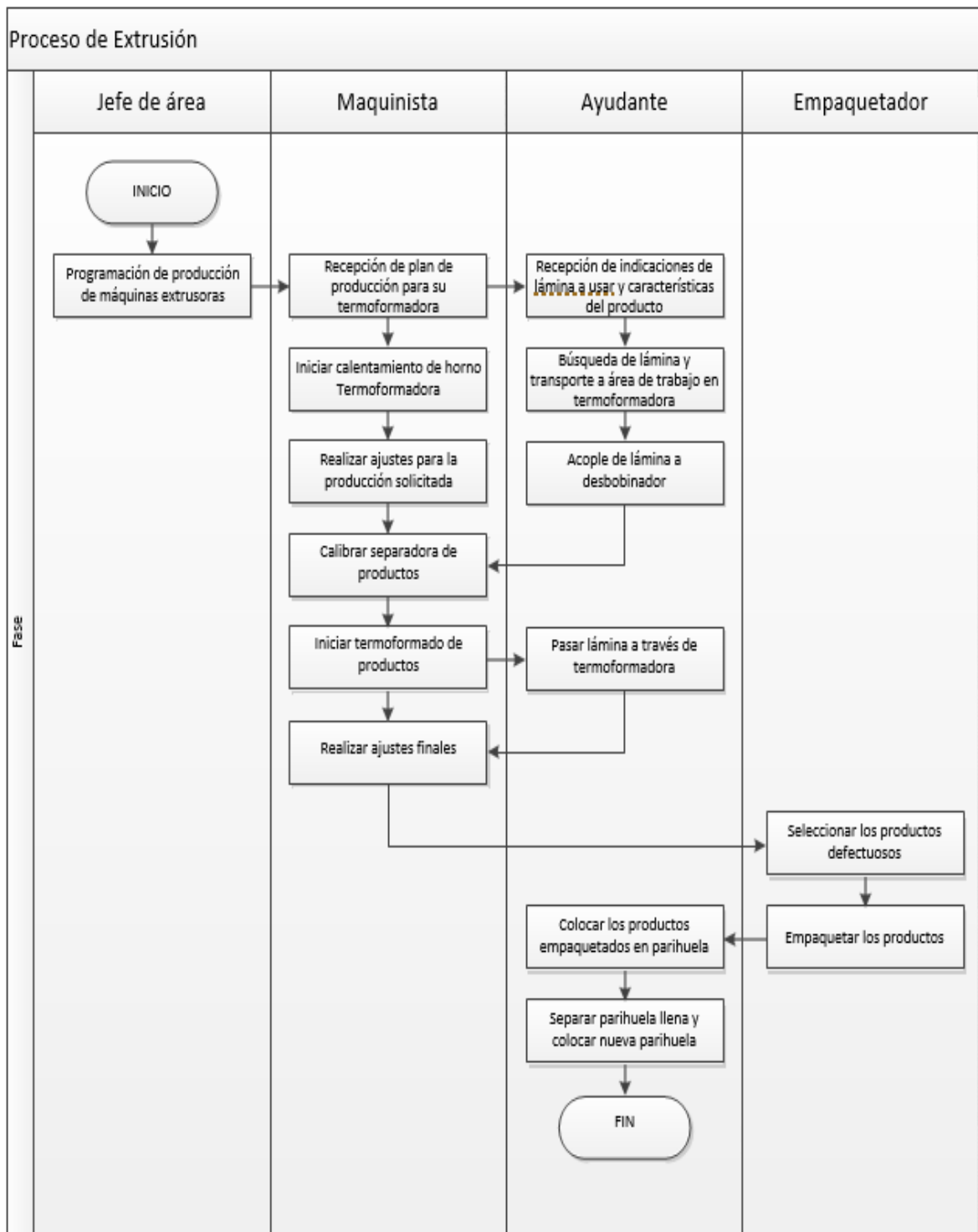


Figura 31. Flujograma del Proceso de Extrusión
Fuente: La empresa
Elaboración propia

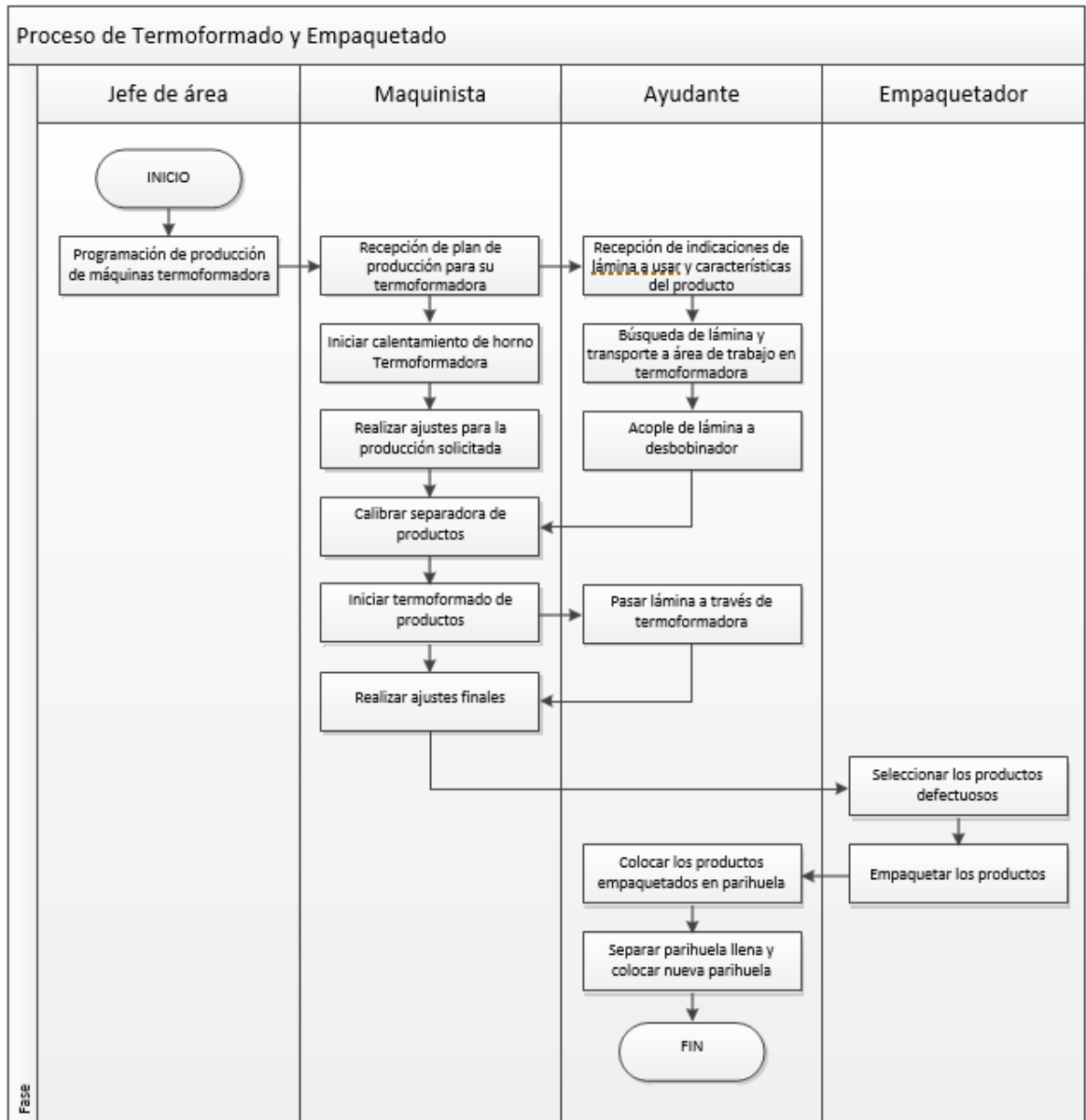


Figura 32. Flujograma del Proceso de Termoformado y Empaquetado
 Fuente: La empresa
 Elaboración propia

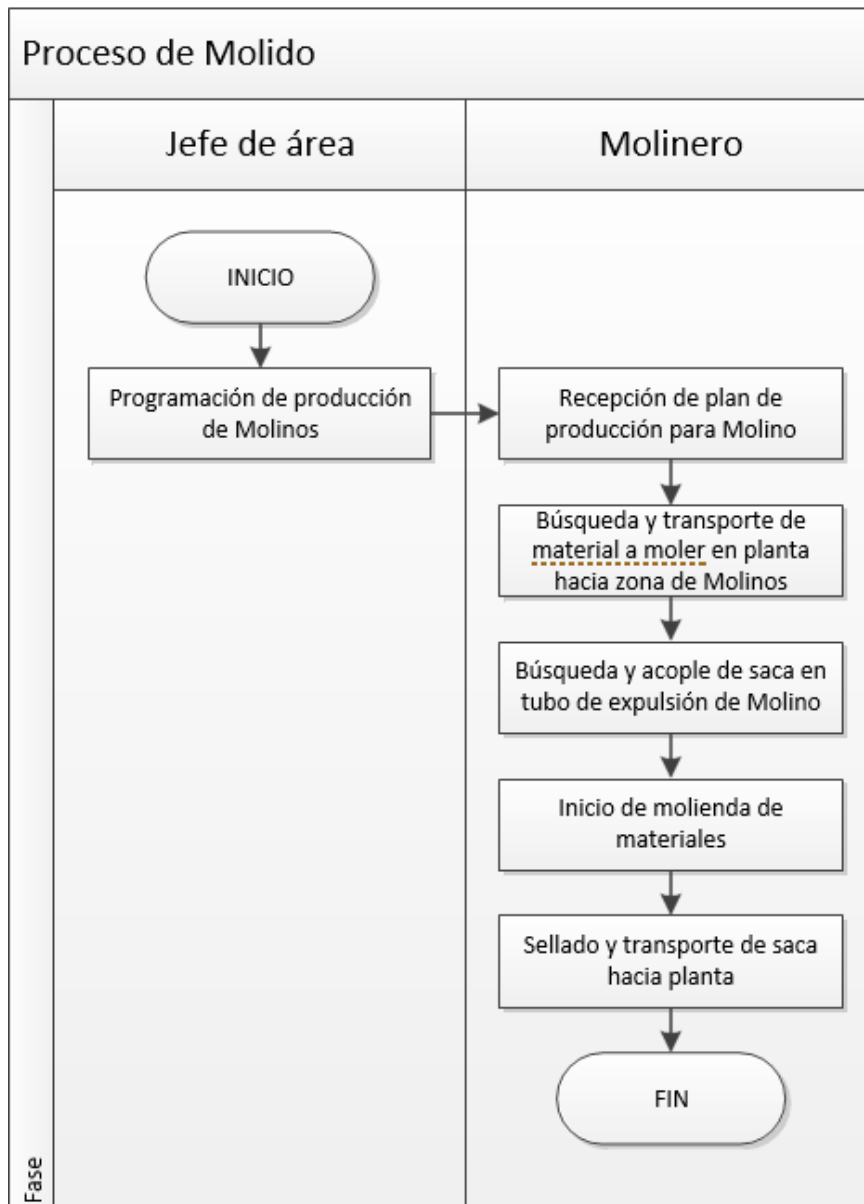


Figura 33. Flujograma del Proceso de Molido

Fuente: La empresa

Elaboración propia

- **Maquinas empleadas en el área de Espumado**

Para realizar los procesos de producción en el área de espumado, se necesitan diferentes tipos de máquinas para poder fabricar los diferentes productos para la necesidad del cliente (Véase Figura 34):



Figura 34. Imagen actual 1 de Extrusora ChiChang área Espumado
Fuente: La empresa
Elaboración propia

En la Figura 34 se muestra al área de trabajo de la Extrusora #1, en donde se encuentra todo un sistema para la preparación de material PET, sin embargo, no ha sido desarrollado ni planeado una línea de productos de este material. Los items son: Silo de secado PET, Silo deshumecedor PET y Tablero

5.1.2 Procesos de mantenimiento en la empresa y funciones

La empresa al tener diferentes tipos de maquinarias para fabricar sus productos, cuenta con diferentes tipos de mantenimientos con el fin de tener operativas sus máquinas al cien por ciento y generar valor por cada tipo de mantenimiento

- **Tipos de Mantenimiento en la empresa**

La empresa cuenta con un formato especial y diseñado exclusivamente para el registro en físico de todas las actividades de mantenimiento que se produce dentro de la planta, ya sea mantenimiento para una máquina en especial o alguna mejora o instalación nueva que se realice en beneficio a la empresa:

- **Mantenimiento Correctivo:** Mantenimiento basado en las fallas de máquina que ocurren intempestivamente y/o máquinas paradas no programadas. Se realizan trabajos que corrigen la máquina de algún impedimento en su producción y genere valor en su proceso sin paradas.
- **Instalaciones Nuevas:** Son trabajos de actividad frecuente, ya que se puede generar alguna instalación de una máquina nueva o instalación de un equipo, instalación de elementos nuevos dentro de la empresa para ampliar los diseños y dar mayor potencial a los procesos.
- **Mejoras:** Son trabajos específicos que realiza mantenimiento para su mejor proyección en algún proceso o en alguna máquina para su mejor uso.

- **Proceso de requerimiento de compras**

La empresa cuenta con un proceso de requerimiento de compras para la obtención de repuestos necesarios, ya sea para el cambio de dicho repuestos o una mejora en la máquina. Es por ello que mediante un diagrama de proceso, se identificará dicha actividad en la Figura 35:

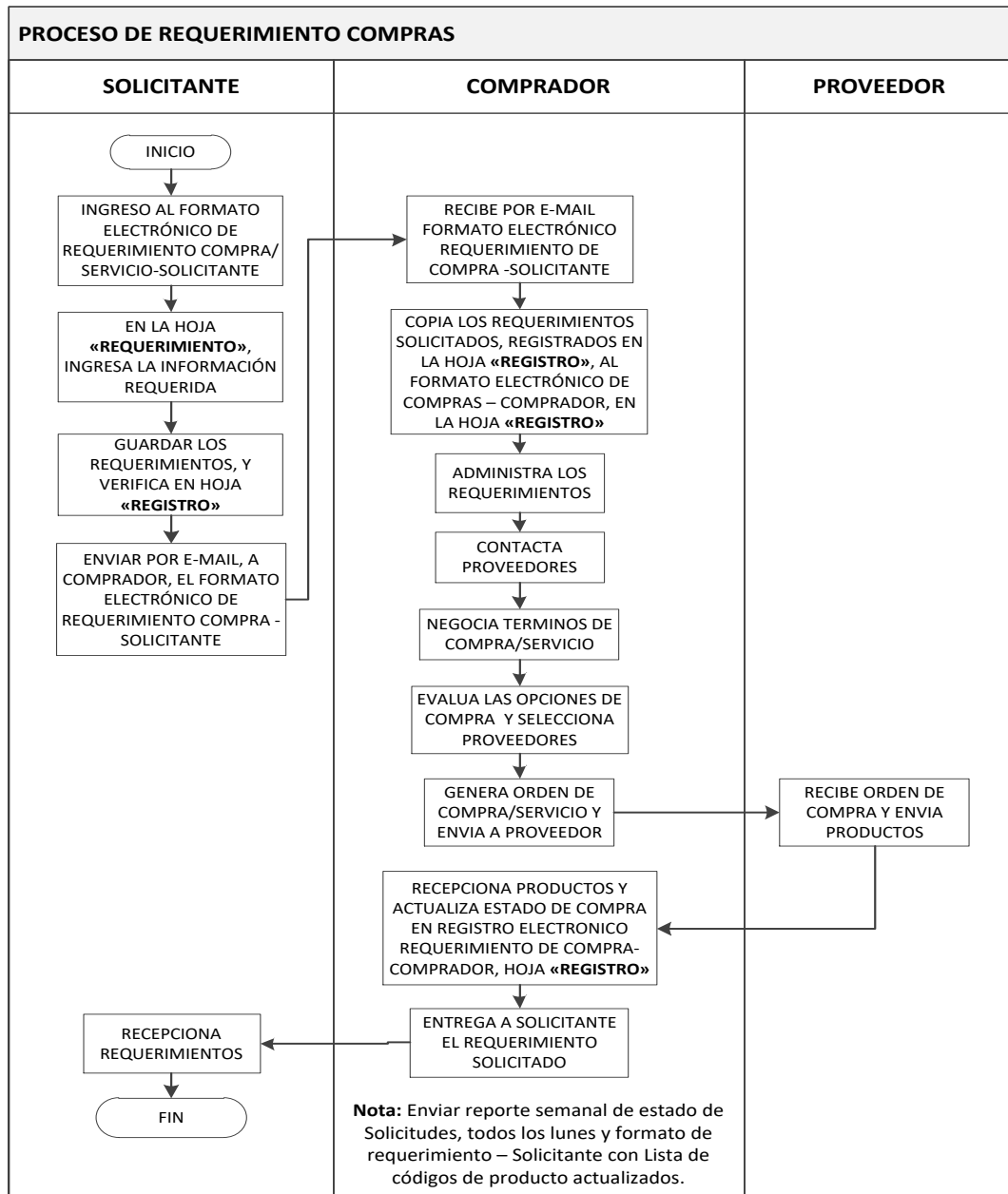


Figura 35. Flujograma del Proceso de Compras
Fuente: La empresa
Elaboración propia

En la Figura 35, se muestra el diagrama de la Planificación de repuestos que tiene como base la empresa a tratar.

5.2 Análisis de paradas de máquina

En el capítulo I se refirió a las horas paradas de máquina como un problema que afecta de manera crítica el nivel y el cumplimiento de la demanda de producción de la empresa, ya que se están incurriendo en costos de horas extras, sumado a esto las maquinarias tienen defectos y fallas constantes.

Para poder elegir las causas más resaltantes y así tomar decisiones al respecto, en la siguiente Figura 36 se muestra el análisis de Pareto de acuerdo a los problemas principales que generan más horas de paradas de máquina para el periodo Julio 2017 a Junio 2018 para la Extrusora ESP-2 que se va a tomar como referencia y sujeto de prueba:

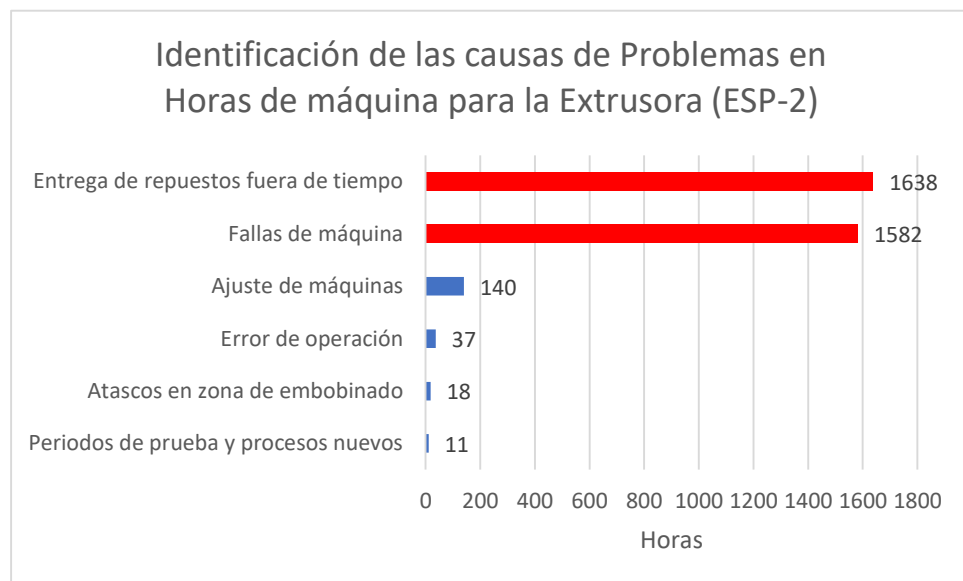


Figura 36. Identificación de las causas del problema en horas de paradas de máquina para la extrusora (ESP-2) periodo jul-2017 a jun-2018

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018

Como se puede observar en la Figura 36, los problemas que causan el mayor número de horas de parada de máquina para la Extrusora ESP-2 son “la entrega de repuestos fuera de tiempo” y “las fallas de máquina”. Estas causas forman más del 90% de las horas de paradas de máquina.

En la siguiente Tabla 3 se muestra el diagrama de Pareto de las causas que generan mayor tiempo de paradas de máquina:

Tabla 3. Pareto de identificación de las causas del problema en horas de paradas de máquina para la extrusora (ESP-2) periodo jul-2017 a jun-2018

Causa de Horas de Parada de Máquina	Horas	%	ABC
Entrega de repuestos fuera de tiempo	1638	47.8%	A
Fallas de máquina	1582	46.2%	A
Ajuste de máquinas	140	4.1%	B
Error de operación	37	1.1%	B
Atascos en zona de embobinado	18	0.5%	C
Periodos de prueba y procesos nuevos	11	0.3%	C

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018

De acuerdo a la Tabla 3 anterior, las dos causas al problema principal que se van a investigar son:

- Fallas de máquina.
- Entrega de repuestos fuera de tiempo.

Estas dos causas se relacionan con la Gestión de mantenimiento, debido a que el factor fundamental para la demanda de producción es la disponibilidad de las máquinas al cien por ciento, siendo éste el indicador principal de la medición para la investigación.

5.2.1 Análisis de las causas del problema

Problema específico 1: ¿Cómo se debería gestionar el plan de mantenimiento de tal manera que se reduzcan las fallas constantes de las máquinas?

En la figura 37 se muestra el diagrama de árbol de problemas para el problema específico 1:

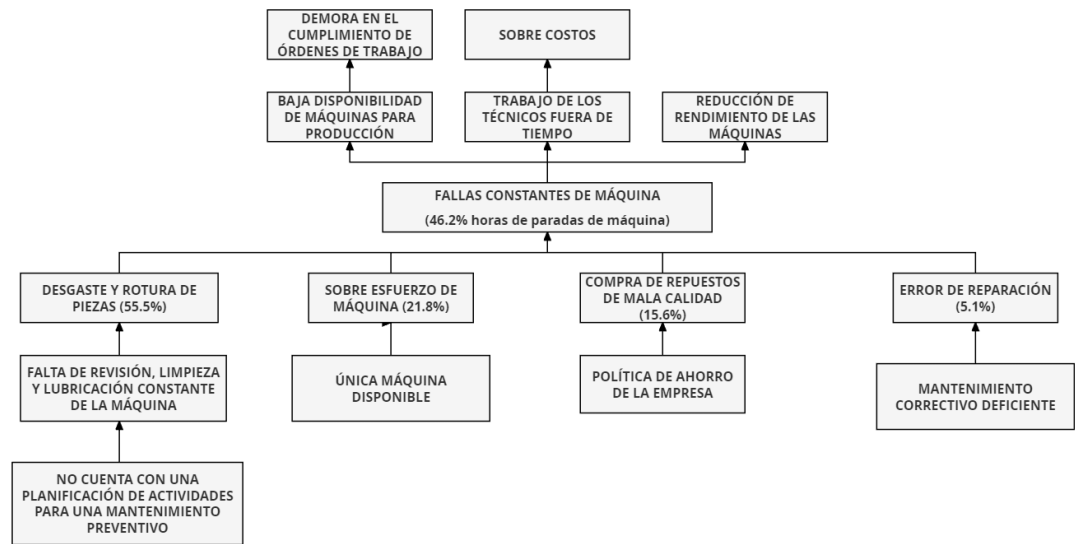


Figura 37. Diagrama de árbol de problemas – Fallas constantes de máquina
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

El diagrama del árbol de la Figura 37 nos muestra que tanto el “Desgaste y rotura de piezas”, “El sobre esfuerzo de máquina”, “El error de reparación” y la “Compra de repuestos de mala calidad”, son las causas principales que perjudican las horas de parada de máquina por fallas de máquina.

En la siguiente Figura 38 se muestra la distribución de las horas para las causas que generan las fallas constantes de máquina para el periodo de Julio 2017 a Junio 2018 en el área de espumado para extrusora ESP-2:

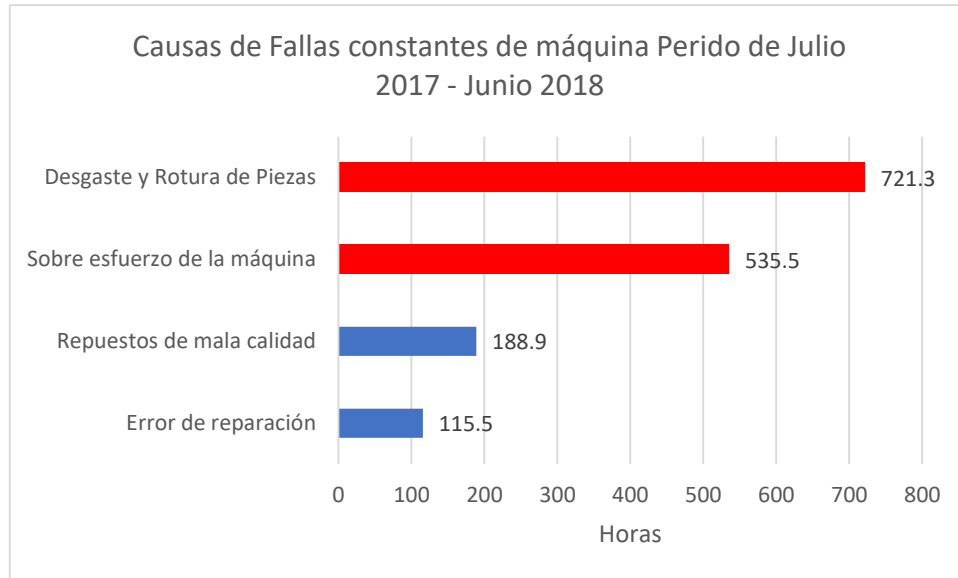


Figura 38. Causas de Fallas constantes de máquina periodo jul-2017 a jun-2018

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

De acuerdo a la Figura 38 se observó que para el periodo indicado, el “Desgaste y Rotura de Piezas” y el “Sobre esfuerzo de la máquina” son los factores que generan mayor tiempo de paradas de máquina.

En la Tabla 4 se presentan el análisis Pareto para las causas al problema de fallas constantes de máquina:

Tabla 4. Análisis Pareto para las causas que generan las Fallas Constantes de Máquina

	Causa General	Causas Específicas	Horas	%	ABC
46.2%	Fallas Constantes de Máquina	Desgaste y Rotura de Piezas	721.3	46.2%	A
		Sobre esfuerzo de la máquina	535.5	34.3%	A
		Repuestos de mala calidad	188.9	12.1%	B
		Error de reparación	115.5	7.4%	C

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

Según el análisis de la Tabla 4, se corrobora que las causas a tratar deben ser la de “Desgaste y Rotura de Piezas” junto con el “Sobre esfuerzo de la máquina”.

Además, nos damos cuenta que la empresa no cuenta con una planificación para un mantenimiento preventivo, siendo esta causa específica de los factores ya nombrados. Esto nos permitirá establecer nuestro punto de quiebre para reducir las horas de parada de máquina generadas por fallas constantes de máquina.

5.2.2 Análisis de las causas del problema

Problema específico 2: ¿Cómo se debería gestionar el abastecimiento de repuestos para reducir las entregas de repuestos fuera de tiempo?

En la Figura 39 se muestra el diagrama de árbol de problemas para el problema específico 2:

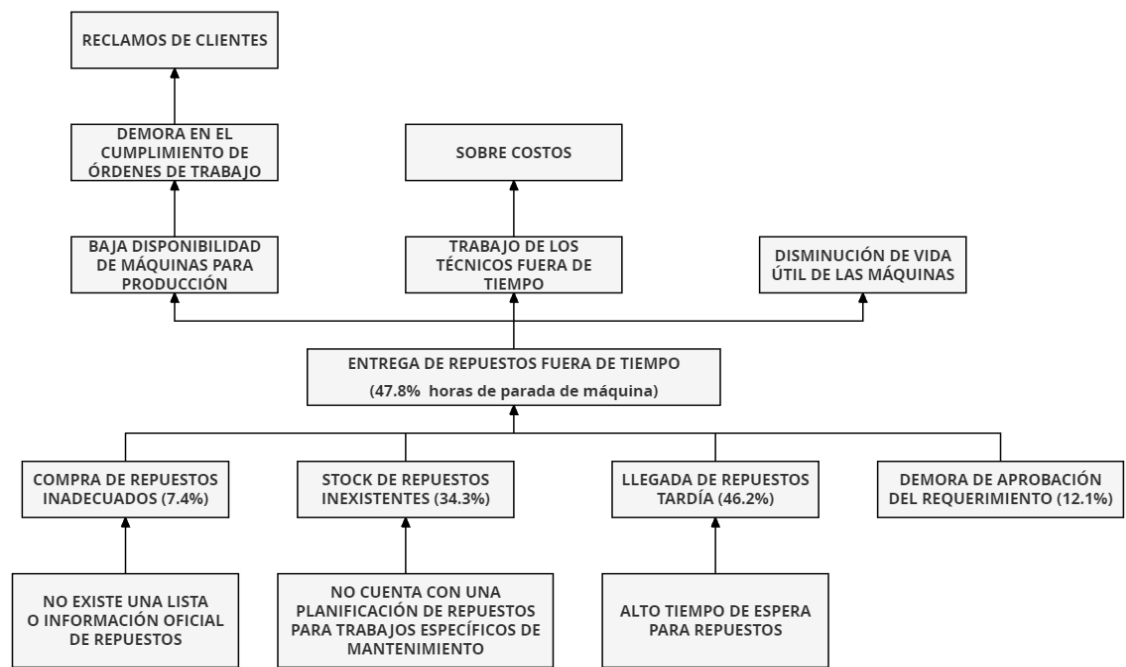


Figura 39. Diagrama de árbol de problemas – Entrega de repuestos fuera de tiempo
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

En el diagrama mostrado (Figura 39), las principales causas que se indican son “Stock de repuestos inexistentes”, “Llegada de repuestos tardía”, “Compra de repuestos inadecuados” y “Demora de aprobación del requerimiento”. Todas estas causas contribuyen a la suma de horas de paradas de máquina generadas por entrega de repuestos fuera de tiempo.

A continuación, la Figura 40 presenta en horas de paradas de máquina las causas al problema de entrega de repuestos fuera de tiempo en el área de espumado para la extrusora ESP-2 en el periodo de Julio 2017 a Junio 2018:

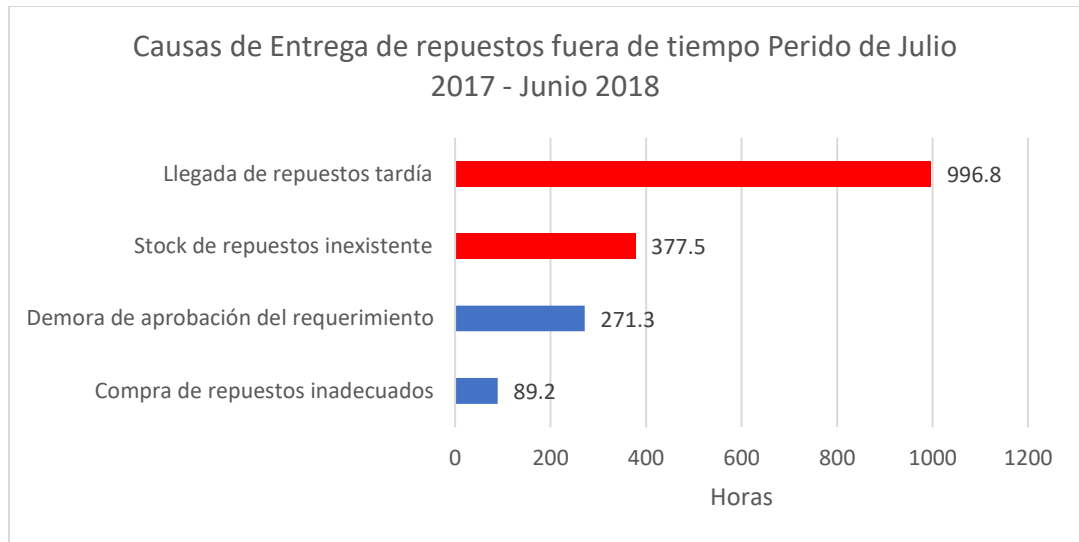


Figura 40. Diagrama de árbol de problemas – Entrega de repuestos fuera de tiempo
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

De acuerdo a la Figura 40 se puede ver que las causas principales que generan la entrega de repuestos fuera de tiempo son “Stock de repuestos inexistente” y “Llegada de repuestos tardía”.

En la siguiente Tabla 5 se muestra el análisis Pareto para las causas al problema de entrega de repuestos fuera de tiempo:

Tabla 5. Análisis Pareto para las causas que generan la Entrega de Repuestos Fuera de Tiempo

	Causa general	Causas específicas	Horas	%	ABC
47.8%	Entrega de repuestos fuera de tiempo	Llegada de repuestos tardía	996.8	57.5%	A
		Stock de repuestos inexistente	377.5	21.8%	A
		Demora de aprobación del requerimiento	271.3	15.6%	B
		Compra de repuestos inadecuados	89.2	5.1%	C

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

En la Tabla 5 se confirma que las causas que generan mayor tiempo de paradas de máquina por entrega de repuestos fuera de tiempo son “Llegada de repuestos tardía” y “Stock de repuestos inexistente”.

Por lo descrito anteriormente y por corroboración de datos con la empresa, esta no cuenta con un manejo de repuestos óptimo y no existe una planificación de los mismos. Es por esto que se puede lograr una mejora utilizando las herramientas de ingeniería en base a la planificación de recursos.

5.3 Correlación de las Variables

Utilizando la data de la empresa (Véase Anexo 4) se obtuvo la información necesaria para hallar el valor de los indicadores de la investigación, en la Tabla 6 se presentan los resultados de ambos indicadores organizados por meses:

Tabla 6. Correlación de las variables – Periodo Jul-2017 a Jun 2018

Año	Mes	Horas Totales de Paradas de Máquina (Hrs.)	Indicador de la Gestión de Mantenimiento
2017	Jul	325.3	0.48
	Ago	325.3	0.50
	Set	227.7	0.64
	Oct	309.0	0.50
	Nov	320.0	0.49
	Dic	357.8	0.43
2018	Ene	292.7	0.55
	Feb	178.9	0.69
	Mar	211.4	0.67
	Abr	178.9	0.70
	May	276.5	0.57
	Jun	292.7	0.53
	Total	3,296.1	0.56

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

Con la información obtenida en la Tabla 6 se hizo la prueba de la normalidad de Shapiro-Wilk (por contar con una muestra menor a 50 datos) en el Software Minitab 18. Dicha prueba, determina que si el valor ($P > 0.05$), la distribución es normal.

Los resultados se presentan en las Figura 41 y en la Figura 42:

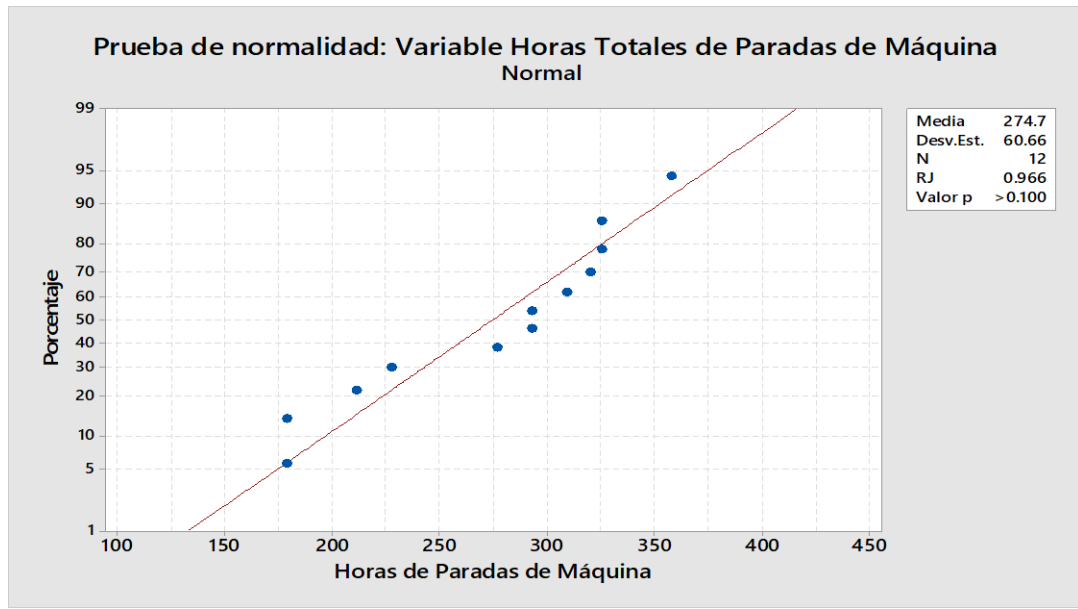


Figura 41. Prueba de Normalidad – Variable Horas Totales de Paradas de máquina
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

La Figura 41 muestra que el valor de “p” es mayor a 0.05, esto quiere decir que la distribución es normal.

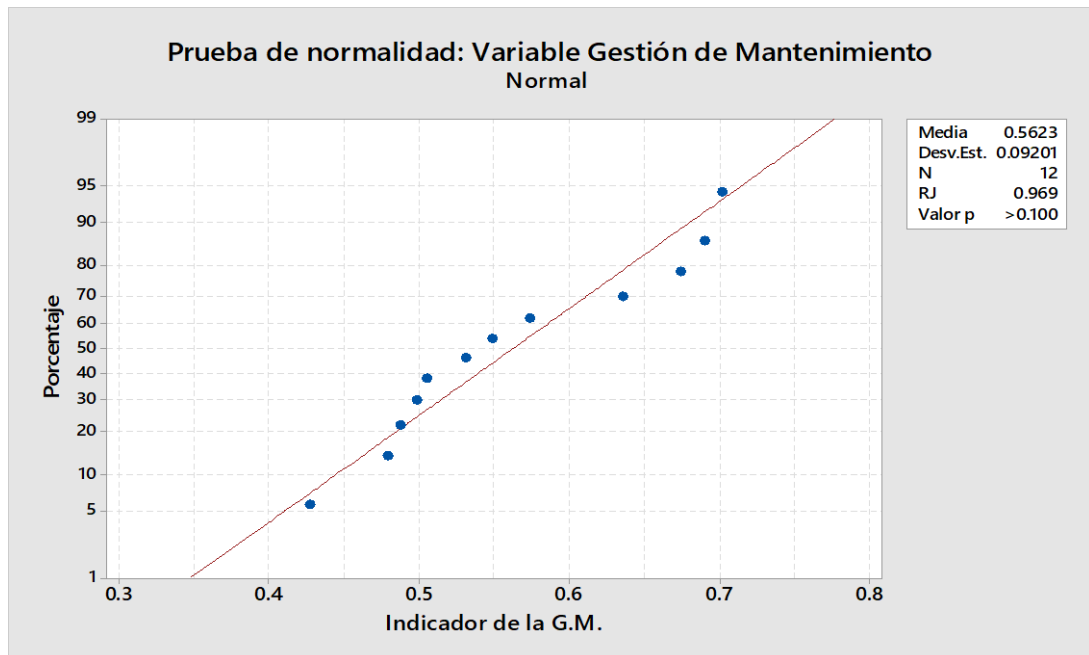


Figura 42. Prueba de Normalidad – Variable Gestión de Mantenimiento
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

La Figura 42 muestra que el valor de “p” es mayor a 0.05, esto quiere decir que la distribución para esta variable también es normal.

Luego de comprobar que los datos tienen una distribución normal, se calculó el coeficiente de correlación de ambas variables utilizando el Software Minitab 18.

Los resultados se muestran en la Figura 43 y la Figura 44:

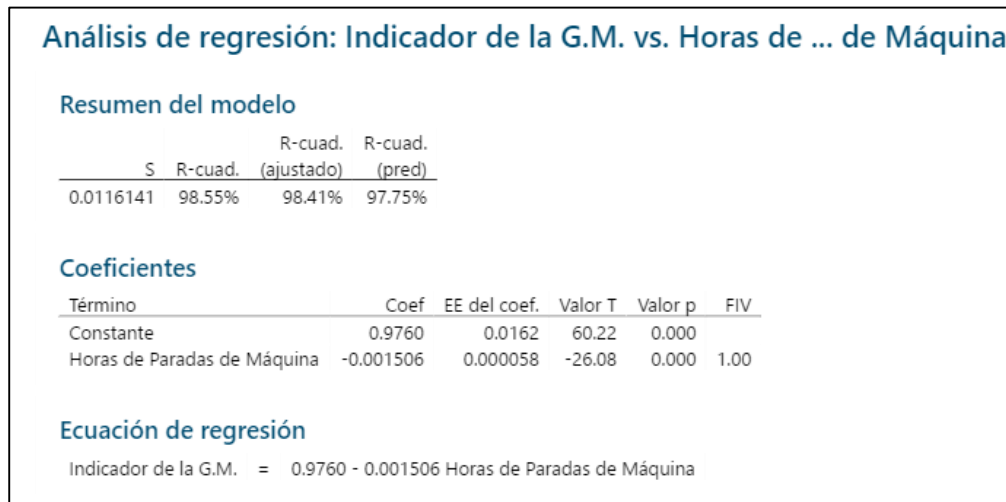


Figura 43. Coeficiente de Correlación

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

El coeficiente de correlación que se muestra en la Figura 43 de la variable independiente horas de paradas de máquina con la variable dependiente Gestión de mantenimiento tuvo un porcentaje 98.55%.

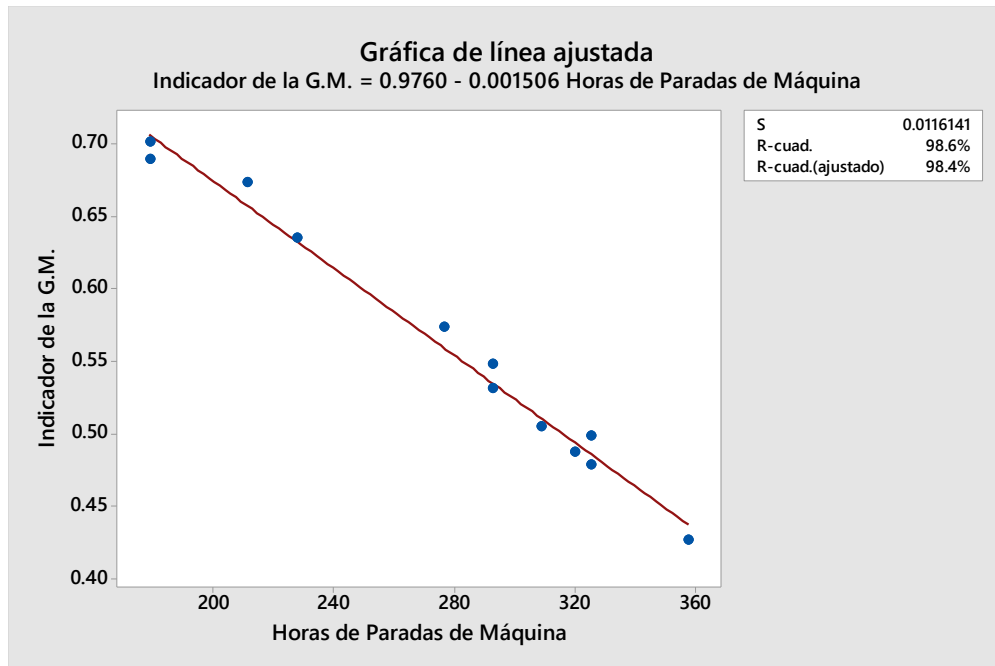


Figura 44. Gráfica de Coeficiente de Correlación
 Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Julio 2018.

En la Figura 44 se puede ver la gráfica de regresión lineal que relaciona a las dos variables del estudio.

5.4 Propuesta de Solución

5.4.1 Metodologías a utilizar

La empresa, a través de la gerencia general, aprobó el desarrollo de la parte experimental de la investigación con una duración de 3 meses (de Julio a Setiembre del 2018) para poder reducir el tiempo de horas de paradas de máquina generadas en los periodos anteriores enfocándonos en el área de espumado y en la máquina extrusora ESP-2. En la siguiente Tabla 7 se presenta las metodologías que se van a utilizar para la resolución de las causas del problema, las cuales se cruzan con los problemas específicos al que pertenecen:

Tabla 7. Tabla de metodologías y causas del problema

Metodología	Causas del problema	Fallas Constantes de Máquina	Entrega de Repuestos fuera de Tiempo
TPM	Desgaste y rotura	x	
TPM	Sobre esfuerzo de la máquina	x	
MRP II	Compra de repuestos inadecuados	x	
MRP II	Stock de repuestos inexistentes		x
MRP II	Llegada de repuestos tardía		x

Fuente: Elaboración Propia. Julio 2018

Como se puede ver en la Tabla 7 las metodologías que se utilizaron para reducir las causas que generan los problemas específicos, mediante su aplicación experimental para la extrusora ESP-2 en el área de espumado. Cabe resaltar, que en la aplicación de dichas metodologías existieron ciertas limitaciones de presupuestos y permisos, no obstante, se consiguió los resultados esperados.

5.4.2 Aplicación de la Mejora

5.4.2.1 Aplicación del TPM en la extrusora ESP-2

Para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) se estableció como herramienta principal el Mantenimiento Planificado, ya que implanta 6 pasos importantes, sugerido según El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas en el desarrollo de la mejora del equipo y evitar fallas de máquina. La visión general de estos pasos se muestra en el siguiente esquema (Véase Figura 45):

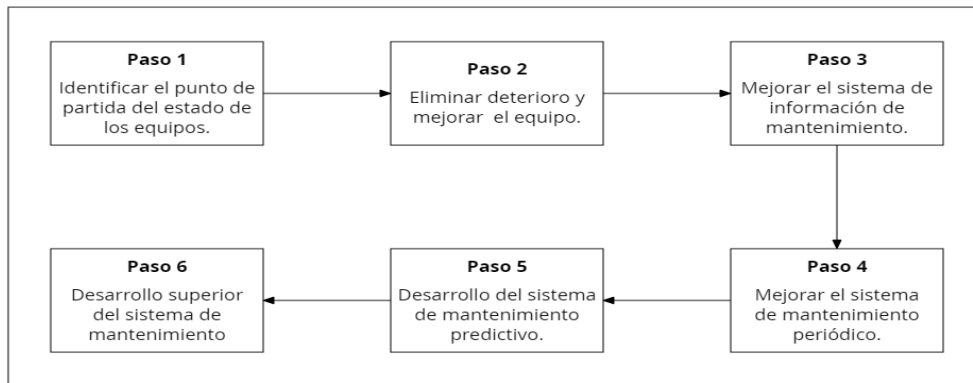


Figura 45. Pasos para el establecimiento del mantenimiento planificado

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018

Paso 1: Identificar el punto de partida del estado de los equipos:

El primer paso para la elaboración del mantenimiento planificado se basa en el mejoramiento de la información disponible sobre el equipo. Para esto, se creó la base de datos (Véase Anexo 4), la cual fue elaborada de acuerdo a registros físicos de mantenimiento correctivo (Véase Anexo 5), y así diagnosticar los problemas del equipo. De acuerdo a lo registrado se tiene como principales puntos de comparación:

- Código y Nombre de la Máquina
- Descripción del Problema
- Descripción de los Trabajos
- Fecha y Hora de Solicitud de Orden de Trabajo
- Fecha y Hora de Inicio y Fin de los trabajos realizados

Se identificaron estos puntos de la base histórica para analizar y así poder crear las actividades, frecuencias y sistemas de mantenimiento que debe tener la máquina con el fin de evitar una falla de máquina.

Paso 2: Eliminar deterioro de equipamiento y mejorarlo

Para éste caso se desarrolló una prueba piloto, en la cual nos permitió determinar los problemas frecuentes del equipo, con el fin de desarrollar acciones que eviten la presencia de horas de parada de máquina por fallas de máquina. Esta prueba piloto se ejecutó de acuerdo a la inspección general de la máquina, para determinar el estado actual de las partes principales que puedan generar futuras averías, que conlleven fallas de máquina.

- **Resultados durante la inspección de máquina:**

1) Inspección de Caja Reductora

Para la inspección de la caja reductora se trabajó con un mecánico y un operador de máquina con el fin de desmontar la caja y verificar el estado actual, como se muestra en las siguientes actividades (Véase Figura 46):

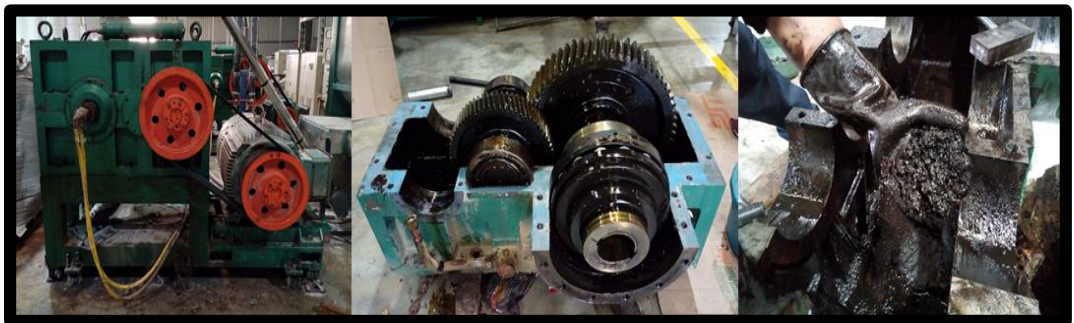


Figura 46. Inspección de Caja Reductora

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018

En la Figura 46 nos muestra el estado de los rodamientos, engranajes y piñones que se encuentran dentro de la caja reductora y se verificó que dichas piezas se encuentran sucias, con grasa quemada y con desgastes en diferentes puntos. Además, se notó que la caja reductora tiene grasa acumulada e inservible que al parecer nunca se ha retirado o limpiado.

2) Inspección de Motores Eléctricos

Para la inspección de los 2 motores eléctricos principales de la máquina, se trabajó con un técnico mecánico y un técnico eléctrico con el fin de desmontar y revisar fallas eléctricas y mecánicas que pueden perjudicar a la máquina, como se muestra en la siguiente Figura 47:



Figura 47. Inspección de Motor Eléctrico

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018

En la Figura 47 se muestra el estado del motor principal, encontrando polvo dentro del motor, cables aterrados y rodamientos sucios, con pequeños desgastes en diferentes puntos. Además, se notó que el motor nunca fue desmontado, ya que el polvo estaba acumulado a gran cantidad alrededor del cascaron.

3) Inspección del Variador Principal

Para la inspección respectiva del Variador Principal, se trabajó con un técnico eléctrico con el fin de desmontar la pieza y verificar las fallas eléctricas que pueden perjudicar a la máquina, como se muestra en la Figura 48:

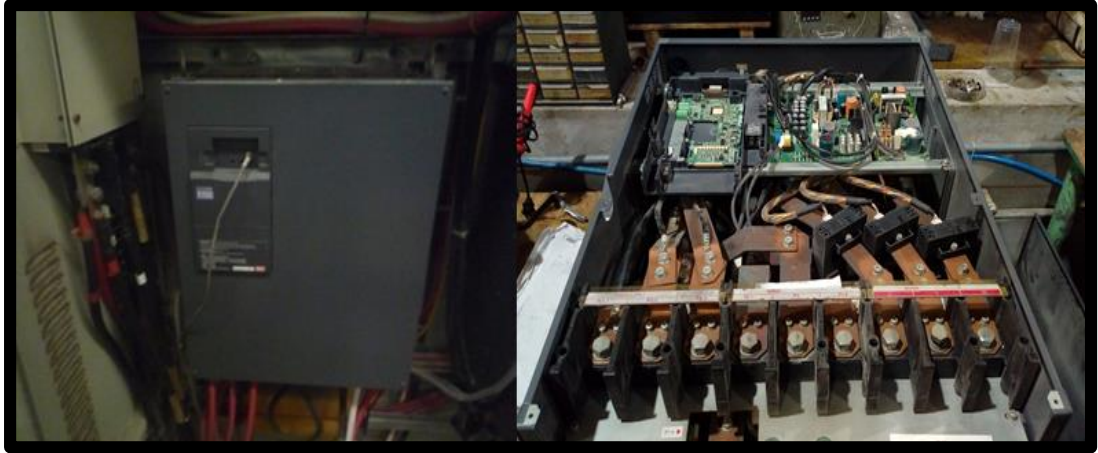


Figura 48. Inspección de Variador Principal

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018

En la Figura 48 se muestra el estado del Variador Principal de la Extrusora, verificando suciedad por toda la zona eléctrica, es decir, cables aterrados, tarjetas con acumulación de polvo y las paredes interiores del variador con suciedad que perjudica el contacto eléctrico de las piezas. Además, se puede observar piezas de cobre quemadas y oxidadas por diferentes partes de las piezas.

- **Resultados después la inspección de máquina:**

Después de analizar las partes más resaltantes de la máquina, se determinó realizar el mantenimiento respectivo de la máquina de acuerdo a la necesidad de cada pieza seleccionada, basándose en el manual de la Extrusora ESP-2 (Véase Anexo 2). Y los resultados fueron los siguientes:

1) Mantenimiento a la Caja Reductora

Verificando los puntos críticos de la caja reductora y con ayuda del técnico mecánico y del operador de máquina para el mantenimiento de la pieza, se resolvió lo siguiente (Véase Figura 49):



Figura 49. Mantenimiento a la Caja Reductora

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018

En la Figura 49 se muestra diferentes partes del mantenimiento a la caja reductora, en la cual se puede observar que se realizaron actividades desde la limpieza de los rodamientos, ejes, piñones y engranajes hasta el montaje de la pieza. Es decir, se efectuó el mantenimiento satisfactoriamente y, por consiguiente, se pudo obtener algunas actividades para desarrollar nuestro plan de mantenimiento programado, como se muestra en lo siguiente:

Actividades para el Mantenimiento Programado:

- Lavar caja reductora del extrusor 1
- Cambiar aceite de caja reductora de extrusor 1
- Lavar caja reductora del extrusor 2
- Cambiar aceite de caja reductora de extrusor 2
- Revisar estado de piñones, engranajes, bocinas, ejes, poleas, etc. Y corregir

2) Mantenimiento a los Motores Eléctricos

Verificando los puntos críticos de la caja reductora y con ayuda del técnico mecánico y del técnico eléctrico para el mantenimiento de la pieza, se resolvió lo siguiente (Véase Figura 50):



Figura 50. Mantenimiento a los Motores Eléctricos

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018

En la Figura 50 se muestra diferentes partes del mantenimiento realizado al motor eléctrico, en la cual se puede observar que se realizaron actividades desde la medición de aislamiento del motor, medición de amperaje y temperatura hasta el montaje de la pieza. Es decir, se efectuó el mantenimiento satisfactoriamente y, por

consiguiente, se pudo obtener algunas actividades para desarrollar nuestro plan de mantenimiento programado, como se muestra en lo siguiente:

Actividades para el Mantenimiento Programado:

- Medir aislamiento de motores eléctricos
- Medir amperaje de motores
- Medir temperatura de motores

3) Mantenimiento al Variador Principal

Verificando los puntos críticos del variador principal y con ayuda del técnico eléctrico para el mantenimiento de la pieza, se resolvió lo siguiente (Véase Figura 51):



Figura 51. Mantenimiento al Variador Principal

Fuente: Elaboración propia. Julio 2018

En la Figura 51 se muestra diferentes partes del mantenimiento realizado al Variador Principal, en la cual se puede observar que se realizaron actividades desde la verificación y limpieza de equipos electrónicos, ajuste de bornes y hasta el montaje de la pieza. Es decir, se efectuó el mantenimiento satisfactoriamente y, por consiguiente, se pudo obtener algunas actividades para desarrollar nuestro plan de mantenimiento programado, como se muestra en lo siguiente:

Actividades para el Mantenimiento Programado:

- Limpiar equipos electrónicos (controladores, PLC, servo drivers, etc.).
- Revisar buen funcionamiento de equipos electrónicos (PLC, servo, etc.).
- Ajustar bornes.

Paso 3: Mejorar el sistema de información para la gestión

La empresa cuenta con sus formatos en físicos diseñados de acuerdo a su criterio. Es por eso, que para nuestra investigación se logró mantener el modelo físico y mejorar algunos aspectos que son convenientes en el desarrollo de nuestro plan de mantenimiento, en la cual se muestra en el Anexo 4.

Paso 4: Mejorar el sistema de mantenimiento periódico

De acuerdo a lo identificado en la prueba piloto solo se tomó en cuenta partes críticas de la máquina y las que generan mayor pérdida a la empresa, con el objetivo de tomar información necesaria para aplicar un programa que nos permita ejercer una secuencia de actividades con los diferentes sistemas de mantenimiento existentes, en las cuales estén orientadas al mejoramiento y control de las piezas que puedan sufrir averías y no generen fallas de máquina.

1) Plan de mantenimiento

Se ejecutó un plan de mantenimiento en la máquina Extrusora (ESP-2), iniciando con ciertos números de actividades divididas en sistemas de mantenimiento:

- **Lista de actividades para los mantenimientos programados**

El siguiente paso para la ejecución fue llevar a cabo la Lista de actividades por Sistema de Mantenimiento, diseñada para la Extrusora ESP-2 (Véase Figura 52):

Sistema de Mantenimiento	Nº	Actividades para el Mantenimiento
Eléctrico	1	Calibrar controladores
	2	Medir aislamiento de motores eléctricos
	3	Limpiar equipos electrónicos (controladores, PLC, variadores, servodrivers, etc).
	4	Revisar buen funcionamiento de equipos electrónicos (PLC, servos, etc) y corregir
	5	Ajustar bornes
	6	Medir amperaje de motores
	7	Medir temperatura en motores
	8	Limpiar tableros eléctricos
	9	Limpiar filtros de tableros eléctricos
	10	Limpiar ventiladores
	11	Revisar estado de conductores y corregir.
	12	Revisar estado de protección mecánica de conductores y corregir
Hidráulico	1	Cambiar empaques de pistón cambia filtro
	2	Cambiar aceite hidráulico
	3	Revisar buen funcionamiento de válvulas
	4	Limpiar válvulas
	5	Limpiar circuito de calentamiento de cabezal
	6	Cambiar kit de repuesto de válvula de control en Calentador
Lubricación	1	Lavar caja reductora del extrusor 1
	2	Cambiar aceite de caja reductora de extrusor 1
	3	Lavar caja reductora del extrusor 2
	4	Cambiar aceite de caja reductora de extrusor 2
	5	Cambiar aceite de caja reductora de jalador
	6	Lavar caja reductora de jalador
	7	Lavar deposito de la Unidad Hidraulica y cambiar filtro
	8	Cambiar aceite en tanque de cambia filtro
	9	Lavar caja reductora de bobinado 1 y 2
	10	Cambiar aceite de caja reductora de bobina, 1
	11	Lavar caja reductora de cambia bobina 1 y 2
	12	Cambiar aceite de caja reductora de mezclador
	13	Lubricar rodamiento de motor principal de extrusor 1 y 2
	14	Lubricar chumaceras de jalador
	15	Lubricar cadenas de transmisión de jalador
	16	Lubricar chumaceras del mezclador
	17	Lubricar cadena de transmisión del mezclador
	18	Lubricar chumaceras del embobinador
	19	Lubricar cadenas de transmisión de embobinador
	20	Lubricar mecanismo de apertura y cierre del embobinador
	21	Lubricar juntas rotativas
Mecánico	1	Alinear motor principal
	2	Nivelar maquina
	3	Revisar estado de Bomba LEWA y corregir
	4	Revisar buen funcionamiento de Bomba LEWA y corregir
	5	Revisar estado de valvula de admision de gas y corregir.
	6	Revisar estado de las chumaceras de la máquina y corregir
	7	Limpiar las chumaceras de la máquina
	8	Revisar estado de las cadenas de transmisión y corregir
	9	Limpiar las cadenas de transmisión
	10	Revisar estado del mecanismo de apertura y cierre de los embobinadores
	11	Limpiar mecanismo de apertura y cierre de los embobinadores
	12	Revisar estado de las tuberías del sistema de enfriamiento de la máquina y corregir.
	13	Revisar estado de las juntas rotativas del 1° y 2° extrusor y corregir
	14	Revisar buen funcionamiento de las juntas rotativas del 1° y 2° extrusor y corregir
	15	Revisar estado de las paletas del mezclador y/o corregir.
	16	Revisar estado del controlador de temperatura del cabezal y corregir
	17	Revisar buen funcionamiento del controlador de temperatura del cabezal y corregir
	18	Revisar estado del alimentador y corregir
	19	Revisar buen funcionamiento del alimentador y corregir
	20	Revisar estado de tornillo y corregir
	21	Limpiar tornillo (producción)
	22	Tensor cadenas jalador y bobinado
	23	Revisar estado de piñones, engranajes, bocinas, ejes, poleas, etc. Y corregir.
	24	Revisar estado de bocinas o ejes en busca de Desgaste y corregir
Neumático	1	Cambiar filtros
	2	Revisar separación adecuada entre mangueras y partes móviles
	3	Limpiar cilindros neumáticos
	4	Lubricar cilindros neumáticos
	5	Revisar correcto funcionamiento de la Unidad de Mantenimiento y corregir
	6	Limpiar Unidad de Mantenimiento
	7	Revisar estado de las válvulas distribuidoras y corregir
	8	Limpiar válvulas distribuidoras
	9	Lubricar válvula neumática
	10	Limpiar válvula neumática
	11	Ajustar componentes neumáticos
	12	Revisar buen funcionamiento de actuadores para el sistema de carga y corregir
	13	Limpiar silenciadores
	14	Revisar fugas de aire y corregir

Figura 52. Lista de Actividades por Sistema de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia. Julio 2018

En la anterior Figura 52, nos muestra las actividades que se generaron de acuerdo a la inspección de la prueba piloto, base de datos en Excel creada por los documentos en físico (Anexo 5) y el Manual de Operaciones de la máquina Extrusora ESP-2 (Anexo 2).

Es decir, cada actividad está relacionada a la importancia que refleja para el mantenimiento programado, con el fin de mejorar el rendimiento de la máquina y evitar horas de parada de máquina por falla de máquina.

- **Frecuencias de Actividades**

Los resultados de nuestra prueba piloto, no sólo nos identificó las actividades que realizan los técnicos por cada trabajo, sino también las frecuencias por los cuales estas actividades se van a desarrollar por cada tiempo de trabajo. Es decir, se verificó el periodo por cada actividad y sistema de trabajo que se deben realizar, con el fin de mejorar el rendimiento de la máquina, realizando los mantenimientos programados por cada frecuencia en la máquina Extrusora ESP-2 (Véase Figura 53):

Sistema de Mantenimiento	Frecuencia	Nº	Actividades para el Mantenimiento
Eléctrico	Anual	1	Calibrar controladores
	Anual	2	Medir aislamiento de motores eléctricos
Eléctrico	Trimestral	3	Limpiar equipos electrónicos (controladores, PLC, variadores, servodrivens, etc).
		4	Revisar buen funcionamiento de equipos electrónicos (PLC, servos, etc) y corregir
		5	Ajustar bornes
		1	Medir amperaje de motores
		2	Medir temperatura en motores
		3	Limpiar tableros eléctricos
		4	Limpiar filtros de tableros eléctricos
Hidráulico	Anual	5	Limpiar ventiladores
		6	Revisar estado de conductores y corregir.
		7	Revisar estado de protección mecánica de conductores y corregir
		1	Cambiar empaques de pistón cambia filtro
		2	Cambiar aceite hidráulico
		3	Revisar buen funcionamiento de válvulas
Lubricación	Anual	4	Limpiar válvulas
		5	Limpiar circuito de calentamiento de cabezal
		6	Cambiar kit de repuesto de válvula de control en Calentador
		1	Lavar caja reductora del extrusor 1
		2	Cambiar aceite de caja reductora de extrusor 1
		3	Lavar caja reductora del extrusor 2
		4	Cambiar aceite de caja reductora de extrusor 2
		5	Cambiar aceite de caja reductora de jalador
		6	Lavar caja reductora de jalador
		7	Lavar deposito de la Unidad Hidraulica y cambiar filtro
		8	Cambiar aceite en tanque de cambia filtro
		9	Lavar caja reductora de bobinado 1 y 2
		10	Cambiar aceite de caja reductora de bobina, 1
Lubricación	Trimestral	11	Lavar caja reductora de cambia bobina 1 y 2
		12	Cambiar aceite de caja reductora de mezclado
		13	Lubricar rodamiento de motor principal de extrusor 1 y 2
Mecánico	Anual	1	Lubricar rodamiento de motor principal de extrusor 1 y 2
		2	Lubricar chumaceras de jalador
		3	Lubricar cadenas de transmisión de jalador
		1	Lubricar chumaceras de jalador
		2	Lubricar cadenas de transmisión de jalador
		3	Lubricar chumaceras del mezclador
		4	Lubricar cadena de transmisión del mezclador
		5	Lubricar chumaceras del embobinador
Mecánico	Anual	6	Lubricar cadenas de transmisión de embobinador
		7	Lubricar mecanismo de apertura y cierre del embobinador
		8	Lubricar juntas rotativas
		1	Alinear motor principal
		2	Nivelar maquina
		3	Revisar estado de Bomba LEWA y corregir
		4	Revisar buen funcionamiento de Bomba LEWA y corregir
		5	Revisar estado de valvula de admision de gas y corregir.
		6	Revisar estado de las chumaceras de la máquina y corregir
		7	Limpiar las chumaceras de la máquina
		8	Revisar estado de las cadenas de transmisión y corregir
		9	Limpiar las cadenas de transmisión
		10	Revisar estado del mecanismo de apertura y cierre de los embobinadores
		11	Limpiar mecanismo de apertura y cierre de los embobinadores
		12	Revisar estado de las tuberías del sistema de enfriamiento de la máquina y corregir.
		13	Revisar estado de las juntas rotativas del 1° y 2° extrusor y corregir
		14	Revisar buen funcionamiento de las juntas rotativas del 1° y 2° extrusor y corregir
		15	Revisar estado de las paletas del mezclador y/o corregir.
		16	Revisar estado del controlador de temperatura del cabezal y corregir
		17	Revisar buen funcionamiento del controlador de temperatura del cabezal y corregir
		18	Revisar estado del alimentador y corregir
19	Revisar buen funcionamiento del alimentador y corregir		
20	Revisar estado de tornillo y corregir		
21	Limpiar tornillo (producción)		
Neumático	Anual	1	Tensar cadenas jalador y bobinado
		2	Revisar estado de piñones, engranajes, bocinas, ejes, poleas, etc. Y corregir.
		3	Revisar estado de bocinas o ejes en busca de Desgaste y corregir
		1	Cambiar filtros
		2	Revisar separación adecuada entre mangueras y partes móviles
		3	Limpiar cilindros neumáticos
		4	Lubricar cilindros neumáticos
		5	Revisar corecto funcionamiento de la Unidad de Mantenimiento y corregir
Neumático	Trimestral	6	Limpiar Unidad de Mantenimiento
		7	Revisar estado de las válvulas distribuidoras y corregir
		8	Limpiar válvulas distribuidoras
		1	Lubricar válvula neumática
Neumático	Mensual	2	Limpiar válvula neumática
		3	Ajustar componentes neumáticos
		4	Revisar buen funcionamiento de actuadores para el sistema de carga y corregir
		1	Limpiar silenciadores
Neumático	Mensual	2	Revisar fugas de aire y corregir
		3	Limpiar Unidad de Mantenimiento
		4	Revisar corecto funcionamiento de la Unidad de Mantenimiento y corregir
		4	Revisar corecto funcionamiento de la Unidad de Mantenimiento y corregir

Figura 53. Lista de Actividades por Frecuencia de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia. Julio 2018

En la figura 53 nos mostró la lista de actividades ordenándolo en un esquema por sistema de mantenimiento.

- **Resultado de datos obtenidos**

Después de identificar los sistemas de mantenimiento y las frecuencias por cada actividad programada, se obtiene lo siguiente (Véase Tabla 8):

Tabla 8. Cantidad Total de Actividades por Frecuencias y Sistemas de Mantenimientos para la Extrusora ESP-2

Frecuencia	Sistema de Mantenimiento				
	Eléctrico	Hidráulico	Lubricación	Mecánico	Neumático
Anual	5	6	13	21	8
Trimestral	7		3	3	4
Mensual			8		4
Total	12	6	24	24	16

Fuente: Elaboración Propia. Julio 2018

En la Tabla 8 nos muestra, el resultado de las actividades de mantenimiento que fueron elaboradas en base al manual de la Extrusora (Véase Anexo 2) y a la prueba piloto para la inspección y recomendación de actividades por parte del técnico y el Jefe de Mantenimiento.

2) Cronograma de mantenimiento

Para lograr nuestro cronograma de mantenimiento, se tuvieron que realizar los diferentes puntos basados anteriormente, es así como se pudo diseñar este cronograma para el mejoramiento de la máquina (Véase Figura 54):

En la Figura 54, se tomó como punto inicial de ejecución la fecha del 20 de Julio del 2018 (“Semana 3”), siendo los meses de Julio, Agosto y Setiembre nuestro principal objetivo para realizar el mantenimiento programado con las actividades que se crearon respecto a la inspección realizada en la prueba piloto.

3) Gestión de información del Mantenimiento

Con el cronograma de mantenimiento identificado en el punto anterior y con la base de datos obtenida de los registros físicos (Véase Anexo 5), se logró establecer un sistema de mantenimiento, que permita realizar las actividades programadas periódicamente. Es decir, este sistema se basa en el seguimiento de los mantenimientos planificados (Véase Figura 54), teniendo como base los registros de órdenes de trabajo para los mantenimientos planificados (Véase Figura 55):

										Fecha hoy	30/11/2018
Area	Codificacion	Sistema	Periodicidad	Fecha de Inicio de operaci3n	Fecha de Solicitud	Fecha de último mant.	Fecha de próx. Mant	Tiempo de Mant. Atrasad	Tiempo para siguiente Mant		
ESP	ESP-2-ele-anu	ele	anu	1/01/2012	n/d	27/07/2018	22/07/2019	n/d	234		
ESP	ESP-2-ele-tri	ele	tri	1/01/2012	n/d	18/10/2018	16/01/2019	n/d	47		
ESP	ESP-2-hid-anu	hid	anu	1/01/2012	n/d	27/07/2018	22/07/2019	n/d	234		
ESP	ESP-2-lub-anu	lub	anu	1/01/2012	n/d	27/07/2018	22/07/2019	n/d	234		
ESP	ESP-2-lub-men	lub	men	1/01/2012	n/d	20/11/2018	20/12/2018	n/d	20		
ESP	ESP-2-lub-tri	lub	tri	1/01/2012	n/d	18/10/2018	16/01/2019	n/d	47		
ESP	ESP-2-mec-anu	mec	anu	1/01/2012	n/d	27/07/2018	22/07/2019	n/d	234		
ESP	ESP-2-mec-tri	mec	tri	1/01/2012	n/d	18/10/2018	16/01/2019	n/d	47		
ESP	ESP-2-neu-anu	neu	anu	1/01/2012	n/d	27/07/2018	22/07/2019	n/d	234		
ESP	ESP-2-neu-men	neu	men	1/01/2012	n/d	20/11/2018	20/12/2018	n/d	20		
ESP	ESP-2-neu-tri	neu	tri	1/01/2012	n/d	18/10/2018	16/01/2019	n/d	47		

Figura 55. Seguimiento del Mantenimiento Planificado

Fuente: Elaboración Propia. Julio 2018

En la Figura 55 se muestra el Seguimiento del Mantenimiento preventivo por periodos de tiempos, de acuerdo a lo planificado en los puntos anteriores.

Para mantener la organización de datos se creó un registro de órdenes de trabajo (Véase Figura 56):

Nº de OT	¿OT repetida?	Tipo de OT	Código MP	Código	Nombre	Marca	Área	Descripción del problema
PREV-4	OK	M. Preventivo	ESP-2-lub-men	ESP-2	Extrusora ESP-2	ChiChang	Espumado	lubricación mensual
PREV-9	OK	M. Preventivo	ESP-2-neu-men	ESP-2	Extrusora ESP-2	ChiChang	Espumado	neumatico mensual
PREV-12	OK	M. Preventivo	ESP-2-ele-tri	ESP-2	Extrusora ESP-2	ChiChang	Espumado	electrico trimestral
PREV-13	OK	M. Preventivo	ESP-2-neu-tri	ESP-2	Extrusora ESP-2	ChiChang	Espumado	neumatico trimestral
PREV-14	OK	M. Preventivo	ESP-2-lub-tri	ESP-2	Extrusora ESP-2	ChiChang	Espumado	lubricación trimestral
PREV-15	OK	M. Preventivo	ESP-2-mec-tri	ESP-2	Extrusora ESP-2	ChiChang	Espumado	mecanico trimestral

Figura 56. Registro de Órdenes de Trabajo para los Mantenimientos Planificados

Fuente: Elaboración Propia. Julio 2018

En la Figura 56 nos muestra una parte del registro de órdenes de trabajo que se creó, con el fin de obtener información necesaria para la inspección de las actividades de los mantenimientos planificados, que se realizan periódicamente.

4) Plan de Repuestos

Para el caso del plan de repuestos, se pudo identificar con la base de datos creada en Excel (Véase Anexo 6) los diferentes tipos de repuestos que se utilizaron durante el periodo de Julio 2017 y Junio 2018.

Es por eso que, nuestro plan fue realizado de acuerdo a la metodología del Planeamiento de Recursos de Manufactura (MRP II), siendo esta metodología un complemento para determinar los repuestos requeridos para el TPM y se desarrolló en la siguiente aplicación de la tesis.

Paso 5: Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo

En esta etapa del desarrollo del sistema de mantenimiento predictivo se busca complementar el mantenimiento preventivo, con herramientas tecnológicas de medición, es por eso que se consiguió una cotización (Véase Anexo 7) para realizar dichas actividades, pero por decisiones de gerencia y limitaciones de presupuesto, no se pudo realizar dicho estudio.

Por otro lado, dentro de las actividades que se planeaban realizar están las siguientes:

- Realizar un monitoreo de cargas de la “Calidad de Energía” con un instrumento de medición, con el fin de medir los parámetros de cargas lineales y no lineales.
- Realizar la evaluación de las cargas lineales y no lineales para identificar los problemas que pueden generar fallas en el sistema.
- Buscar soluciones correctivas, con el fin de mejorar la máquina a tratar.

Paso 6: Desarrollo superior del sistema de mantenimiento

Para este paso del desarrollo superior del sistema de mantenimiento, está enfocado en el mejoramiento continuo del sistema de mantenimiento planificado. Es decir, busca alternativas para aumentar el rendimiento de las máquinas, con el fin de obtener cero averías.

Es por ello que, verificando futuros problemas que pueden seguir ocasionando fallas en la máquina, se identificaron soluciones alternativas que complementan con el mantenimiento planificado. Una de esas soluciones, está relacionado con el mantenimiento autónomo.

Este mantenimiento se basa en el mejoramiento de las máquinas a través del orden y la limpieza planificada de las personas que operan las máquinas. Es decir, se realiza un trabajo continuo y periódicamente, en el cual su objetivo es mantener e inspeccionar que la máquina se encuentre en buen estado antes de realizar alguna actividad de producción.

Eso quiere decir que nuestro planteamiento a una solución a futuro es la creación de formatos con actividades antes identificadas, estandarización de la práctica diaria del cuidado de la máquina, charlas informativas y procedimientos del cumplimiento del mantenimiento autónomo.

5.4.2.2 Aplicación del MRP II en la extrusora ESP-2

Para la aplicación del requerimiento de recursos de manufactura (MRP II) se necesitó como principal herramienta de información el *cronograma de mantenimiento* establecido en el punto anterior (Véase Figura 54). Esto se debe a que para planificar el requerimiento de los recursos se necesitan las fechas exactas en las cuales se requieren los materiales.

La aplicación de esta metodología nos ayudó a resolver los problemas de la *stock de repuestos inexistente, compra de repuestos inadecuados y llegada de repuestos tardía*, los cuales son causas del problema específico de **entregas de repuestos fuera de tiempo**.

- **Elaboración de la lista de repuestos por sistema de mantenimiento**

La segunda herramienta que se necesita para planificar el MRP II es la lista de repuestos para la extrusora ESP-2, la cual se elaboró mediante la creación de una base de datos en Excel (Véase Anexo 6), esta a su vez se realizó mediante los registros físicos de los mantenimientos correctivos (Véase Anexo 5) y el manual de la extrusora (Véase Anexo 2).

A continuación se muestra la Tabla 9 que presenta los repuestos que más demanda tienen de acuerdo a los mantenimientos correctivos que se han realizado para el periodo estudiado (jul-2017 a jun-2018):

Tabla 9. Tabla de repuestos con más demanda periodo jul-2017 a jun-2018

Ítem	Repuestos	Unidades	Sistema de Mantenimiento
1	Terminal tipo ojal niquelado para alta temperatura 10-12 AWG Ø1/4" c/amarillo (Paquete)	40	Mecánico
2	Manguera neumática M16 (x metro)	33	Neumático
3	Tuerca hexagonal M4	27	Mecánico
4	Válvula esférica 3/4"	27	Hidráulico
5	Perno socket M4 x 15 mm	27	Mecánico
6	Arandela plana M4 - 5/32"	27	Mecánico
7	Oring 153V viton	20	Mecánico
8	Terminal cobre tubular T50 - 08	20	Mecánico
9	Tubería de cobre 1/2" (x metro)	16	Mecánico
10	Fusible cartucho ultra rápido 14 X 51 mm 32A 700VAC	16	Eléctrico
11	Grasa múltiple amarilla EP-2 (x100 gramos)	14	Lubricación
12	Oring Ø2 X 117mm	14	Mecánico
13	Trapo industrial (x kilogramo)	11	Mecánico
14	Soldadura inoxidable AW 3/32" 2.5mm (23GR C/U) (43 VARILLAS=1KG)	10	Mecánico
15	Interruptor termo magnético 2 x 32A	10	Eléctrico
16	Contactador trifásico 32A bobina : 250 - 500 VAC	10	Eléctrico
17	Cable eléctrico calibre N° 10AWG (x metro)	10	Eléctrico
18	Rodamiento 6209 2RS	8	Mecánico
19	Relé de estado sólido Fotek SSR-40DA AC 24-380V DC 3-32V 40A	7	Eléctrico
20	Cable eléctrico vulcanizado calibre 4 x 14 AWG (x metro)	5	Eléctrico

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración Propia. Julio 2018

Como se puede ver en la Tabla 9 se eligieron un total de 20 repuestos los cuales generan mayores mantenimientos correctivos y a su vez mayor tiempo de paradas de máquina por entrega de repuestos fuera de tiempo. Se clasificó los repuestos en grupos por sistema de mantenimiento para poder determinar las fechas de programación de acuerdo al cronograma de mantenimiento. La lista completa de repuestos se puede ver en el Anexo 6.

- **Lista de repuestos con el tiempo de espera (Lead Time) respectivo**

Para poder realizar la planificación de repuestos se necesita el tiempo de espera para cada uno de ellos. Este cálculo aproximado se toma en cuenta para poder determinar el tiempo adecuado de pedido de cada repuesto, de acuerdo a cada mantenimiento programado del *cronograma de mantenimiento*.

A continuación en la Tabla 10 se mostrará la lista de repuestos con su tiempo de espera respectivo, hallado mediante la consulta a proveedores y datos históricos:

Tabla 10. Tabla de repuestos con el tiempo de espera respectivo periodo jul-2017 a jun-2018

Ítem	Repuestos	Lead Time (Días)
1	Terminal tipo ojal niquelado para alta temperatura 10-12 AWG Ø1/4" c/amarillo (Paquete)	3
2	Manguera neumática M16 (x metro)	3
3	Tuerca hexagonal M4	3
4	Válvula esférica 3/4"	4
5	Perno socket M4 x 15 mm	3
6	Arandela plana M4 - 5/32"	3
7	Oring 153V viton	3
8	Terminal cobre tubular T50 - 08	3
9	Tubería de cobre 1/2" (x metro)	16
10	Fusible cartucho ultra rápido 14 X 51 mm 32A 700VAC	8
11	Grasa múltiple amarilla EP-2 (x100 gramos)	3
12	Oring Ø2 X 117mm	3
13	Trapo industrial (x kilogramo)	3
14	Soldadura inoxidable AW 3/32" 2.5mm (23GR C/U) (43 VARILLAS=1KG)	5
15	Interruptor termo magnético 2 x 32A	4
16	Contactador trifásico 32A bobina : 250 - 500 VAC	12
17	Cable eléctrico calibre N° 10AWG (x metro)	3
18	Rodamiento 6209 2RS	4
19	Relé de estado sólido Fotek SSR-40DA AC 24-380V DC 3-32V 40A	5
20	Cable eléctrico vulcanizado calibre 4 x 14 AWG (x metro)	3

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración Propia. Julio 2018

Con esta información de la Tabla 10 construimos la planificación de los requerimientos de repuestos para la máquina extrusora ESP-2.

- **Planificación de recursos de manufactura**

En este apartado se va a mostrar el resultado del proceso de información del cronograma de mantenimientos; la lista de repuestos y sus respectivos tiempos de espera; y la clasificación por sistema de mantenimiento que se hizo para lograr planificar el requerimiento de repuestos.

En la siguiente Figura 57 se muestra la planificación de repuestos para los mantenimientos programados previamente:

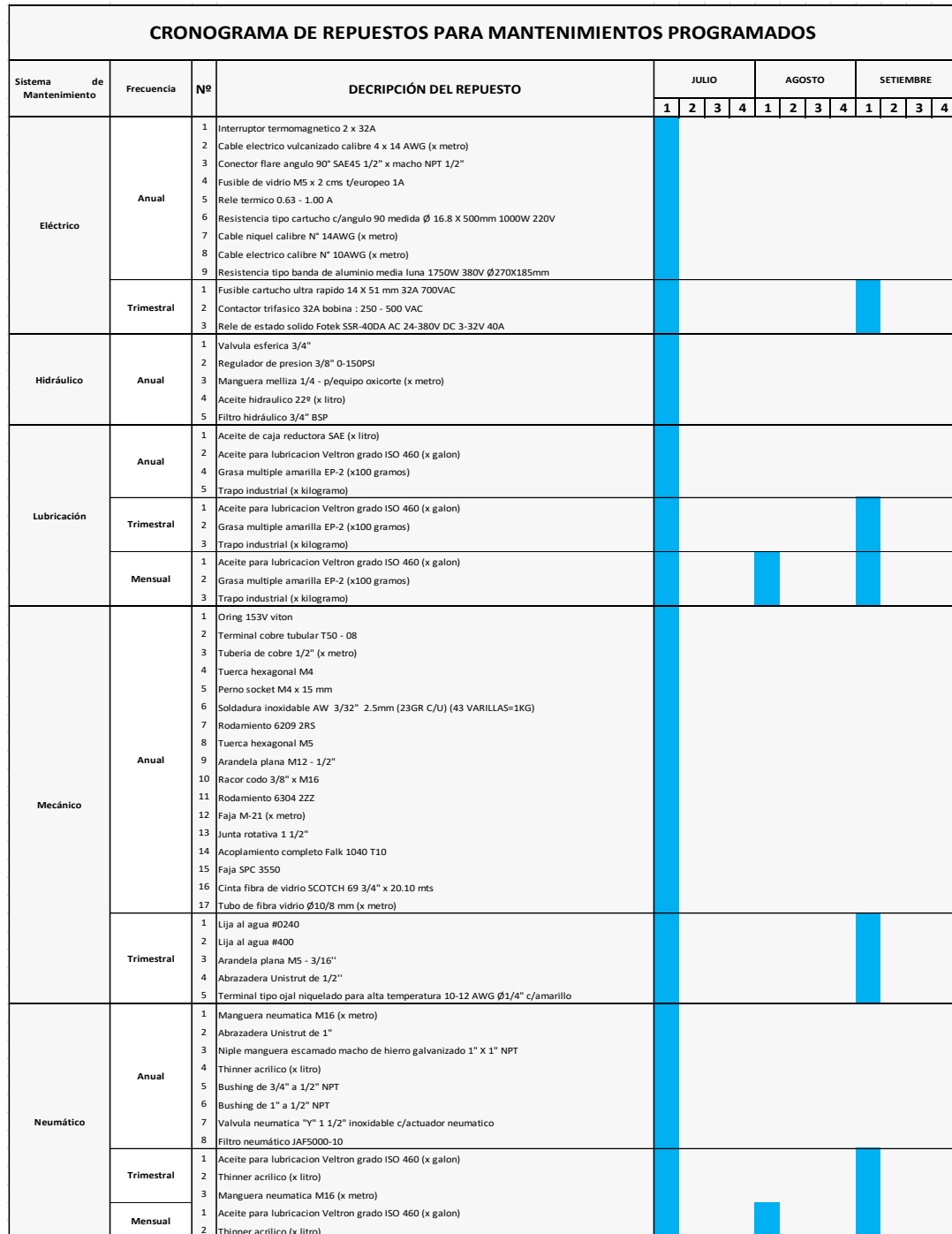


Figura 57. Cronograma de Repuestos para mantenimientos programados

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración Propia. Octubre 2018

Con la información brindada por la nueva planificación de repuestos mostrada en la Figura 57 se puede establecer la adecuada compra de dichos insumos, ya sea en

cantidad como en tiempo. De esta manera se redujo el tiempo de *entrega de repuestos fuera de tiempo*.

5.5 Resultados obtenidos

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la experimentación en el área de espumado para la extrusora ESP-2 en los periodos de Julio 2018 a Setiembre 2018.

Para hacer la comparación de la mejora se van a elegir 2 meses en específico, Junio 2018 perteneciente a la data histórica y Agosto 2018 perteneciente a la data después de aplicar la mejora.

La Tabla 11 siguiente se muestra los resultados en horas de paradas de máquina y en porcentaje de mejora que se ha generado para el problema específico de “Fallas Constantes de Máquina”:

Tabla 11. Tabla de resultados – Fallas Constantes de Máquina

Mes: Junio 2018	Mes: Agosto 2018	
Horas de Paradas de Máquina por Fallas Constantes de Máquina	Horas de Paradas de Máquina por Fallas Constantes de Máquina	% de Mejora
163	46	72%

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Octubre 2018.

De los resultados de la Tabla 11 se concluye que la mejora con respecto al mes de referencia fue de un 72%. Se han incurrido en 46 horas de paradas de máquina todavía debido al sobre esfuerzo de las máquinas y algunos repuestos de mala calidad.

En la Tabla 12 nos muestra los resultados obtenidos para el problema específico de “Entrega de Repuestos Fuera de Tiempo” en horas de paradas de máquina:

Tabla 12. Tabla de resultados – Entrega de Repuestos Fuera de Tiempo

Mes: Junio 2018		Mes: Agosto 2018		
Horas de Paradas de Máquina por Entrega Fuera de Tiempo		Horas de Paradas de Máquina por Entrega Fuera de Tiempo		% de Mejora
130		14		89%

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Octubre 2018.

De los resultados de la Tabla 12 se concluye que ha habido una mejora significativa del 89% en agosto del 2018 con respecto al mes de referencia. La extrusora todavía cuenta con 14 horas de paradas de máquina, en su mayoría debido a demoras por la aprobación de del requerimiento de recursos para reparar la máquina.

En esta última Tabla 13 se presenta el indicador de la Gestión de Mantenimiento (Disponibilidad por avería) para los meses en comparación:

Tabla 13. Tabla de resultados – Disponibilidad por avería

Mes: Junio 2018			Mes: Agosto 2018		
Horas Disponibles	Horas Totales de Paradas de Máquina	Indicador de GM	Horas Disponibles	Horas Totales de Paradas de Máquina	Indicador de GM
624	293	0.53	648	60	0.91

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia. Octubre 2018.

Como se muestra en la Tabla 13 la mejora ha sido significativa con respecto a la data histórica, esta fue de un 71%. Todavía quedan mejoras por realizar, pero podemos afirmar que las metodologías implementadas han dado buenos resultados.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en conclusión para este caso, cuando se reduce las horas de paradas de máquina aumenta la disponibilidad por averías de la máquina.

5.5.1 Análisis de Resultados

- **Comprobación de hipótesis general**

Se logró identificar y reducir las causas que originaban el mayor tiempo de horas de parada de máquina aumentando el indicador de la Gestión de Mantenimiento (Disponibilidad por averías).

- **Comprobación de hipótesis específica 1**

Se logró determinar y reducir las causas que provocan las horas de paradas de máquinas por fallas constantes de máquinas con la aplicación del pilar de mantenimiento planificado de la metodología TPM.

- **Comprobación de hipótesis específica 2**

Se logró identificar y reducir las causas que provocan las horas de paradas de máquina por entrega de repuestos fuera de tiempo mediante la aplicación de la metodología de planificación de recursos de manufactura (MRP II).

5.6 Flujo de Caja Económico

La siguiente Figura 58 nos muestra el flujo de caja para el proyecto de implementación:

Flujo de Caja Económico				
Concepto/periodo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
A. Ahorros debido a la reducción de Paradas de Máquina	S/ -	S/ 3,773.25	S/ 7,994.22	S/ 8,517.51
Horas de paradas de máquina reducidas		S/ 3,129.52	S/ 6,541.09	S/ 7,064.38
Horas Extras del personal		S/ 643.73	S/ 1,453.13	S/ 1,453.13
B. Propuestas	S/ 10,567.11			
Metodología TPM	S/ 8,118.91			
Costo de Inspección	S/ 350.00			
Repuestos	S/ 7,768.91			
Metodología MRP II	S/ 2,448.20			
Compra de repuestos para Stock	S/ 2,448.20			
C. Costos de Operación	S/ 1,232.50			
Personal (Horas Extras del personal de operación y mantenimiento)	S/ 1,232.50			
Personal Administrativo		S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
Flujo de caja económico	-S/11,799.61	S/ 1,773.25	S/ 7,767.47	S/ 14,284.98
D. Tasa de descuento Mensual	12%			
E. Van del proyecto	S/ 6,143.60			
F. Tasa interna de retorno	33%			
G. Recuperación en meses	2.19			

Figura 58. Flujo de Caja

Fuente: Elaboración Propia. Julio 2018

En la Figura 58 se puede concluir que el flujo económico que resulta ser positivo para nuestro proyecto de implementación.

CONCLUSIONES

1. En relación al objetivo general, el cual pide “Mejorar la Gestión de Mantenimiento”, según los resultados se analizó que por medio de la metodología TPM y MRP II aumenta el indicador de disponibilidad por averías hasta un 0.91. Esto quiere decir que las máquinas cuentan con menos horas de paradas de máquina. Por consiguiente, las máquinas están más tiempo produciendo y esto beneficia a la empresa.
2. El plan de mantenimiento aplicado con el pilar de mantenimiento planificado del TPM logró reducir en un 72% las horas de máquina por fallas constantes de máquina en comparación con los meses antes de la aplicada la investigación. Implementar los mantenimientos preventivos para la máquina extrusora ha conseguido detectar y solucionar muchos de los problemas que normalmente incurrían en una parada de máquina.
3. El abastecimiento de repuestos oportuno mediante la planificación del MRP II ha ayudado a reducir las horas de paradas de máquina por entrega de repuestos fuera de tiempo. Tener una lista de repuestos, saber qué cantidad y cuándo pedirla tiene un gran impacto en la gestión del mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Para seguir mejorando la Gestión de Mantenimiento, se recomienda extender el desarrollo de estas metodologías (TPM y MRP II) de manera continua y sistemática en las máquinas de toda la planta para reducir al mínimo las horas de paradas de máquina y de este modo evitar los sobrecostos por horas extras y las pérdidas por costo de producción para la empresa.
2. Para desarrollar por completo la metodología del TPM, se requiere de compromiso de la empresa para poder impulsar la iniciativa que conlleva tiempo e inversión. Se recomienda que se apliquen las bases de la planificación de mantenimientos para poder consolidar la gestión del mantenimiento y después poder mejorarla paso a paso.
3. Se recomienda contar con el stock de repuestos críticos para que no se generen paradas de máquina por entrega de repuestos fuera de tiempo. La lista de repuestos y la información del repuesto se pueden consultar con el manual de la máquina, en caso de no contar en este, contactar con el fabricante o distribuidor autorizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). *El proyecto de la investigación introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme C.A.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México DF: Pearson Educación.
- Bravo, J. (2009). *Gestión de procesos*. Santiago de Chile: Editorial Evolución S.A.
- Cabero, J., & Llorente, M. (16 de Julio de 2010). *Edutec*. Obtenido de Revista Electrónica de Tecnología Educativa:
http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec34/20didactic%20papers/2008_mobileBlogsInLanguageLearning_informalLearning.pdf
- Chamorro, O., Caba, N., & Fontalvo, T. (2011). *Gestión de la producción y las operaciones*. Santiago de Calí: Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000.
- Cruelles, J. A. (2013). *Ingeniería Industrial. Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y la mejora continua*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Delgado, J., & Marín, F. (2000). Evolución en los sistemas de gestión empresarial: del MRP al ERP. *Economía industrial*, 51-58.
- Galindo, M., & Ríos, V. (2015). México DF: ¿Cómo vamos? *Estudios Económicos*, 1-6.
- García, G. (2018). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante mantenimiento productivo total (TPM)*. (Tesis de Pregrado)Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García, S. (2013). *Ingeniería de mantenimiento*. Madrid: Renovetec.
- Gonzales, G. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) para la reducción de costos de la empresa Cosmos Agencia Marítima S.A.C.* (Tesis de Pregrado) Lima: Universidad Privada del Norte.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Juran, J., Gryna, F., & Bingham, R. (1983). *Manual de control de la calidad*. Barcelona: Reverté S.A.

- Kerlinger, F. (1985). *Investigación del comportamiento*. México DF: Nueva editorial Interamericana.
- Méndez, P. (2006). *Propuesta para la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) administrado por el sistema de planificación de los recursos de manufactura II (MRPII, Manufacturing Resource Planning II) en una industria de elaboración de productos de limpieza*. (Tesis de Pregrado) Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Padilla, D. (1999). *Metodología para la implantación de sistemas de planeación de recursos de manufactura MRP II*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Portilla, L. (2014). *Diseño del programa de mantenimiento productivo total para las áreas de producción de la empresa E.P.I LTDA*. (Tesis de Pregrado) Santiago de Calí: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.
- Rodríguez, G. (2013). *Diseño de la investigación del diseño de un sistema MRP II para una planta de manufactura de productos de consumo masivo no alimenticios, ubicada en la ciudad de Guatemala*. (Tesis de Pregrado) Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Buenos Aires: Lumen.
- Silva, J. (2005). *Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa*. (Tesis de Pregrado) Piura: Universidad de Piura.
- Suzuki, T. (1996). *TPM en industrias del proceso*. Londres: Routledge.
- Terry, G., & Franklin, S. (1997). *Principles of management*. New Delhi: AITBS Publishers.
- Tiburcio, V. (2002). *MRP II Aplicado al mantenimiento productivo total*. (Tesis de Pregrado)Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Tuarez, C. (2013). *Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación de TPM (Mantenimiento productivo Total)*. (Tesis de Pregrado) Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

ANEXOS

Anexo N°1

Formato de Reporte de Trabajo

Logo de la empresa		Reporte de Trabajo			
Datos de la Actividad					
Tipo de R.T:	M. Correctivo	M. Preventivo	Inst. Nuevas	Otros: _____	
Desarrollo (llenado por responsable del trabajo)					
Nombre del operador: _____					
Detalle del Trabajo					
	Fecha y Hora de Inicio				
	Fecha y Hora de Fin				
	Entrega de Repuestos				
Demora		SI		NO	
Fecha y hora de pedido			Fecha y hora de entrega		
Repuestos / Insumos					
Descripción		Cant.	Devolución	Unidad	
Personal requerido para la ejecución de las tareas					
Nombre del Personal		Ocupación		Horas Trabajadas	
Firma del Responsable					
Aprobación del trabajo realizado (llenado por los jefes de producción y mantenimiento)					
Fecha y Hora de Restablecimiento de Máquina _____					
Jefe de Área	Comentarios			Comentarios	
	Nombre			Nombre	
	Firma			Firma	
Jefe de Mantenim.	Comentarios			Comentarios	
	Nombre			Nombre	
	Firma			Firma	

Anexo N°2

Manual de la extrusora

CHI-CHANG

**OPERATION
MANUAL**



增昌機械工業股份有限公司
CHI CHANG MACHINERY ENTERPRISE CO., LTD.

OPERATION MANUAL

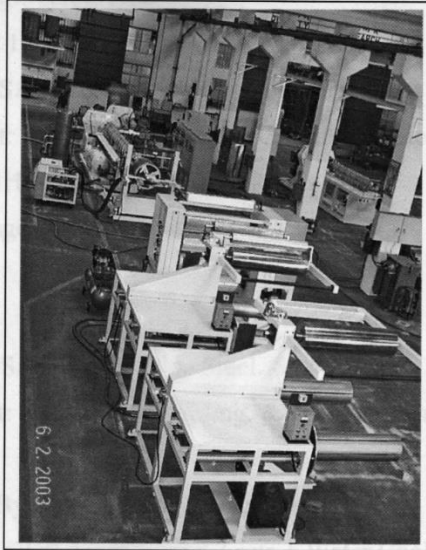
Thank you very much for choosing our equipment, the
Customer: PERU
Job no: 92156
Equipment: 100/130mm EXPANDED PE SHEET EXTRUSION
LINE
Model no: CC / PSP - 100/130



*Thanks and Best Regards,
CCM Enterprise Co., Ltd.*

SPECIFICATION

A) . P. Expanded PE sheet making machine



* Product specification:

Model NO: CC/PSP-100/130.

Raw Material Applicable: GPS Granule & Additives.

Product width: 2080mm.

Product thickness: 1.0 ~ 3.0mm.

Suitable Product Size: 1040mm Width.

Expanded rate: 8 ~ 14 times

Blowing agent: Butane

Extrusion capacity: 200~ 260 kg/hr approx.

Manufacture speed: 8~25 meter/min.

Total Power Consumption: 359KW/586A.

Power consumption in normal operation: 230KW/441A.

Total Water Consumption: 97 L/Min.

TABLA DE EVALUACIÓN DE INSTRUMENTOS POR EXPERTOS

INSTRUMENTO: "FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO"

Autores del instrumento : -Salazar Lara, Adolfo Jean Pierre
 -Rojas Vite, Carlos Edisson
 Sección : Tesis para optar por el título Profesional de Ingeniero Industrial

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicador	Criterios	Deficiente					Regular					Buena					Muy Buena					Excelente				
		0-20					21-40					41-60					61-80					81-100				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96					
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100							
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado														80											
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables													75												
3. Actualidad	Adecuado al momento actual											65														
4. Organización	Está organizado en forma lógica													71												
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad											64														
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los aspectos que se quieren medir														80											
7. Consistencia	Se observa cohesión en la formulación del instrumento														80											
8. Coherencia	Entre las variables y los indicadores																	86								
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																	88								
10. Pertinencia	Adecuado para medir los objetivos planteados																		92							

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

78



Firma del experto informante

DNI N° 75243415

Nombre del evaluador (a): Borge Jaime Urbino

Cargo o institución donde labora: Técnico Electricista

Teléfono de contacto: 989327284

Lugar y Fecha: Lima, Lima, 14-11-18

TABLA DE EVALUACIÓN DE INSTRUMENTOS POR EXPERTOS

INSTRUMENTO: "FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO"

Autores del instrumento : -Salazar Lora, Adolfo Jean Pierre
 -Rojas Vite, Carlos Edisson
 Sección : Tesís para optar por el título Profesional de Ingeniero Industrial

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicador	Criterios	Deficiente					Regular					Buena					Muy Buena					Excelente				
		0-20					21-40					41-60					61-80					81-100				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96					
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100					
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																				82					
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables																					88				
3. Actualidad	Adecuado al momento actual																				80					
4. Organización	Está organizado en forma lógica																				75					
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																				77					
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los aspectos que se quieren medir																					86				
7. Consistencia	Se observa congruencia en la formulación del instrumento																				85					
8. Coherencia	Entre las variables y los indicadores													64												
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																				75					
10. Pertinencia	Adecuado para medir los objetivos planteados																				80					

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: _____

PROMEDIO DE VALORACIÓN: **80**

Nombre del evaluador (a): Luis Maestre Yataco
 Cargo o institución donde labora: Técnico mecánico
 Teléfono de contacto: 952 951 620
 Lugar y Fecha: Lima, Lima 14-11-18

Firma del experto informante
 DNI N°: 70 891 713

Anexo N°4

Base de Datos en Excel

Nº de OT	Código	Descripción del problema	Fecha de solicitud	Hora de solicitud	Detalle del trabajo	Causa Probable	Fecha de inicio	Hora de inicio	Fecha de fin	Hora de fin	Reparos / Insuam	Cantidad	Unidad
ESP-18-151	EE02	Solucionar problema con el ventilador de la zona 4 mandó a enfriar y el ventilador no enciende del 1er estruor.	27/06/2018	18:30:00	Se observo que habia un res que estaba en mal estado. Se procedio a cambiarlo por uno nuevo y con su base respectiva ya que el res que habia en almacén tenia un modelo distinto. Se realizó prueba de ventilador quedando esta operativa.	Degaste y flouura	28/06/2018	16:40:00	28/06/2018	17:00:00	-	-	-
MPP-18-1657	EE02	Colocar accople en el motor de la bomba de agua. Revisar todo el equipo.	26/06/2018	9:05:00	Se cambio accople de la bomba de agua por encontrarse rota.	Degaste y flouura	3/07/2018	12:00:00	3/07/2018	13:00:00	Manometro neumático, trapeo industrial	2.1	und,kg
ESP-18-1335	EE02	Revisar linea termica de la zona 7 del primer estruor (comenzo hacer corto)	08/06/2018	23:20:00	Terminal recalentado (original). Se cambio terminal dañado.	Compra de terminales de mala calidad	9/06/2018	9:30:00	9/06/2018	10:30:00	-	-	-
ESP-18-104	EE02	Ventilador del bobinado de la estruora comenzo a sonar distinto. Revisar equipo.	18/04/2018	9:30:00	Se demostro ventilador. Se cambio rodamientos. Se extrajo prisioneros robado del ventilador. Se probó funcionamiento. Obs: se observo degaste en el asiento del rodamiento se utilizo aceite para rodamiento.	Sobre esfuerzo de máquina	18/04/2018	10:00:00	18/04/2018	14:00:00	Rodamiento 6202 JFS, perno socket M8x15	2.1	und,und
MPP-18-660	EE02	Fuga de agua por rajadura de tambor.	06/03/2018	12:25:00	No se realizaron las tareas tiempo	Llegada de repuestos tardía	13/03/2018	10:00:00	13/03/2018	11:00:00	Reguladora a presión 3/8" NPT, recor codo 3/8" NPT a M10	1.2	und,und
ESP-18-063	EE02	Limpieza a las dos instalaciones de calor del tornillo N°2.	27/02/2018	8:00:00	Se demostro los 2 intercambiadores de calor. Se demostro las tapas y se extrajo el intercambiador. Se limpió los intercambiadores y se cambio los oing. Se monto los intercambiadores y se probó funcionamiento.	Compra de puentes inadecuado	27/02/2018	8:00:00	27/02/2018	17:30:00	Cordón nitrilo 5	1	mts
ESP-18-054	EE02	Revisar sist. De enfriamiento por agua del estruor secundario. Solenoides, llave de paso, líneas obstruidas, etc.	17/02/2018	9:00:00	Se demostro las válvulas solenoides de la zona 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 para su limpieza y mantenimiento. Se observó degaste y rajaduras en la membrana de las válvulas. Se cambio las válvulas de paso de las zonas 5, 6, 7, 8, 9 y 10 por encontrarse obstruidas y deterioradas. Obs: se realizó el pedido de compra de las válvulas solenoides para el cambio en las zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Se espera la compra de las válvulas de paso para la zona 1, 2, 3 y 4.	Degaste y flouura	20/02/2018	9:00:00	21/02/2018	17:00:00	Válvula de paso (lot)	12	und
ESP-18-034	EE02	Fuga de agua por rajadura de tambor.	26/01/2018	9:00:00	Se verifica fugas de agua por rajadura (aqujeros) en tambor. Se vacia todo el agua del tambor. Se calienta partes dañadas para retirar todo el residuo de agua. Se aplica la primera capa de soldadura. Se se espere que seque. Se aplica otra capa de soldadura y se deja secar. Se cambia manguera de entrada de agua por rotura de parte de niple de ingreso.	Llegada de repuestos tardía	26/01/2018	21:00:00	27/01/2018	4:00:00	Reducción bushing 3/4" a 1/2", reducción bushing 1" a 3/2", niple escariado de 1/2x1/2", válvula 3/4" arañada	-	-
ESP-18-028	EE02	Revisar zona 6 estruor 2. no prende.	23/01/2018	17:10:00	Se cambio la junta rotativa del tornillo del primer estruor por encontrarse rajado. Se cambio la junta rotativa del segundo estruor por encontrarse rajado.	Error de reparación	23/01/2018	17:00:00	23/01/2018	17:30:00	Fuelle 40A	1	und
ESP-18-027	EE02	Revisar unidad térmica no prende.	23/01/2018	15:00:00	Se encontró que la placa electrónica del controlador de temperatura. Se retiraron y se encontraron 2 fusibles abiertos. Se cambiaron ambos fusibles. Se limpió la placa electrónica y sus componentes. Se probó la máquina, quedó operativa.	Fusibles abiertos en placa	23/01/2018	15:15:00	23/01/2018	16:00:00	Fusibles 1A	2	und
MPP-18-239	EE02	Arrajar pieza rota del cambio de filtro	22/01/2018	14:47:00	Preparar pin de pinza. Soldar punta de pinza de extractor de filtro.	Error de Operación	8/02/2018	16:00:00	12/02/2018	15:00:00	Llave al agua 240, llave al agua 400	1.1	und,und
ESP-18-025	EE02	Soldar llave o palanca de cambio filtro.	21/01/2018	4:00:00	Se soldó palanca. Se fabricó mecánico para el cambio de filtro.	Degaste y flouura	21/01/2018	5:00:00	22/01/2018	5:30:00	Rin acero 220	1	und
ESP-18-024	EE02	Zona 5 no calienta del tornillo primario	20/01/2018	9:30:00	Se encontró que saltaron los fusibles y la zona dejó de controlarse. Se verificó resistencia de la zona, se revisó los relés de estado sólido y se cambió la llave termomagnética por los fusibles. Se desconectó resistencias alteradas. La resistencia queda trabajando sin resistencias en a zona 5, no se pudo cambiar ya no habia repuestos en almacén.	Compra de repuestos inadecuado	20/01/2018	9:45:00	20/01/2018	11:00:00	Interruptor termomagnético 2x53	1	und
ESP-18-019	EE02	Revisar bobinado N°2 no prende.	17/01/2018	14:00:00	Se demostro el bobinado. Se cambio rodamientos del motor. Se probó funcionamiento quedando OK.	Stock de repuestos insuficiente	17/01/2018	16:00:00	19/01/2018	12:00:00	rod 8304 22	2	und
MPP-18-202	EE02	Zona 1 del segundo tornillo no controla la termocupla. Zona 2 del segundo tornillo no calienta. La resistencia del cabezal no calienta.	15/01/2018	15:25:00	Se encontró que la resistencia del cabezal no calentaba y esto sucedió porque uno de los cables de la resistencia estaba rota internamente ocasionando que se tenga que colocar uno nuevo en su reemplazo. Se probó consumo de la resistencia quedando esta operativa. Se revisó termocupla y resistencia de la zona 1 y 2, no calentaban. Se dejó trabajando las zonas (calentando zona 1 y 12), no estaban encendidas por el módulo.	Degaste y flouura	27/06/2018	12:00:00	30/06/2018	12:00:00	Tubería 1/2"	12	metros
MPP-18-039	EE02	Fuga de aire en la zona de tambor	04/01/2018	9:13:00	Se cambia manguera 1/2" por encontrarse resaca. Se cambio conector M18x1/2" por encontrarse roto. Cambio de manguera neumática M18 por encontrarse en mal estado.	Degaste y flouura	22/01/2018	13:00:00	22/01/2018	14:00:00	-	-	-

Anexo N°5
Registros Históricos

Orden de Trabajo		Nº de OT	NO MODIFICAR
		OT	ESP-17-140
*Rellenar todos los espacios en blanco, de lo contrario la OT no tendrá validez. Colocar un guión en los espacios que no requieran llenarse con nada para evitar dejarlos en blanco.			
Datos de la Máquina/Equipo/Servicio (provenir hoja anexa de codificación de equipos entregada a los jefes de área)			
Código	EE02	Nombre	Estacion de
Marca	HOLI	Área	Expansión
Solicitud (llenado por producción, mantenimiento o gerencia) escala de urgencia: 1 poco urgente-5 muy urgente)			
Descripción del problema	30264		
	Valvula AUTOMATICA del enfriamiento del Tanque N° 2 no trabaja		
¿Hubo parada de maquina?		Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Fecha y Hora de Parada		24-06-17 - 14:00	
Operador de máquina		D. Gallo	
Urgencia	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/>
Solicitado por	W. Gallo	Ocupación	Mayo
Firma Solicitante	[Firma]	Fecha y Hora	24-6-17 11:00 AM
Nombre J. Área	Hector Herrera	Firma J. Área	[Firma]
Aprobación del trabajo por realizar (llenado por el jefe de mantenimiento)			
Indicaciones	ATENDER		
	HONEYWELL ML7425A601GE		
		19051 2-5 16-2-07	
En caso afirmativo llenar la hoja anexa correspondiente a permiso para trabajos en caliente.			
Resq. Trabajo	Manten	Ocupación	MGA
Personal requerido			
Nombre J. Mant.	R. (D.F.)	Fecha y Hora	24/06/17 10:00
Firma jefe Mant.	[Firma]		

Reporte de Trabajo																										
Desarrollado (llenado por responsable del trabajo, quien deberá colocar su nombre en el recuadro con asterisco)																										
Detalle del Trabajo	CAMBIO DE VALVULA INSTALACION Y CALIBRACION																									
Análisis Causa-Raiz de la falla (marque un solo cuadro y si marca "Otros" indique a que se refiere)																										
<input type="checkbox"/> Falta de limpieza <input type="checkbox"/> Falta de lubricación <input type="checkbox"/> Error de operación <input type="checkbox"/> Mant. Deficiente <input checked="" type="checkbox"/> Obsolescencia/Fatiga <input type="checkbox"/> Falta de instructivos <input type="checkbox"/> Falta Norma de Seg. <input type="checkbox"/> Otros:																										
Detallar la Causa	VALVULA DETERIORADA																									
Fecha y Hora de Inicio	11/08/14 4:00 PM																									
Fecha y Hora de Fin	11/08/14 5:00 PM																									
Herramientas																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Cant.</th> <th>Devolución</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Descripción	Cant.	Devolución	Unidad																					
Descripción	Cant.	Devolución	Unidad																							
Repuestos/Insumos																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Descripción</th> <th>Cant.</th> <th>Devolución</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td>VALVULA MANTENIM.</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td>AL 792.500014</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Código	Descripción	Cant.	Devolución	Unidad		VALVULA MANTENIM.					AL 792.500014													
Código	Descripción	Cant.	Devolución	Unidad																						
	VALVULA MANTENIM.																									
	AL 792.500014																									
Personal	Ocupación	Horas Trabajadas																								
JAVIER FLORES OBRERO MANTENIM.	JEFE MANT ELECTRICISTA	11																								
Firma del Responsable																										
Aprobación del trabajo realizado (llenado por los jefes de producción y mantenimiento)																										
Fecha y Hora de Restablecimiento de Maquina	11/08/14	12:30																								
Jefe de Area		Jefe Mantenimiento																								
Comentarios		Comentarios																								
Nombre	Miguel Herra	Nombre																								
Firma	<i>Miguel Herra</i>	Firma																								

Anexo N°6

Base de Datos para los Repuestos

REGISTRO DE REPUESTOS - EXTRUSORA #2 ESPUMADO						
N° OT	Tipo de OT	Fecha de Cambio	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Total (soles)
ESP-17-080	M. Correctivo	14/03/2017	Acetate higiénico 222 (x litro)	2	UNIDAD	5/125.00
ESP-17-081	M. Correctivo	24/02/2017	Resistencia tipo cartucho c/ángulo 90 medidas Ø 16.8 x 500mm 1000W 220V	1	UNIDAD	5/385.00
ESP-17-081	M. Correctivo	27/03/2017	Relé de estado sólido Fohok SSR-400A AC 24-380V DC 3-32V 40A	2	UNIDAD	5/106.38
ESP-17-041	M. Correctivo	9/07/2017	Interruptor termomagnético 2 x 32A	4	UNIDAD	5/116.48
ESP-17-044	M. Correctivo	9/03/2017	Cable eléctrico calibre N° 10AWG (x metro)	10	UNIDAD	5/15.70
ESP-17-044	M. Correctivo	10/03/2017	Borners de losa monofásica mediana	3	UNIDAD	5/7.68
ESP-17-045	M. Correctivo	10/03/2017	Resistencia tipo cartucho c/ángulo 90 medidas Ø 16.8 x 500mm 1000W 220V	1	UNIDAD	5/385.00
ESP-17-046	M. Correctivo	13/03/2017	Terminal tipo ójal niquelado para alta temperatura 10-12 AWG Ø1/4" c/amarillo	6	UNIDAD	5/0.22
ESP-17-046	M. Correctivo	13/03/2017	Cinta fibra de vidrio SCOTCH 69 3/4" x 20.10 mts	4	UNIDAD	5/116.01
ESP-17-058	M. Correctivo	27/03/2017	Acetate para lubricación Veltrom grado ISO 460 (x galón)	1	UNIDAD	5/35.00
ESP-17-058	M. Correctivo	27/03/2017	Abrazadera Unistrut de 1/2"	2	UNIDAD	5/0.90
ESP-17-058	M. Correctivo	27/03/2017	Ventilador FME63824HBL AC 220V-240V 0.08A	1	UNIDAD	5/134.34
ESP-17-058	M. Correctivo	27/03/2017	Cable eléctrico calibre N° 18AWG (x metro)	1	UNIDAD	5/0.45
ESP-17-071	M. Correctivo	27/03/2017	Cintillo 130 x 3.6mm blanco x 100 unidades	3	UNIDAD	5/4.30
ESP-17-071	M. Correctivo	3/04/2017	Resistencia tipo cartucho c/ángulo 90 medidas Ø 16.8 x 500mm 1000W 220V	1	UNIDAD	5/385.00
ESP-17-121	M. Correctivo	11/04/2017	Faja SPC 3550	6	UNIDAD	5/122.00
ESP-17-073	M. Correctivo	24/04/2017	Tubería de cobre 1/2" (x metro)	20	UNIDAD	5/209.40
ESP-17-085	M. Correctivo	27/04/2017	Borners de losa monofásica mediana	1	UNIDAD	5/7.68
ESP-17-085	M. Correctivo	27/04/2017	Cable níquel calibre N° 14AWG (x metro)	1	UNIDAD	5/22.78
ESP-17-085	M. Correctivo	27/04/2017	Cinta fibra de vidrio SCOTCH 69 3/4" x 20.10 mts	1	UNIDAD	5/116.01
ESP-17-121	M. Correctivo	19/06/2017	Terminal tipo ójal niquelado para alta temperatura 10-12 AWG Ø1/4" c/amarillo	10	UNIDAD	5/0.22
ESP-17-121	M. Correctivo	19/06/2017	Tubo de fibra vidrio Ø10/8 mm (x metro)	1	UNIDAD	5/14.81
ESP-17-121	M. Correctivo	19/06/2017	Tuerca hexagonal M4	12	UNIDAD	5/0.03
ESP-17-121	M. Correctivo	19/06/2017	Arandela plana M4 - 3/32"	12	UNIDAD	5/0.03
ESP-17-128	M. Correctivo	19/06/2017	Resistencia tipo bobas de aluminio media luna 1750W 380V Ø270x185mm	2	UNIDAD	5/920.73
ESP-17-148	M. Correctivo	11/08/2017	Valvula neumática "Y" 1 1/2" inoxidable c/actuador neumático	1	UNIDAD	5/937.83
ESP-17-148	M. Correctivo	9/07/2017	Manguera metálica 1/4" - p/espuma outcorte (x metro)	1	UNIDAD	5/10.17
MAN-17-084	M. Correctivo	14/08/2017	Junta rotativa 1"	1	UNIDAD	5/890.30
MAN-17-084	M. Correctivo	14/08/2017	Junta rotativa 1 1/2"	1	UNIDAD	5/1504.73
ESP-17-150	M. Correctivo	10/07/2017	Terminal cobre tubular T30 - 08	1	UNIDAD	5/3.90
ESP-17-152	M. Correctivo	12/07/2017	Terminal cobre tubular T30 - 08	2	UNIDAD	5/2.34
ESP-17-152	M. Correctivo	31/07/2017	Rodamiento 6305 2RS	4	UNIDAD	5/26.11
ESP-17-152	M. Correctivo	31/07/2017	Ventilador emisidor S00JAL(R) AC 220V-240V 14A 120 x 120 x 25mm	1	UNIDAD	5/24.48
ESP-17-162	M. Correctivo	31/07/2017	Contacto trifásico 32A bobina : 250 - 300 VAC	4	UNIDAD	5/231.07
ESP-17-169	M. Correctivo	1/08/2017	Relé de estado sólido Fohok SSR-400A AC 24-380V DC 3-32V 40A	2	UNIDAD	5/106.38
ESP-17-169	M. Correctivo	1/08/2017	Cable níquel calibre N° 14AWG (x metro)	1	UNIDAD	5/22.78
ESP-17-177	M. Correctivo	11/08/2017	Cable de 2M con enchufe EE-1006 (x metro)	10	UNIDAD	5/23.40
ESP-17-178	M. Correctivo	23/08/2017	Faja M-21 (x metro)	2	UNIDAD	5/53.00
ESP-17-180	M. Correctivo	16/10/2017	Trapo industrial (x kilogramo)	1	UNIDAD	5/2.20
ESP-17-180	M. Correctivo	16/08/2017	Thinners acético (x litro)	1	UNIDAD	5/9.32
ESP-17-185	M. Correctivo	24/08/2017	Manguera hidráulica SAELDORLAT 1/2" X 2.0m c/conexion recto flare hembra (x metro)	5	UNIDAD	5/96.42
ESP-17-185	M. Correctivo	24/08/2017	Conector flare ángulo 90° SA645 1/2" x macho NPT 1/2"	2	UNIDAD	5/31.89
ESP-17-185	M. Correctivo	24/06/2017	Manguera neumática M16 (x metro)	10	UNIDAD	5/120.46
ESP-17-187	M. Correctivo	5/06/2017	Valvula aerifica 3/4"	7	UNIDAD	5/24.26
ESP-17-187	M. Correctivo	5/09/2017	Niple SCH40 3/4 X 1"	2	UNIDAD	5/0.53
ESP-17-185	M. Correctivo	5/11/2017	Trapo industrial (x kilogramo)	2	UNIDAD	5/2.20
ESP-17-185	M. Correctivo	5/09/2017	Thinners acético (x litro)	1	UNIDAD	5/9.32
ESP-17-201	M. Correctivo	12/09/2017	Manguera hidráulica presión de trabajo 4000 PSI Ø 3/4 longitud 4600 mm conector gratorio hembra (x metro)	6	UNIDAD	5/345.17
ESP-17-201	M. Correctivo	12/09/2017	Niple manguera escamado macho de hierro galvanizado 1" X 1" NPT	4	UNIDAD	5/12.31
ESP-17-223	M. Correctivo	23/10/2017	Abrazadera Unistrut de 1"	4	UNIDAD	5/1.33
ESP-17-230	M. Correctivo	6/08/2017	Pulsador NO 23mm luminoso "EMAS" (verde)	1	UNIDAD	5/17.80
ESP-17-230	M. Correctivo	6/08/2017	Grillo Ø2 X 117mm	8	UNIDAD	5/0.73
ESP-17-265	M. Correctivo	22/04/2017	Soldadura inoxidable AW 3/32" 2.4mm (236R C/U) (43 VARILLAS-116)	8	UNIDAD	5/76.18
ESP-17-266	M. Correctivo	11/12/2017	Acoplamiento completo 8x11 1040 110	1	UNIDAD	5/168.69
ESP-17-284	M. Correctivo	20/12/2017	Resistencia tipo cartucho c/ángulo 90 medidas Ø 16.8 x 500mm 1000W 220V	1	UNIDAD	5/385.00

Anexo N°7

Cotización del Mantenimiento Predictivo


TRANSMITIENDO ENERGIA ELECTRICA

Señores : Empresa S.A. Atención: Eduardo Bernedo A. Dirección: Calle S/N Lote 29, Z.I. Sector Las Praderas de Lurin (Alt. Puente Arica-LT.19 Av. Industrial) Teléfono : 994195325 Email : ebernedo@isgperu.com	Atendiendo a su solicitud, me permito enviarle la cotización correspondiente al producto de interés. <div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">PRESUPUESTO N° 811-18</div> Fecha : Lima, 20 de Julio del 2018 V/Ref. : Telefónico
--	---

Referente: SERVICIO DE CALIDAD DE ENERGIA		Descripción	Valor Venta	
ITEM	CAN Y		Unita	Total
01	01	MONITOREO DE LA "CALIDAD DE ENERGIA" Y ANALISIS DE CARGAS LINEALES Y NO LINEALES, 1. instalación de instrumento de medición para monitoreo de las cargas instaladas, en el Tablero General que es alimentado por el Transformador de potencia de una sub estación, por un periodo de 05 días para poder evaluar todas las Cargas y la evolución transitoria de las mismas. 2. Realizar un monitoreo de corrientes transitorios o fluctuaciones, factor de potencia, potencia activa, reactiva y aparente. 3. Evaluación de las cargas lineales y no lineales así mismo identificarlos del sistema eléctrico y Electrónico. Realizar un informe detallado e interpretar los parámetros leídos por el instrumento Para luego buscar soluciones correctivas. El informe Técnico es visado por ingeniero colegiado y Habilitado CIP PARAMETROS DE MEDICION _ Medición de los parámetros de Potencia Activa, Reactiva y Aparente. _ Medición y Evaluación del Factor de potencia real. _ Medición del factor K para transformadores. _ Medición y evaluación de la Calidad del suministro. _ Análisis de armónicos CONDICION COMERCIAL Valor de venta: son en Dólares americanos . Forma de pago: 50% adelantado y orden de servicio u compra, 50% con entrega de Informe Técnico visado por ingeniero colegiado y Habilitado CIP- indicando observaciones y soluciones. Lugar de servicio: Calle S/N Lote 29, Z.I. Sector Las Praderas de Lurin Plazo de ejecución: 5 días calendarios		
OCHO CIENTOS SESENTA Y UNO CON 40/100 DOLARES AMERICANOS			SUB total	730.00
			IGV (18%)	131.40
			TOTAL	861.40

Esperando que el contenido de la presente sea de su utilidad, me pongo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente

Ing. Ángel Flores Cárdenas / ventas


 TRAMOG E&G S.A.C.

 Ángel Flores Cárdenas

FABRICACION, REPARACION Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DISTRIBUCION Y POTENCIA
 MONTAJE DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION POTENCIA
 REPARACION DE MOTORES ELÉCTRICOS AC-DC
 MANTENIMIENTO DE SUS ESTACIONES ELÉCTRICAS
 TRATAMIENTO Y REGENERACION DE ACEITE ELÉCTRICOS
 ANALISIS FISICO QUIMICO DEL ACEITE AISLANTES
 MEDICION DE LA CALIDAD DE ENERGIA - ARMONICOS Y FLUJO O PARASITOS



Cotización: 000000014 / 01 040 0010
 Email : ventas@tramogsac.com
ebernedo@isgperu.com
 web: www.tramogsac.com