



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS  
INYECTORAS DE LA FÁBRICA DE PLÁSTICOS MECANOPLAST DON  
BOSCO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD**

---

Trabajo de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

**Autor:**

Carrera Benavides Jorge Santiago

**Tutor:**

M.Sc. Andrés Eduardo Morán Navarrete

QUITO – ECUADOR

2018

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Jorge Santiago Carrera Benavides, declaro ser el autor del Trabajo de titulación bajo la modalidad de Estudio Técnico titulado **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS INYECTORAS DE LA FÁBRICA DE PLÁSTICOS MECANOPLAST DON BOSCO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD”**, como requisito para optar el grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistemas de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberá firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 11 días del mes de mayo del 2018, firmo conforme:

Autor: Jorge Santiago Carrera Benavides

Firma:

---

C.I. 1715649925

Dirección: Quito

Correo electrónico: santiago.carrera2013@gmail.com

Teléfono: 0996701482

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, nombrando por el Honorable Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Indoamérica:

### **CERTIFICO:**

Que el trabajo de Grado “**ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS INYECTORAS DE LA FÁBRICA DE PLÁSTICOS MECANOPLAST DON BOSCO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD**”, presentado por el estudiante Jorge Santiago Carrera Benavides, de la Facultad de Ingeniería Industrial, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que el Honorable Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Indoamérica designe.

Quito, Mayo..... 2018

TUTOR

---

M.Sc. Andrés Eduardo Morán Navarrete

C.I.....

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos, personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

D.M. Quito, ..... 2018

---

Jorge Santiago Carrera Benavides

C.I. 1715649925

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del tribunal Examinador aprueban el Informe de tesis, sobre el Tema: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS INYECTORAS DE LA FÁBRICA DE PLÁSTICOS MECANOPLAST DON BOSCO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD”** del estudiante Jorge Santiago Carrera Benavides, de la carrera de **Ingeniería Industrial** de la **“Universidad Tecnológica Indoamérica”**

Quito.....2018

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

F.....

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

F.....

VOCAL 1

F.....

VOCAL 2

## **AGRADECIMIENTO**

A mi esposa Fatty por su apoyo incondicional, por su dedicación y amor, a mis padres Manuel y María por su ejemplo, por siempre alentarme a seguir adelante y respaldarme en todo, a mis hermanos Christian y Diego por ser mis mejores amigos, por siempre estar pendientes y darme fuerza, y a mi hija Aylin por creer en mí y amarme tanto. ¡¡A todos ustedes muchas gracias...Los Amo!!

**Santiago Carrera Benavides**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, todo el esfuerzo y sacrificio a mi hijo Santi y a mi princesita que está en camino, por cambiarme la vida, por ser mi inspiración, mi motivación diaria, por regalarme cada día una sonrisa, un beso, un abrazo, una patadita, por amarme a pesar de no ser perfecto...hijos míos, esto va por ustedes...¡¡¡LOS AMO!!!

**Santiago Carrera Benavides**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA .....	3
TEMA:.....	<b>3</b>
Línea de investigación: .....	3
CONTEXTUALIZACIÓN:.....	<b>4</b>
Macro: .....	4
Meso:.....	6
Micro:.....	7
ÁRBOL DEL PROBLEMA.....	9
Análisis Crítico .....	10
Prognosis:.....	11
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	<b>11</b>



DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN .....	<b>11</b>
JUSTIFICACIÓN: .....	<b>12</b>
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos:.....	13
CAPÍTULO II .....	14
MARCO TEÓRICO.....	14
Antecedentes investigativos .....	14
Fundamentaciones Técnicas: .....	16
CATEGORÍAS FUNDAMENTALES:.....	<b>18</b>
Gráficas de Inclusión: .....	18
CONSTELACIÓN DE IDEAS: .....	<b>19</b>
Variable Independiente: .....	19
Variable Dependiente:.....	19
DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO: .....	<b>20</b>
Variable independiente: .....	20
Indicadores de Mantenimiento:.....	20
TIPOS DE MANTENIMIENTO: .....	<b>22</b>
Mantenimiento Correctivo: .....	22
Mantenimiento Predictivo:.....	24
Mantenimiento Preventivo:.....	24
Hipótesis: .....	<b>29</b>
Señalamiento de las variables: .....	29
Definición de Términos: .....	29
CAPÍTULO III.....	33
METODOLOGÍAS .....	<b>33</b>
Enfoque de la Modalidad .....	33
Modalidad básica de la Investigación .....	33
Nivel o tipo de Investigación: .....	33
Población y Muestra: .....	34
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	38
Plan de recolección de la Información:.....	40

Aplicación de los instrumentos de recolección de información: .....	42
CAPÍTULO IV .....	43
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	<b>43</b>
Descripción de la situación actual del Proceso de Producción de las inyectoras:.....	<b>43</b>
Diagrama del Proceso Productivo de las Inyectoras.....	44
Diagrama del Proceso de Inyección:.....	45
Descripción de la situación actual del proceso de Mantenimiento:.....	<b>46</b>
Diagrama de Proceso de Mantenimiento .....	47
ANÁLISIS DE TIEMPOS DE PARAS NO PROGRAMADAS DE LA INYECTORAS .....	48
Identificación de las Causas de las Paras por Inyectoras .....	50
Análisis de Causas de Paras ajenas al Mantenimiento Correctivo: .....	<b>51</b>
Material Contaminado: .....	51
Calibración de Inyectoras: .....	53
Logística:.....	53
Energía: .....	54
No hay producción: .....	54
ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO APLICADO A LAS INYECTORAS .....	<b>54</b>
Cálculo de la Disponibilidad de las Inyectoras en estudio.....	54
Identificación de Causa-Efecto para el Proceso de Mantenimiento actual ....	<b>56</b>
Criterios de Evaluación: .....	56
DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO ACTUAL .....	<b>57</b>
PONDERACIÓN DE CAUSAS: .....	<b>58</b>
Análisis del Mantenimiento Correctivo Trimestre junio-agosto 2017.....	60
Análisis de Fallos por Tipo,.....	<b>61</b>
Causas de fallas Eléctricas: .....	62
Causas de fallas Hidráulicas: .....	65
Causas de fallas Mecánicas:.....	66
COSTO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO:.....	<b>67</b>

Costo Mano de Obra: .....	67
Costos Repuestos: .....	67
Costo Total:.....	68
<b>DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS INYECTORAS EN ESTUDIO.....</b>	<b>69</b>
Mano de obra producción .....	69
Consumo Energía Eléctrica:.....	70
Consumo agua para enfriamiento de Inyectoras: .....	70
Costo Materia Prima: .....	71
Costo Tinte:.....	71
Costo Resortes: .....	71
Costos Repuestos: .....	71
Depreciación de equipos: .....	72
Cálculo Productividad Inyectora 151 (Armadores Mangers): .....	72
Cálculo Productividad Inyectora 164-2 (Pinzas Preferita): .....	75
<b>VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS:.....</b>	<b>77</b>
<b>CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ....</b>	<b>77</b>
Promedios de Productividad por Inyectora .....	89
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>
CONCLUSIONES:.....	90
RECOMENDACIONES: .....	91
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>92</b>
<b>“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INYECTORAS DE PLÁSTICOS DE LA EMPRESA MECANOPLAST DON BOSCO” .....</b>	<b>92</b>
DATOS DE LA PROPUESTA: .....	92
BENEFICIARIOS: .....	92
OBJETIVO GENERAL: .....	93
Objetivos Específicos:.....	93
JUSTIFICACIÓN: .....	93
FACTIBILIDAD: .....	93
Técnica: .....	94

Económica:.....	94
<b>METODOLOGÍA: .....</b>	<b>95</b>
Programación:.....	<b>95</b>
Actividades: .....	95
<b>MÓDULO OPERATIVO.....</b>	<b>97</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTES DE UNA INYECTORA DE</b>	
<b>PLÁSTICOS:.....</b>	<b>97</b>
Descripción de las unidades de una Inyectora de Plásticos: .....	98
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO SUGERIDO .....</b>	<b>99</b>
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO: .....</b>	<b>100</b>
Sistema Hidráulico:.....	101
Sistema Mecánico: .....	102
Sistema Eléctrico: .....	103
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMANAL:.....</b>	<b>104</b>
Sistema Eléctrico: .....	104
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL:.....</b>	<b>105</b>
Sistema Eléctrico: .....	105
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRIMESTRAL: .....</b>	<b>106</b>
Sistema Hidráulico:.....	107
Sistema Mecánico: .....	108
Sistema Eléctrico: .....	109
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMESTRAL:.....</b>	<b>110</b>
Sistema Hidráulico:.....	110
Sistema Mecánico .....	111
Sistema Eléctrico: .....	112
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL: .....</b>	<b>113</b>
Sistema Hidráulico:.....	113
Sistema Mecánico: .....	115
Sistema Eléctrico: .....	116
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROPUESTO PARA</b>	
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....</b>	<b>117</b>

Cronograma Mantenimiento Preventivo Diario.....	117
Cronograma de Mantenimiento Preventivo Semanal.....	118
Cronograma Mantenimiento Preventivo Mensual .....	119
Cronograma Mantenimiento Preventivo Trimestral .....	120
Cronograma Mantenimiento Preventivo Semestral .....	121
Cronograma Mantenimiento Preventivo Anual .....	122
Calendario Propuesto Para Mantenimiento Preventivo .....	123
Costos de Implementación de la Propuesta: .....	124
Mantenimiento Preventivo Subcontratado:.....	124
Mantenimiento Preventivo con Personal Propio:.....	125
<b>BENEFICIOS DE APLICAR LA PROPUESTA .....</b>	<b>129</b>
Ingresos Estimados con la Implementación de la Propuesta .....	129
Producción Promedio por Hora: .....	129
Productividad estimada con la aplicación de la Propuesta: .....	133
Impacto Ambiental:.....	134
Impacto Financiero: .....	135
Flujo Efectivo de Caja: .....	137
Cálculo VAN y TIR .....	138
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>139</b>
<b>RECOMENDACIONES: .....</b>	<b>139</b>
<b>MATERIALES DE REFERENCIA .....</b>	<b>141</b>
Bibliografía .....	141
<b>ANEXOS .....</b>	<b>143</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población de Inyectoras .....	35
Tabla 2. Listado de Artículos Plásticos de Mayor Consumo de MP.....	37
Tabla 3. Matriz Operacional de Variable Independiente .....	38
Tabla 4. Matriz Operacional de Variable Dependiente.....	39
Tabla 5. Plan de Recolección de Datos .....	40
Tabla 6. Horas Para por Inyectora Trimestre jun-ago 2017 .....	48
Tabla 7. Consumo de Materia Prima Trimestre jun-ago 2017 .....	50
Tabla 8. Causas y tiempos de paras por Inyectora .....	51
Tabla 9. Producto Malo por Inyectora debido a Material Contaminado.....	52
Tabla 10. Tiempos y Números de Paras por Inyectora .....	54
Tabla 11. Criterios de Evaluación .....	56
Tabla 12. Ponderación de Causas.....	58
Tabla 13. Tipos de Fallas y sus Porcentajes por Inyectora .....	61
Tabla 14. Causas de fallas Eléctricas por Inyectora.....	62
Tabla 15. Causas de fallas Eléctricas / INYECTORA 164-2.....	63
Tabla 16. Causas de fallas Hidráulicas / INYECTORA 151 .....	65
Tabla 17. Causas de fallas Hidráulicas / INYECTORA 162-4 .....	65
Tabla 18.Causas de fallas Mecánicas / INYECTORA 151.....	66
Tabla 19.Causas de fallas Mecánicas / INYECTORA 162-4 .....	66
Tabla 20. Costo Mano de Obra .....	67
Tabla 21.Costos Repuestos.....	67
Tabla 22. Costo Mantenimiento Correctivo .....	68
Tabla 23. Costos Insumos .....	72
Tabla 24.Cálculo Productividad Inyectora 151 .....	73
Tabla 25. Cálculo Productividad Inyectora 164-2.....	75
Tabla 26.Cálculo de Correlación Método de Pearson Inyectora 151 .....	78
Tabla 27. Cálculo de Correlación Método de Pearson Inyectora 164-2 .....	83
Tabla 28. Promedios de Productividad por Inyectora .....	89
Tabla 29. Detalle de Actividades .....	96
Tabla 30. Mantenimiento Preventivo Diario Sistema Hidráulico .....	101

Tabla 31. Mantenimiento Preventivo Diario Sistema Mecánico .....	102
Tabla 32. Mantenimiento Preventivo diario Sistema Eléctrico.....	103
Tabla 33. Mantenimiento Preventivo semanal Sistema Eléctrico.....	104
Tabla 34. Mantenimiento Preventivo mensual Sistema Eléctrico.....	105
Tabla 35. Mantenimiento Preventivo Trimestral Sistema Hidráulico.....	107
Tabla 36. Mantenimiento Preventivo Trimestral Sistema Mecánico .....	108
Tabla 37. Mantenimiento Preventivo Trimestral Sistema Eléctrico .....	109
Tabla 38. Mantenimiento Preventivo Semestral Sistema Hidráulico.....	110
Tabla 39. Mantenimiento Preventivo Semestral Sistema Mecánico.....	111
Tabla 40. Mantenimiento Preventivo Semestral Sistema Eléctrico .....	112
Tabla 41. Mantenimiento Preventivo Anual Sistema Hidráulico.....	113
Tabla 42. Mantenimiento Preventivo Anual Sistema Mecánico .....	115
Tabla 43. Mantenimiento Preventivo Anual Sistema Eléctrico .....	116
Tabla 44. Calendario Propuesto para Mantenimiento Preventivo.....	123
Tabla 45. Costo Anual del Mto Subcontratado por Inyectora.....	124
Tabla 46. Costos Capacitación Personal .....	125
Tabla 47. Costos Insumos por Inyectora .....	126
Tabla 48. Costos Mano de Obra por Inyectora .....	127
Tabla 49. Costo Total Propuesta .....	127
Tabla 50. Producción Promedio por hora.....	129
Tabla 51. Promedio Unidades No Producidas.....	130
Tabla 52. Costo de venta por Producto .....	130
Tabla 53. Ingresos Estimados Actuales Vs Ingresos Estimados .....	132
Tabla 54. Productividad Estimada.....	133
Tabla 55. Tasa Interés Calculada .....	136
Tabla 56. Flujo Efectivo de Caja.....	137
Tabla 57. Valores de TIR y VAN.....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de las Técnicas de Mantenimiento .....	4
Figura 2. Impacto del TPM en la Eficiencia de las Máquinas .....	5
Figura 3. Porcentaje de Incremento en Mantenimiento Preventivo .....	7
Figura 4. Árbol del Problema .....	9
Figura 5. Categorización de Variables .....	18
Figura 6. Constelación de Ideas Variable Independiente .....	19
Figura 7. Constelación de Ideas Variable Dependiente .....	19
Figura 8. Ley de Degradación Desconocida .....	23
Figura 9. Ley de Degradación Investigada.....	24
Figura 10. Pilares del TPM.....	26
Figura 11. Plan de Recolección de la Información .....	41
Figura 12. Diagrama del Proceso Productivo por Inyectora .....	44
Figura 13. Diagrama de Proceso de inyección .....	45
Figura 14. Diagrama de Proceso de Mantenimiento .....	47
Figura 15. Diagrama de Pareto Paras de Inyectoras.....	49
Figura 16. Porcentaje de Producto Malo en Inyectoras 151 y 164-2 .....	52
Figura 17. Diagrama Causa-Efecto Proceso de Mantenimiento Deficiente.....	57
Figura 18. Componentes de garantía de funcionamiento .....	64
Figura 19. Paras por Mantenimiento vs Productividad Inyectora 151 .....	87
Figura 20. Paras por Mantenimiento vs Productividad Inyectora 164-2.....	88
Figura 21. Componentes de una Inyectora de Plásticos .....	98
Figura 22. Cronograma de Mantenimiento Preventivo Diario.....	117
Figura 23. Cronograma de Mantenimiento Preventivo Semanal .....	118
Figura 24. Cronograma Mantenimiento Preventivo Mensual .....	119
Figura 25. Cronograma Mantenimiento Preventivo Trimestral .....	120
Figura 26. Cronograma Mantenimiento Preventivo Semestral .....	121
Figura 27. Cronograma Mantenimiento Preventivo Anual .....	122



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Ficha de Control de Producción .....	143
ANEXO 2. Solicitud de Mantenimiento Correctivo .....	144
ANEXO 3. Pliego Tarifario Energía Eléctrica .....	145
ANEXO 4. Pliego Tarifario Agua Potable .....	146
ANEXO 5. Cotización Mantenimiento Preventivo .....	147
ANEXO 6. Cotización Capacitación Operación Inyectoras .....	148
ANEXO 7. Cotización Capacitación Sistema Hidráulico .....	149

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS**  
**INYECTORAS DE LA FÁBRICA DE PLÁSTICOS MECANOPLAST DON**  
**BOSCO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD**

**Autor:**

Carrera Benavides Jorge Santiago

**Tutor:**

M.Sc. Andrés Eduardo Morán Navarrete

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en la empresa de plásticos Mecanoplast Don Bosco en la ciudad de Quito, y se centró en el análisis del proceso de mantenimiento aplicado a las máquinas inyectoras de plástico mediante herramientas de ingeniería industrial, para determinar su incidencia en la productividad.

Se analizaron datos de producción y de paras por mantenimiento correctivo del trimestre comprendido entre junio - agosto del 2017. Mediante la aplicación del Principio de Pareto se identificaron las inyectoras responsables del 80% de paras, y se calculó la Disponibilidad de las mismas durante el proceso productivo, dando como resultado una disponibilidad del 70%. Para identificar las causas de las paras consecutivas se aplicó el Diagrama de Causa-Efecto de Ishikawa donde los criterios de evaluación aplicados mostraron como principal causa la falta de un plan de mantenimiento preventivo. Con los resultados del análisis del proceso de mantenimiento se procedió a determinar su incidencia en la productividad de la empresa utilizando el Coeficiente de Pearson, el cual dio una correspondencia promedio del 90%, siendo las paras por mantenimiento responsables de alrededor del 15% de decremento en la productividad. Utilizando Diagramas de Gantt se elaboró el plan de mantenimiento preventivo con el que se calcula que el porcentaje de mejora de la productividad de la empresa será de aproximadamente 7% en ascenso hasta llegar al 15%.

**DESCRIPTORES:** Proceso de Mantenimiento, Productividad, Plan de Mantenimiento Preventivo, Principio de Pareto, Disponibilidad, Diagrama Causa-Efecto, Coeficiente de Pearson

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME:**

**ANALYSIS OF THE MAINTENANCE PROCESS OF THE INJECTION  
MACHINES OF THE MECANOPLAST DON BOSCO PLASTICS'  
COMPANY AND ITS IMPACT ON PRODUCTIVITY**

Author: Carrera Benavides Jorge Santiago

Tutor: MSc. Andrés Eduardo Morán Navarrete

**ABSTRACT**

This research took place into the 'Mecanoplast Don Bosco' Company, which works with plastic as its main resource, in the city of Quito. This investigation was focused on the analysis of the maintenance process that was applied to the plastic injection machines by using engineering tools to determine its impact on the company's productivity.

Data about production and the corrective maintenance pauses from June to August of 2017 were analyzed for this work. The machines that were responsible for the 80% of the pauses because of their malfunctioning were identified applying the Pareto's principle, and its availability was calculated during the production process. As a result, the machines being studied presented a 70% of availability. To identify the causes of the consecutive pauses because of the malfunctioning of the machines the Ishikawa's cause-effect diagram was applied, and the results showed that the main cause for the pauses was the lack of a preventive maintenance plan for the company. The results of the maintenance process, which were gotten using the Pearson coefficient, determined that the incidence it had on the company's productivity was a corresponding average of 90%. The pauses because of the machine malfunctioning were responsible for the 15% of the decrease in the company's production. Gantt diagrams were used to make the preventive maintenance plan, and it is expected that the percentage of the productivity improvement will approximately be from 7% to 15%.

**KEYWORDS:** Maintenance Process, Productivity, Preventive Maintenance Plan, Pareto's Principle, Availability, Cause-Effect Diagram, Pearson's Coefficient.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Ingeniería Industrial está tomando fuerza dentro de las empresas del país ya que mediante la aplicación de esta ingeniería es posible optimizar el talento humano, recursos técnicos e informáticos así como también gestionar los sistemas de transformación de bienes y servicios, mediante esta ingeniería además es posible detectar fallas dentro de los distintos procesos de producción, los cuales inciden directamente en los resultados finales de toda empresa.

El presente trabajo se centrará en analizar el proceso de mantenimiento implementado actualmente en la empresa de plásticos Mecanoplast Don Bosco la cual se encuentra ubicada en el norte de Quito, con más de 40 años de trayectoria ofreciendo artículos plásticos de gran calidad, siendo una de las grandes matrices productivas del país. En esta Empresa el mantenimiento implementado es únicamente el mantenimiento correctivo, el cual presenta problemas dentro del sistema productivo de la misma, es precisamente por esta razón que la Empresa de Plásticos Don Bosco requiere emplear procesos cada vez más efectivos y eficaces garantizando de esta manera la continuidad productiva y la calidad de sus productos, implementando la mejora continua para seguir escalando dentro de las empresas que se dedican a la fabricación de plásticos en la ciudad de Quito.

A continuación se describe los capítulos de este trabajo investigativo el cual pretende dar solución a los problemas que se presentan con el actual proceso de mantenimiento:

Capítulo I: El Problema, describe el planteamiento del problema, un breve análisis macro, meso y micro, se plantea el árbol que describe el problema, se describe la importancia del tema, prognosis, se delimita el objeto de investigación, se realiza una justificación del trabajo y se plantean los objetivos tanto general como específicos.

Capítulo II: Marco Teórico: en este capítulo se hace referencia a los antecedentes investigativos, se representan las gráficas de inclusión, se representa una constelación de ideas de las variables, desarrollo del marco teórico, se plantea la hipótesis a ser demostrada y se definen las variables del presente trabajo

Capítulo III: Metodología: En este capítulo se describe la metodología a aplicarse en el presente trabajo investigativo, el área de estudio, su enfoque, niveles y tipos de investigación a aplicarse, la muestra a ser analizada así como la operacionalización de variables, se describe el plan de recolección de información y como se van a aplicar los instrumentos para dicho efecto.

Capítulo IV: Análisis e Interpretación de Resultados: en este capítulo se procesa y analiza los resultados de la información recolectada de la empresa, se interpreta datos de tablas, gráficos, cálculos y se verifica la hipótesis luego de lo cual se emiten conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Capítulo V: Propuesta: este capítulo consta en primer lugar del Tema de la propuesta realizada, se describen datos informativos de la empresa, se describen los objetivos, general y específicos de la misma, justificación, beneficios e impacto financiero de la propuesta.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **TEMA:**

#### **ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS INYECTORAS DE LA FÁBRICA DE PLÁSTICOS MECANOPLAST DON BOSCO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD**

#### **Línea de investigación:**

##### *Según la Universidad Tecnológica Indoamérica (2011):*

Empresarialidad y Productividad: Esta línea de investigación se orienta por un lado al estudio de la capacidad de emprendimiento o empresarialidad de la región, así como su entorno jurídico- empresarial; es decir, de repotenciación y/o creación de nuevos negocios o industria que ingresan al mercado con un componente de innovación. Por otro lado, el estudio de las empresas existentes en un mercado, en una región, se enmarcará en la productividad, la gestión de la calidad de las mismas, y que hacen que estas empresas crezcan y sobrevivan en los mercados. En este ámbito es de interés estudiar aspectos como exportaciones, diversificación de la producción y afines (UTI, 2011, pág. 2)

En el párrafo anterior, dentro de las políticas de investigación de la UTI la Empresarialidad y Productividad va orientada justamente en la línea que propone este tema de investigación, ya que va de la mano con la productividad de la empresa Mecanoplast Don Bosco teniendo en cuenta el proceso de mantenimiento como un parámetro que incide directamente y adicional aportará en la supervivencia y el crecimiento de la misma.

## CONTEXTUALIZACIÓN:

### Macro:

Desde los inicios de la humanidad como tal, el hombre ha utilizado diferentes herramientas las cuales han ido evolucionando y perfeccionándose con la finalidad de satisfacer las necesidades del mismo, de ahí la necesidad de “mantener” dichas herramientas, desde las más rudimentarias utilizadas en sus inicios hasta las más modernas herramientas y máquinas en la actualidad. Históricamente podemos decir que las actividades de mantenimiento han ido evolucionando por generaciones claramente identificadas por etapas, en las cuales el mantenimiento inicia como una actividad netamente correctiva, es decir este tipo de mantenimiento se basaba en reparar la máquina o herramienta dañada.

Con el pasar de los años y a partir de la segunda guerra mundial en la cual los procesos de producción se vuelven más industrializados, el consumo de productos aumentó considerablemente, mientras que la mano de obra se volvía insuficiente, lo que obligó a mecanizar los procesos de producción, tanto así que para 1950 se habían construido todo tipo de máquinas, por lo que el paro de una máquina representaba pérdidas a las industrias, de ahí nace la idea de que los paros de las máquinas se podían y debían prevenir.

Desde entonces hasta la actualidad el mantenimiento ha evolucionado a tal punto que ha pasado de ser una actividad complementaria de producción a una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones y de los equipos.

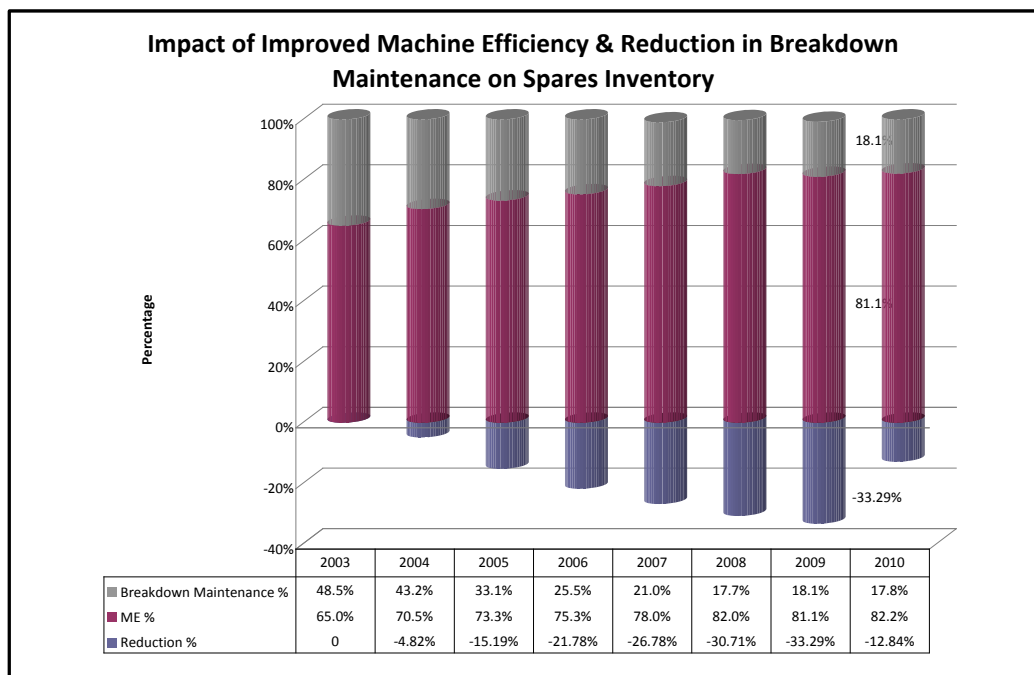


**Figura 1.** Evolución de las Técnicas de Mantenimiento

**Fuente:** (O., 2006)

Es tanto así que a nivel mundial se habla del TPM (Total Productive Maintenance) Mantenimiento Total Productivo, esta metodología, o como algunos autores lo definen, esta filosofía nace en Japón y la misma se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

Como ejemplo se tomará datos estadísticos de la empresa Sab Miller líder a nivel mundial en la fabricación de cerveza en el período 2003 al 2010, en la **Figura 2** se puede apreciar el impacto en la eficiencia de sus máquinas con la reducción del mantenimiento por averías aplicando TPM, donde en 8 años de cambio de proceso de mantenimiento el porcentaje de reparaciones por fallas (mantenimiento correctivo) se reduce del 48,5% al 17,8%, dando como resultado un incremento en la eficiencia de las máquinas del 65% al 82,2%.



**Figura 2.** Impacto del TPM en la Eficiencia de las Máquinas

**Fuente:** (Miller, 2011)



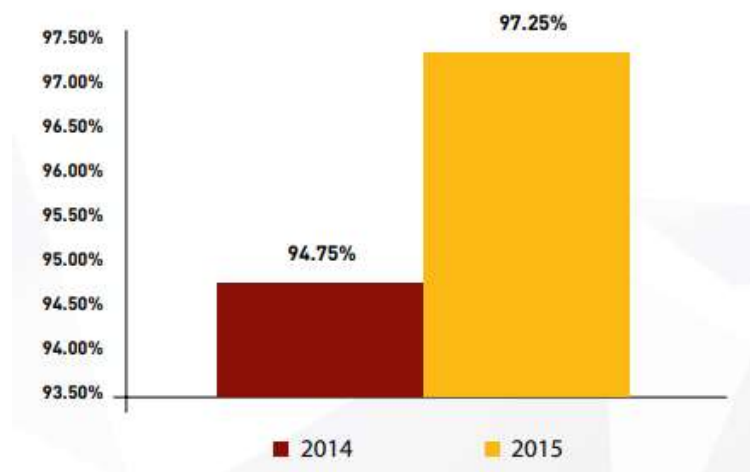
## **Meso:**

Ecuador no es la excepción en cuanto a evolución del mantenimiento se refiere, al ser un país del tercer mundo está a expensas de las grandes potencias mundiales, claro está que a un ritmo muy por debajo de países del primer mundo, sin embargo existe un desarrollo visible en el país.

En este tema el Ing. Joseph Vergara Gerente de Mantenimiento de la Empresa Cervecería Nacional, cuenta su visión acerca del desarrollo de la Gestión de Mantenimiento en el País luego de haber participado en Congreso de Gestión de Activos, con participación de empresas como Franz Viegner, Pronaca y Unacem, donde se evidenció el alto conocimiento en Gestión de Mantenimiento y Gestión de Activos, así como de la implementación de indicadores de mantenimiento como tiempos medios entre paras, confiabilidad, tiempo medio de adaptación, etc. Sin embargo existe un gran problema que radica en que la alta Gerencia no tienen claro cuál es el beneficio de aplicar una Gestión de Mantenimiento, lo siguen viendo como un gasto y no como una inversión, tiene aún la visión sobre el Departamento de Mantenimiento como el que está disponible las 24 horas para solucionar todo tipo de problemas que tengan en la planta. Pocas empresas en el país están invirtiendo en equipamiento para el mantenimiento predictivo y con esto poder tener una trazabilidad, es decir tener medición de desgaste de equipos, de igual forma muy pocas empresas en Ecuador están invirtiendo en software que administre la gestión de mantenimiento, que administre indicadores de mantenimiento, etc. pero las hay, es decir, el país está creciendo, a pasos lentos pero de a poco se ve el interés de las empresas nacionales en invertir en Gestión de Activos Empresariales, y eso se debe básicamente a las nuevas generaciones de ingenieros en el país, lo cual es bueno para los ecuatorianos, ya que beneficia a la productividad del mismo.

Un ejemplo de implementación de Gestión de Mantenimiento en Ecuador es UNACEM, empresa peruana que aplica procesos que evitan el mantenimiento correctivo, dichos procedimientos son implementados en nuestro país

### Incremento en la Aplicación de Mantenimiento Preventivo UNACEM Ecuador



**Figura 3.** Porcentaje de Incremento en Mantenimiento Preventivo  
**Fuente:** (UNACEM, 2015)

#### **Micro:**

A pesar de que la empresa de plásticos Macanoplast Don Bosco lleva en el mercado alrededor de 40 años, en cuanto a gestión de mantenimiento se refiere no están definidos procedimientos ni planes de mantenimiento, así lo comenta el Ing. Wilmer Esparza Jefe de Planta de la empresa. Adicional comenta que específicamente el tipo de mantenimiento que se realiza es correctivo, es decir, que las diferentes máquinas utilizadas para el proceso productivo realizan un trabajo continuo de acuerdo a la demanda de producción y únicamente paran por dos razones, la primera cuando terminan sus actividades productivas y la segunda cuando existe una falla en dicha máquina, es decir un daño que no permita que el equipo siga produciendo.

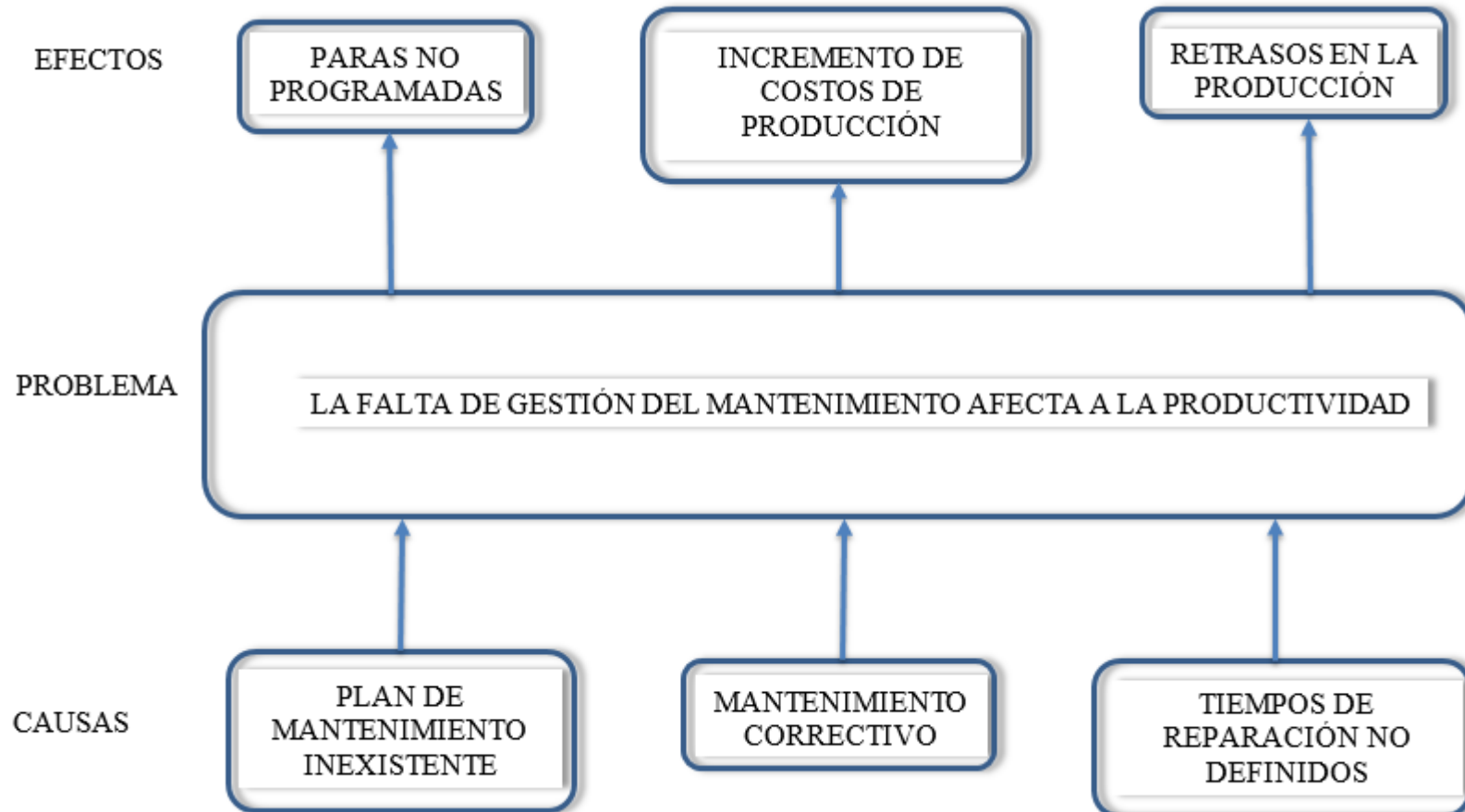
Actualmente el personal que se encuentra encargado de las tareas de mantenimiento dentro de la empresa tiene asignada diversas tareas de reparación, mantenimiento y montajes, no sólo dentro de la empresa de plásticos sino que también prestan sus servicios a toda la casa Salesiana La Kennedy compuesta por la Imprenta Don Bosco, la Mecánica Don Bosco, Escuela y Colegio Técnico Don

Bosco, empresas e Instituciones que funcionan dentro de una misma área, lo que ocasiona que cuando existe un daño en alguna de las máquinas de Mecanoplast el personal de mantenimiento debe dejar sus actividades para reparar la máquina, dejando sin atender las actividades en la otras obras de la comunidad La Kennedy.

Tampoco existen planes o procedimientos de mantenimiento que aporten para que la gestión de mantenimiento actual sea más eficiente, simplemente el personal de mantenimiento se limita a reparar los daños de las máquinas cuando estos ocurren, no tienen ningún tipo de capacitación en cuanto a la reparación de las máquinas, por lo que los tiempos de reparación oscilan entre 1 hora y dos días cuando está al alcance de los técnicos, caso contrario deben llamar un técnico externo para que él dentro de su disponibilidad de tiempo atienda a la empresa y repare el daño.

Los operadores de la máquina están encargados de realizar una inspección visual a los equipos con la ayuda de una lista de chequeo muy básica, la cual llenan cuando ha terminado el proceso de producción y anotan las novedades que pudieran detectar en una bitácora propia de cada máquina. No existen tiempos definidos de producción por máquina, es decir que las máquinas están trabajando siempre que haya requerimiento de producción y paran cuando terminan este proceso productivo

## ÁRBOL DEL PROBLEMA



Elaborado: por: El Investigador

## **Análisis Crítico**

La principal causa de paros no programados en la empresa Mecanoplast Don Bosco es precisamente la falta de un plan de mantenimiento; al no tener un cronograma definido para realizar mantenimiento de los equipos, ocasiona que el desgaste de los diferentes componentes de los equipos sea acumulativo, culminando en el daño inesperado del mismo, para lo cual, el personal de mantenimiento tiene que dejar de lado actividades programadas para centrarse en el mantenimiento correctivo, dedicando tiempo de producción a la identificación del daño y a la reparación que se debe realizar. En el anexo 2 se puede ver la **solicitud de mantenimiento correctivo** utilizado por la empresa.

La empresa trabaja bajo pedidos, por lo que existen temporadas en las cuales las máquinas se encuentran trabajando en períodos largos hasta cumplir con los pedidos de los clientes, por lo que no se les realiza un mantenimiento preventivo y mucho menos un mantenimiento predictivo, por lo cual, al presentarse un daño en los equipos el mantenimiento debe ser correctivo lo cual incide directamente en la producción la cual se ve retrasada hasta que el equipo averiado sea reparado incrementando costos de producción.

Los daños en las instalaciones y equipos eléctricos no se pueden identificar con facilidad por lo que el tiempo para su reparación tampoco es definido, lo que ocasiona que el personal de mantenimiento, para atender los daños de Mecanoplast debe dejar tareas definidas en cualquiera de las áreas de la casa Salesiana La Kennedy, para dedicarse a identificar el daño y proceder a repararlo, esto implica que los trabajos dejan de ejecutarse por lo que las áreas se ven retrasadas en sus distintas labores, esto implica costos tanto en la producción o desenvolvimiento de cada área así como en la mano de obra, es decir estos son costos adicionales de mantenimiento correctivo, que como vemos no solo afecta a la productividad de la empresa Mecanoplast Don Bosco, sino que también afecta a las demás obras de esta casa Salesiana.

### **Prognosis:**

De seguir con esta gestión de mantenimiento, que no cumple con ninguna norma y no se alinea con las necesidades de la empresa, es muy probable que a futuro la alta competitividad existente en el país ocasione que, la empresa pierda mercado y se eleven los costos de producción, pudiendo llegar a la necesidad de despedir trabajadores o parar su producción por pérdidas que pueden ser evitadas.

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el efecto del proceso de mantenimiento de las inyectoras sobre la productividad de la fábrica de plásticos Mecanoplast Don Bosco?

### **DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

<b>Campo:</b>	Ingeniería Industrial
<b>Área:</b>	Mantenimiento
<b>Aspecto:</b>	Proceso de Mantenimiento
<b>Variable Independiente:</b>	Proceso de Mantenimiento de las Inyectoras
<b>Variable Dependiente:</b>	Productividad.
<b>Delimitación Espacial:</b>	Empresa de Plásticos Don Bosco Rafael Bustamante E6-87 y Gonzalo Zaldumbide, cdla. Kennedy
<b>Delimitación temporal:</b>	junio 2017-marzo 2018
<b>Unidades de observación:</b>	Productividad (u/\$) (unidades producidas vs costos)  Tiempos (horas) (de mantenimiento correctivo, tiempos improductivos)  Productividad (u/hora hombre) (unidad vs costo hora hombre)

## **JUSTIFICACIÓN:**

Debido a la alta competitividad en el mercado de artículos plásticos es imperativo que la fábrica Mecanoplast Don Bosco maneje estándares de producción que le permitan estar al nivel de la competencia, evaluando y mejorando su actual productividad.

Este trabajo investigativo pretende justamente analizar y evaluar uno de los procesos que inciden en la productividad de la empresa como es el mantenimiento de las inyectoras con la finalidad de identificar el nivel de incidencia para establecer acciones que mejoren dicho proceso y que permitan elevar los niveles actuales de productividad.

Con los resultados de este trabajo investigativo se plantearán alternativas que mejoren el actual proceso de mantenimiento, aplicando metodologías que reemplacen las paradas para reparaciones por un proceso planificado de mantenimiento, por tal motivo es de gran interés para la fábrica de plásticos Mecanoplast Don Bosco el desarrollo de este trabajo donde se pretende que el resultado final sea el mejoramiento y crecimiento de la misma.

Se aplicarán principios estadísticos y de procesamiento de datos para la identificación del problema, y de la misma manera se recomendarán técnicas de mantenimiento de acuerdo a la necesidad de la empresa, dichas herramientas son factibles de aplicar en este proyecto de investigación ya que se fundamentan en conocimientos adquiridos en el proceso educativo del investigador así como en bibliografía referente a producción y proceso de mantenimiento.

Analizando la factibilidad económica se tendrá en cuenta que todos los datos serán proporcionados por la empresa, datos que recolectan en cada período de producción, los mismos que serán procesados por el investigador, de esta manera no se incurrirán en gastos de adquisición o procesamiento de datos.

En la empresa de plásticos Don Bosco no se registra un trabajo de investigación referente a la Gestión de Mantenimiento, por lo que este sería el primer aporte investigativo para la definición de la incidencia de la gestión de mantenimiento en la productividad de la empresa

Haciendo referencia tanto a la Misión como a la Visión de la empresa Mecanoplast Don Bosco este trabajo de investigación será de gran aporte a la mejora de la calidad de los productos que la empresa ofrece ya que al gestionar de mejor manera el mantenimiento de los equipos no existirán paras por fallas, la competitividad de la empresa aumentará como resultado de una producción ininterrumpida así como la empresa cumplirá con los tiempos de entrega, garantizando la contribución al crecimiento de la industria ecuatoriana.

Este tema de investigación será de vital trascendencia para la empresa ya que se analiza un problema que afecta a la productividad de la misma, al ser identificadas las causas en este trabajo se propondrán soluciones que mitiguen los efectos contraproducentes para el desarrollo productivo.

Interrogantes de la investigación:

¿Existe gestión de mantenimiento en la empresa?

¿Cuáles son los niveles de productividad mensual en la empresa?

¿Existe algún método para mejorar la productividad?

### **Objetivo General**

Analizar el proceso de mantenimiento de las inyectoras de la fábrica de plásticos Mecanoplast Don Bosco y definir como incide en la productividad.

### **Objetivos Específicos:**

- Diagnosticar el proceso de mantenimiento implementado actualmente en las inyectoras de plásticos de la empresa Mecanoplast Don Bosco.
- Determinar los niveles de productividad de las inyectoras de plásticos de la empresa Mecanoplast Don Bosco.
  - Proponer una alternativa para mejorar el proceso de mantenimiento actual aplicado a las inyectoras de la empresa.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **Antecedentes investigativos**

Actualmente la visión de calidad indica que para obtener productos que superen los requerimientos de los clientes es necesario implementar sistemas productivos de alta eficiencia, esto significa que no existe espacio para paros no planificados de producción, tiempos muertos, exceso de personal en planta, etc. Para lograr esta meta es imprescindible contar con una Gestión de Mantenimiento que garantice una producción continua.

En lo que a Procesos de Mantenimiento se refiere existen algunos trabajos investigativos realizados en el país, precisamente para la implementación de una Gestión de Mantenimiento apropiada de acuerdo a los requerimientos de cada empresa.

El presente trabajo de investigación se basa en el análisis del Proceso de Mantenimiento existente en la empresa de plásticos Mecanoplast Don Bosco y su incidencia en la productividad de la misma, para lo cual se hará referencia a los siguientes trabajos investigativos relacionados con Procesos de Mantenimiento:

Tema:

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO EN FUNCIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA CAMARONERA**

Autor: Álvaro Eduardo Pesántez Huerta

Escuela Superior Politécnica del Litoral – Guayaquil 2007

En este trabajo de investigación, se plantea la implementación de un plan de mantenimiento tanto predictivo como preventivo, previo un análisis de la situación de la empresa en cuanto a Gestión de Mantenimiento se refiere, partiendo de los

procesos productivos de la empresa, luego determina cuál es la etapa de mayor importancia y cuáles son los equipos críticos que intervienen en esta etapa y define los planes de mantenimiento adecuado para los mismos.

La metodología que utiliza para la determinación de los equipos críticos es la aplicación de una matriz de criticidad la cual es una herramienta que permite establecer niveles jerárquicos de criticidad en sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que generan, dicha matriz servirá de referencia para realizar la misma identificación de equipos críticos dentro de la empresa Mecanoplast Don Bosco.

Otro trabajo de investigación que será referente para el presente trabajo será el siguiente:

Tema: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS SOPLADORA E INYECTORA-SOPLADORA DE LA EMPRESA OTORGO Ltda.”

Autor: Yilmer Alexander Barona Pulzara

Universidad Autónoma de Occidente - Santiago De Cali 2011

En este trabajo el autor propone un plan de mantenimiento preventivo para máquinas similares a las utilizadas en la empresa Mecanoplast Don Bosco.

La metodología utilizada para definir los tipos de fallos de las inyectoras es a través de los reportes de producción de los tipos de averías y la frecuencia con la que ocurren en estas máquinas para posterior a la identificación de estas fallas definir un plan efectivo de mantenimiento preventivo.

Como referente investigativo final se tomará como guía el siguiente trabajo:

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO-PREDICTIVO APLICADO A LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA REMAPLAST

Autores: Jorge Luis Valdés Atencio y Erick Armando San Martín Pacheco

Universidad de Cartagena- Cartagena de Indias 2009

En esta tesis los autores realizan el diseño de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para una empresa dedicada a la fabricación tubos de PVC, en cuyo proceso se utilizan máquinas extrusoras e inyectoras, los procesos y

maquinaria aplicados en esta empresa son similares a los utilizados en la empresa Mecanoplast Don Bosco.

La metodología utilizada consiste primero en identificar los diferentes equipos utilizados en el proceso productivo, su funcionamiento, sus componentes y las actividades que cada una tiene designada, de acuerdo a estos datos y basándose en las recomendaciones de mantenimiento dadas por el fabricante de cada máquina, proceden a emitir un plan de actividades para mantenimiento predictivo-preventivo de cada una de ellas. De igual manera dicha metodología servirá de guía para las recomendaciones que se emita en este trabajo en cuanto a plan de mantenimiento se refiere.

### **Fundamentaciones Técnicas:**

A través del INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) se emiten normativas para el mantenimiento de infraestructura, equipos y maquinarias haciendo referencia o dicho de otra manera adoptando normativas reconocidas a nivel mundial como son las normas UNE (Una Normativa Española) normas para el mantenimiento, creadas en los Comités Técnicos de Normalización (CTN) de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), normativas que se enumeran a continuación:

- UNE-EN 13460:2010 Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento.
- UNE-EN 13269:2010 Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento.
- UNE-EN 13306:2010 Terminología del mantenimiento.
- UNE-EN 15341:2010 Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento.
- UNE-EN 60300-3-14 Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. (IEC 60300-3-14:2004)
- UNE-EN 60300-3-16:2012 Gestión de la confiabilidad. Parte 3-16: Guía de aplicación. Directrices para la especificación de los servicios de logística de mantenimiento.

Adicional a estas normativas y tomando como punto la calidad de los productos para la satisfacción del cliente la norma ISO 9001- 2015 en el apartado 6.3 la norma hace referencia al cuidado de las infraestructuras necesaria para alcanzar y mantener los requisitos previstos para el producto o servicio ofrecido por la organización:

### 6.3 Infraestructura

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto.

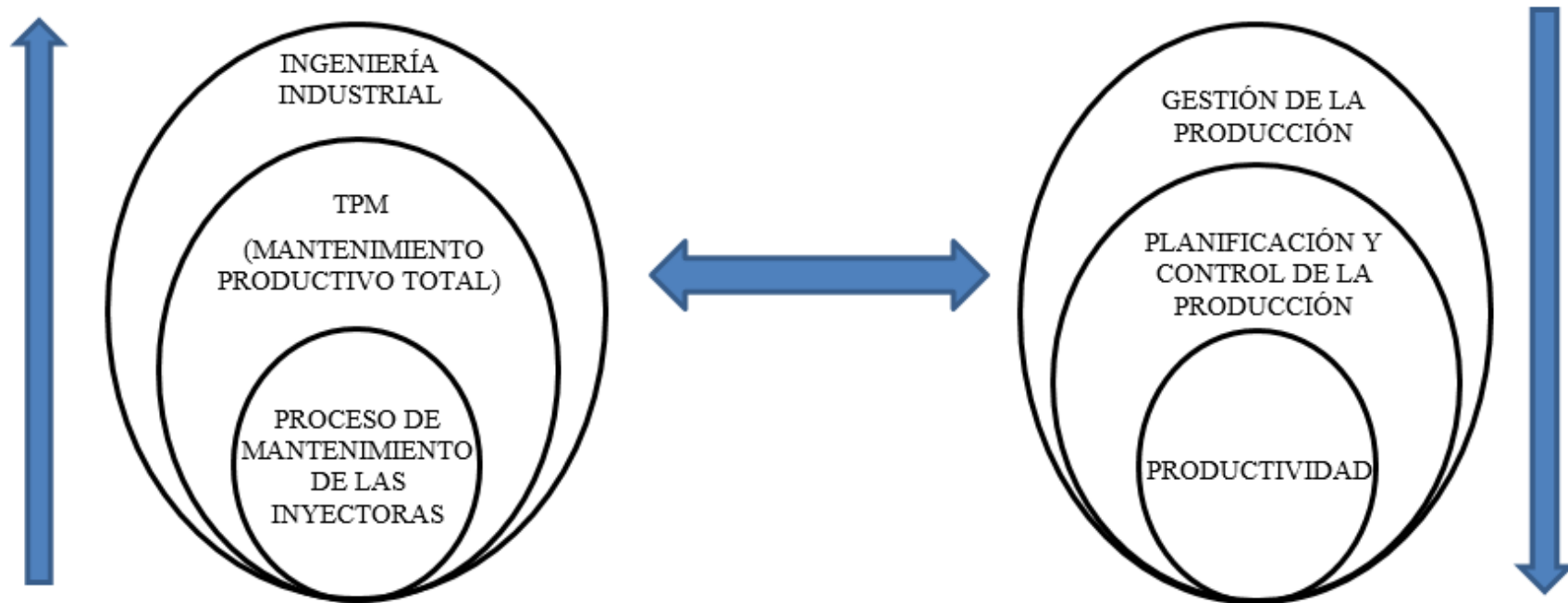
La infraestructura incluye, cuando sea aplicable:

- a) edificios, espacio de trabajo y servicios asociados,
- b) equipo para los procesos, (tanto hardware como software), y
- c) servicios de apoyo tales (como transporte o comunicación). (ISO-9001, 2015, pág. 121)

Por definición las normas técnicas emitidas por organismos de normalización como la IEC, UNE, ISO, etc. son implementación voluntaria; sin embargo los gobiernos de cada país pueden exigir su cumplimiento mediante una ley, decreto o reglamento para un alcance determinado, así como emplearlas en los pliegos de requerimientos técnicos para contratos públicos. De igual manera en el sector de la Industria privada rige el mismo concepto, es decir cada empresa podrá adoptar a criterio propio la implementación de estas normativas.

**CATEGORÍAS FUNDAMENTALES:**

**Gráficas de Inclusión:**



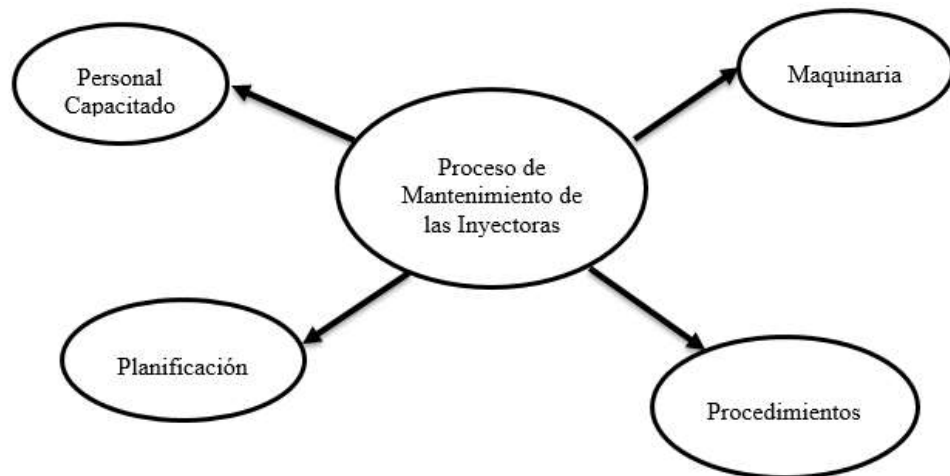
**Figura 5.** Categorización de Variables

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El Investigador

## CONSTELACIÓN DE IDEAS:

### Variable Independiente:

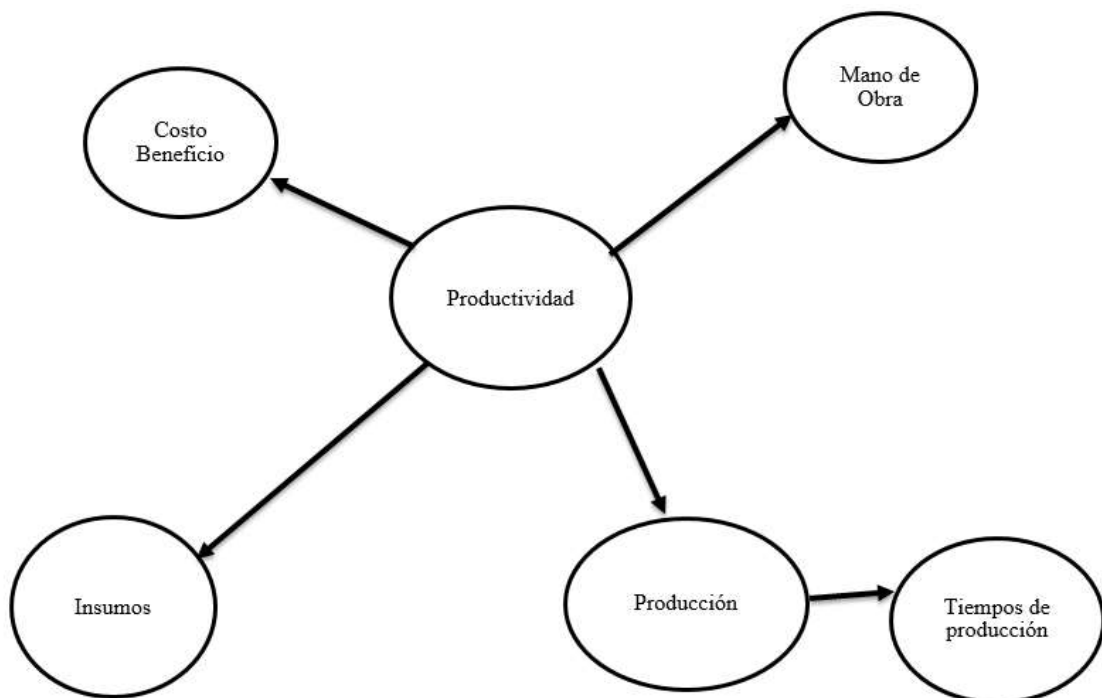


**Figura 6.** Constelación de Ideas Variable Independiente

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El Investigador

### Variable Dependiente:



**Figura 7.** Constelación de Ideas Variable Dependiente

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El Investigador

## **DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO:**

### **Variable independiente:**

#### **Proceso de Mantenimiento de las Inyectoras:**

Un proceso de mantenimiento se define como un conjunto de actividades que tiene como principal propósito reestablecer o mantener un equipo en su estado de funcionamiento normal, en este caso se habla de que el equipo a restablecer o mantener operativo son las inyectoras de plásticos de la fábrica. Para esto se deben cumplir con los requerimientos básicos que garanticen que un proceso de mantenimiento será apropiado para las inyectoras, y esto es:

#### **Maquinaria:**

En todo proceso productivo se requiere que tanto la infraestructura como la maquinaria a intervenir en dicho proceso sean las más adecuadas para asegurar una producción de calidad y que pueda competir con el mercado. Se debe identificar cada máquina y sus componentes previa la planificación del mantenimiento, así se conocerán las funciones y prioridad de cada elemento para posteriormente ir priorizando el tipo y tiempo de mantenimiento requerido con la finalidad de que la maquinaria presente una alta disponibilidad que depende de la confiabilidad y mantenibilidad de la misma, metodología conocida como **RAM** o CDM en español, la cual no es más que una metodología que permite pronosticar parámetros de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de un activo o sistema dentro de un tiempo específico, de acuerdo a los parámetros de funcionamiento del mismo. Para esto es importante previamente identificar los Indicadores de Mantenimiento también denominados KPI (Key Performance Indicator) de mantenimiento, que muestran el nivel en el que se encuentra dicho proceso.

#### **Indicadores de Mantenimiento:**

Los indicadores son sin duda la forma más rápida para determinar si la gestión de mantenimiento que se está realizando es la correcta o no, permiten evaluar la misma y definir si se puede mejorar. Son valores numéricos que muestran la evolución que sigue la gestión en el tiempo, y ayudan a conocer la situación actual

de una determinada característica, con estos valores se sacarán conclusiones para tomar decisiones más acertadas para una mejora continua del sistema. Dichos indicadores se describen a continuación:

**Confiabilidad** o fiabilidad, este indicador hace referencia a la posibilidad de que un equipo o un sistema dentro de la industria, pueda funcionar sin fallos en un tiempo específico. Se caracteriza por ser la Media de los Tiempos de Buen Funcionamiento (MTBF) o Mid Time Between Failure y se calcula de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{HTO}{NP}$$

Donde:

MTBF: Media de los Tiempos de Buen Funcionamiento

HTO: Horas Totales de Operación

NP: Número de Paros

**Mantenibilidad**, este indicador hace referencia a la probabilidad de restablecer un activo o un sistema luego de un fallo, a su condición de funcionamiento normal en un tiempo determinado, se caracteriza por ser la Media de los Tiempos Técnicos de Reparación (MTTR) o (Mid Time To Repair) y se calcula así:

$$MTTR = \frac{HTP}{NP}$$

Donde:

MTTR: Media de los Tiempos Técnicos de Reparación

HTP: Horas Totales de Parada

NP: Número de Paros

Finalmente el indicador de la **Disponibilidad** se define como la probabilidad de operar de manera normal en un tiempo predeterminado, la cual se puede expresar como:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$



Donde:

D: Disponibilidad

MTBF: Media de los Tiempos de Buen Funcionamiento

MTTR: Media de los Tiempos Técnicos de Reparación

**Planificación:**

Es vital contar con un plan de mantenimiento que defina tipo de mantenimiento y frecuencia del mismo, para de esta manera minimizar las paras de producción no planificadas. Para tal efecto es importante primero definir dicho plan y que este vaya de la mano con las condiciones de trabajo de los equipos, repuestos, personal, manuales y recomendaciones del fabricante, etc.

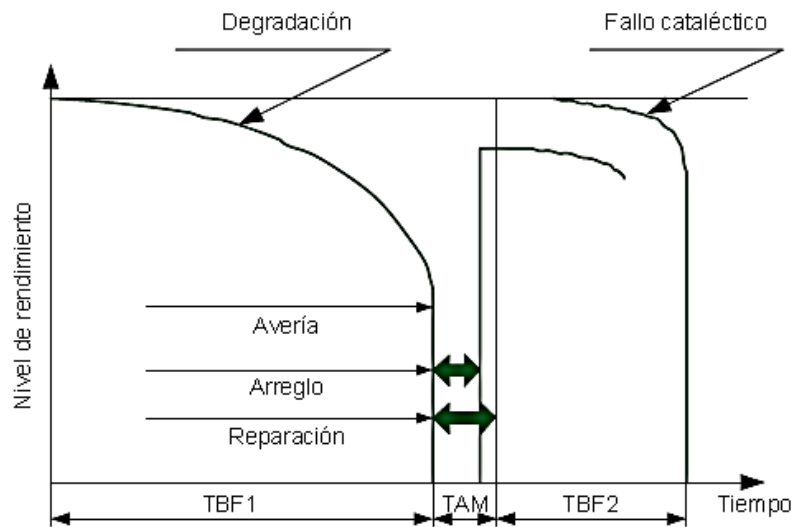
Como procesos o tipos de mantenimiento aplicables a las inyectoras se pueden enumerar los siguientes:

**TIPOS DE MANTENIMIENTO:**

**Mantenimiento Correctivo:**

Según la norma X 60010 de la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR, 2011) define al mantenimiento correctivo como “el conjunto de actividades realizadas después de fallo de un bien, o deterioro de su función, para permitir que cumpla con su aplicación, al menos de forma provisional.” (pág. 32)

Es decir que este tipo de mantenimiento se realiza luego de que ha ocurrido un daño en el activo, el cual es considerado como una reparación, por lo cual no es recomendable ya que la función general del mantenimiento es anticiparse a un fallo evitando en lo posible que estos ocurran



**Figura 8.** Ley de Degradación Desconocida  
**Fuente:** (SEAS E. S., 2012)

En la **Figura 8** se hace referencia a la ley de degradación del equipo o material, para el caso de aplicar un mantenimiento correctivo, esta figura representa la “Ley de degradación desconocida” que en según el SEAS en su publicación Gestión de Mantenimiento I es cuando apostamos por políticas de mantenimiento correctivo, o en el caso de que la política sea preventiva, siempre existirá un correctivo residual, nos encontramos con dos causas de avería. Bien por un fallo debido a la **degradación del material** o bien por un fallo **cataclítico**. (SEAS E. S., 2012, pág. 63), dicha degradación es desconocida debido al tipo de mantenimiento aplicado y a la falta de seguimiento del mismo.

En cuanto a este tipo de mantenimiento, se establecen dos subdivisiones:

Uno es el **mantenimiento correctivo paliativo**, el cual consiste en realizar una acción no definitiva, es decir se realiza un arreglo temporal del daño, con la finalidad de reponer el equipo en el menor tiempo posible para continuar con la producción.

La segunda subdivisión es el **mantenimiento correctivo curativo**, el cual consiste en una acción definitiva para reparar el equipo reestableciendo la producción, dando una solución permanente al daño.

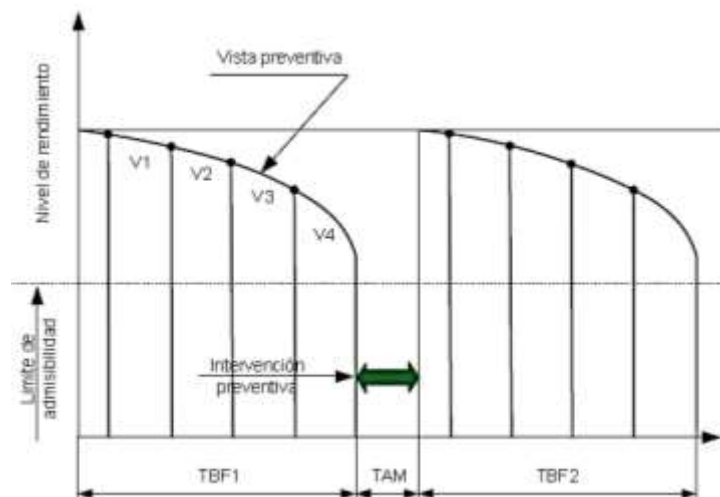
### Mantenimiento Predictivo:

Según (Tavares, 2011):

Son servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, a través del análisis de síntomas o estimativa hecha por evaluación estadística, con el objetivo de predecir el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio o reparación - mantenimiento preventivo por estado. Como en el caso anterior, se trata de un Control Predictivo o Previsivo, para ejecución de mantenimiento preventivo. (Tavares, 2011, pág. 22)

### Mantenimiento Preventivo:

Se define a toda actividad de mantenimiento destinada a prevenir fallas en los activos o sistemas productivos, es decir que este tipo de mantenimiento se lo efectúa antes de que ocurra un fallo precisamente con la finalidad de prevenirlo.



**Figura 9.**Ley de Degradación Investigada

**Fuente:** (SEAS E. S., 2012)

### Personal Capacitado:

El talento humano es el pilar principal para la correcta ejecución de un proceso de mantenimiento planificado, para tal efecto, la empresa debe hacer una inversión en la formación adecuada, capacitación continua e identificación de las

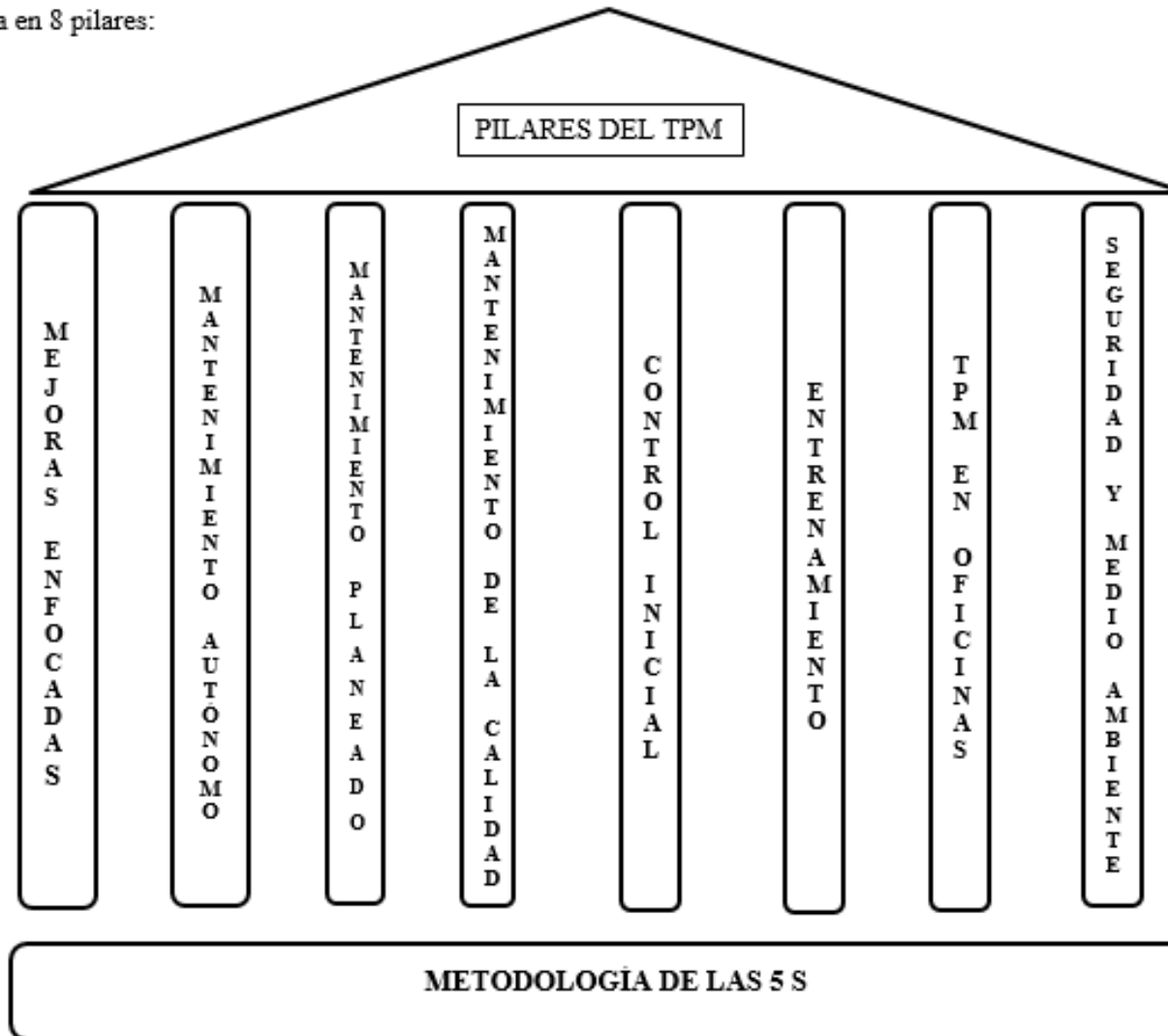
competencias del personal por puesto de trabajo, de tal manera que se seleccione al personal más idóneo para cada actividad de mantenimiento garantizando de esta manera la correcta ejecución de las tareas del plan de mantenimiento.

**Procedimientos:**

Un procedimiento no es más que un conjunto de acciones que tienen que realizarse de la misma forma, para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas circunstancias, para este caso, una vez identificada la maquinaria a mantener, elaborado un plan de mantenimiento, personal capacitado, se define el procedimiento a seguir para mantener las inyectoras en correcto funcionamiento

El **TPM** se aplica cuando una planta, proceso o maquinaria se encuentran en funcionamiento, se basa en el mantenimiento centrado en la confiabilidad **RCM** Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) que lo que hace es desmenuzar todos los componentes de una máquina y realizar un análisis Causa-Efecto para priorizar y definir la ruta crítica y así determinar los planes y tiempos de mantenimiento de una manera oportuna, un plan lógicamente flexible. Algo muy importante en esta metodología es que el operario de la máquina se convierta en un soporte esencial para el personal de mantenimiento, a esto se le denomina Mantenimiento Autónomo, el cual tiene algunas etapas: La primera es la implementación por parte del operador la metodología de las 5's en su máquina, la segunda es una tarea de progreso donde el operador descarta componentes que no agregan valor en su rutina diaria, la tercera son tareas de inspección básica con rutas definidas para que el operador gane destrezas y pueda realizar “mantenimiento de oportunidad” que será periódico y organizado, el coach o líder del departamento lo evalúa a través de una matriz de crecimiento y dependiendo de sus competencias se le puede encomendar tareas por ejemplo de lubricación de la máquina, etc. y después de todas estas tareas que son alrededor de 7 o 9 fases el operario se convierte en un técnico más de mantenimiento aun cuando ese no sea su rol, siendo parte del proceso de TPM tal como es la finalidad de esta metodología.

TPM se basa en 8 pilares:



**Figura 10.** Pilares del TPM

**Fuente:** Campus-blog BSgroup

**Elaborado por:** El Investigador

En la actualidad toda Gestión de Mantenimiento se enfoca en alcanzar el TPM, y se basa en:

**Mejoras enfocadas:** este pilar identifica la causa raíz de los problemas, proponiendo una meta y un tiempo definido para la misma.

**Mantenimiento Autónomo:** Este pilar propone alargar la vida útil de la máquina mediante la intervención o aporte del operario de la misma.

**Mantenimiento Planeado:** Este pilar constituye el entender la situación que se está presentando en un proceso o máquina y a través de un conjunto sistemático de actividades programadas llevar a la planta al objetivo de cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones.

**Mantenimiento de la Calidad:** Este pilar tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible aplicando normas de calidad establecidas para asegurar la calidad del producto final.

**Control Inicial:** Este pilar se basa en aplicar lo aprendido acerca de mantenimiento en los equipos nuevos, con la finalidad de reducir el deterioro de los mismos, así como la reducción de los costos de mantenimiento e incluir equipos en procesos de adquisición para que el mantenimiento sea el mínimo.

**Entrenamiento:** Este pilar se encarga de formar a los empleados encargados de un proceso o un equipo de tal manera que sean competentes, responsables y estén encaminados en la mejora continua de dichos procesos o equipos.

**TPM en oficinas:** Este pilar está encargado de llevar todo este proceso y política de mejoramiento a las oficinas con el objetivo de lograr que estas mejoras lleguen a la gerencia de los departamentos administrativos y actividades de soporte y que no se limiten a las actividades en la planta de producción.

**Seguridad y Medio Ambiente:** Este pilar se enfoca en que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro mediante la aplicación de políticas medioambientales y de seguridad regida por el gobierno.

**Las 5 S's:** Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al "Mantenimiento Integral" de la empresa, no sólo de la maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

## **Variable Dependiente:**

### **Productividad:**

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenidos por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción, por lo tanto se debe identificar cuáles son los recursos utilizados, a menudo es común que las empresas no tomen en cuenta por ejemplo cuando un producto tuvo que ser reprocesado o el tiempo de para no planificado de las máquinas para mantenimiento lo cual es un grave error ya que ese tiempo representa un costo adicional para la empresa por lo tanto incide en la productividad de la misma.

### **Insumos:**

Básicamente a los insumos dentro de un proceso productivo se los puede dividir en dos tipos: mano de obra y capital. Dentro del capital estarán maquinaria, equipo, instalaciones, tecnología en general, consumo energético, etc. también definido como insumos fijos ya que estos no varían de acuerdo al nivel de producción. Cuando se habla de insumos como maquinaria y equipos es importante que se tome en cuenta la depreciación de los mismos en el tiempo, y dicho valor también será parte

### **Mano de Obra:**

La mano de obra es el esfuerzo físico y mental que emplea un trabajador para fabricar, mantener o reparar un bien, en particular una máquina. El concepto también se utiliza para nombrar al costo de este trabajo, es decir, el precio que se le paga al trabajador, por lo tanto debe ser tomado en cuenta como un insumo más para el cálculo de la productividad.

**Producción:**

Denominada así a la elaboración o fabricación de bienes físicos, para el tema en estudio se definirá como producción a la cantidad de artículos plásticos fabricados en un tiempo determinado.

**Tiempos de Producción:**

Son tiempos definidos para la fabricación de determinado producto, para definir dicho tiempos es necesario una medición de los mismos durante el proceso productivo tomando en cuenta la capacidad de producción de la máquina, tiempos de espera, preparación y transferencia, la suma de todos estos tiempos da como resultado un tiempo estándar para la producción de un producto.

**Costo-Beneficio:**

La relación costo-beneficio es un índice que se obtiene al dividir el valor de los ingresos entre el valor de los costos de inversión donde el resultado deberá ser mayor a uno para considerar que existe beneficio. Por tal razón el análisis de este índice es crucial para la toma de decisiones en cuanto a inversión se trata.

**Hipótesis:**

El Proceso de Mantenimiento de las inyectoras de la fábrica de plásticos Macanoplast Don Bosco incide en la Productividad.

**Señalamiento de las variables:**

Variable Independiente: Proceso de Mantenimiento de las Inyectoras.

Variable Dependiente: Productividad.

**Definición de Términos:**

**Proceso de Mantenimiento:** Se define como la gestión que se realiza al conjunto de acciones permitan mantener o reestablecer un bien en un estado



específico, teniendo en cuenta la calidad del producto y la seguridad de las personas al menor costo posible.

**TPM (Total Productive Maintenance):** Mantenimiento Productivo Total es una filosofía originaria de Japón, el cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial.

**RCM (Reliability Centred Maintenance):** Mantenimiento Centrado en Fiabilidad Técnica para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas.

**PMO, Planned Maintenance Optimization** - Optimización del Mantenimiento Planeado. Técnica que se basa en gestionar un RCM para optimizar la planificación del mantenimiento evitando tareas duplicadas, tareas muy frecuentes o muy distantes, tareas que no son beneficio sino costo, etc.

**RAM (Reliability, Availability, Maintenance)** o CMD (Confiability, Mantenibilidad, Disponibilidad) en español, es una técnica que permite pronosticar para un periodo de tiempo determinados parámetros de mantenimiento basados en la configuración de los equipos y su filosofía operacional.

**GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador):** Es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz. También se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

**Principio de Pareto:** También denominada como ley de los pocos vitales y muchos triviales, mediante este principio se puede determinar por ejemplo que el 80% de los beneficios de una empresa provienen del 20% de sus productos, o por el contrario que el 80% de los problemas vienen del 20% de sus equipos.

**Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa):** Es una herramienta para representar mediante un diagrama los elementos o causas de un sistema que pueden contribuir a un problema, es decir su efecto y se utiliza para identificar posibles causas de un problema específico

**Regresión lineal simple:** Este método estudia la construcción de un modelo para definir y representar la correlación o dependencia entre una variable denominada independiente (X) y una variable dependiente (Y).

**Coefficiente de correlación de Pearson:** Es un índice que mide el grado de correlación entre distintas variables relacionadas linealmente.

**Diagrama de Gantt:** Es una herramienta gráfica mediante la cual se definen tiempos para actividades o tareas dentro de un proyecto.

**Productividad Multifactorial:** relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

**Personal Competente:** Desde la perspectiva de mantenimiento, personal competente es toda persona que se ha preparado para dominar las actividades de mantenimiento, conoce y aplica efectivamente los procedimientos de mantenimiento de cada máquina y equipo de una empresa.

En la empresa Mecanoplast Don Bosco el personal que se dedica al mantenimiento de las inyectoras no ha sido capacitado en actividades específicas para poder mantener dichas máquinas, por lo que, identificar las fallas se vuelve un problema adicional para el proceso productivo.

**Maquinaria:** comprende todos los mecanismos utilizados para el proceso de producción.

Las máquinas utilizadas en la producción de esta empresa son específicamente inyectoras de plásticos destinadas, a través de moldes prefabricados producir distintos elementos o bienes plásticos como pinzas, colgadores de ropa, tarrinas, jarros plásticos, etc.

**Procedimientos:** conjunto de actividades destinadas a mantener operativa una máquina o equipo.

Dentro de las actividades destinadas al mantenimiento de las máquinas inyectoras la empresa no cuenta con procedimientos que describan pasos y acciones a seguir para mantener los máquinas de producción, como se mencionó anteriormente el personal que se dedica a las actividades de mantenimiento se limita a buscar las fallas o daños en las inyectoras cuando estas dejan de funcionar para luego proceder a repararlas, siempre y cuando dicha reparación esté al alcance del personal.

**Planificación:** realizar un plan anticipado de los procedimientos y tiempos aplicados para poner fuera de servicio una máquina o equipo con el objetivo de dar mantenimiento.

La empresa no cuenta con una planificación para el mantenimiento de las máquinas de producción, al aplicarse mantenimiento correctivo, este se aplica cuando una máquina falla.

**Mano de Obra:** Persona o grupo de personas que realizan actividades físicas para aportar con la producción de una empresa.

Los operadores de las máquinas son personas que, han ido adquiriendo sus destrezas con el paso del tiempo y la experiencia en el manejo de dichos equipos, mas no por algún tipo de inducción o adiestramiento específico en tal labor

**Materia Prima:** Materiales ya sean de procedencia natural o artificial utilizados en la industria como principal elemento en la fabricación de un producto o bien material.

La empresa, según lo indica su gerente de producción, utiliza varios tipos de polímeros dependiendo del tipo de artículos de plástico a fabricar, algunos de esos polímeros son importados de diferentes partes del mundo para poder cumplir con el requerimiento de los diferentes clientes que la empresa tiene en su cartera de producción.

**Tiempos de producción:** se define como el tiempo necesario para realizar una o varias operaciones dentro de una industria.

De igual manera, al igual que con los diferentes tipos de productos plásticos que ofrecen, los tiempos de producción varían en relación directa con los mismos. Sin embargo cabe acotar que la falta de una gestión de mantenimiento ocasiona que estos tiempos se vean afectados debido a las paras no programadas de las maquinarias de producción.

**Producción:** cualquier tipo de actividad destinada a la fabricación, elaboración u obtención de bienes y servicios. En este caso la empresa produce bienes, específicamente artículos varios en plásticos como, pinzas para ropa, colgadores, diferentes tipos de tarrinas, envases plásticos, etc. todos estos bienes no son de producción continua sino que dependen del requerimiento del mercado.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍAS**

#### **Enfoque de la Modalidad**

En este trabajo de investigación se pretende definir si existe incidencia del proceso de mantenimiento en la productividad por lo que se analizarán datos históricos de las variables mencionadas, se procesarán estos datos numéricos los cuales serán tabulados y a través de su interpretación se llegará a una conclusión, por tanto la metodología o modalidad será netamente cuantitativa.

#### **Modalidad básica de la Investigación**

Este trabajo de investigación se sustenta en procesos investigativos de fuentes bibliográficas como tesis y libros que aportan con información referente a la Gestión y Procesos de Mantenimiento, para posteriormente aplicarla en la propuesta final de este trabajo de investigación.

Para comprender de mejor manera el problema planteado en el presente trabajo, se realizó una investigación de campo en la empresa Mecanoplast Don Bosco para adquirir la información de la situación actual del procedimiento de mantenimiento aplicado, de igual manera se realizó un exhaustivo levantamiento de información de la gestión de mantenimiento implementada en empresas como Cervecería Nacional, Unacem y General Motors, para definir la Gestión de Mantenimiento más apropiada para la empresa en estudio.

#### **Nivel o tipo de Investigación:**

Inicialmente la investigación es exploratoria, ya que se examina el problema para posteriormente definir causas y efecto del mismo, se observa y evalúa la

influencia que tiene el mantenimiento de la empresa Mecanoplast en su productividad, sin interferir en su desenvolvimiento. Con la información obtenida se podrá describir la situación actual de la empresa, correlacionando las variables de mantenimiento y productividad.

### **Población y Muestra:**

En el presente trabajo se pretende definir si existe incidencia del proceso de mantenimiento de las inyectoras de la empresa de plásticos Mecanoplast Don Bosco en la productividad de dichas máquinas, en este caso la población son las 23 inyectoras utilizadas en el proceso productivo de la empresa. En la **Tabla 1** se muestra dicha población de inyectoras.

**Tabla 1** *Población de Inyectoras*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>MARCA</b>	<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	50 TON	SANDRETTO TORINO	1992	51
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	70 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1988	72
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	70 TON	SANDRETTO TORINO	1992	73
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	70 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1992	74
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	110 TON	SANDRETTO TORINO	1988	110
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	110 TON	SANDRETTO TORINO	1988	111
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	110 TON	SANDRETTO TORINO	1988	112
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	110 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1992	113
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	110 TON	SANDRETTO TORINO	1988	114
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	110 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1992	119
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	150 TON	EASY MASTER	2003	164-2
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	150 TON	EASY MASTER	2003	152
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	160 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1992	161

INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	165 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1999	163
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	165 TON	SANDRETTO TORINO	1999	151
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	165 TON	SANDRETTO TORINO	1988	165
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	220 TON	EASYMASTER	2003	180
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	180 TON	EASYMASTER	2003	220
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA	350 TON	SANDRETTO TORINO	1999	350
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	270 TON	SANDRETTO TORINO	1981	270 (fuera de servicio)
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 2	110 TON	SANDRETTO TORINO	1981	117 (fuera de servicio)
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	110 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1981	118 (fuera de servicio)
INYECTORA DE PLASTICO	PLANTA 1	70 TON	FLLI SANDRETO TORINO	1981	71 (fuera de servicio)

Fuente: Mecanoplast Don Bosco  
 Elaboración: El Investigador

Como se puede ver en la tabla anterior, esta describe la población total de inyectoras utilizadas en el proceso productivo de la empresa, existen cuatro inyectoras que se encuentran fuera de servicio por temas de mantenimiento, ya que en el mercado no existen repuestos debido a su año de fabricación.

Para definir la muestra y citando a Gonzáles quien indica que “la muestra debe tener un tamaño suficiente para garantizar la representatividad, para poblaciones pequeñas con N menor a 100 se recomienda tomar toda la población” (González, 2005, pág. 85).

Por lo tanto se analizarán las 19 inyectoras en el trimestre comprendido entre junio-agosto del 2017

En la siguiente tabla se muestra el listado de artículos fabricados por las inyectoras para el trimestre junio-agosto 2017:

**Tabla 2.** *Listado de Artículos Plásticos de Mayor Consumo de MP*

<b>ITEM</b>	<b>PRODUCTO</b>
1	Anillo oxigenación
2	Armador Mangers
3	Armador boxer
4	Base manija ejecutiva
5	Bopp pequeño
6	Caja de muestra
7	Carreto
8	Conos Riobamba
9	Cubos
10	Cucharas

**Fuente:** Mecanoplast Don Bosco

**Elaboración:** El Investigador



## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 3.** *Matriz Operacional de Variable Independiente*

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Proceso de Mantenimiento de Inyectoras: conjunto de actividades mediante las cuales se reparan la inyectoras una vez que estas presentan avería, Mantenimiento Correctivo	Actividades de Mantenimiento	Solicitud de Mantenimiento correctivo	¿Existen planes de Mantenimiento?	Información documentada Entrevistas, bitácoras, registro de tiempos de para
	Reparaciones realizadas	Registro de trabajos realizados por personal de mantenimiento	¿Existen registros de los trabajos de reparación realizados en las inyectoras?	Información documentada Entrevistas, bitácoras, registro de tiempos de para
	Paras de Producción	Registro de tiempos de para por inyectora	¿Existen registros históricos de funcionamiento de las Inyectoras?	Información documentada Entrevistas, bitácoras, registro de tiempos de para

**Fuente:** Mecanoplast Don Bosco

**Elaboración:** El Investigador

**Tabla 4.** *Matriz Operacional de Variable Dependiente*

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Productividad: relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para obtener dicha producción, también definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos	Productos obtenidos	Registros de producción	¿Existen registro de producción por producto?	Información documentada datos de producción y productividad
	Recursos Utilizados	Horas de trabajo por máquina	¿Existen registros históricos de funcionamiento de las Inyectoras?	Información documentada datos de producción y productividad
	Tiempos de producción	Registros de paros por fallas	¿Existe registro de tiempos de paros por inyectoras?	Información documentada datos de producción y productividad

**Fuente:**

Mecanoplast Don Bosco

**Elaborado por:** El Investigador

**Tabla 5. Plan de Recolección de Datos**

<b>Preguntas básica</b>	<b>Explicación</b>
¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
¿De qué personas u objetos?	Inyectoras de Plásticos
¿Sobre qué aspectos?	Proceso de Mantenimiento/Productividad
¿Quién? ¿Quiénes?	El investigador
¿Cuándo?	junio 2017- agosto 2017
¿Dónde?	Empresa Mecanoplast Don Bosco
¿Cuántas veces?	Las que sean necesarias para alcanzar los objetivos
¿Cuál es la técnica para recolección de información?	Observación, registros
¿Con qué instrumentos?	Registros de Mantenimiento y de Producción
¿Cuál es la situación?	Situación normal de la trabajo

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El Investigador

### **Plan de recolección de la Información:**

Para la recolección de datos, en primera instancia se utilizará la herramienta de la entrevista, con el Gerente de Producción de la empresa Mecanoplast Don Bosco Sr. Ramiro Pérez para conocer el tipo de producción que la empresa realiza, entrevista con el Ing. Wilmer Esparza jefe de producción para conocer el proceso de mantenimiento aplicado a las inyectoras, y finalmente entrevista con el personal de mantenimiento para conocer procedimientos aplicados en el mantenimiento de las inyectoras facilitada.

La segunda herramienta será la observación de la información documental de registros, bitácoras, reportes en los cuales se encuentra plasmada la información requerida sobre procesos de mantenimiento, tiempos de para, producción y productividad de las inyectoras de la empresa.

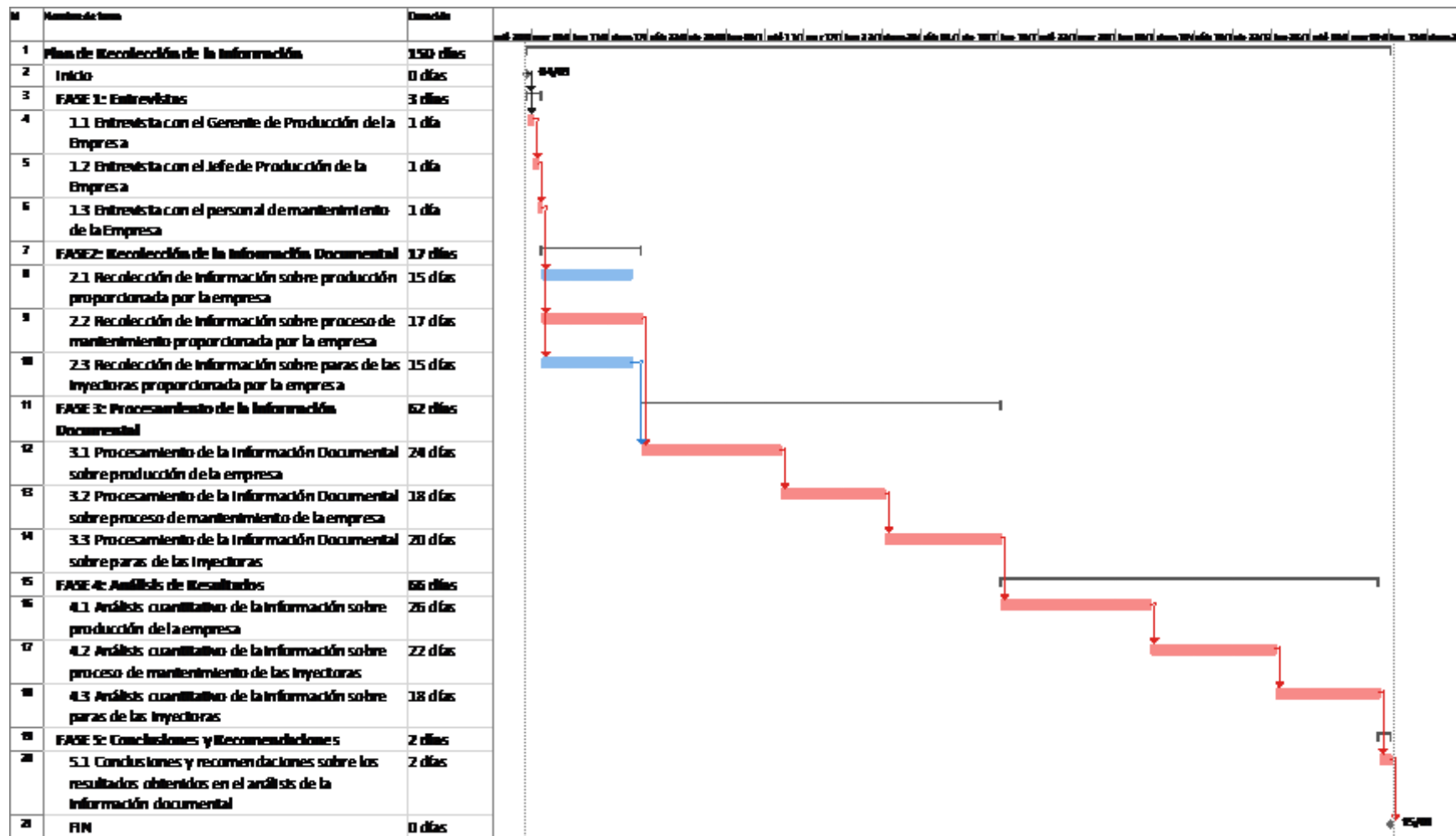


Figura 11. Plan de Recolección de la Información  
Fuente: Investigación de campo  
Elaborado por: El Investigador

## **Aplicación de los instrumentos de recolección de información:**

### **Fase 1: Entrevista**

El primer instrumento de recolección de información en aplicar será la entrevista, para lo cual se solicitará una cita con el Gerente de producción, con el jefe de producción y finalmente con personal de mantenimiento para recaudar información sobre proceso productivo y proceso de mantenimiento.

### **Fase 2: Recolección de información documental**

A través de observación se recolectarán los datos de producción, proceso de mantenimiento y paras de las inyectoras. Los datos serán adquiridos de bitácoras, solicitudes de producción, ordenes de mantenimiento correctivo y registros de paras de las inyectoras. Debido a que la empresa no posee los datos digitales, se ingresará de manera manual la información proporcionada a una hoja de Excel para su correcto procesamiento.

### **Fase 3: Procesamiento de la información**

Se procesarán los datos mediante la aplicación de una herramienta estadística, en este caso dicha herramientas serán: el Principio de Pareto para definir pocos vitales tanto en artículos, Cálculo de Indicadores de Mantenimiento y Regresión Lineal Simple para determinar si existe correlación o no entre las variables definidas como dependiente e independiente.

### **Fase 4: Análisis de Resultados**

Con los resultados obtenidos del procesamiento de la información, se procederá a realizar un análisis cuantitativo de producción y productividad de las inyectoras, disponibilidad y causas de paras de las inyectoras para obtener valores de cada uno de los procesos analizados y así poder definir el valor de relación entre las variables en estudio.

### **Fase 5: Conclusiones**

Una vez definida la relación entre las variables dependiente e independiente se procederá a emitir conclusiones de los resultados obtenidos de acuerdo al nivel de correlación demostrado entre dichas variables.

## CAPÍTULO IV

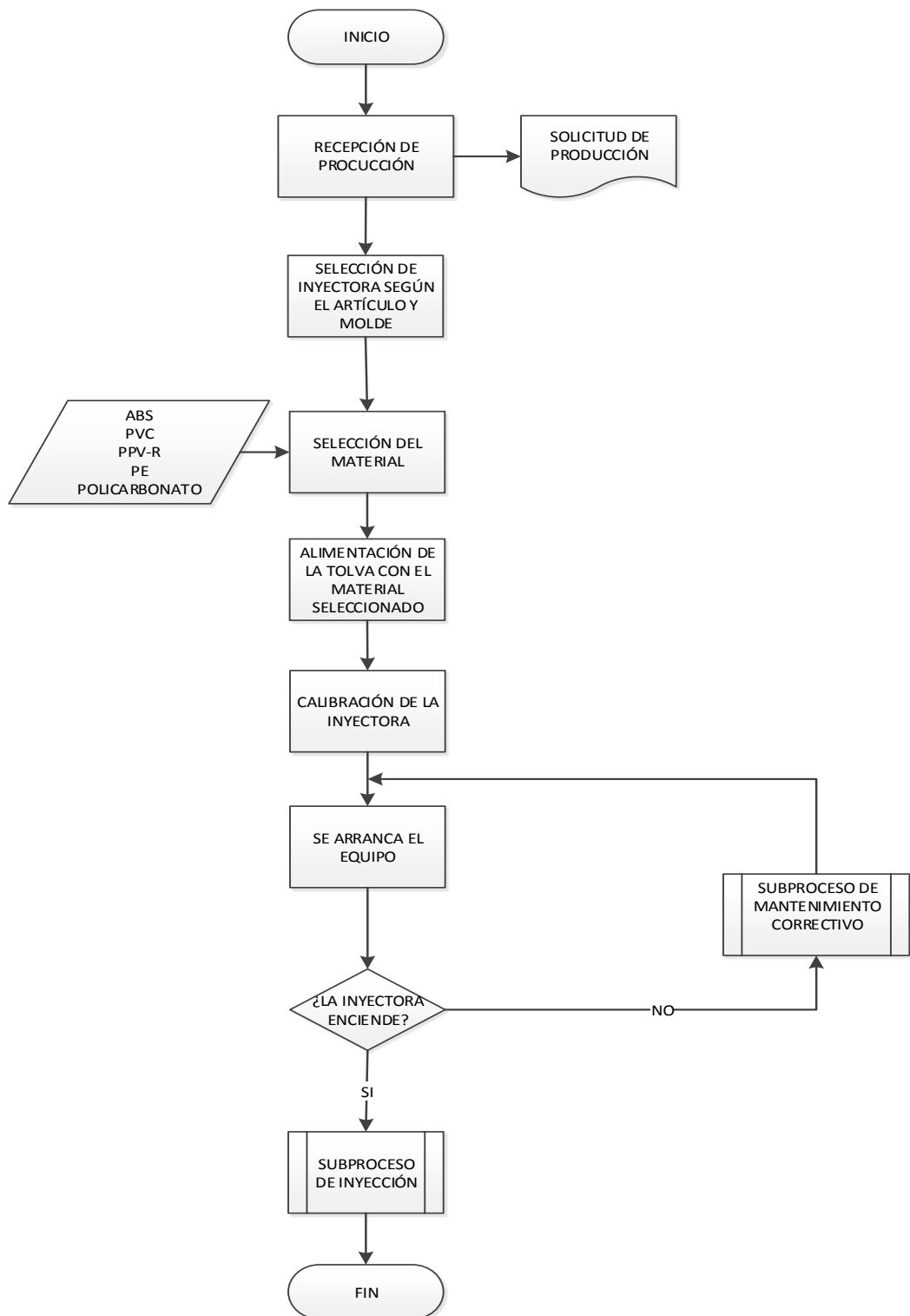
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### **Descripción de la situación actual del Proceso de Producción de las inyectoras:**

El mecanismo de producción de la empresa Mecanoplast Don Bosco en el trimestre comprendido entre junio-agosto del 2017, consistió en cumplir con pedidos de diferentes clientes. La empresa cuenta con 19 inyectoras para cumplir con el proceso productivo, el cual consiste en que el cliente solicita una cantidad determinada de un artículo plástico, este requerimiento es plasmado en una ficha de control de producción (Anexo 1), con la ficha llenada el jefe de producción define cuántas y cuáles inyectoras serán las responsables de la producción del artículo solicitado, dependiendo de la capacidad de inyección y tipo de molde requerido por cada inyectora así como la cantidad de artículos a fabricarse. De igual manera el tiempo de producción de las inyectoras depende de la cantidad y tipo de artículo a producirse.

Este mecanismo se aplica en 17 de las 19 inyectoras, las inyectoras identificadas como 164-2 y 151 se encargaron específicamente de producir los artículos plásticos denominados pinzas preferita y armadores mangers respectivamente, ya que estos artículos son de fabricación permanente y las inyectoras mencionadas son las responsables de su fabricación debido a que tanto su capacidad de inyección como el tamaño de los moldes cumplen con las características requeridas para que dichos productos puedan ser fabricados. Las inyectoras trabajaron tres turnos diarios 7 días de la semana en el trimestre en estudio. A continuación se muestra un diagrama de flujo que describe dicho proceso:

## Diagrama del Proceso Productivo de las Inyectoras

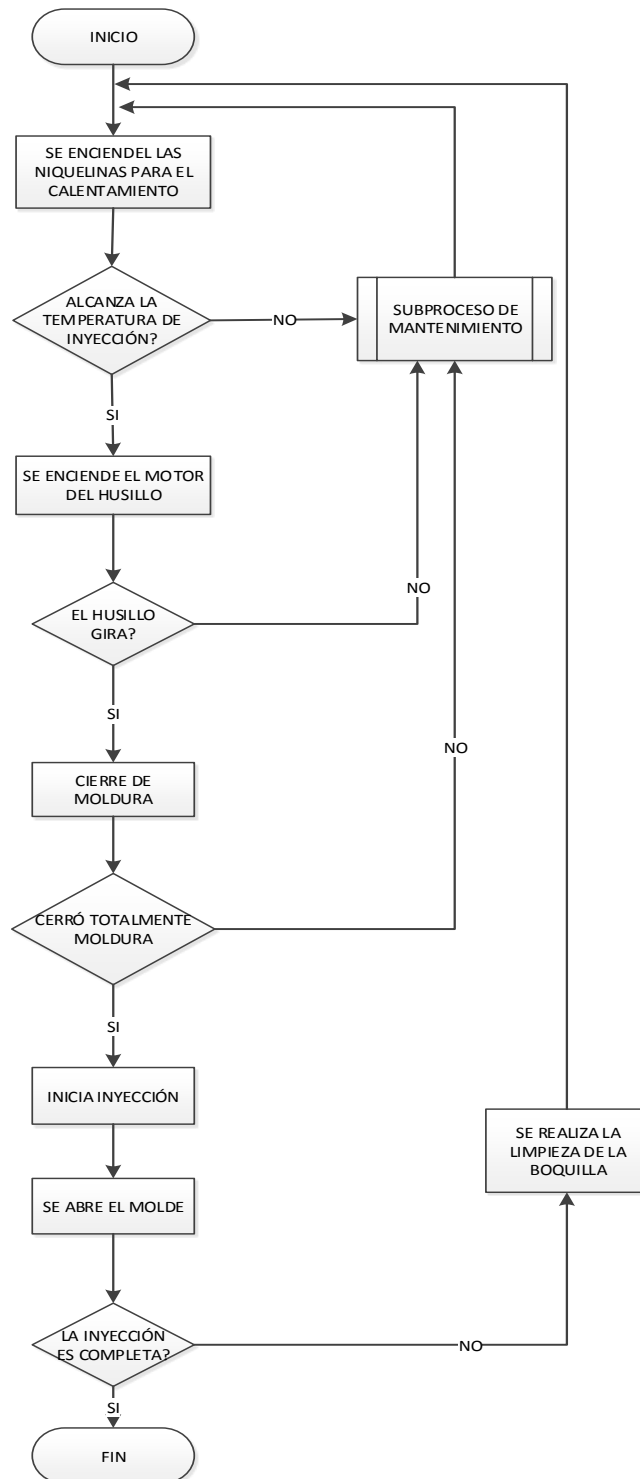


**Figura 12.** Diagrama del Proceso Productivo por Inyectora

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaboración:** El Investigador

### Diagrama del Proceso de Inyección:



**Figura 13.** Diagrama de Proceso de inyección

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaboración:** El Investigador

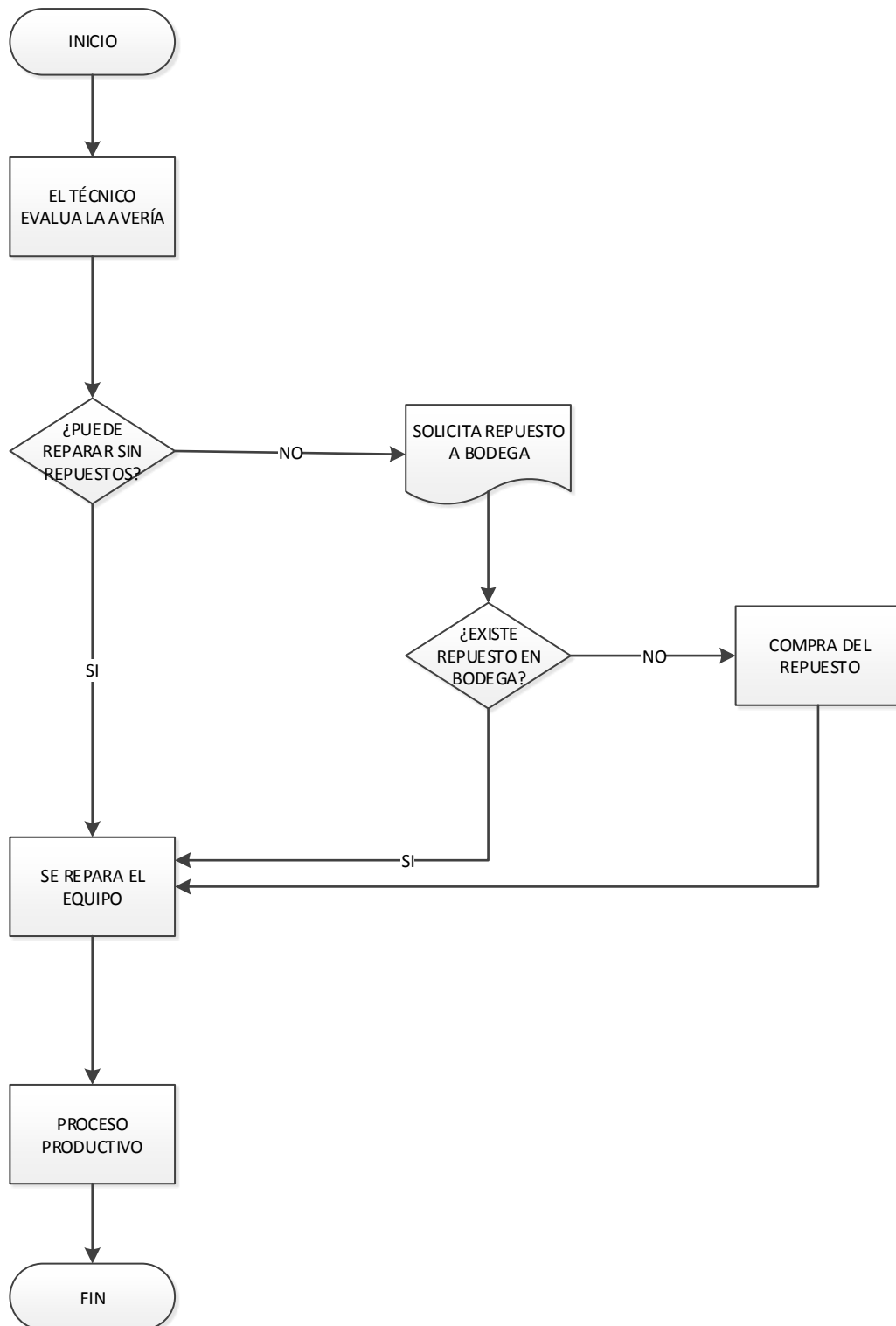


### **Descripción de la situación actual del proceso de Mantenimiento:**

El proceso de mantenimiento consiste en intervenir en las inyectoras únicamente si estas paran su proceso productivo por avería, en cuanto esto no suceda, las inyectoras trabajan de acuerdo al requerimiento de producción. Esto implica que si no existe la necesidad, las inyectoras se encuentran paradas, sin embargo no se aplica ningún tipo de mantenimiento en ese lapso de tiempo.

Para describir mejor el proceso de mantenimiento a continuación se muestra un diagrama de flujo que describe dicho proceso:

## Diagrama de Proceso de Mantenimiento



**Figura 14.** Diagrama de Proceso de Mantenimiento

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaboración:** El Investigador

## ANÁLISIS DE TIEMPOS DE PARAS NO PROGRAMADAS DE LA INYECTORAS

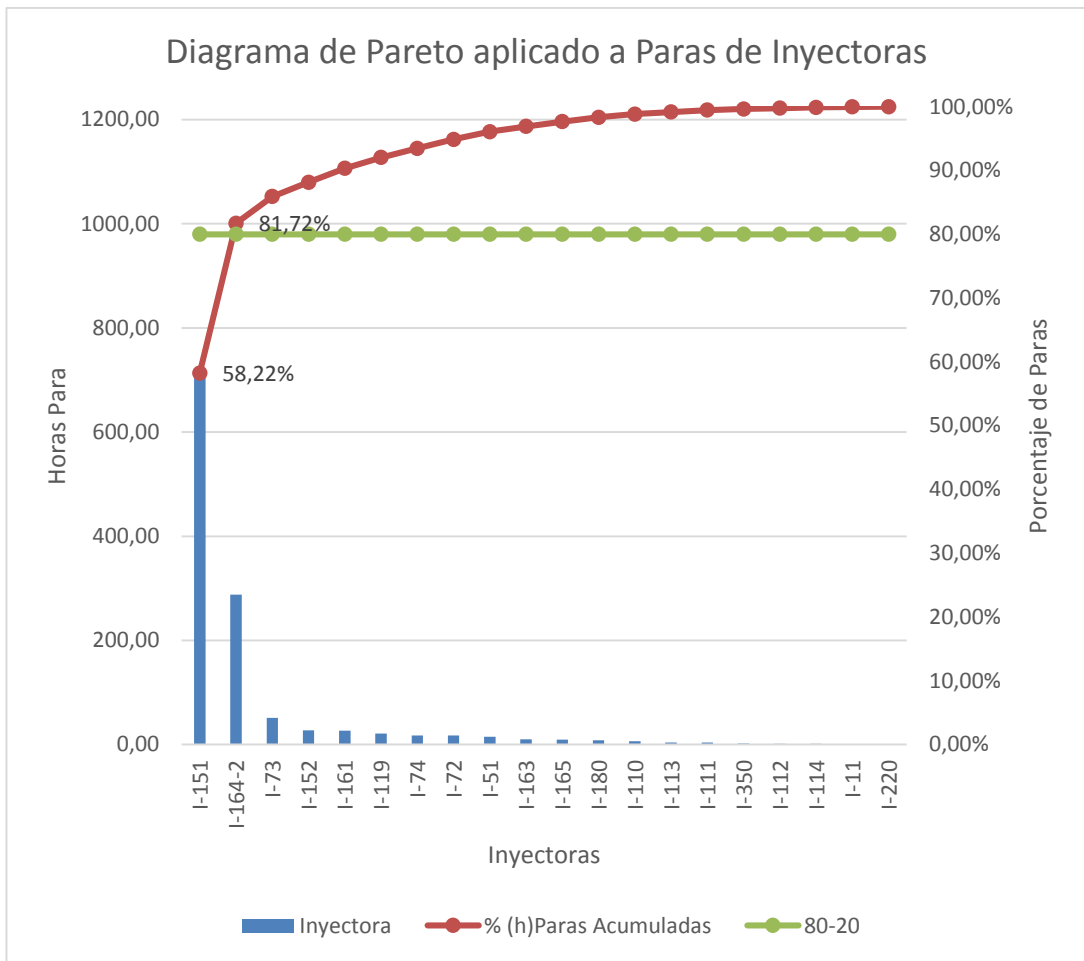
El primer paso de este análisis se centrará en determinar, mediante la aplicación del diagrama de Pareto, el 20% de las inyectoras que ocasionaron el 80% de paras de producción no programadas en el trimestre en estudio. Para tal efecto se tabulan los datos de paras obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6.** *Horas Para por Inyectora Trimestre jun-ago 2017*

Inyectora	Tiempo de Para (h)	Paras acumuladas (h)	% (h)Paras Acumuladas	% Paras Individual (h)
151	712,97	712,97	58,22%	58,22%
164-2	287,83	1000,80	81,72%	23,50%
73	51,50	1052,30	85,93%	4,21%
152	27,45	1079,75	88,17%	2,24%
161	26,47	1106,22	90,33%	2,16%
119	20,93	1127,15	92,04%	1,71%
74	17,58	1144,73	93,48%	1,44%
72	17,33	1162,07	94,89%	1,42%
51	14,75	1176,82	96,10%	1,20%
163	9,92	1186,73	96,91%	0,81%
165	9,40	1196,13	97,67%	0,77%
180	8,25	1204,38	98,35%	0,67%
110	6,17	1210,55	98,85%	0,50%
113	4,08	1214,63	99,18%	0,33%
111	3,67	1218,30	99,48%	0,30%
350	2,00	1220,30	99,65%	0,16%
112	1,72	1222,02	99,79%	0,14%
114	1,52	1223,53	99,91%	0,12%
11	0,83	1224,37	99,98%	0,07%
220	0,25	1224,62	100,00%	0,02%
<b>Total general</b>	<b>1224,62</b>			

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaboración:** El Investigador



**Figura 15.** Diagrama de Pareto Paras de Inyectoras

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Analizando los resultados se concluye que el 81,72% de paros no programadas de producción corresponden a las inyectoras identificadas como 151 y 164-2 las cuales producen los artículos plásticos Armadores Mangers y Pinzas Preferita, respectivamente mientras que el 18,28% de los paros se registran en las inyectoras que producen artículos varios

Para tener una mejor idea de la cantidad de producción de las inyectoras de la empresa a continuación se describe el consumo de materia prima en el trimestre en estudio:

**Tabla 7.** *Consumo de Materia Prima Trimestre jun-ago 2017*

<b>Inyectora</b>	<b>Consumo MP (kg)</b>	<b>% Consumo Individual</b>
164-2	44434,572	57,55%
151	18423,50	23,86%
Resto de Inyectoras	14353,11	18,59%
<b>Total general</b>	<b>77211,18</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

El consumo de materia prima descrito en la **Tabla 7** muestra que las inyectoras con mayor consumo son la 164-2 con el 57,55% y la 151 con el 23,86% de consumo del total de materia prima procesada en el trimestre en estudio.

Con los datos obtenidos en la **Tabla 6** y **Tabla 7** se concluye que las inyectoras que mayor paras no programadas presentan son precisamente las que mayor tiempo de producción y mayor cantidad de materia prima procesan, por lo tanto el análisis del proceso de mantenimiento, así como la productividad se lo realizará en las inyectoras 162-4 (Inyectora de Pinzas Preferita) y 151 (Inyectora de Armadores Mangers).

### **Identificación de las Causas de las Paras por Inyectoras**

El siguiente paso a realizar una vez definidas las inyectoras en análisis, es identificar los motivos de paras, para lo cual se tabula los datos del trimestre en estudio, y el primer resultado que se obtiene es el de tiempos de paras de las inyectoras en estudio y sus causas:

**Tabla 8. Causas y tiempos de paras por Inyectora**

Inyectora/Causas	Total Paras (h)	Número de Paras	% paras	Promedio Paras diarias (h)
<b>151</b>	<b>712,96</b>	<b>182</b>	<b>100,00%</b>	<b>7,75</b>
Calibración Inyectora	70,25	24	9,85%	0,76
Energía	1,67	1	0,23%	0,018
Logística	57,08	22	8,01%	0,62
Mantenimiento Correctivo	426,72	79	59,85%	4,64
Material Contaminado	157,25	56	22,06%	1,71
<b>164-2</b>	<b>287,83</b>	<b>107</b>	<b>100,00%</b>	<b>3,13</b>
Calibración Inyectora	42,58	27	14,79%	0,46
Mantenimiento Correctivo	155,50	1	54,02%	1,69
Material Contaminado	62,75	48	21,80%	0,68
Logística	3,00	28	1,04%	0,033
no hay producción	24,00	3	8,34%	0,26
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1000,80</b>	<b>289</b>		<b>21,76</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El Investigador

Con los datos procesados se observa que existen varias motivos por los cuales las inyectoras paran su proceso productivo, pero el mayor porcentaje de horas de para se centra en el mantenimiento correctivo, el cual será el motivo principal de análisis de este capítulo.

#### **Análisis de Causas de Paras ajenas al Mantenimiento Correctivo:**

Antes de analizar a profundidad el proceso de mantenimiento aplicado a las inyectoras de la empresa, se realizará un breve análisis de las causas ajenas a mantenimiento correctivo encontradas en esta investigación:

##### **Material Contaminado:**

Es la segunda causa de paras de la inyectoras en estudio con un porcentaje promedio del 22%. Se entrevista al Gerente de Producción Don Ramiro Pérez quien indica que están conscientes de este problema ya que de manera intencional adquieren **materia prima reciclada** debido a su bajo costo, sin embargo al existir

muchas paras por boquillas tapadas y adicional artículos de mala calidad ha solicitado al proveedor mejore la calidad de la materia prima quien, comenta el Sr. Pérez, ha accedido y se encuentran en período de pruebas para dicho efecto.

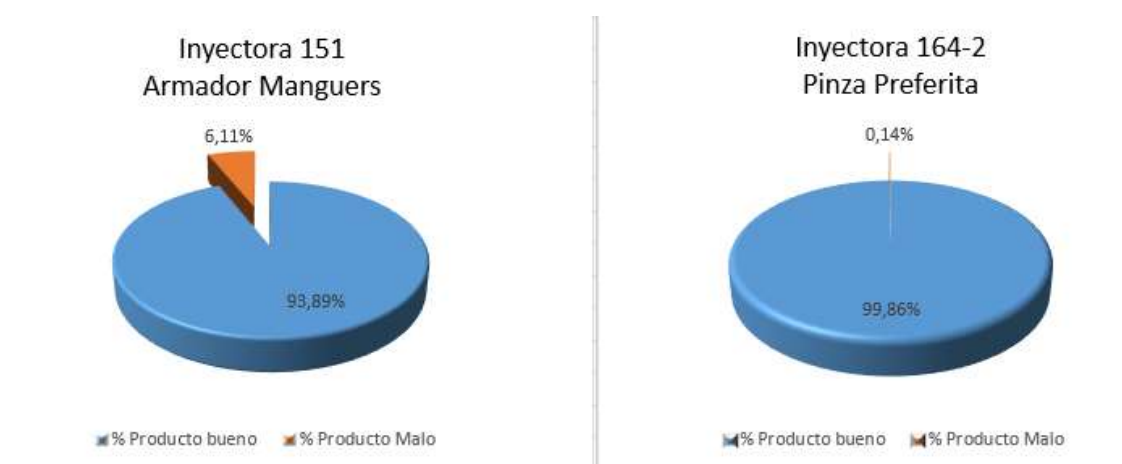
A continuación se muestran los porcentajes de artículos de mala calidad debido a material contaminado para las inyectoras en estudio:

**Tabla 9.** *Porcentaje de Producto Malo por Inyectora debido a Material Contaminado*

<b>PRODUCTO</b>	<b>Producto bueno</b>	<b>Producto mala calidad</b>	<b>% Producto bueno</b>	<b>% Producto Mala Calidad</b>
<b>Armador Mangers</b>	345973	22497	93,89%	6,11%
<b>Pinza Preferita</b>	11093428	15215	99,86%	0,14%
<b>Total general</b>	<b>11439401</b>	<b>37712</b>	<b>99,67%</b>	<b>0,33%</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador



**Figura 16.** Porcentaje de Producto Malo en Inyectoras 151 y 164-2

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

Los porcentajes de productos malos tanto para Armadores Mangers (6,11%) como para Pinzas Preferita (0,14%), son relativamente bajos según explica el Sr. Pérez ya que existe un margen de error en la producción la cual es aceptada por el cliente cuando hace la solicitud de producción, este margen es del 10%. Sin embargo como ya se mencionó el proveedor está trabajando en mejorar la calidad de la materia prima, la cual, como ya se mencionó, afecta con el 22%. en los tiempos de para de las máquinas en estudio.

### **Calibración de Inyectoras:**

Existe un tiempo no definido por la empresa para la calibración de inyectoras, la cual consiste en, primero ubicar el molde en la inyectora, luego programar diferentes parámetros de reglaje requeridos por la máquina como tiempo de inyección del usillo, temperatura de la boquilla, tiempo de residencia de la materia prima dentro del cilindro, tiempo de enfriamiento, entre otros. En general dichos parámetros son ingresados una sola vez por cada artículo que se va a producir, sin embargo en el caso de las inyectoras en estudio existen dos problemas, uno es que una vez que las inyectoras se apagan no memorizan la última parametrización, sino que se reestablecen los valores de fábrica, esto ocasiona que cada vez que las inyectoras son apagadas por cualquier motivo, al reiniciarlas deben ser calibradas nuevamente. El segundo problema reside en que los parámetros ingresados deben ser comprobados, es decir que el operador debe inyectar material para verificar que los artículos producidos están completos, es decir que las inyectoras de acuerdo a la carga de materia prima que se le coloque requiere de una parametrización un tanto diferente, todo este proceso de calibración y prueba de inyección toma varios minutos, incluso horas hasta que la máquina trabaje correctamente sin “golpes incompletos” esto hace referencia a artículos de mala calidad. Este problema nuevamente se relaciona con las paras no programadas para manteniendo correctivo ya que cada vez que se reparan las inyectoras es necesario calibrarlas antes de iniciar el proceso productivo.

### **Logística:**

Otro de los motivos de paras de las inyectoras en estudio son las que se han denominado paras por falta de logística, al no existir una coordinación en la entrega de materia prima al turno de la noche, el operador detiene la inyectora debido a que el cálculo de la materia prima requerida no fue la correcta y no se pudo completar la producción programada.



### **Energía:**

Cortes de energía por parte de la empresa eléctrica ocasionan paros de producción.

### **No hay producción:**

Debido a inauguración de campeonato de interno de fútbol un día del trimestre en estudio la empresa no produjo.

## **ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO APLICADO A LAS INYECTORAS**

Para iniciar con el análisis del mantenimiento aplicado a las inyectoras de la empresa y así determinar si dicho proceso es el causante del porcentaje de paros cuantificado en la *Tabla 8*, a continuación se procederá a calcular la **DISPONIBILIDAD** de las inyectoras durante el trimestre en estudio.

### **Cálculo de la Disponibilidad de las Inyectoras en estudio**

*Tabla 10. Tiempos y Números de Paros por Inyectora*

<b>Producto/Inyectora Motivo</b>	<b>Número de Paras</b>	<b>Tiempo de Para</b>	<b>TIEMPO DE PRODUCCIÓN (h)</b>
<b>Armador Mangers 151</b>	79	426,72	810,17
<b>Pinza Preferita 164-2</b>	48	155,5	720,17

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El Investigador

Utilizando los valores descritos en la *Tabla 10* se procede a calcular los porcentajes correspondientes a disponibilidad durante el trimestre en estudio:

### **Inyectora 151:**

$$MTTR = \frac{HTP}{NP}$$

$$MTTR = \frac{426,72}{79}$$

$$\mathbf{MTTR = 5,40}$$

$$MTBF = \frac{HTO}{NP}$$

$$MTBF = \frac{810,17}{79}$$

$$\mathbf{MTBF = 10,26}$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$D = \frac{10,26}{10,26 + 5,40} * 100\%$$

$$\mathbf{D = 65,5\%}$$

**Inyectora 164-2:**

$$MTTR = \frac{HTP}{NP}$$

$$MTTR = \frac{155,5}{48}$$

$$\mathbf{MTTR = 3,24}$$

$$MTBF = \frac{HTO}{NP}$$

$$MTBF = \frac{720,17}{48}$$

$$\mathbf{MTBF = 15}$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$D = \frac{15}{15 + 3,24} * 100\%$$

$$\mathbf{D = 82\%}$$

## Identificación de Causa-Efecto para el Proceso de Mantenimiento actual

Analizando los resultados de disponibilidad por mantenimiento de las inyectoras en estudio se puede verificar que la inyectora 151 estuvo disponible el 65,5% mientras que la inyectora 164-2 tuvo una disponibilidad del 82% del tiempo total dispuesto para producción. Para este caso, la **Disponibilidad** calculada es el indicador que demuestra un deficiente proceso de mantenimiento, el mismo que debe ser evaluado para definir las causas que lo hacen deficiente. Para definir estas causas a continuación se aplica la herramienta **Diagrama de Causa-Efecto de Ishikawa**

### Criterios de Evaluación:

Para calificar cada causa que se exponga en el diagrama de Ishikawa se utilizarán los criterios de evaluación y los valores de ponderación detallados en la **Tabla 11** basados en preguntas claves con una ponderación definida entre 1 y 3 dependiendo de la importancia baja media o alta de cada causa.

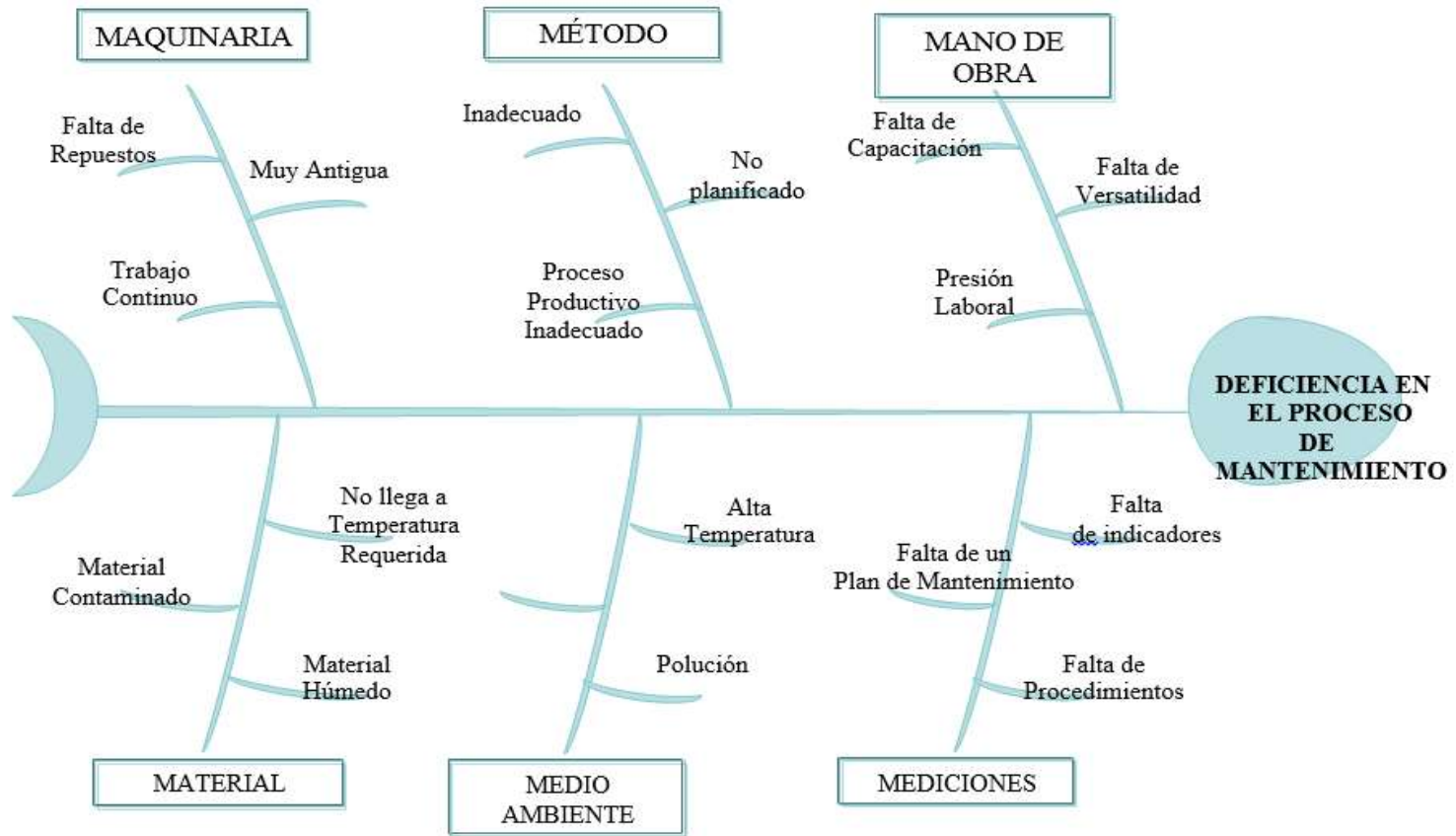
**Tabla 11.** *Criterios de Evaluación*

CRITERIOS DE EVALUACIÓN		NIVEL DE PONDERACIÓN		
PREGUNTA	CLAVE	BAJO	MEDIO	ALTO
¿Es un factor que lleva al problema?	FACTOR	1	2	3
¿Ocasiona directamente el problema?	CAUSA DIRECTA	1	2	3
¿Si se elimina se corrige el problema?	SOLUCIÓN	1	2	3
¿Se puede plantear una solución factible?	FACTIBLE	1	2	3
¿Se puede medir si la solución funcionó?	MEDIBLE	1	2	3
¿La solución es de bajo costo?	BAJO COSTO	1	2	3

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

**DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO ACTUAL**



**Figura 17.** Diagrama Causa-Efecto Proceso de Mantenimiento Deficiente

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

**PONDERACIÓN DE CAUSAS:**

**Tabla 12.** *Ponderación de Causas*

CAUSAS		SOLUCIONES		CRITERIOS			TOTALES	
<b>MAQUINARIA</b>	SOLUCIÓN	FACTOR	CAUSA DIRECTA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	MEDIBLE	BAJO COSTO	<b>RESULTADO</b>
Falta de Repuestos	Stock de Repuestos	1	1	1	2	1	2	<b>8</b>
Muy Antigua	Nueva Inyectora	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>
Trabajo Continuo	Disminuir Carga Laboral	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>
<b>MÉTODO</b>	SOLUCIÓN	FACTOR	CAUSA DIRECTA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	MEDIBLE	BAJO COSTO	<b>RESULTADO</b>
Inadecuado	Implementar Mtto.Preventivo	3	3	3	3	3	3	<b>18</b>
No Planificado	Elaborar un Plan de Mtto.	2	2	3	3	3	3	<b>16</b>
Producción Inadecuada	Cambio de Proceso	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	SOLUCIÓN	FACTOR	CAUSA DIRECTA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	MEDIBLE	BAJO COSTO	<b>RESULTADO</b>
Falta de Capacitación	Capacitar Personal Mtto.	2	2	2	3	3	3	<b>15</b>
Falta de Versatilidad	Capacitar Personal Mtto.	2	2	2	3	3	3	<b>15</b>
Presión Laboral	Disminuir Carga Laboral	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>

CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS					TOTALES	
<b>MATERIAL</b>	SOLUCIÓN	FACTOR	CAUSA DIRECTA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	MEDIBLE	BAJO COSTO	<b>RESULTADO</b>
Material Contaminado	Cambiar de Proveedor	1	1	1	1	2	1	<b>7</b>
Falta Temperatura	Capacitar Personal Producción	1	1	1	3	1	2	<b>9</b>
Material Húmedo	Cambiar de Proveedor	1	1	1	1	2	1	<b>7</b>
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	SOLUCIÓN	FACTOR	CAUSA DIRECTA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	MEDIBLE	BAJO COSTO	<b>RESULTADO</b>
Alta Temperatura	Instalar Ventilación	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>
Polución	Instalar Extractores	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>
<b>MEDICIONES</b>	SOLUCIÓN	FACTOR	CAUSA DIRECTA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	MEDIBLE	BAJO COSTO	<b>RESULTADO</b>
Falta de Plan de Mtto	Elaborar un Plan de Mtto.	2	2	3	3	3	3	<b>16</b>
Falta de Procedimientos	Elaborar Procedimientos de Mtto	1	2	2	3	3	3	<b>14</b>
Falta de Indicadores	Medir Proceso	2	1	1	3	3	3	<b>13</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

Se procede a analizar la ponderación de las causas de la **Tabla 12** para concluir lo siguiente:

El puntaje más alto con un valor de 18 indica que la causa principal del deficiente proceso de mantenimiento es el Método aplicado, el cual se basa en Mantenimiento Correctivo, por lo que la solución planteada es reemplazarlo por un Proceso de Mantenimiento Preventivo.

El segundo puntaje con un valor de 16 es para la causa denominada Método Inadecuado y para la Medición que señala como causa la falta de un Plan de Mantenimiento, cuya solución recomendada es Implementar un Plan de Mantenimiento.

Finalmente el tercer puntaje con un valor de 15 señala como causa adicional en Mano de Obra la falta de Capacitación y Versatilidad del personal encargado del proceso de mantenimiento, por lo que la solución planteada es Capacitar al personal de Mantenimiento.

Una vez definidas las tres principales causas que afectan al actual proceso de mantenimiento, se realizará un análisis de cada causa.

### **Análisis del Mantenimiento Correctivo Trimestre junio-agosto 2017**

Antes de recomendar un Plan de Mantenimiento Preventivo que reemplace al Mantenimiento Correctivo aplicado actualmente, es importante analizar las fallas detectadas en las Inyectoras en el período en estudio

## Análisis de Fallos por Tipo,

Con los datos totales de tiempos de para debido a mantenimiento correctivo, se identifican los fallos más comunes por tipo siguiendo la identificación que el SEAS hace en su publicación Gestión de Mantenimiento I, en la cual indica que:

Es pues bastante frecuente la clasificación (en este caso concreto) de las averías, como tipo mecánico o eléctrico/electrónico. Cabe destacar, que cada vez con mayor frecuencia se establecen los grupos de averías asociados al trabajo con fluidos (neumática/hidráulica), aunque estas a su vez, son analizadas como origen mecánico o eléctrico. (SEAS E. S., 2012, pág. 121)

Por tanto la clasificación de los fallos se lo realizará como eléctrico, mecánico o hidráulico.

**Tabla 13.** *Tipos de Fallas y sus Porcentajes por Inyectora*

Inyectora/Tipo de fallo	Tiempo de Para (h)	Número de fallos	% Paras
<b>151</b>			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>	<b>426,72</b>	<b>79</b>	<b>100%</b>
Eléctrico	295,25	54	69,19%
Hidráulico	120,05	22	28,13%
Mecánico	11,42	3	2,68%
<b>164-2</b>			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>	<b>155,5</b>	<b>48</b>	<b>100%</b>
Eléctrico	131,33	40	84,46%
Hidráulico	18,17	6	11,68%
Mecánico	6	2	3,86%
<b>Total general</b>	<b>582,22</b>	<b>127</b>	

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El Investigador

En la **Tabla 13** se muestran los resultados de la tabulación de datos en cuanto a tiempos de para por mantenimiento correctivo, se especifican tres tipos de fallas: eléctricas, hidráulicas y mecánicas. Las paras por fallas de tipo eléctrico reflejan porcentajes del 69,19% y 84,46% para las inyectoras 151 y 164-2 respectivamente.

A continuación se describen las causas de las fallas dependiendo del tipo al que pertenecen:



## Causas de fallas Eléctricas:

**Tabla 14.** *Causas de fallas Eléctricas por Inyectora*

CAUSAS	Tiempo de para (h)	Número de Paras	% (h)Paras Acumuladas	% (h)Paras Individual
Arreglo de tarjeta de electroválvulas	40,75	8	13,80%	13,80%
Reparación de resistencia de la punta de la boquilla	37,17	7	26,39%	12,59%
Reparación final de carrera compuerta cierre molde	31,92	5	37,20%	10,81%
Cambio contactor y calibración	22,17	5	44,71%	7,51%
Cambio de temporizadores	20,67	3	51,71%	7,00%
Cambio de resistencia en molde y pruebas generales	18,67	3	58,03%	6,32%
Revisión de temporizadores de inyectora	17,50	3	63,96%	5,93%
Instalación de motor de carga en inyectora, Cambio de cable principal, cambio de switch de encendido.	13,92	2	68,67%	4,71%
Cambio de relé térmico	12,83	2	73,02%	4,35%
Corrección de circuitos de seguridad de puerta de inyectora	10,50	2	76,57%	3,56%
Reparación de fallo en switch control	10,50	2	80,13%	3,56%
Reemplazo de termocupla en molde	10,33	2	83,63%	3,50%
Cambio de rodamientos motor de carga	9,67	2	86,90%	3,27%
Reparación switch seguridad puerta	8,33	2	89,73%	2,82%
Cambio de relés de control sistema hidráulico	7,17	1	92,15%	2,43%
Armado de circuitos en gabinete de torre de enfriamiento	7,08	1	94,55%	2,40%
Cambio de borneras recalentadas	5,00	1	96,25%	1,69%
Revisión de motor de carga	5,00	1	97,94%	1,69%
Montaje de gabinete de torre de enfriamiento	3,92	1	99,27%	1,33%
Programación de variador de velocidad de torre de enfriamiento	2,17	1	100,00%	0,73%
<b>Total</b>	<b>295,25</b>	<b>54</b>		

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

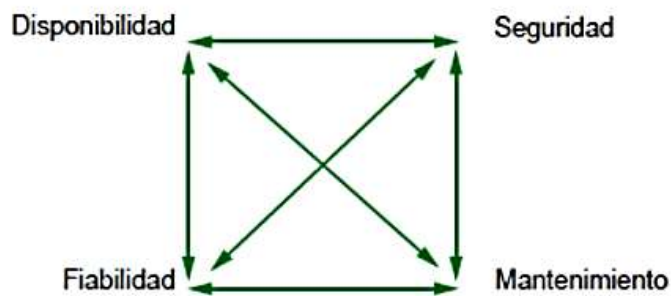
**Tabla 15. Causas de fallas Eléctricas / INYECTORA 164-2**

CAUSAS	t de para (h)	Número de Paras	% (h)Paras Acumuladas	% (h)Paras Individual
Reparación de resistencia de la punta de la boquilla	27,08	8	20,62%	20,62%
Arreglo de tarjeta de electroválvulas	9,25	3	27,66%	7,04%
Revisión de temporizadores de inyectora	8,42	3	34,07%	6,41%
Cambio de rodamientos motor de carga	8,17	2	40,29%	6,22%
Cambio de contactor de carga y temporizador	8,00	2	46,38%	6,09%
Revisión de resistencias de molde	7,92	2	52,41%	6,03%
Revisión de resistencias de cañón	7,92	2	58,44%	6,03%
Tiempo de cierre de molde, calibración	7,92	2	58,44%	6,03%
Instalación de motor de carga en inyectora, cambio de cable principal, cambio de switch de encendido.	7,17	2	63,90%	5,46%
Reparación de control de temperatura	6,42	2	68,78%	4,89%
Reemplazo de horómetro de pinzas/ reemplazo de relé térmico	6,33	2	73,60%	4,82%
Calibración temperatura de punta de cañón	5,58	2	77,86%	4,25%
Reparación de fallo en switch de control	5,33	2	81,92%	4,06%
Cambio de circuito de resistencias de cañón pruebas de funcionamiento	5,17	2	85,85%	3,93%
Cambio de termocupla	5,08	2	89,72%	3,87%
Reparación final de carrera del molde	5,08	1	93,59%	3,87%
Cambio de resistencias de 2da zonas	4,17	1	96,76%	3,17%
Limpieza de relé L por fallo de ciclo	2,25	1	98,48%	1,71%
Conexión y funcionamiento de depresor	2,00	1	100,00%	1,52%
<b>Total</b>	<b>131,33</b>	<b>40</b>		

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

En la tabulación de datos descritos en la **Tabla 14** y la **Tabla 15** se aprecia el listado de las causas que generan las fallas de tipo eléctricas para las inyectoras 151 y 164-2, se verifica que no existe un número de causas específicas o repetitivas que sean las responsables de un porcentaje significativo de las fallas eléctricas en las inyectoras en estudio, esto se debe a que, en todos los equipos productivos, específicamente maquinaria, para garantizar que su fiabilidad sea óptima se requieren de los siguientes componentes:



**Figura 18.** Componentes de garantía de funcionamiento  
**Fuente:** (SchneiderElectric, 2008)

Principalmente se atribuyen las fallas de los tres tipos al proceso actual de mantenimiento, para poder garantizar la confiabilidad de un equipo o sistema, tal como se aprecia en la **Figura 18**, es indispensable contar con un proceso de mantenimiento que no esté centrado en la reparación sino que se anticipe a los posibles fallos de cualquier índole, esto elevará los indicadores de disponibilidad de los equipos haciéndolos más confiables y seguros.

Adicional y haciendo referencia específicamente a tipos de fallos el SEAS indica que en un equipo las averías eléctricas más frecuentes son:

- Roturas de uniones eléctricas: resultado de golpes, vibraciones o cualquier otra causa ajena al equipo.
- Desgaste de contactos: en general se producen por el uso
- Por distensión de algún componente principalmente elementos electrónicos: esto es bastante común en elementos como resistencias, transistores, condensadores etc.

Estos fallos frecuentes tiene relación directa con los descritos anteriormente y sus causas, según el SEAS en su publicación Gestión del Mantenimiento I indica

que “por norma general los componentes de carácter eléctrico suelen presentar un tipo de fallo “**cataléctico**”, lo que hace que sea bastante complicado predecir la aparición del mismo.” (SEAS, 2012, pág. 123). Por lo que recomienda que el personal o departamento encargado del mantenimiento de una empresa profundice en localizar la fuente de estas averías, para una vez identificadas trabajar en eliminarlas o al menos reducir las.

### Causas de fallas Hidráulicas:

**Tabla 16.** Causas de fallas Hidráulicas / INYECTORA 151

CAUSAS	t de para (h)	Número de Paras	% (h)Paras Acumuladas	% (h)Paras Individual
Falla de presión de aceite cambio de filtros	36,80	8	30,65%	30,65%
Purgado de sistema hidráulico	18,17	3	45,79%	15,13%
Mangueras de sistema hidráulico rotas	16,58	3	59,60%	13,81%
Cambio de oring sistema hidráulico	13,25	2	70,64%	11,04%
Reparación fuga de agua bomba torre enfriamiento	12,17	2	80,77%	10,13%
Cambio de retenedor fuga aceite	10,58	2	89,59%	8,82%
Reparación de parte hidráulica cierre de molde	7,25	1	95,63%	6,04%
Cambio de manómetro	5,25	1	100,00%	4,37%
<b>Total</b>	<b>120,05</b>	<b>8</b>		

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

**Tabla 17.** Causas de fallas Hidráulicas / INYECTORA 162-4

CAUSAS	t de para (h)	Número de Paras	% (h)Paras Acumuladas	% (h)Paras Individual
cambio de filtros de aceite	4,42	3	24,31%	24,31%
Cambio de oring sistema hidráulico	7,25	2	64,22%	64,22%
Mangueras de sistema hidráulico rotas	6,5	1	100,00%	100,00%
<b>Total</b>	<b>18,17</b>	<b>6</b>		

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Las causas de los fallos tipo hidráulico descritos representan fallos típicos debido a desgaste por abrasión, es decir que existen impurezas en el fluido hidráulico que deteriora y disminuye la vida útil de los componentes del sistema. Esto evidencia la falta de mantenimiento preventivo, mediante el cual se puede anticipar las averías enumeradas

**Causas de fallas Mecánicas:**

**Tabla 18.***Causas de fallas Mecánicas / INYECTORA 151*

CAUSAS	t de para (h)	Número de Paras	% (h)Paras Acumuladas
Cambio de boquilla rota	11,47	3	100,00%
<b>Total</b>	<b>11,47</b>	<b>3</b>	

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

**Tabla 19.***Causas de fallas Mecánicas / INYECTORA 162-4*

CAUSAS	t de para (h)	Número de Paras	% (h)Paras Acumuladas
Cambio de banda de motor	6	2	100,00%
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Las causas de las fallas mecánicas descritas a pesar de ser mínimas representan claramente fallo por fatiga del material, fallos que pudieron ser evitados si se realizara un mantenimiento preventivo.

## COSTO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO:

En el costo del mantenimiento correctivo intervienen dos factores: Costo de Mano de obra por Mantenimiento y costo de repuestos:

### Costo Mano de Obra:

**Tabla 20.** *Costo Mano de Obra*

Inyectora/Fallo	Tiempo de Para (h)	Costo HH/Mtto (\$)	Costo Total (\$)
<b>151</b>	<b>426,72</b>	<b>3,50</b>	<b>1493,52</b>
Eléctrico	295,25	3,50	1033,38
Hidráulico	120,05	3,50	420,18
Mecánico	11,42	3,50	39,96
<b>164-2</b>	<b>155,50</b>	<b>3,50</b>	<b>544,25</b>
Eléctrico	131,33	3,50	459,67
Hidráulico	18,17	3,50	63,58
Mecánico	6,00	3,50	21,00
<b>Total general</b>	<b>582,22</b>	<b>3,50</b>	<b>2037,77</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

### Costos Repuestos:

**Tabla 21.** *Costos Repuestos*

Inyectora/Tipo de Fallo	Cantidad de Repuestos	Costo Unitario Repuesto (\$)	Costo Total Repuestos (\$)
<b>151</b>			
<b>Eléctrico</b>	<b>16</b>		<b>\$ 1922</b>
2 relés	1	50	50
Contactador Trifásico 5HP 220V	5	250	1250
regleta de bornera N 10	1	2	2
relé térmico	2	110	220
rodamiento 6202 y 6203	2	75	150
temporizador siemens	3	60	180
Termocupla	2	35	70
<b>Hidráulico</b>	<b>16</b>		<b>\$ 515</b>
filtro de aceite	8	22	176
juego de orings	2	25	50
manguera 120 psi	3	38	114

manómetro hidráulico	1	135	135
retenedor	2	20	40
<b>Mecánico</b>	<b>3</b>		<b>\$ 195</b>
boquilla	3	65	195
<b>164-2</b>			
<b>Eléctrico</b>	<b>9</b>		<b>\$ 760</b>
Contactador 2HP y Temporizador	2	175	350
horómetro	1	30	30
resistencia 500 kw	2	80	160
rodamiento 6202 y 6203	2	75	150
Termocupla	2	35	70
<b>Hidráulico</b>	<b>6</b>		<b>\$ 157</b>
filtro de aceite	2	22	44
juego de orings	3	25	75
manguera 120 psi	1	38	38
<b>Mecánico</b>	<b>2</b>		<b>\$ 100</b>
banda 30"	2	50	100
<b>Total general</b>	<b>52</b>	<b>250</b>	<b>\$ 3649</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

### Costo Total:

**Tabla 22.** *Costo Mantenimiento Correctivo*

<b>Costo Mano de Obra (\$)</b>	<b>Costo Repuestos (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>\$ 2037,76</b>	<b>\$ 3649</b>	<b>\$ 5686,77</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

## DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS INYECTORAS EN ESTUDIO

Una vez realizado el análisis del proceso de mantenimiento aplicado en la empresa, se procesan los datos facilitados de producción para calcular la productividad de las inyectoras en estudio y de esta manera, aplicando una herramienta estadística, definir si existe o no incidencia del proceso actual de mantenimiento sobre esta productividad.

En primer lugar, para esta etapa de la investigación, se define la Productividad Multifactorial a calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Productividad\ Multifactorial = \frac{Producción}{Recursos\ Utilizados}$$

En este caso se definirán los parámetros de acuerdo al caso en estudio como:

**Producción:** Unidades producidas en un tiempo determinado, es decir cantidad de artículos plásticos fabricados por cada inyectora en estudio y por turno.

**Recursos Utilizados:** Todos los recursos requeridos para cumplir con la producción de los artículos plásticos en estudio, los mismos que se detallan a continuación:

**Mano de obra producción:** correspondiente al costo de hora/hombre del operador de la inyectora. Este valor se calcula de la siguiente manera:

Salario mínimo Vital = \$386

Décimo Tercer Sueldo =  $\$386 / 12 = \$32,16$

Décimo cuarto sueldo =  $\$386 / 12 = \$32,16$

Aporte al IESS =  $\$386 * 11,15\% = \$43,04$

Fondos de Reserva =  $\$386 / 12 = \$32,16$

Total = \$549,66

Costo Hora/Hombre Producción =  $\$549,66 / 240h$

Costo Hora/Hombre Producción = \$2,30/h



Mano de obra Mantenimiento: correspondiente al costo de hora/hombre del personal de mantenimiento, quienes intervienen en el equipo cuando este sufre una avería. Este valor se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Salario Técnico} = \$600$$

$$\text{Décimo Tercer Sueldo} = \$600 / 12 = \$50$$

$$\text{Décimo cuarto sueldo} = \$386 / 12 = \$32,16$$

$$\text{Aporte al IESS} = \$600 * 11,15\% = \$66,90$$

$$\text{Fondos de Reserva} = \$600 / 12 = \$50$$

$$\text{Total} = \$836,57$$

$$\text{Costo Hora/Hombre Mantenimiento} = \$836,57 / 240h$$

$$\text{Costo Hora/Hombre Mantenimiento} = \$3,50/h$$

### **Consumo Energía Eléctrica:**

Para definir el consumo de energía eléctrica de cada inyectora se tomaron los datos de placa de las mismas, definiendo el consumo por inyectora en 22,7kW/h.

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad a través del pliego tarifario (**Anexo 3**) correspondiente para enero del 2018 define el costo del kW/h (kilovatio por hora) para el sector industrial en 9,4 centavos de dólar, a continuación se procede a calcular el costo por hora por inyectora:

$$\text{Costo consumo Energía Eléctrica} = 22,7\text{kW/h} * \$0,094 = \$2,134\text{kW/h}$$

### **Consumo agua para enfriamiento de Inyectoras:**

En el proceso de producción de las inyectoras es necesario utilizar agua, esta recircula por la máquina para enfriamiento de la misma, si bien es cierto el consumo es mínimo, al circular por el sistema de inyección existe un consumo que según el dato proporcionado por el personal de mantenimiento de la empresa es de 1litro de agua por cada turno de 8horas, a continuación se calcula el costo por consumo de agua y por inyectora:

El costo del metro cúbico para el sector industrial, según el Pliego Tarifario de la EPMAPS (**Anexo 4**) para el 2018 es de \$0,43, entonces:

$$\text{Costo por litro} = \$0,43/1000\text{litros} = \$0,00043/\text{litro}$$

Como el consumo es de 1 litro por cada turno de 8 horas:

$$\text{Costo consumo agua por hora} = (\$0,00043/\text{litro})/8 \text{ horas} = \$0,00005375\text{litro/hora}$$

### **Costo Materia Prima:**

La materia prima utilizada para la fabricación de los artículos plásticos en estudio es el PPV, el dato del costo es proporcionado por la empresa y este valor es de:

$$\text{Costo PPV} = \$1,90/ \text{kg}$$

### **Costo Tinte:**

En el proceso productivo de estos artículos plásticos utilizan tinte para dar varios colores a los mismos, el consumo del mismo es de 8gr de tinte por cada 1kg de PPV dato proporcionado por la empresa, dado que el costo promedio del tinte es de \$7,02, el costo de tinte por kg de PPV será:

$$\text{Costo Promedio Tinte} = \$0,05616/\text{kg de PPV}$$

### **Costo Resortes:**

Para el caso específico de fabricación de pinzas, es requerido un insumo adicional que es el resorte metálico, cuyo costo proporcionado por la empresa es de:

$$\text{Costo resorte pinzas} = \$0,0094/\text{unidad}$$

### **Costos Repuestos:**

La empresa toma los valores de repuestos como costos fijos de mantenimiento, es decir, que dichos valores se adicionan a ese rubro, por lo tanto para efecto de

cálculo de la productividad no se tomarán en cuenta los costos de repuestos, sin embargo serán descritos en los costos del mantenimiento actual.

### Depreciación de equipos:

El costo de depreciación de los equipos también es un factor que se debe tomar en cuenta para el cálculo de la productividad de las inyectoras, sin embargo dicho valor no se tomará en cuenta debido a la antigüedad de las mismas.

**Tabla 23.** *Costos Insumos*

Costo Hora/Hombre Producción (\$/h)	Costo EE (\$/h)	Costo Agua \$/h	PPV (\$/kg)	Resortes pinzas (\$/u)	Tinte (\$/kg MP)	Costo Hora/Hombre Mantenimiento(\$/h)
\$2,30	\$2,1338	\$0,000054	\$1,90	\$0,0094	\$0,0562	\$3,50

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

### Cálculo Productividad Inyectora 151 (Armadores Mangers):

$P$

$$= \frac{UP}{(HHP * 8h) + (HHM * hp) + (EE * ho) + (A * ho) + (MP * CMp) + (T * CMp)}$$

Donde:

$P$  = Productividad

$UP$  = Unidades Producidas

$HHP$  = Costo Hora Hombre Producción

$HHM$  = Costo Hora Hombre Mantenimiento

$hp$  = horas para

$EE$  = Costo Energía Eléctrica kW/h

$ho$  = horas operación

$A$  = Costo consumo agua/h

$MP$  = Costo materia prima/kg

$CMp$  = Consumo Materia prima en kg

$T$  = Costo Tinte/kg de materia prima

**Tabla 24. Cálculo Productividad Inyectora 151**

<b>TIEMPO DE PRODUCCIÓN (h)</b>	<b>CONSUMO MP (kg)</b>	<b>UNIDADES PRODUCIDAS</b>	<b>TIEMPO DE PARA (h)</b>	<b>PRODUCTIVIDAD (U/\$)</b>
6,17	102	2040	1,83	8,57
7,83	115	2280	3,30	8,39
5,83	90	1800	2,17	8,38
5,83	86	1710	2,17	8,29
5,58	78	1560	2,42	8,15
5,42	78	1560	2,58	8,14
5,83	72	1440	2,17	8,01
5,17	72	1440	2,83	7,99
4,50	72	1440	3,50	7,95
4,67	74	1440	3,33	7,81
5,08	72	1410	2,92	7,79
5,00	73	1390	3,00	7,63
4,42	60	1200	3,58	7,61
4,00	60	1200	4,00	7,58
3,83	60	1200	4,17	7,57
4,08	60	1200	3,92	7,55
3,75	60	1200	4,25	7,54
3,92	61	1200	4,08	7,53
3,75	60	1200	4,25	7,53
4,25	62	1200	3,75	7,46
4,75	67	1266	3,25	7,37
3,58	54	1080	4,42	7,34
4,00	54	1068	4,00	7,32
3,33	54	1080	4,67	7,31
3,50	51	1020	4,50	7,21
3,08	51	1020	4,92	7,16
3,00	48	960	5,00	7,05
3,17	48	960	4,83	7,04
3,00	48	960	5,00	7,04
3,25	49	960	4,75	7,01
3,00	49	960	5,00	6,99
2,83	42	840	5,17	6,74
2,67	42	840	5,33	6,72
2,92	46	880	5,08	6,70
2,42	36	720	5,58	6,33
2,42	35	696	5,58	6,26
2,50	34	660	5,50	6,07
2,75	41	720	5,25	5,90
3,50	31	600	4,50	5,88

2,17	30	600	5,83	5,88
2,00	30	600	6,00	5,86
2,00	30	600	6,00	5,85
1,92	30	600	6,08	5,81
2,17	31	600	5,83	5,79
2,00	31	600	6,00	5,77
2,33	32	600	5,67	5,71
1,75	29	570	6,25	5,67
1,83	24	480	6,17	5,26
1,50	24	480	6,50	5,26
1,50	24	480	6,50	5,26
1,67	24	470	6,33	5,22
1,67	22	440	6,33	5,01
1,42	21	420	6,58	4,91
1,00	21	420	7,00	4,88
1,50	24	420	6,50	4,63
1,33	19	360	6,67	4,39
1,42	20	360	6,58	4,31
1,83	15	300	6,17	4,06
1,00	15	300	7,00	4,03
1,25	16	300	6,75	4,00
0,92	15	300	7,08	4,00
1,17	16	300	6,83	3,98
1,25	12	240	6,75	3,52
1,00	12	240	7,00	3,50
0,92	12	240	7,08	3,49
0,75	12	240	7,25	3,49
0,83	12	240	7,17	3,48
0,67	12	240	7,33	3,48
1,00	12	240	7,00	3,47
0,83	12	240	7,17	3,46
0,75	13	240	7,25	3,44
0,83	13	240	7,17	3,41
0,75	9	180	7,25	2,86
0,75	6	120	7,25	2,10
0,58	6	120	7,42	2,09
0,58	6	120	7,42	2,09
0,33	6	120	7,67	2,08
0,17	6	120	7,83	2,07
0,50	6	110	7,50	1,95

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** El investigador

**Cálculo Productividad Inyectora 164-2 (Pinzas Preferita):**

$P$

$$= \frac{UP}{(HHP * 8h) + (HHM * hp) + (EE * ho) + (A * ho) + (MP * CMp) + (T * CMp) + (R * UP)}$$

Donde:

$P$  = Productividad

$UP$  = Unidades Producidas

$HHP$  = Costo Hora Hombre Producción

$HHM$  = Costo Hora Hombre Mantenimiento

$hp$  = horas para

$EE$  = Costo Energía Eléctrica kW/h

$ho$  = horas operación

$A$  = Costo consumo agua/h

$MP$  = Costo materia prima/kg

$CMp$  = Consumo Materia prima en kg

$T$  = Costo Tinte/kg de materia prima

$R$  = Costo resorte/unidad

**Tabla 25. Cálculo Productividad Inyectora 164-2**

<b>TIEMPO DE PRODUCCIÓN (h)</b>	<b>CONSUMO MP (kg)</b>	<b>PRODUCTO BUENO</b>	<b>TIEMPO DE PARA (h)</b>	<b>PRODUCTIVIDAD (u/\$)</b>
6,83	230	57478	1,17	55,94
6,50	210	52336	1,50	55,72
6,00	200	50000	2,00	55,55
6,00	193	48328	2,00	55,49
5,75	193	48151	2,25	55,45
5,75	190	47377	2,25	55,43
5,83	186	46400	2,17	55,39
6,00	186	46471	2,00	55,38
5,08	190	47557	2,92	55,38
5,50	188	46887	2,50	55,37
5,83	183	45825	2,17	55,36
5,92	186	46330	2,08	55,36
5,83	178	44541	2,17	55,27
5,75	181	45215	2,25	55,26
5,42	173	43287	2,58	55,17

6,00	172	42803	2,00	55,14
5,25	172	42892	2,75	55,12
5,33	171	42698	2,67	55,12
5,75	171	42546	2,25	55,11
6,08	165	41132	1,92	55,09
5,33	164	41016	2,67	55,00
6,00	161	40089	2,00	54,96
4,92	164	40884	3,08	54,92
4,92	157	39102	3,08	54,79
4,92	153	38209	3,08	54,75
4,92	154	38551	3,08	54,75
4,58	150	37526	3,42	54,64
5,75	143	35724	2,25	54,63
5,67	146	36378	2,33	54,63
4,83	146	36487	3,17	54,56
5,00	144	35885	3,00	54,54
5,00	137	34173	3,00	54,38
4,17	137	34308	3,83	54,31
5,92	129	32122	2,08	54,29
5,50	124	30867	2,50	54,08
5,50	116	28917	2,50	53,77
6,00	101	25240	2,00	53,34
5,25	91	22681	2,75	52,71
2,33	85	21213	5,67	51,91
2,33	74	18432	5,67	51,00
2,58	65	16341	5,42	50,38
2,25	58	14547	5,75	49,50
1,92	59	14653	6,08	49,41
1,50	53	13298	6,50	48,58
1,67	47	11685	6,33	47,59
1,00	35	8687	7,00	44,61
1,50	34	8502	6,50	44,56
0,83	26	6428	7,17	41,12

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

## **VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS:**

Finalmente, una vez tabulados todos los datos proporcionados por la empresa Mecanoplast Don Bosco, se obtuvieron los resultados del análisis de proceso de mantenimiento y productividad de las inyectoras en estudio, con cuyos datos se procede a la verificación de la Hipótesis planteada.

## **CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON**

Para este efecto se procede a aplicar el método del Coeficiente de Correlación de Pearson, el cual es una herramienta que determina si existe una correlación entre estas dos variables que se denominarán como X variable independiente, para este caso las para por mantenimiento medidas en horas y la variable dependiente Y la productividad. Para esto se ingresan los datos de las variables en la siguiente matriz:



**Tabla 26.** *Cálculo de Correlación Método de Pearson Inyectora 151*

MES	X Paras por Mantenimiento (h)	Y Productividad (u/\$)	X <sup>2</sup>	XY	Yc	(Y-Yc) <sup>2</sup>	(Y-Ym) <sup>2</sup>
JUNIO	5,167	6,737	26,694	34,807	5,984	0,567	1,020
JUNIO	7,000	4,034	49,000	28,235	3,979	0,003	2,867
JUNIO	4,000	7,316	16,000	29,264	7,259	0,003	2,525
JUNIO	5,583	6,261	31,174	34,955	5,528	0,537	0,285
JUNIO	6,333	5,217	40,111	33,040	4,708	0,259	0,260
JUNIO	6,167	5,261	38,028	32,444	4,890	0,137	0,217
JUNIO	7,417	2,093	55,007	15,521	3,524	2,049	13,206
JUNIO	2,417	8,152	5,840	19,702	8,990	0,701	5,884
JUNIO	3,500	7,952	12,250	27,831	7,805	0,021	4,950
JUNIO	6,167	4,064	38,028	25,059	4,890	0,683	2,766
JUNIO	7,417	2,093	55,007	15,521	3,524	2,049	13,206
JUNIO	6,500	4,630	42,250	30,095	4,526	0,011	1,203
JUNIO	5,667	5,713	32,111	32,373	5,437	0,076	0,000
JUNIO	6,500	5,257	42,250	34,174	4,526	0,535	0,220
JUNIO	3,917	7,548	15,340	29,565	7,350	0,039	3,318
JUNIO	7,083	3,487	50,174	24,703	3,888	0,161	5,015
JUNIO	2,167	8,006	4,694	17,347	9,263	1,579	5,195
JUNIO	4,833	7,040	23,361	34,027	6,348	0,479	1,725
JUNIO	7,167	3,482	51,361	24,952	3,797	0,100	5,040
JUNIO	6,333	5,015	40,111	31,759	4,708	0,094	0,507
JUNIO	3,300	8,394	10,890	27,700	8,024	0,137	7,114
JUNIO	7,167	3,462	51,361	24,812	3,797	0,112	5,129
JUNIO	4,500	5,879	20,250	26,454	6,712	0,695	0,023
JUNIO	5,833	5,875	34,028	34,272	5,255	0,385	0,022
JUNIO	5,000	7,038	25,000	35,192	6,166	0,762	1,720
JUNIO	2,917	7,795	8,507	22,735	8,443	0,420	4,277

<b>JUNIO</b>	6,583	4,910	43,340	32,323	4,435	0,225	0,668
<b>JUNIO</b>	2,583	8,143	6,674	21,036	8,807	0,442	5,837
<b>JUNIO</b>	3,333	7,810	11,111	26,032	7,988	0,032	4,338
<b>JUNIO</b>	6,667	4,393	44,444	29,289	4,344	0,002	1,778
<b>JUNIO</b>	6,750	3,521	45,563	23,765	4,253	0,536	4,867
<b>JULIO</b>	7,167	3,414	51,361	24,466	3,797	0,147	5,350
<b>JULIO</b>	5,500	6,071	30,250	33,391	5,619	0,204	0,119
<b>JULIO</b>	6,833	3,983	46,694	27,216	4,162	0,032	3,041
<b>JULIO</b>	6,000	5,862	36,000	35,173	5,073	0,623	0,018
<b>JULIO</b>	6,083	5,811	37,007	35,351	4,981	0,688	0,007
<b>JULIO</b>	4,083	7,528	16,674	30,741	7,168	0,130	3,246
<b>JULIO</b>	6,000	5,774	36,000	34,643	5,073	0,492	0,002
<b>JULIO</b>	2,167	8,290	4,694	17,962	9,263	0,946	6,571
<b>JULIO</b>	7,000	3,503	49,000	24,523	3,979	0,227	4,944
<b>JULIO</b>	4,250	7,527	18,063	31,989	6,986	0,293	3,240
<b>JULIO</b>	4,250	7,536	18,063	32,028	6,986	0,303	3,273
<b>JULIO</b>	6,000	5,851	36,000	35,105	5,073	0,606	0,015
<b>JULIO</b>	6,583	4,307	43,340	28,353	4,435	0,016	2,016
<b>JULIO</b>	4,167	7,569	17,361	31,539	7,077	0,243	3,395
<b>JULIO</b>	4,750	7,006	22,563	33,278	6,439	0,321	1,636
<b>JULIO</b>	6,750	3,999	45,563	26,995	4,253	0,064	2,984
<b>JULIO</b>	5,000	6,988	25,000	34,942	6,166	0,677	1,591
<b>JULIO</b>	7,000	3,473	49,000	24,314	3,979	0,256	5,078
<b>JULIO</b>	5,833	5,786	34,028	33,755	5,255	0,283	0,004
<b>JULIO</b>	5,250	5,899	27,563	30,968	5,892	0,000	0,029
<b>AGOSTO</b>	7,333	3,480	53,778	25,521	3,615	0,018	5,048
<b>AGOSTO</b>	3,250	7,371	10,563	23,955	8,079	0,501	2,703
<b>AGOSTO</b>	7,250	2,101	52,563	15,233	3,706	2,576	13,146
<b>AGOSTO</b>	4,417	7,340	19,507	32,419	6,803	0,288	2,603

<b>AGOSTO</b>	2,833	7,992	8,028	22,643	8,534	0,294	5,130
<b>AGOSTO</b>	4,667	7,313	21,778	34,129	6,530	0,614	2,517
<b>AGOSTO</b>	7,833	2,065	61,361	16,178	3,069	1,007	13,407
<b>AGOSTO</b>	4,000	7,580	16,000	30,321	7,259	0,103	3,435
<b>AGOSTO</b>	4,917	7,156	24,174	35,183	6,257	0,809	2,042
<b>AGOSTO</b>	2,167	8,377	4,694	18,150	9,263	0,785	7,023
<b>AGOSTO</b>	5,333	6,725	28,444	35,864	5,801	0,852	0,995
<b>AGOSTO</b>	4,500	7,214	20,250	32,465	6,712	0,252	2,213
<b>AGOSTO</b>	5,083	6,696	25,840	34,038	6,075	0,386	0,939
<b>AGOSTO</b>	7,250	3,437	52,563	24,919	3,706	0,072	5,243
<b>AGOSTO</b>	1,833	8,568	3,361	15,708	9,627	1,121	8,073
<b>AGOSTO</b>	6,500	5,257	42,250	34,174	4,526	0,535	0,220
<b>AGOSTO</b>	3,750	7,458	14,063	27,968	7,532	0,005	2,997
<b>AGOSTO</b>	5,000	7,049	25,000	35,243	6,166	0,780	1,747
<b>AGOSTO</b>	5,583	6,332	31,174	35,351	5,528	0,646	0,366
<b>AGOSTO</b>	7,250	2,858	52,563	20,721	3,706	0,719	8,230
<b>AGOSTO</b>	3,583	7,608	12,840	27,261	7,714	0,011	3,538
<b>AGOSTO</b>	7,000	4,877	49,000	34,141	3,979	0,806	0,722
<b>AGOSTO</b>	7,500	1,948	56,250	14,608	3,433	2,206	14,282
<b>AGOSTO</b>	3,000	7,630	9,000	22,890	8,352	0,521	3,622
<b>AGOSTO</b>	6,250	5,669	39,063	35,433	4,799	0,757	0,003
<b>AGOSTO</b>	7,250	3,486	52,563	25,273	3,706	0,049	5,022
<b>AGOSTO</b>	7,667	2,080	58,778	15,950	3,251	1,370	13,297
<b>AGOSTO</b>	7,083	3,996	50,174	28,304	3,888	0,012	2,996
<b>Totales</b>	<b>426,72</b>	<b>452,42</b>	<b>2509,80</b>	<b>2219,76</b>		<b>38,48</b>	<b>283,30</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>Xm = 5,40</b>	<b>Ym = 5,73</b>					

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** El investigador

### Correlación:

Este cálculo está basado en la ecuación de la recta:

$$Y = ax + b$$

Donde  $Y_c$  será el ajuste de la recta:

Establecido por el método de los mínimos cuadrados, es decir que la suma de las distancias al cuadrado debe ser el valor mínimo, para lo cual se requiere calcular los valores de  $a$  y  $b$ , aplicando las siguientes fórmulas:

$$a = \frac{\Sigma xy - \left(\frac{\Sigma x * \Sigma y}{n}\right)}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}}$$

$$b = y_m - ax_m$$

Donde:

$n$  = número de datos

$Y_m$  = promedio de  $y$

$X_m$  = promedio de  $x$

Entonces:

$$a = \frac{2219,76 - \left(\frac{426,72 * 452,42}{79}\right)}{2509,8 - \frac{(426,72)^2}{79}}$$

$$a = -1,093$$

$$b = 5,73 - (-1,093)(5,4)$$

$$b = 11,63$$

Reemplazando los valores de  $a$  y  $b$  en la ecuación de la recta:

$$Y_c = ax + b$$

$$Y_c = -1,093x + 11,63$$

Aplicando la fórmula para calcular el coeficiente de Pearson para la Inyectora 151:

$$R = \pm \sqrt{1 - \frac{\Sigma(Y - Y_c)^2}{\Sigma(Y - Y_m)^2}}$$

$$R = \pm \sqrt{1 - \frac{38,48}{283,30}}$$

$$R = -0,929$$

Como se trata de una recta con pendiente negativa el valor del coeficiente de Pearson deberá ser negativo.

A continuación se procede a calcular los valores descrito para la primera fila de la **Tabla 26** y de tal manera demostrar cómo se obtuvieron dichos valores:

$$X^2 = 5,167^2$$

$$X^2 = 26,697$$

$$XY = 5,167 * 6,737$$

$$XY = 38,810$$

$$Y_c = ax + b = (-1,093 * 5,167) + 11,63$$

$$Y_c = 5,982$$

$$(Y - Y_c)^2 = (6,737 - 5,98)^2$$

$$(Y - Y_c)^2 = 0,564$$

$$(Y - Y_m)^2 = (6,737 - 5,730)^2$$

$$(Y - Y_m)^2 = 1,017$$

**Nota:** La diferencia mínima existente entre los valores calculados y los de la tabla se debe a que para el cálculo manual se utilizaron 3 decimales con aproximación, mientras que en el Excel utiliza todos los decimales.

**Tabla 27.** *Cálculo de Correlación Método de Pearson Inyectora 164-2*

MES	X Paras por Mantenimiento (h)	Y Productividad (U/\$)	X <sup>2</sup>	XY	Yc	(Y-Yc) <sup>2</sup>	(Y-Ym) <sup>2</sup>
JUNIO	7,000	44,608	49,000	312,253	46,510	3,619	77,907
JUNIO	2,250	55,264	5,063	124,344	55,256	0,0001	3,349
JUNIO	3,083	54,747	9,507	168,802	53,722	1,050	1,723
JUNIO	2,000	54,965	4,000	109,930	55,717	0,565	2,344
JUNIO	1,500	55,718	2,250	83,576	56,637	0,846	5,214
JUNIO	2,083	55,355	4,340	115,323	55,563	0,043	3,690
JUNIO	2,083	54,286	4,340	113,096	55,563	1,631	0,726
JUNIO	2,250	55,452	5,063	124,766	55,256	0,038	4,070
JUNIO	2,500	55,374	6,250	138,435	54,796	0,334	3,763
JUNIO	2,917	55,377	8,507	161,516	54,029	1,818	3,775
JUNIO	2,167	55,268	4,694	119,746	55,410	0,020	3,362
JUNIO	3,000	54,541	9,000	163,624	53,875	0,444	1,226
JUNIO	3,000	54,379	9,000	163,137	53,875	0,254	0,893
JUNIO	2,333	54,627	5,444	127,462	55,103	0,227	1,422
JUNIO	2,167	55,388	4,694	120,007	55,410	0,000	3,816
JULIO	2,250	55,110	5,063	123,998	55,256	0,021	2,809
JULIO	5,667	50,998	32,111	288,990	48,965	4,134	5,934
JULIO	2,000	55,554	4,000	111,107	55,717	0,027	4,493
JULIO	3,083	54,794	9,507	168,947	53,722	1,149	1,848
JULIO	2,000	55,493	4,000	110,986	55,717	0,050	4,239
JULIO	7,167	41,115	51,361	294,658	46,203	25,887	151,757
JULIO	6,500	44,561	42,250	289,646	47,431	8,235	78,732
JULIO	3,167	54,563	10,028	172,784	53,568	0,990	1,275
JULIO	2,000	55,142	4,000	110,285	55,717	0,330	2,918

<b>JULIO</b>	2,000	55,383	4,000	110,766	55,717	0,111	3,797
<b>JULIO</b>	2,167	55,361	4,694	119,949	55,410	0,002	3,713
<b>JULIO</b>	6,333	47,595	40,111	301,433	47,738	0,020	34,098
<b>JULIO</b>	3,083	54,921	9,507	169,340	53,722	1,439	2,212
<b>JULIO</b>	2,500	54,084	6,250	135,210	54,796	0,507	0,422
<b>JULIO</b>	2,250	55,434	5,063	124,726	55,256	0,032	3,999
<b>JULIO</b>	1,917	55,087	3,674	105,583	55,870	0,613	2,732
<b>JULIO</b>	2,000	53,339	4,000	106,677	55,717	5,655	0,009
<b>JULIO</b>	3,833	54,307	14,694	208,176	52,341	3,865	0,762
<b>AGOSTO</b>	3,083	54,748	9,507	168,807	53,722	1,053	1,727
<b>AGOSTO</b>	2,750	52,705	7,563	144,939	54,336	2,658	0,531
<b>AGOSTO</b>	5,417	50,383	29,340	272,905	49,425	0,916	9,312
<b>AGOSTO</b>	2,250	54,634	5,063	122,927	55,256	0,387	1,440
<b>AGOSTO</b>	2,667	55,121	7,111	146,989	54,489	0,399	2,845
<b>AGOSTO</b>	6,500	48,583	42,250	315,790	47,431	1,328	23,533
<b>AGOSTO</b>	2,583	55,169	6,674	142,520	54,642	0,277	3,010
<b>AGOSTO</b>	2,667	55,004	7,111	146,677	54,489	0,265	2,464
<b>AGOSTO</b>	2,500	53,774	6,250	134,436	54,796	1,043	0,116
<b>AGOSTO</b>	5,667	51,913	32,111	294,176	48,965	8,693	2,312
<b>AGOSTO</b>	2,750	55,125	7,563	151,593	54,336	0,623	2,858
<b>AGOSTO</b>	3,417	54,643	11,674	186,696	53,108	2,355	1,461
<b>AGOSTO</b>	1,167	55,941	1,361	65,265	57,251	1,715	6,286
<b>AGOSTO</b>	6,083	49,409	37,007	300,571	48,198	1,467	16,201
<b>AGOSTO</b>	5,750	49,498	33,063	284,611	48,812	0,471	15,496
<b>Totales</b>	<b>155,50</b>	<b>2564,836</b>	<b>629,11</b>	<b>8078,181</b>		<b>87,61</b>	<b>512,62</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>Xm = 3,24</b>	<b>Ym = 53,434</b>					

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

**Correlación:**

Este cálculo está basado en la ecuación de la recta:

$$Y = ax + b$$

Donde Yc será el ajuste de la recta:

Establecido por el método de los mínimos cuadrados, es decir que la suma de las distancias al cuadrado debe ser el valor mínimo, para lo cual se requiere calcular los valores de a y b, aplicando las siguientes fórmulas:

$$a = \frac{\Sigma xy - \left(\frac{\Sigma x * \Sigma y}{n}\right)}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}}$$

$$b = ym - axm$$

Donde:

n = número de datos

Ym = promedio de y

Xm = promedio de x

Entonces:

$$a = \frac{8078,18 - \left(\frac{155,5 * 2564,83}{48}\right)}{629,11 - \frac{(155,5)^2}{48}}$$

$$a = -1,84$$

$$b = 53,43 - (-1,84)(3,24)$$

$$b = 59,39$$

Reemplazando los valores de a y b en la ecuación de la recta:

$$Yc = ax + b$$

$$Yc = -1,84x + 59,39$$



Aplicando la fórmula para calcular el coeficiente de Pearson para la inyectora 164-2:

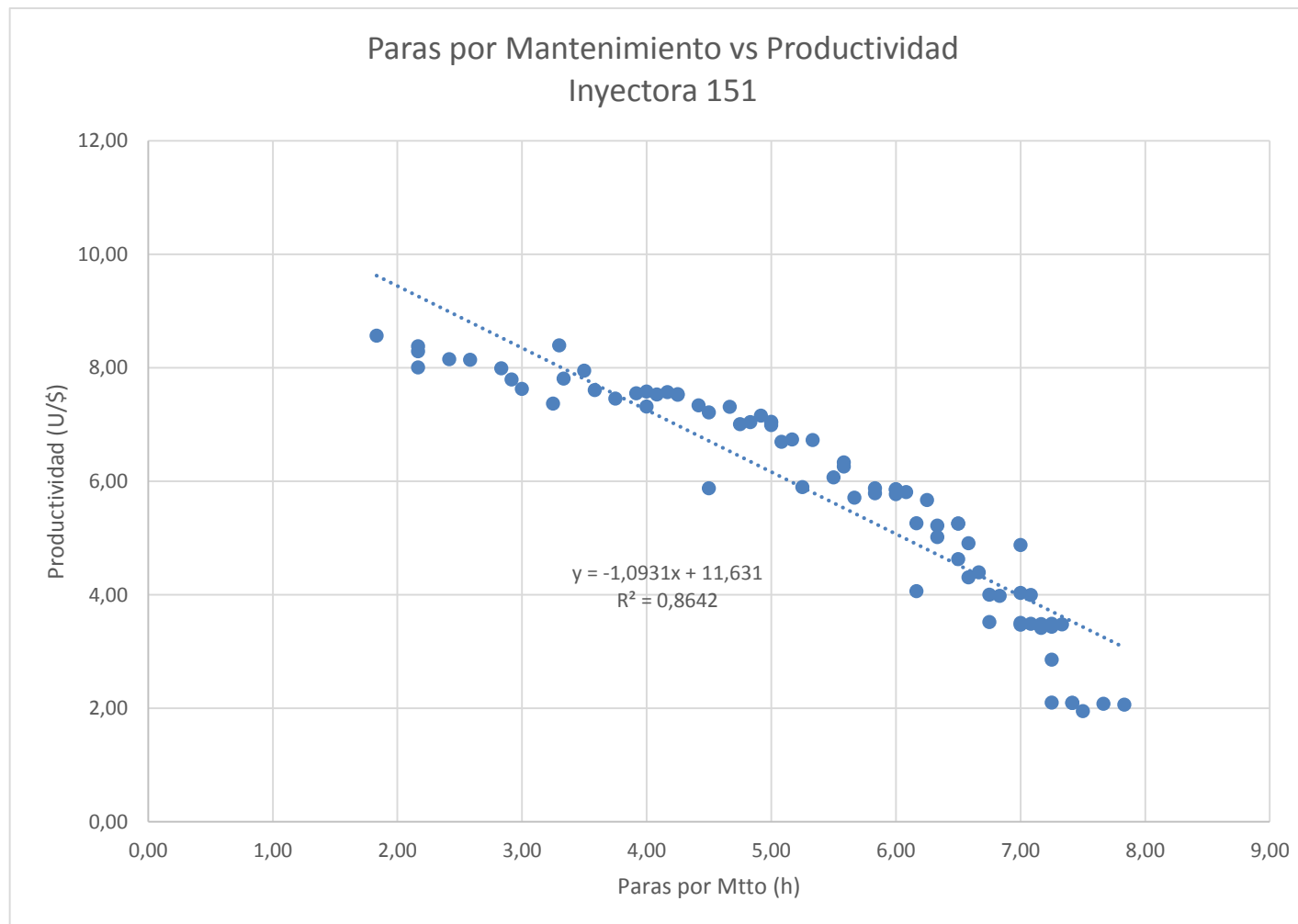
$$R = \pm \sqrt{1 - \frac{\Sigma(Y - Y_c)^2}{\Sigma(Y - Y_m)^2}}$$

$$R = \pm \sqrt{1 - \frac{87,61}{512,62}}$$

$$R = -0,91$$

Como se trata de una recta con pendiente negativa el valor del coeficiente de Pearson deberá ser negativo.

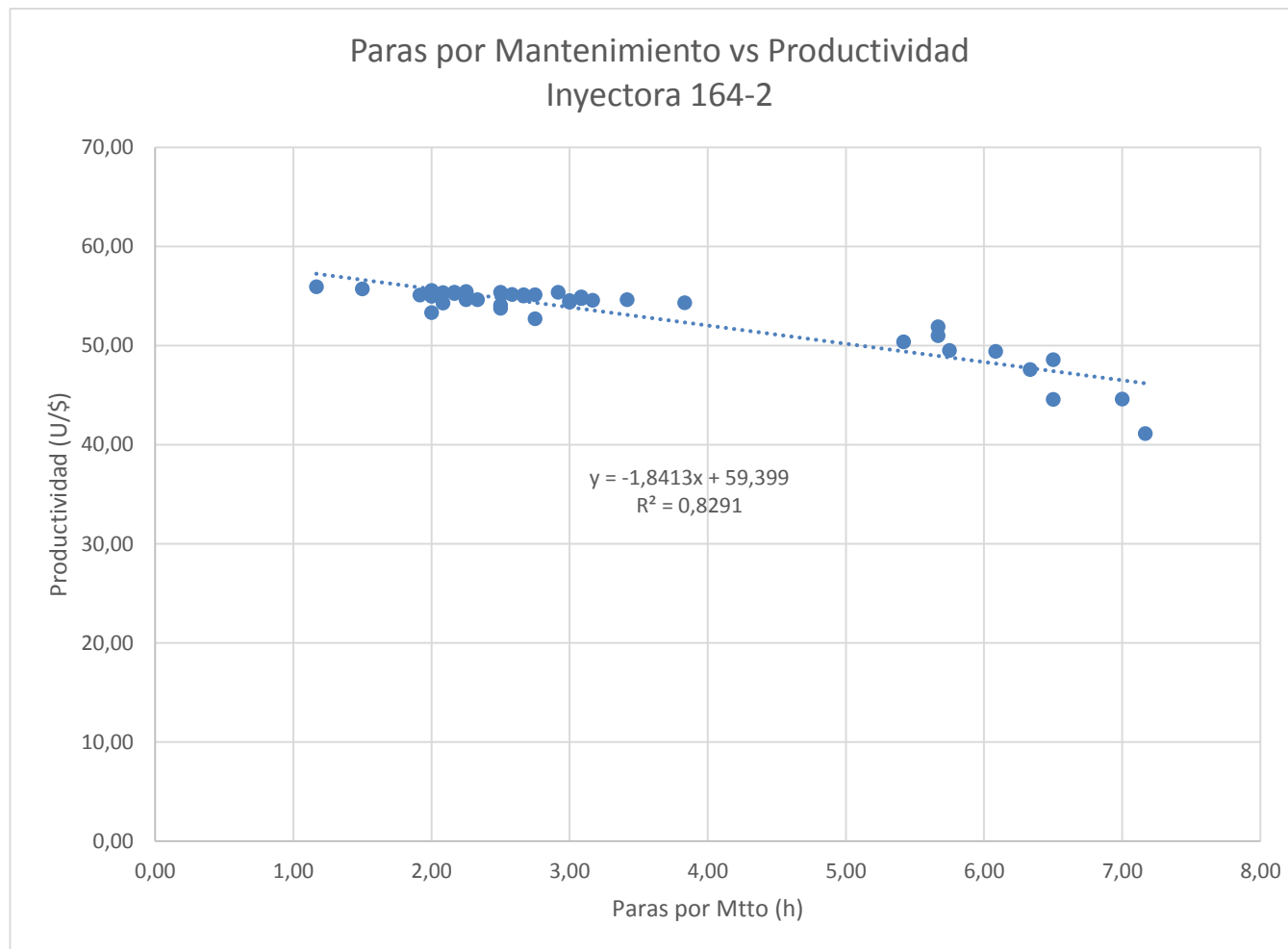
Para tener una mejor idea de la correlación calculada, se ingresan los datos de las variables dependiente e independiente de las inyectoras en estudio en una tabla de Excel para generar un gráfico de dispersión obteniendo los siguientes resultados:



**Figura 19.** Paras por Mantenimiento vs Productividad Inyectora 151

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador



**Figura 20.** Paras por Mantenimiento vs Productividad Inyectora 164-2  
**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** EL Investigador

Al aplicar el método de los coeficientes de correlación de Pearson los resultados son: para la inyectora 151 un coeficiente de 0.929, es decir el 92,9% de correspondencia entre la variable dependiente e independiente, mientras que para la inyectora 164-2 se obtiene un coeficiente del 0.91, es decir, el 91% de correspondencia entre las variables en estudio. Esto significa que **la hipótesis planteada es afirmativa, si existe una incidencia del proceso de mantenimiento actual en la productividad de las inyectoras.**

### Promedios de Productividad por Inyectora

**Tabla 28.** *Promedios de Productividad por Inyectora*

Inyectoras/ Causas de Paras	Promedio Productividad (U/\$)	Porcentaje de Productividad (%)
<b>Armador Mangers</b>		
<b>151</b>	<b>6,89</b>	<b>78,32%</b>
Calibración Inyectora	8,07	91,74%
Energía	7,96	90,55%
Logística	7,90	89,79%
<b>Mantenimiento Correctivo</b>	<b>5,73</b>	<b>65,13%</b>
Material Contaminado	7,33	83,36%
<b>Promedio sin paras</b>	<b>8,79</b>	<b>100%</b>
<b>Pinza Preferita</b>		
<b>164-2</b>	<b>54,81</b>	<b>97,72%</b>
Calibración Inyectora	55,84	99,56%
Logística	55,75	99,39%
<b>Mantenimiento Correctivo</b>	<b>53,43</b>	<b>95,26%</b>
Material Contaminado	55,28	98,54%
<b>Promedio sin paras</b>	<b>56,09</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES:

- El mantenimiento correctivo es el único proceso existente el mismo que ocasiona que existan paras no planificadas en las inyectoras ocasionando una afectación importante en la productividad, estas para son básicamente por 3 tipos de fallas: eléctricas, hidráulicas y mecánicas, de las cuales las fallas eléctricas ocupan un porcentaje superior al 80%. Adicional a esto, se determinó que existen causas ajenas al proceso de mantenimiento que también generan paras no planificadas en las máquinas.
- La productividad es afectada negativamente por los tiempos de para no programados debido al proceso actual de mantenimiento, en la **Tabla 28** se muestran los porcentajes de productividad promedio en donde las inyectoras 151 y 164-2 presentan un 34,87% y 4,74% menos de productividad respecto a la productividad promedio de los turnos sin paras debido a mantenimiento correctivo.
- Para reducir los porcentajes de afectación a la productividad debido a paras no programadas es necesario aplicar un nuevo proceso de mantenimiento que minimice la afectación a la productividad, un proceso que se aplique mediante planificación para que las paras por mantenimiento no afecten a los tiempos de producción.

## **RECOMENDACIONES:**

- Reducir el mantenimiento correctivo para reemplazarlo por otro proceso que aporte a la producción y no al contrario como está sucediendo con el proceso de mantenimiento actual.
- Medir permanentemente los niveles de productividad de las inyectoras ya que este indicador es nulo, al tener indicadores diarios de productividad la empresa podrá tomar acciones sobre las causas que ocasionan niveles bajos.
- Se recomienda aplicar un plan de mantenimiento preventivo de acuerdo a los requerimientos de las inyectoras, este plan estará sustentado en metodologías comprobadas y que garanticen la eficiencia del mismo.

## **CAPÍTULO V**

### **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INYECTORAS DE PLÁSTICOS DE LA EMPRESA MECANOPLAST DON BOSCO”**

#### **DATOS DE LA PROPUESTA:**

Luego de un exhaustivo análisis de las principales causas que ocasionan paras en las inyectoras de la empresa Mecanoplast Don Bosco, en el capítulo IV de este trabajo investigativo se llegó a la conclusión que el principal causante de paras de producción de la inyectoras en estudio es precisamente el proceso de mantenimiento actual, el mismo que consiste en reparación de las fallas cuando ocurren, por lo que es prioritario reducir el porcentaje de paras debidas a esta causa para lo cual se propone implementar un plan de mantenimiento preventivo.

#### **BENEFICIARIOS:**

Con la implementación de la propuesta, el principal beneficiario será la empresa, ya que, mediante este plan de mantenimiento preventivo se pretende minimizar al máximo el actual proceso de mantenimiento dando como resultado la prevención de fallos los cuales reducirán las horas para por reparación mejorando los niveles de productividad de la empresa.

## **OBJETIVO GENERAL:**

Elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo para las inyectoras de la empresa Mecanoplast Don Bosco, que permita la reducción de los mantenimientos correctivos no programados.

### **Objetivos Específicos:**

- Elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo que sea aplicable al tipo y tiempos de producción de las inyectoras de la empresa Mecanoplast Don Bosco.
- Proyectar los niveles de Productividad que se obtendrán al aplicar el Plan de Mantenimiento Preventivo recomendado.
- Determinar factibilidad económica, actividades y tiempos de implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo recomendado.

## **JUSTIFICACIÓN:**

Con todos los datos obtenidos en el capítulo IV de este trabajo de investigación se justifica la necesidad de disminuir el proceso de Mantenimiento Correctivo que actualmente se aplica en la empresa, con un porcentaje superior al 50% de responsabilidad en las paradas de las inyectoras, por lo tanto se vuelve prioritario que este proceso sea reemplazado en lo máximo posible por un Mantenimiento Preventivo. En la actualidad la aplicación de Ingeniería de Mantenimiento a nivel mundial se ha vuelto vital para la subsistencia de las empresas, la misma que recomienda evolucionar en cuanto a procesos de mantenimiento se refiere, e incita a eliminar el Mantenimiento Correctivo como tal.

## **FACTIBILIDAD:**

Para definir la factibilidad de la nueva política de mantenimiento recomendada, es de vital importancia el análisis de los factores técnicos y económicos, el SEAS recomienda que:



Para establecimiento de los mismos se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- Optimización del costo
- Prevención de Fallos
- Consecución de los objetivos
- Formación como prevención

Como se observa, uno de los principales puntos a tener en cuenta es el control del costos del departamento, ya que se quiere tender a la optimización de los mismos se suele tender a la reducción. Este aspecto será más sencillo aplicando una política de preventivo, ya que el fallo no aparecido suele resultar el más económico.

Si la reducción de los fallos lleva a una optimización del costo, llegamos al cumplimiento de los objetivos del departamento, en los cuales se debe contemplar la formación para el personal, como política preventiva. (SEAS E. S., 2012, pág. 214)

### **Técnica:**

La propuesta se centra en recomendar un nuevo proceso de mantenimiento el cual se basa en la política de prevención, por lo que desde el punto de vista técnico los requerimientos para hacer factible esta propuesta son tener los conocimientos técnicos necesarios que enfoquen el nuevo proceso en la prevención, para tal efecto el investigador se apoyará en investigaciones previas y en bibliografía en cuanto a Gestión de Mantenimiento se refiere. Por otra parte será necesario que, como recomienda el SEAS, el personal técnico encargado del mantenimiento reciba una capacitación sobre políticas de mantenimiento preventivo así como capacitación específica sobre mantenimiento de inyectoras.

### **Económica:**

Los recursos económicos necesarios para esta propuesta consisten básicamente en el estudio de la política de mantenimiento preventivo por parte del investigador,

mientras que por parte de la empresa, una vez aceptada la propuesta, se requerirá capacitación para su personal, lo cual como se demostrará en el estudio financiero más adelante, es una inversión que con los resultados que se esperan en niveles de productividad de las máquinas, dicha inversión será retornada a la empresa en un tiempo mínimo.

### **METODOLOGÍA:**

Se utilizará como herramienta de apoyo el Diagrama de Gantt, la cual es una herramienta que permite realizar un cronograma de actividades de un proyecto con tiempos especificados de acuerdo a cada una. De esta manera se desarrollarán en conjunto tanto de actividades a realizar como su duración en el tiempo, identificando la ruta crítica del proyecto para concluir de manera rápida y definiendo el tiempo máximo de culminación. Todas las actividades propuestas estarán basadas en las recomendaciones para el mantenimiento por parte del fabricante de las Inyectoras.

### **Programación:**

Para realizar el programa de actividades a seguir en la elaboración del plan de mantenimiento propuesto, se utilizará el software Project de Microsoft. Luego de una exhaustiva investigación se definirán las actividades a seguir cronológicamente para cumplir con el objetivo planteado en este capítulo.

### **Actividades:**

A continuación se enumera el listado de actividades definidas y sus tiempos de ejecución para este proyecto:

**Tabla 29.** *Detalle de Actividades*

<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
<b>Elaboración de un Plan de Mantenimiento</b>	26 días	mié 24/01/18	mar 27/02/18
<b>FASE 1: Investigación Bibliográfica</b>	4 días	mié 24/01/18	dom 28/01/18
1.1 Clasificación del Mantenimiento	2 días	mié 24/01/18	jue 25/01/18
1.2 Introducción a la Gestión del Mantenimiento	2 días	vie 26/01/18	dom 28/01/18
<b>FASE2: Elección del tipo de Mantenimiento</b>	4 días	lun 29/01/18	jue 01/02/18
2.1 Elección entre Correctivo y Preventivo	2 días	lun 29/01/18	mar 30/01/18
2.2 Elección del Tipo Preventivo	2 días	mié 31/01/18	jue 01/02/18
<b>FASE 3: Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo</b>	8 días	vie 02/02/18	mar 13/02/18
3.1 Recopilación de Datos técnicos Inyectoras	4 días	vie 02/02/18	mié 07/02/18
3.2 Definir Actividades para el Mantenimiento Preventivo	4 días	jue 08/02/18	mar 13/02/18
3.3 Definir tiempos para las actividades de Mantenimiento Preventivo	4 días	jue 08/02/18	mar 13/02/18
<b>FASE 4: Recomendar Capacitaciones para personal de Mantenimiento</b>	5 días	mié 14/02/18	mar 20/02/18
4.1 Definir capacitaciones requeridas	1 día	mié 14/02/18	mié 14/02/18
4.2 Definir tiempos de Capacitación	1 día	jue 15/02/18	jue 15/02/18
4.3 Cotizar costos de Capacitaciones	3 días	vie 16/02/18	mar 20/02/18
<b>FASE 5: Impacto de la Propuesta</b>	5 días	mié 21/02/18	mar 27/02/18
5.1 Análisis Financiero	1 día	mié 21/02/18	mié 21/02/18
5.2 Resultados esperados	1 día	jue 22/02/18	jue 22/02/18
5.3 Análisis Comparativo	2 días	vie 23/02/18	lun 26/02/18
5.4 Conclusiones y Recomendaciones	1 día	mar 27/02/18	mar 27/02/18

**Fuente:** Investigación de Campo

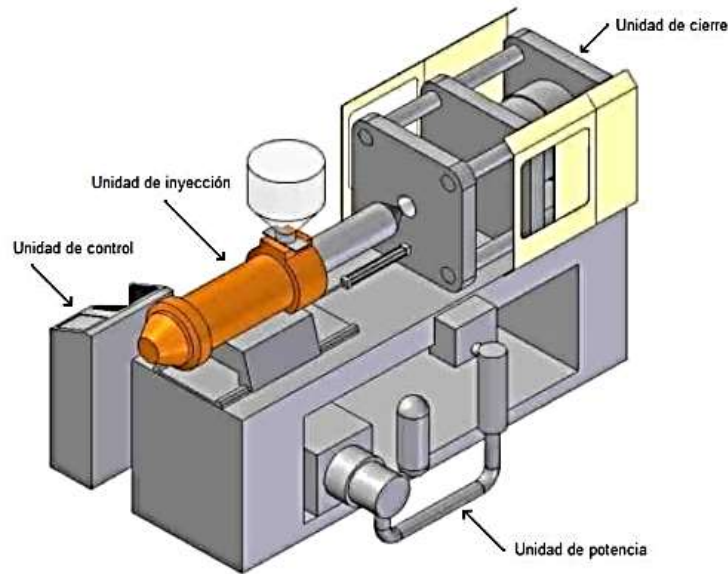
**Elaborado por:** EL Investigador

## **MÓDULO OPERATIVO**

Mediante el proceso investigativo realizado en este proyecto de titulación, a través de entrevistas a expertos, textos bibliográficos, analizando la evolución del mantenimiento y como en la actualidad se gestiona el mismo, se llegó a la conclusión de que el último de los procesos de mantenimiento que se deben aplicar a equipos, activos o sistemas productivos es el correctivo. Por definición el mantenimiento está encargado de “mantener” o reestablecer un equipo o sistema a un estado de funcionamiento, no únicamente se dedica a reestablecer. Por lo tanto el proceso de mantenimiento correctivo resulta deficiente para cualquier empresa que genere bienes. Por lo tanto a continuación se propone un Plan de Mantenimiento Preventivo para las inyectoras de plásticos que estará basado en las recomendaciones básicas de mantenimiento del fabricante de las mismas.

### **IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTES DE UNA INYECTORA DE PLÁSTICOS:**

Como primer paso para elaborar un plan de mantenimiento, es conocer las partes del equipo o sistema a mantener y las funciones que cumple cada una de estas partes, en este caso, el equipo para el cual se elabora el plan de mantenimiento es una inyectora hidráulica de plásticos, en la figura 21 se muestran las principales unidades que la componen:



**Figura 21.** Componentes de una Inyectora de Plásticos  
**Fuente:** (Molina, 2009, pág. 7)  
**Elaborado por:** EL Investigador

### **Descripción de las unidades de una Inyectora de Plásticos:**

1. **Unidad de Inyección:** Conformada por la tolva de materia prima, un barril de inyección, dentro de este un tornillo sin fin también llamado husillo, una boquilla y las resistencias para calentar el plástico.
2. **Unidad de cierre:** Conformado por una prensa con dos placas donde se colocan los moldes para inyección y son accionadas por un sistema hidráulico.
3. **Unidad de control:** Principalmente conformada por una unidad de control que puede ser un PLC (Controlador Lógico Programable) y un control PID (proporcional, integral, derivativo) encargado de controlar la temperatura en el barril de inyección.
4. **Unidad de Potencia:** Encargado de proporcionar la energía necesaria para que las unidades de inyección y de cierre trabajen. A su vez consta de un motor eléctrico y una bomba hidráulica.

La intención de describir las partes de una Inyectora de Plásticos es determinar el tipo de sistemas que lo componen, en la descripción anterior se identifican tres sistemas:

- **Sistema Hidráulico:** Durante el proceso de producción, la presión de inyección es un factor crítico bajo el cual se define la calidad del producto final, por lo tanto la estabilidad del sistema hidráulico es crítico y deberá aplicarse un mantenimiento confiable.
- **Sistema Mecánico:** el sistema mecánico es el que predomina en una inyectora, se caracteriza por ser muy robusto sin embargo requiere de atención durante el proceso de mantenimiento en cual se centrará en mantener todas las piezas correctamente lubricadas.
- **Sistema Eléctrico:** el sistema eléctrico de una máquina de moldura por inyección es el cerebro que conduce la acción de la máquina. Si no existe un adecuado mantenimiento los componentes eléctricos aflojarse y desprenderse debido a la vibración de la máquina. Esto ocasionará una sobre corriente la cual dañará los componentes eléctricos, causando disparo de los circuitos y finalmente paro de la producción.

Definidos los sistemas de las inyectoras, se procede a definir las tareas de mantenimiento preventivo requeridos para disminuir paras por reparación de las Inyectoras.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO SUGERIDO**

Para la elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo para las inyectoras de plásticos de la empresa Mecanoplast Don Bosco, tanto las actividades como la frecuencia de las mismas se definieron con el asesoramiento de la empresa Proelec&Control expertos en mantenimiento de inyectoras, y adicional tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante en el manual de mantenimiento. A continuación se describen las actividades y frecuencias de mantenimiento de las inyectoras por cada sistema descrito

## **MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO:**

Para esta fase se elaborará una lista de chequeo aplicando el estándar de Mantenimiento Autónomo que es uno de los pilares de la metodología del TPM, es decir que el responsable de realizar este chequeo será el operador de la máquina con la finalidad, en primer lugar, de que se familiarice con su equipo de trabajo y en segundo lugar, que el operador se convierta en un apoyo para el desarrollo adecuado del Plan de Mantenimiento Preventivo ayudando a la temprana detección de posibles fallos. Para cumplir con el requerimiento de Mantenimiento Preventivo Diario, a continuación se describe el mantenimiento autónomo que el operador deberá realizar en cada sistema de la inyectora:

**Sistema Hidráulico:**

**Tabla 30.** *Mantenimiento Preventivo Diario Sistema Hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
<b>Tanque de Aceite</b>	1. Revisión Nivel de Aceite	Diaria	Ninguna	Operador	10 seg
<b>Tanque de Aceite</b>	2. Revisión color de aceite	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
<b>Manómetro Temperatura</b>	3. Verificar temperatura de tanque de aceite	Diaria	Ninguna	Operador	10 seg
<b>Manómetro Presión</b>	4. Verificar presión de sistema hidráulico	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
<b>Bomba Hidráulica</b>	5. Verificar si existe ruidos anormales en la bomba hidráulica	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
<b>Sistema Hidráulico</b>	6. Revisión si existen fugas de aceite en manguera, uniones, válvulas	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
<b>Enfriador</b>	7. Verificar que el agua de enfriamiento se encuentra recirculando	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
<b>Enfriador</b>	8. Verificar que no existan fugas de agua en el enfriador	Diaria	Ninguna	Operador	30 seg
<b>Sistema Hidráulico</b>	9. Verificar si existen olores anormales al arrancar la inyectora	Diaria	Ninguna	Operador	30 seg
<b>Total Requerido</b>					<b>3 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador



### Sistema Mecánico:

**Tabla 31.** *Mantenimiento Preventivo Diario Sistema Mecánico*

Componente	Actividad	Frecuencia	Herramientas/insumos	Responsable	t requerido
Unidad de Inyección	1. Realizar limpieza de las rieles y el marco de inyección	Diaria	Guaípe, Recipiente con Gasolina	Operador	3 min
Tolva	2. Verificar que no exista objetos extraños dentro de la tolva	Diaria	Ninguno	Operador	30 seg
Inyectora	3. Realizar una inspección visual por anomalías	Diaria	Ninguno	Operador	30 seg
Inyectora	4. Verificar ruidos extraños al arrancar	Diaria	Ninguno	Operador	30 seg
Cilindro	5. Verificar temperatura del cilindro previa inyección	Diaria	Ninguno	Operador	30 seg
Distribuidor Lubricante	6. Aceite el sistema de lubricación central, así como el distribuidor y la manguera de lubricación manualmente	Diaria	Aceitero manual	Operador	2 min
Husillo	7. Terminado el material gire el husillo para su completo vaciado	Diaria	Ninguno	Operador	2 min
Cilindro	8. Realizar limpieza del cilindro al terminar la jornada	Diaria	Guaípe, Recipiente con Gasolina	Operador	2 min
Boquilla	9. Realizar limpieza de la boquilla al terminar la jornada	Diaria	Guaípe, Recipiente con Gasolina	Operador	2 min
<b>Total Requerido</b>					<b>13 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

**Sistema Eléctrico:**

**Tabla 32.** *Mantenimiento Preventivo diario Sistema Eléctrico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/ Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Unidad de Control	1. Verificar funcionamiento de botón de paro de emergencia	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
Unidad de Inyección	2. Verificar paro de motor al abrir puerta frontal de seguridad	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
Unidad de Inyección	3. Verificar paro de motor al abrir puerta posterior de seguridad	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
Unidad de Control	4. Comprobar temperatura que no exista diferencia de temperatura entre t fijada y t medida	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
Inyectora	5. Verificar que el cableado eléctrico no esté expuesto	Diaria	Ninguna	Operador	10 seg
Unidad de Control	6. Verificar que nada obstruya el ingreso de aire al gabinete eléctrico	Diaria	Ninguna	Operador	20 seg
Unidad de Control	7. Escuchar si existen ruidos extraños en motor	Diaria	Ninguna	Operador	10 seg
				<b>Total Requerido</b>	<b>2 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMANAL:**

**Sistema Eléctrico:**

**Tabla 33.** *Mantenimiento Preventivo semanal Sistema Eléctrico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/ Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Unidad de Control	1. Limpieza externa del panel de control	semanal	Aire Comprimido, guaípe, brocha	Técnico de Mantenimiento	10 min
Unidad de Control	2. Limpieza de los componentes del panel de control con aire comprimido	semanal	Aire comprimido, Pulverizador, Solvac, Guípe, Limpia contactos, brocha	Técnico de Mantenimiento	20 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>30 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL:

### Sistema Eléctrico:

**Tabla 34.** *Mantenimiento Preventivo mensual Sistema Eléctrico*

Componente	Actividad	Frecuencia	Herramientas/Insumos	Responsable	t requerido
Unidad de Cierre	1. Limpieza de los fines de carrera del eyector, carro y placas de sujeción	mensual	Aire comprimido, Pulverizador, Solvac, Guipe, Limpia contactos, brocha	Técnico de Mantenimiento	20 min
Unidad de Cierre	2. Reajuste de contactos y calibración de posición de fines de carrera del eyector, carro y placas de sujeción	mensual	Destornilladores, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	30 min
Unidad de Cierre	3. Reajuste de contactos y posición adecuada de switch de proximidad del carro	mensual	Destornilladores, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	30 min
Cilindro	4. Reajuste de pernos de resistencias de calentamiento	mensual	Destornilladores, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	45 min
				<b>Tiempo Total Requerido (min)</b>	<b>125 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

## **MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRIMESTRAL:**

A partir de este mantenimiento, lo realizará personal técnico capacitado, siguiendo las instrucciones para el procedimiento que describe el fabricante y teniendo en cuenta normas de seguridad descritas a continuación:

- Solo personal de mantenimiento calificado puede realizar tareas de mantenimiento.
- Vestir equipo adecuado de seguridad (guantes, zapatos de seguridad, gafas, etc.) de acuerdo al requerimiento del trabajo.
- Cuando la máquina está en mantenimiento la máquina no debe ser operada.
- Asegurarse de que la alimentación de poder se encuentra apagada cuando trabaje en la inyectora.
- Cuando se realice cualquier trabajo en los componentes eléctricos, asegúrese de que la alimentación principal ha sido desconectada.
- Antes de iniciar los trabajos de mantenimiento se debe comunicar al personal responsable de la máquina.

**Sistema Hidráulico:**

**Tabla 35.** *Mantenimiento Preventivo Trimestral Sistema Hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Tanque de Aceite	1. Limpieza del filtro de aire	trimestral	Llaves mixtas, aire comprimido, guaípe, recipiente con gasolina	Técnico de Mantenimiento	30 min
Unidad de Mantenimiento	2. Limpieza del filtro de aceite	trimestral	Llaves mixtas, aire comprimido, guaípe, recipiente con gasolina	Técnico de Mantenimiento	30 min
Enfriador	3. Limpieza de enfriador de aceite	trimestral	Llaves mixtas, aire comprimido, guaípe, recipiente con gasolina	Técnico de Mantenimiento	180 min
Sistema Hidráulico	4. Chequeo estado mangueras hidráulicas	trimestral	Ninguna	Técnico de Mantenimiento	15 min
Sistema Hidráulico	5. Revisión estado de acoples hidráulicos	trimestral	Ninguna	Técnico de Mantenimiento	15 min
Sistema Hidráulico	6. Reajuste de acoples hidráulicos	trimestral	Llaves Mixtas	Técnico de Mantenimiento	30 min
Sistema Hidráulico	7. Revisión minuciosa de fugas de aceite	trimestral	Ninguna	Técnico de Mantenimiento	20 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>320 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

### Sistema Mecánico:

**Tabla 36.** *Mantenimiento Preventivo Trimestral Sistema Mecánico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Unidad de Inyección	1. Engrasar el eje de transmisión	trimestral	Bomba de grasa, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	20 min
Unidad de Inyección	2. Engrasar la barra guía	trimestral	Bomba de grasa, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	20 min
Unidad de Cierre	3. Engrasar la placa móvil	trimestral	Bomba de grasa, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	20 min
Unidad de Cierre	4. Engrasar la placa fija	trimestral	Bomba de grasa, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	20 min
Unidad de Cierre	5. Engrase el eje del porta molde	trimestral	Bomba de grasa, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	20 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>100 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

**Sistema Eléctrico:**

**Tabla 37.** *Mantenimiento Preventivo Trimestral Sistema Eléctrico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Cilindro, Unidad de Inyección	1. Limpieza de termocuplas y de sus alojamientos	trimestral	Aire comprimido, Pulverizador, Solvac, Guipe, Limpia contactos, brocha	Técnico de Mantenimiento	30 min
Cilindro, Unidad de Inyección	2.Revisión de contactos de termocuplas	trimestral	Ninguna	Técnico de Mantenimiento	15 min
Cilindro, Unidad de Inyección	3. Reajuste de contactos de termocuplas	trimestral	Destornilladores, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	20 min
Unidad de Control	4. Revisión de estado de CONTACTORES	trimestral	Ninguna	Técnico de Mantenimiento	20 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>85 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador



## MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMESTRAL:

### Sistema Hidráulico:

**Tabla 38.** *Mantenimiento Preventivo Semestral Sistema Hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Válvulas Hidráulicas	1. Reajustar tornillos de válvula hidráulicas	semestral	Llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	45 min
<b>Total Requerido</b>					<b>45 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

## Sistema Mecánico

**Tabla 39.** *Mantenimiento Preventivo Semestral Sistema Mecánico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Unidad de Cierre	1. Engrasar engranes de sistema de sujeción de molde	semestral	Bomba de grasa, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	30 min
Unidad de Cierre	2. Engrasar engranes sistema de inyección y eyección	semestral	Bomba de grasa, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	45 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>75 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

**Sistema Eléctrico:**

**Tabla 40.** *Mantenimiento Preventivo Semestral Sistema Eléctrico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Unidad de Control	1. Reajuste de todos los contactos eléctricos del gabinete	semestral	Destornilladores, llaves allen	Técnico de Mantenimiento	120 min
Unidad de Control	2. Reajuste de los terminales de los CONTACTORES	semestral	Destornilladores, llaves allen	Técnico de Mantenimiento	30 min
Unidad de Control	3. Reajuste de los terminales de líneas de tierra	semestral	Destornilladores, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	30 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>180 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** EL Investigador

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL:

### Sistema Hidráulico:

**Tabla 41.** *Mantenimiento Preventivo Anual Sistema Hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Unidad de Mantenimiento	1. Análisis de aceite hidráulico (Toma de muestra)	anual	Llaves Mixtas	Técnico de Mantenimiento	5 min
Tanque de Aceite	2. Si existe contaminación en el aceite reemplazarlo	anual	Aceite de acuerdo a especificaciones	Técnico de Mantenimiento	30 min
Tanque de Aceite	3. Previo al cambio de aceite limpiar tanque	anual	Llaves mixtas, aire comprimido, guaípe, recipiente con gasolina	Técnico de Mantenimiento	60 min
Sistema Hidráulico	4. Reajustar tornillos y pernos de todo el sistema	anual	Llaves Mixtas	Técnico de Mantenimiento	30 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>125 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

En este caso es importante tomar en cuenta la actividad número 1, en la cual se requiere realizar un análisis del estado del aceite hidráulico para lo cual es necesario que la muestra tomada por el técnico de mantenimiento sea evaluada por un laboratorio certificado. El tiempo de análisis no deberá ser tomado en cuenta ya que este no incurre en un paro de la máquina mientras que la toma de la muestra si, por el contrario el costo de dicho análisis si se deberá tomar en cuenta en los costos del mantenimiento.

En la teoría de Gestión de Mantenimiento al proceso de análisis del aceite se lo toma como Mantenimiento Predictivo ya que los resultados predicen el tiempo promedio de vida útil del fluido, o si se requiere un reemplazo inmediato, ante lo cual personal de mantenimiento deberá tomar acciones de acuerdo a los resultados.

**Nota: si las mangueras de alta y baja presión no muestran deterioro o daños, estas deberán ser reemplazadas al cumplir 20000 horas de trabajo o máximo 5 años.**

**Sistema Mecánico:**

**Tabla 42.** *Mantenimiento Preventivo Anual Sistema Mecánico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Inyectora	1. Reajuste de pernos y tornillos flojos	anual	Llaves Mixtas	Técnico de Mantenimiento	60 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>60 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

**Sistema Eléctrico:**

**Tabla 43.** *Mantenimiento Preventivo Anual Sistema Eléctrico*

<b>Componente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas/Insumos</b>	<b>Responsable</b>	<b>t requerido</b>
Unidad de Control	1. Reajuste de todas los contactos eléctricos	anual	Destornilladores, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	180 min
Motor Eléctrico	2. Cambio de rodamientos del motor eléctrico	anual	santiago, llaves mixtas, destornilladores, mete rodamientos	Técnico de Mantenimiento	180 min
Unidad de Control	3. Reemplazar los contactores que cumplieron el número de accionamientos de diseño	anual	Destornilladores, llaves mixtas	Técnico de Mantenimiento	20 min
				<b>Total Requerido</b>	<b>380 min</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** EL Investigador

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROPUESTO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### Cronograma Mantenimiento Preventivo Diario

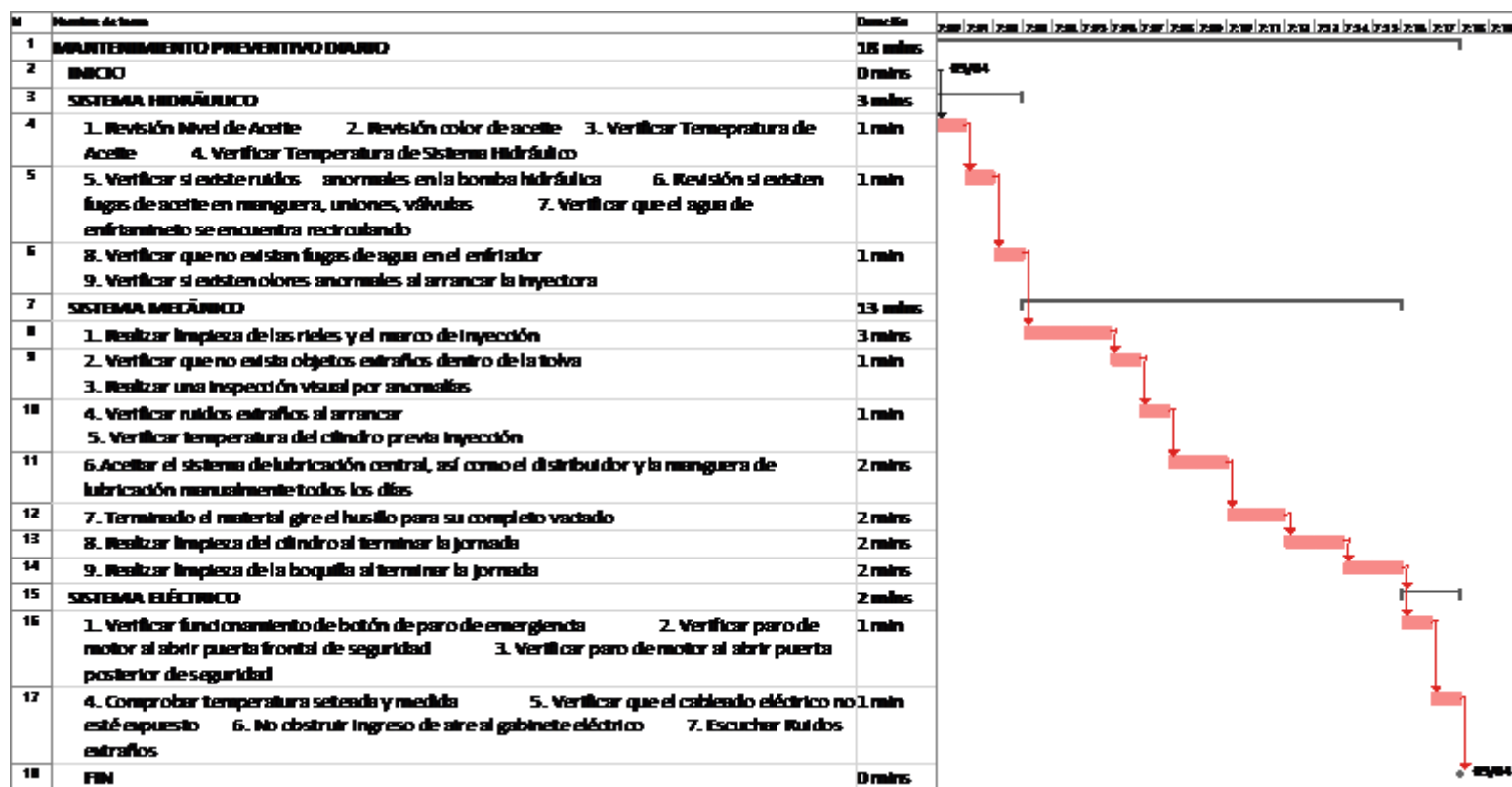


Figura 22. Cronograma de Mantenimiento Preventivo Diario

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: El Investigador



## Cronograma de Mantenimiento Preventivo Semanal

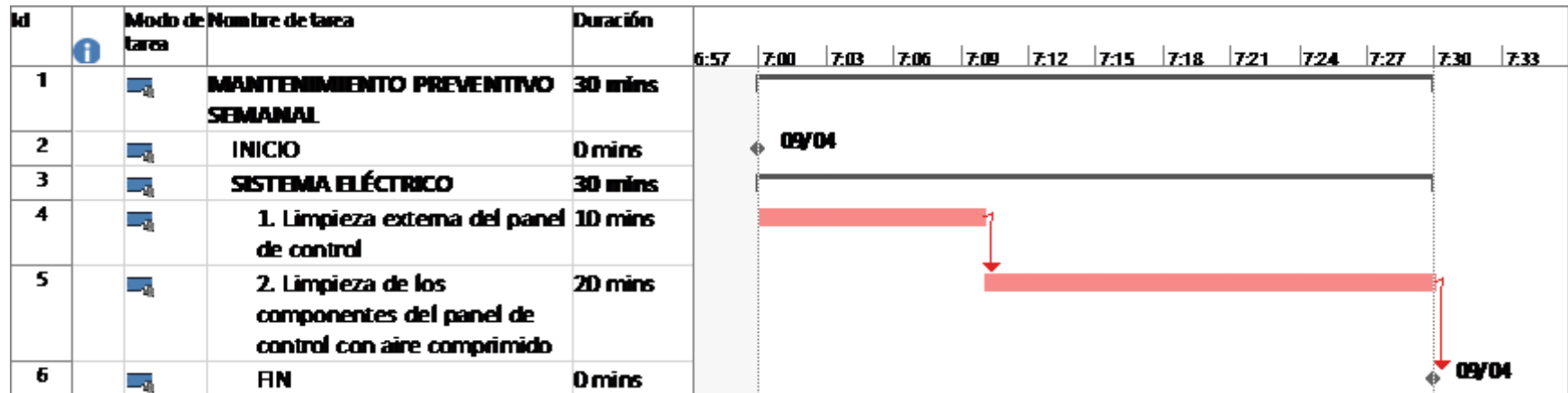


Figura 23. Cronograma de Mantenimiento Preventivo Semanal

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: El Investigador

## Cronograma Mantenimiento Preventivo Mensual

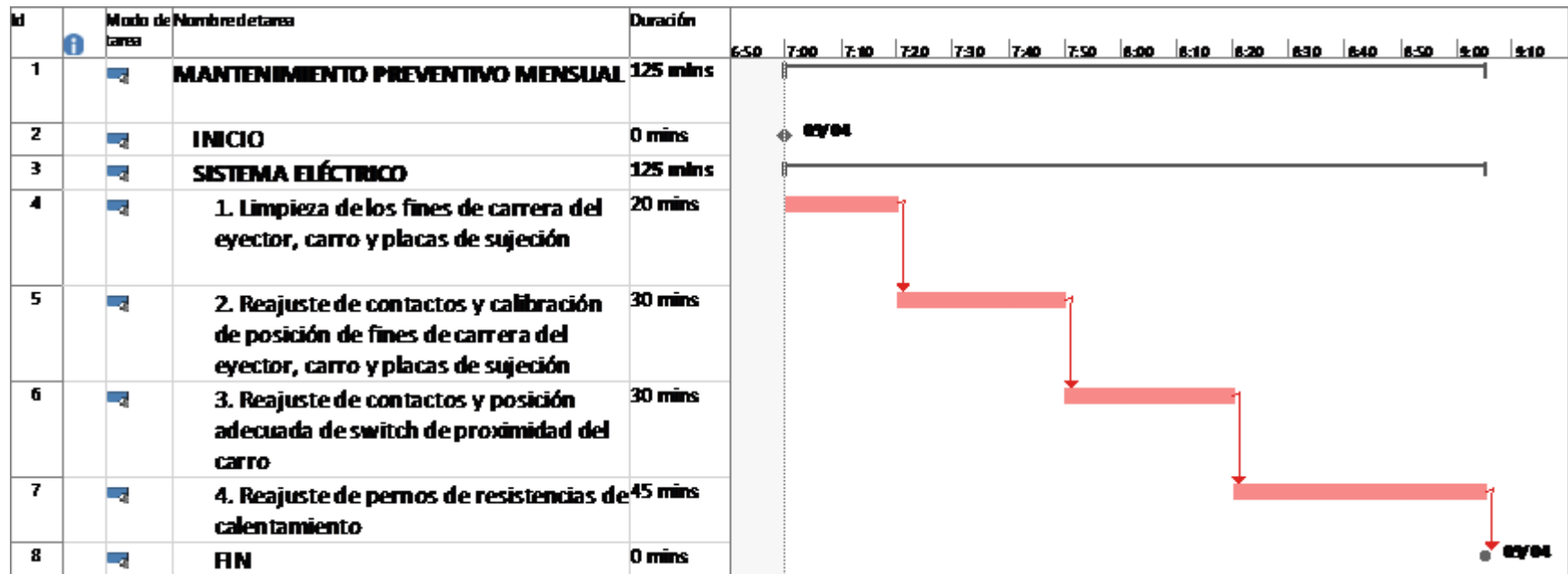


Figura 24. Cronograma Mantenimiento Preventivo Mensual

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: El investigador

## Cronograma Mantenimiento Preventivo Trimestral

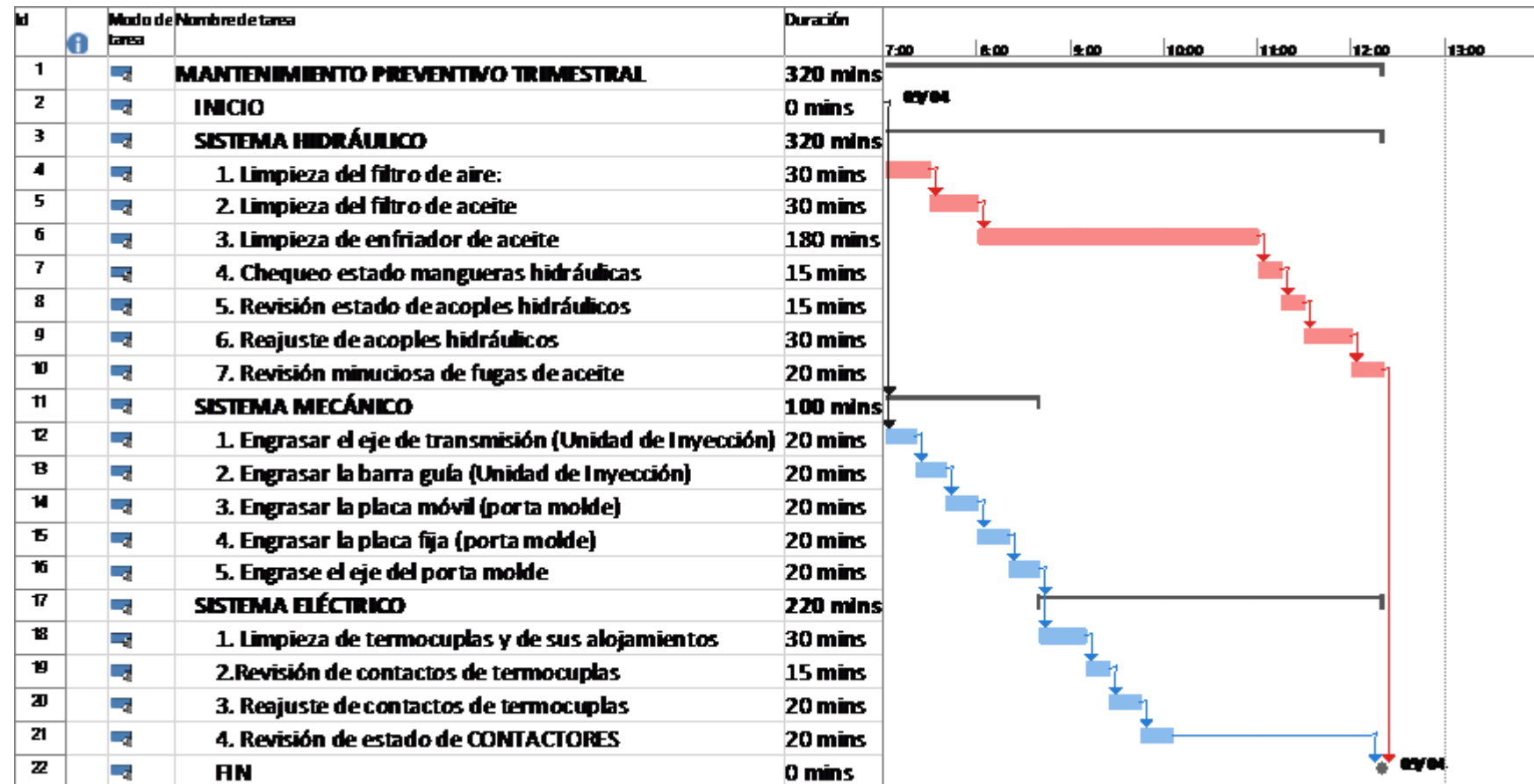


Figura 25. Cronograma Mantenimiento Preventivo Trimestral

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: El investigador

## Cronograma Mantenimiento Preventivo Semestral

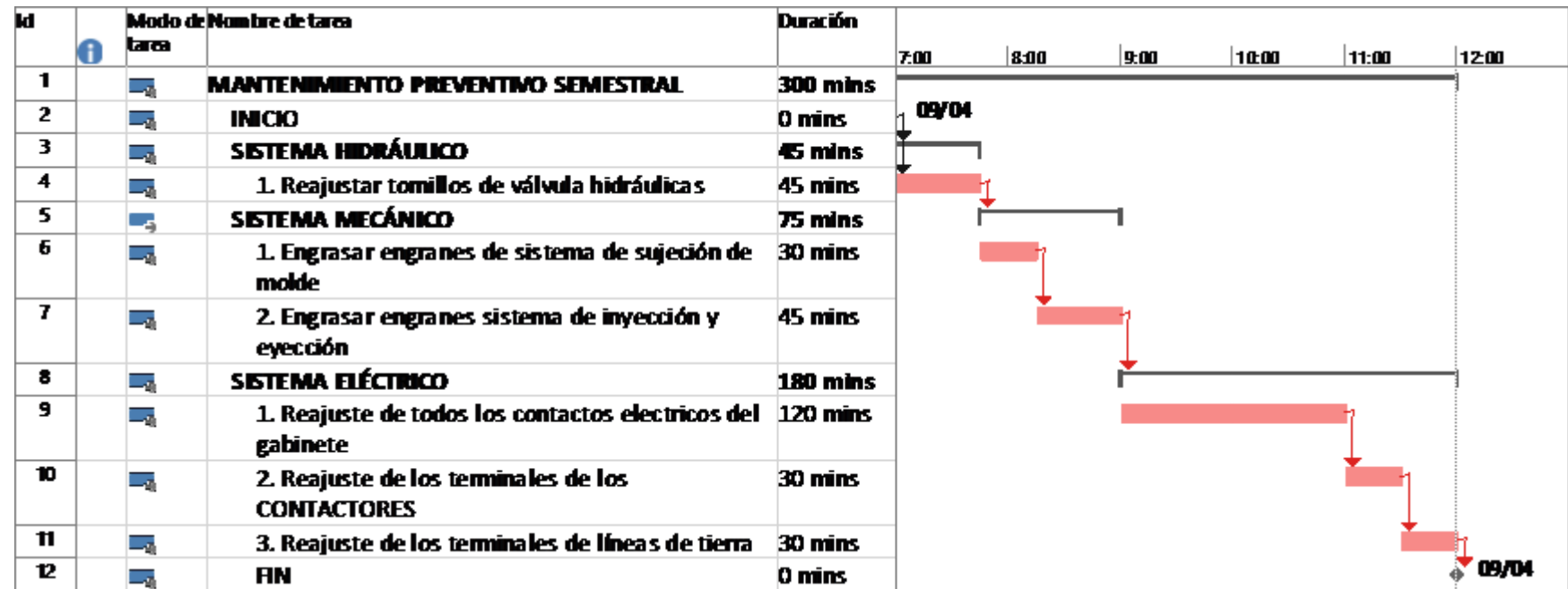


Figura 26. Cronograma Mantenimiento Preventivo Semestral

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: El investigador

## Cronograma Mantenimiento Preventivo Anual

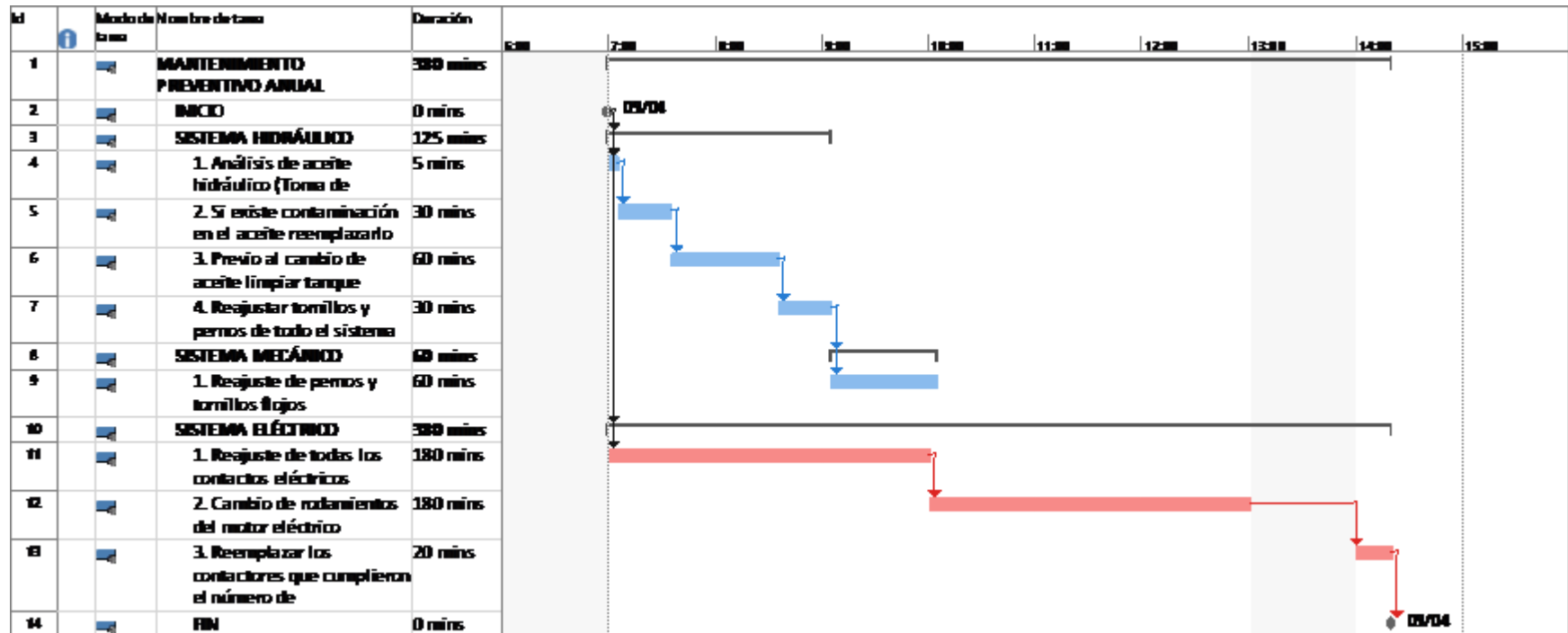


Figura 27. Cronograma Mantenimiento Preventivo Anual

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: El investigador

## Calendario Propuesto Para Mantenimiento Preventivo

**Tabla 44.** *Calendario Propuesto para Mantenimiento Preventivo*

Mantenimiento Diario							
abr-18							
L	M	M	J	V	S	D	HORAS
						1	0,3
2	3	4	5	6	7	8	2,1
9	10	11	12	13	14	15	2,1
16	17	18	19	20	21	22	2,1
23	24	25	26	27	28	29	2,1
30							0,3
TOTAL							9

Mantenimiento Semanal							
abr-18							
L	M	M	J	V	S	D	HORAS
						1	-
2	3	4	5	6	7	8	0,5
9	10	11	12	13	14	15	0,5
16	17	18	19	20	21	22	0,5
23	24	25	26	27	28	29	0,5
30							0,5
TOTAL							2,5

Mantenimiento Mensual							
may-18							
L	M	M	J	V	S	D	HORAS
	1	2	3	4	5	6	-
7	8	9	10	11	12	13	2,0833
14	15	16	17	18	19	20	-
21	22	23	24	25	26	27	-
28	29	30	31				-
TOTAL							2,0833

Mantenimiento Trimestral							
jul-18							
L	M	M	J	V	S	D	HORAS
						1	-
2	3	4	5	6	7	8	5,333
9	10	11	12	13	14	15	-
16	17	18	19	20	21	22	-
23	24	25	26	27	28	29	-
30	31						-
TOTAL							5,333

Mantenimiento Semestral							
oct-18							
L	M	M	J	V	S	D	HORAS
1	2	3	4	5	6	7	5
8	9	10	11	12	13	14	-
15	16	17	18	19	20	21	-
22	23	24	25	26	27	28	-
29	30	31					-
TOTAL							5

Mantenimiento Anual							
abr-19							
L	M	M	J	V	S	D	HORAS
1	2	3	4	5	6	7	6,333
8	9	10	11	12	13	14	-
15	16	17	18	19	20	21	-
22	23	24	25	26	27	28	-
29	30						-
TOTAL							6,333

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** El investigador

### Costos de Implementación de la Propuesta:

Para la implementación de la Propuesta, es indispensable que el personal a cargo de las tareas de Mantenimiento Preventivo sea personal capacitado, es decir que conozca los componentes y funcionamiento de las inyectoras, así como los procedimientos a aplicar para el correcto mantenimiento de las mismas. A continuación se describen los costos de implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se analizan dos opciones para tal efecto, la una es subcontratar personal externo, y el otro es capacitar al personal en con el que cuenta la empresa:

### Mantenimiento Preventivo Subcontratado:

En el **Anexo 5** se muestra la cotización realizada a la empresa PROELEC&CONTROL, empresa experta en el mantenimiento, capacitación y proveedora de repuestos de inyectoras. En la tabla 43 se muestra el detalle de costos para el mantenimiento preventivo durante un año:

**Tabla 45.** Costo Anual del Mto Subcontratado por Inyectora

Descripción	Tiempo Requerido	Intervenciones al año	Costo Individual (\$)	Costo Total (\$)
Mantenimiento Mensual: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico. Incluido Insumos	4 horas por semana	12	137,50	1650,00
Mantenimiento Trimestral: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico. Incluye Insumos	6 horas por trimestre	4	280,00	1120,00
Mantenimiento Semestral: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico. Incluye Insumos	6 horas por semestre	2	300,00	600,00
Mantenimiento Anual: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico. Incluye Insumos	7 horas al año	1	300,00	300,00
	<b>TOTAL</b>			<b>\$3670,00</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

### **Mantenimiento Preventivo con Personal Propio:**

La segunda opción para la ejecución del Plan de Manteniendo Preventivo propuesto es que la empresa lo gestione a través de su personal encargado de este proceso, para esto y como se había mencionado se requiere previo una capacitación sobre funcionamiento, componentes y mantenimiento de inyectoras de plásticos, los técnicos a capacitarse son dos. En la **Tabla 46** se muestra los costos descritos en el **ANEXO 6** para capacitación de personal:

**Tabla 46. Costos Capacitación Personal**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TÉCNICOS</b>	<b>COSTO POR PERSONA</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Capacitación de Operación de Máquinas Inyectoras	3	200	600
Capacitación sobre Mantenimiento Eléctrico de Máquinas Inyectoras	3	350	950
Capacitación sobre Mantenimiento Mecánico de Máquinas Inyectoras	3	400	1200
Capacitación sobre Mantenimiento Hidráulico de Máquinas Inyectoras	3	300	900
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3650</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

A este costo se debe adicionar el costo por los diferentes períodos de Mantenimiento Preventivo, en la **Tabla 47** y **Tabla 48** se describen los costos correspondientes a mano de obra de personal técnico e insumos del mantenimiento requerido en el período de un año.



**Tabla 47. Costos Insumos por Inyectora**

<b>Descripción</b>	<b>Insumos</b>	<b>Intervenciones al Año</b>	<b>Costo Insumos (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Mantenimiento Semanal: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.	Aire Comprimido, guaípe, brocha	52	5	260
Mantenimiento Mensual: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.	Aire comprimido, Pulverizador, Solvac, Guípe, Limpia contactos, brocha	12	10	120
Mantenimiento Trimestral: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.	Aire comprimido, Pulverizador, Solvac, Guípe, Limpia contactos, brocha	4	10	40
Mantenimiento Semestral: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.	Aire comprimido, Pulverizador, Solvac, Guípe, Limpia contactos, brocha	2	10	20
Mantenimiento Anual: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.	Aire comprimido, Pulverizador, Solvac, Guípe, Limpia contactos, brocha	1	10	10
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 450</b>

**Fuente:** Investigación de Campo**Elaborado por:** El investigador

**Tabla 48. Costos Mano de Obra por Inyectora**

Descripción	Técnicos	Tiempo Requerido (h)	Total al año	Costo Hora Técnico (\$)	Costo Total (\$)
<b>Mantenimiento Semanal: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.</b>	1	0,5	52	2,2	57,2
<b>Mantenimiento Mensual: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.</b>	1	2,5	12	2,2	66
<b>Mantenimiento Trimestral: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.</b>	2	5,5	4	2,2	96,8
<b>Mantenimiento Semestral: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.</b>	1	5	2	2,2	22
<b>Mantenimiento Anual: Sistema Electrónico, mecánico e hidráulico.</b>	2	6,5	1	2,2	28,6
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 270,6</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** El investigador

El costo total al año por Mantenimiento preventivo propio se describe en la **Tabla 49:**

**Tabla 49. Costo Total Propuesta**

DESCRIPCIÓN	COSTOS (\$)
Capacitación	2500
Insumos	450
Técnicos	270,6
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3220,6</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** El investigador

Se debe tomar en cuenta que, en primer lugar el costo de capacitación se paga una sola vez, por lo que se prorrata en un año, a partir del segundo año el costo de capacitación será cero, y segundo el personal técnico está disponible para realizar el mantenimiento de acuerdo al cronograma a cada inyectora de la empresa.

Al analizar los costos descritos sobre mantenimiento contratado y mantenimiento propio se recomienda continuar con el proceso de mantenimiento a cargo del personal técnico de la empresa con la premisa de que reciban una capacitación completa sobre operación, componentes y mantenimiento de inyectoras de plásticos.

## BENEFICIOS DE APLICAR LA PROPUESTA

Para evaluar los beneficios de la propuesta se tomarán en cuenta los datos de la *Tabla 8* y la *Tabla 44*, correspondientes a promedio de horas para por Mantenimiento Correctivo y tiempos de para requeridos para Mantenimiento Preventivo respectivamente, donde el promedio para el mantenimiento actual es 3,17 horas diarias, mientras que el tiempo promedio para el Plan de Mantenimiento Propuesto es de 0,73 horas diarias, esto significa que al aplicar el Mantenimiento Preventivo propuesto se reduciría en un 76,93% las paras por mantenimiento.

Al ser esta una propuesta que aún no está aplicada, no se tienen resultados cuantitativos de los resultados, por lo que, tomando en cuenta el porcentaje de reducción de horas para esperada, y adicional que el porcentaje de Mantenimiento correctivo remanente tenga un valor estimado del 26,93%, para el análisis del impacto de la propuesta se estimará una reducción en el porcentaje de horas para por mantenimiento en un 50%.

### Ingresos Estimados con la Implementación de la Propuesta

En primer lugar se calculará el promedio de artículos en estudio producidos por cada inyectora por hora, para con este valor calcular la cantidad de artículos plásticos que no se producen por hora para de las inyectoras en estudio:

#### Producción Promedio por Hora:

**Tabla 50.** *Producción Promedio por hora*

<b>Producto / t Producción</b>	<b>Promedio Artículo/hora</b>
Armador Mangers <b>1 hora</b>	<b>288</b>
Pinza Preferita <b>1 hora</b>	<b>8687</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Una vez conocida la producción de unidades promedio por hora de cada artículo en estudio, se procede a calcular el número de unidades no producido en el trimestre en estudio debido a paros por mantenimiento correctivo, para tal efecto se utilizará la siguiente fórmula:

$$Unp = (Up/h) * (hp/2)$$

Donde:

Unp = Unidades no producidas

Up/h = Unidades promedio por hora

hp/2 = horas para al 50%

Al realizar los cálculos respectivos para el trimestre en estudio se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 51. Promedio Unidades No Producidas**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>50% Tiempo de Para (h)</b>	<b>Promedio (Up/h)</b>	<b>No Producido</b>
Armador Mangers	<b>213</b>	<b>288</b>	<b>61447</b>
Mantenimiento Correctivo			
151	213		61447
Pinza Preferita	<b>78</b>	<b>8687</b>	<b>675414</b>
Mantenimiento Correctivo			
164-2	78		675414
<b>Total general</b>	<b>582</b>		<b>736861</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Como dato adicional se tiene que el costo estimado al cual la empresa entrega los artículos en estudio a sus clientes es el siguiente:

**Tabla 52. Costo de venta por Producto**

<b>PRODUCTO</b>	<b>CANTIDAD (U)</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Armador Mangers	10	0,90
Pinza Preferita	24	0,70

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Con los datos estimados de tiempos de para debidos a mantenimiento, producción promedio por hora de artículos en estudio y el costo de cada uno, se procede a calcular los ingresos estimados al aplicar la propuesta de Mantenimiento Preventivo, en la siguiente tabla se detallan los cálculos de ingresos estimados y de pérdidas debido al actual proceso de mantenimiento.

**Tabla 53.** *Ingresos Estimados Actuales Vs Ingresos Estimados*

<b>Producto/Inyectora</b>	<b>t de Producción (h)</b>	<b>Unidades Producidas</b>	<b>Ingresos (\$)</b>	<b>t de para al 50%</b>	<b>No Producido (50% h para)</b>	<b>Ingresos Totales (\$)</b>	<b>Ingresos Adicionales Estimados (\$)</b>	<b>% de pérdida</b>
Armador Mangers								
151	208,42	60290	5426,1	213,36	61447	10956,35	5530,24	54,45%
Pinza Preferita								
164-2	228,5	1690199	49297,47	77,75	675414	68997,05	19699,58	30,76%
<b>Total general</b>	<b>436,92</b>	<b>1750489</b>	<b>\$54723,57</b>	<b>291,11</b>	<b>736861</b>	<b>\$79953,40</b>	<b>\$25229,83</b>	<b>45,50%</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

En la **Tabla 53** se muestran los cálculos de los ingresos estimados para producción y económicos generados por los artículos en estudio durante el trimestre junio-agosto del 2017, con un 50% de paras menos por mantenimiento, lo cual, como se puede apreciar debido a la cantidad de artículos que se estima no se produjeron, por lo que se estima su producción con ingresos adicionales estimados en el caso de las Pinzas Preferita del 30%, mientras que para Armadores Manger ingresos del 54% adicionales, lo cual da un total del 45%, alrededor de \$ 25000 en tres meses, es decir un ingreso adicional por mes de \$ 8409,94.

#### **Productividad estimada con la aplicación de la Propuesta:**

A continuación se presentan los promedios estimados de mejora en la productividad por inyectora debido a la reducción de horas paro por mantenimiento.

**Tabla 54. Productividad Estimada**

<b>Inyectora/Causa</b>	<b>Productividad Actual (U/\$)</b>	<b>% de Productividad</b>	<b>Productividad Estimada (U/\$)</b>	<b>% de Productividad</b>	<b>Porcentaje Mejora</b>
<b>Armador Mangers</b>					
<b>151</b>	<b>6,89</b>	78,32%	<b>7,86</b>	<b>89,39%</b>	<b>11,06%</b>
Mantenimiento Correctivo	5,73	65,13%	8,07	91,74%	<b>26,61%</b>
Promedio sin paras	8,79	100,00%	8,79	100,00%	
<b>Pinza Preferita</b>					
<b>164-2</b>	<b>54,81</b>	97,72%	<b>55,63</b>	<b>99,17%</b>	<b>1,45%</b>
Mantenimiento Correctivo	53,43	95,26%	55,52	98,99%	<b>3,73%</b>
Promedio sin paras	56,09	100,00%	56,09	100,00%	

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Los porcentajes de mejora en la productividad estimada son de 11,06% y 1,45% para las inyectoras 151 y 164-2 respectivamente, valores que una vez más justifican la necesidad de reemplazar el actual proceso de mantenimiento por el Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto. Los resultados tanto de los beneficios en productividad como beneficios económicos respaldan dicha implementación.



### **Impacto Ambiental:**

Como en todo proceso existe un impacto al medio ambiente, eso incluye a los procesos de mantenimiento de inyectoras de plástico. El proceso de mantenimiento preventivo propuesto presenta un impacto al medio ambiente que será mínimo, ya que tanto las herramientas como los insumos requeridos para la ejecución del mismo son de fácil disposición final, sin embargo es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

### **Residuos sólidos:**

- La Materia prima remanente de la limpieza de las inyectoras (PPV, polietileno, ABS, etc.) deberá ser dispuesto en recipientes separados por tipo para que estos puedan ser devueltos al proceso productivo evitando contaminación y adicional disminuyendo los desperdicios de materia prima.
- Residuos como filtros, empaques y cauchos deberán ser dispuestos en recipientes apropiados para que sea recolectado por un gestor autorizado.
- El guaipe utilizado en el proceso de mantenimiento deberá ser dispuesto en recipientes diferenciando el guaipe contaminado (con aceite, gasolina u otro solvente) del guaipe no contaminado para que un gestor autorizado realice la disposición final de los residuos contaminados
- La chatarra generada del proceso de mantenimiento como rodamientos, bandas de caucho, repuestos reemplazados, etc. deberán ser colocados en contenedores apropiados y diferenciados para su posterior venta por peso a una empresa autorizada para el procesamiento de chatarra, evitando contaminación y generando un ingreso adicional para el presupuesto de mantenimiento.

### **Contaminantes líquidos:**

- Los aceite lubricantes residuales (en caso de requerir su cambio luego de la evaluación por un laboratorio certificado), deberán ser dispuestos en recipientes herméticos para evitar derrames y poder ser transportados por

un gestor autorizado. Durante el reemplazo en la inyectora el técnico responsable deberá contar con material absorbente como guaipe, para que en caso de derrame realice inmediatamente la limpieza del área y luego deberá colocar dicho material contaminado en el recipiente correspondiente.

- La gasolina utilizada para la limpieza de las partes mecánicas de las inyectoras deberá ser dispuesto en recipientes apropiados y almacenados a temperaturas no mayores a 25° C y en áreas ventiladas para evitar riesgo de explosión previo la entrega a un gestor autorizado.
- Solventes utilizados para la limpieza de componentes eléctricos y mecánicos deberán cumplir con especificaciones medio ambientales que no sean nocivos para el medio ambiente y los técnicos, luego de su uso deberán ser dispuestos en recipientes apropiados para su posterior entrega a un gestor autorizado.

NOTA: es importante tener en cuenta que las cantidades tanto de residuos sólidos como contaminantes líquidos son cantidades muy pequeñas, sin embargo al no seguir las indicaciones para el cuidado del medio ambiente generarán un impacto de mínima repercusión que no deja de ser un impacto.

### **Impacto Financiero:**

Para el análisis financiero se tomará como referencia los datos de la tabla 52 para el cálculo del VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno) para este Plan de Mantenimiento Propuesto.

Como primer paso se determina un valor para la tasa de inflación referencial, partiendo de una tasa referencial de 11,83% y una inflación del 2,36% valores tomados a la fecha de la página del BCE (Banco Central del Ecuador), con estos datos calculamos:

$$i = tr \text{ BCE} + ir \text{ BCE} + (tr \text{ BCE} * ir \text{ BCE})$$

Donde:

i = tasa de inflación referencial

tr = tasa referencial

ir = inflación referencial

**Tabla 55. Tasa Interés Calculada**

<b>Tasa de Interés</b>	<b>Anual</b>	<b>Mensual</b>
TASA BCE	11,83%	0,986%
TASA INFLAC BNE	2,36%	0,197%
<b>TASA TOTAL</b>	<b>14,47%</b>	<b>1,21%</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Definido el valor de la tasa de interés anual y mensual se calcula los valores de TIR y VAN utilizando la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Donde:

VAN = Valor Agregado Neto

FNE= flujo neto efectivo

I<sub>0</sub>= Inversión inicial

n = número de períodos

Antes de aplicar la fórmula para el cálculo, se determina la proyección de Flujo de Caja para el trimestre siguiente con los valores de ingresos y egresos ya calculados, adicional tomando en cuenta el valor de la tasa de interés calculado para este caso, en la **Tabla 56** se muestran dichos valores los cuales serán utilizados para determinar el impacto financiero:

### Flujo Efectivo de Caja:

**Tabla 56.** *Flujo Efectivo de Caja*

<b>TRIMESTRE 1</b>	<b>MES 00</b>	<b>MES 01</b>	<b>MES 02</b>	<b>MES 03</b>
<b>INGRESOS:</b>				
Producción Adicional Estimada		8409,94	8409,94	8409,94
<b>EGRESO:</b>				
Insumos		-37,5	-37,5	-37,5
Repuestos		-304,08	-304,08	-304,08
Análisis Aceite Mensual Técnicos		-400	-1800	-1800
<b>INVERSIÓN</b>				
Costo Capacitaciones	-3650			
FNE	-3650	<b>5868,36</b>	<b>6268,36</b>	<b>6268,36</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Con estos datos de interés y flujo de caja a continuación se procede a calcular los valores estimados de TIR y VAN los mismos que definirán si la propuesta es rentable desde la perspectiva económica.

## Cálculo VAN y TIR

**Tabla 57.** Valores de TIR y VAN

TRIMESTRE 1	MES 00	MES 01	MES 02	MES 03
<b>INGRESOS:</b>				
Producción Adicional Estimada		8409,94	8409,94	8409,94
<b>EGRESO:</b>				
Insumos		-37,5	-37,5	-37,5
Repuestos		-304,08	-304,08	-304,08
Análisis Aceite Mensual Técnicos		-400	-1800	-1800
<b>INVERSIÓN</b>				
Costo Capacitaciones	-3650			
<b>FNE</b>	-3650	5868,36	6268,36	6268,36
	<b>VAN sin Inversión</b>	<b>\$ 5.798,44</b>	\$ 11.918,32	\$ 17.965,28
	<b>VAN</b>	<b>\$ 2.148,44</b>	\$ 8.268,32	\$ 14.315,28
	<b>TIR</b>	<b>60,78%</b>	134,13%	154,68%

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** El investigador

Con los valores de flujo de efectivo pronosticados para el trimestre aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto, se obtiene un Valor Actual Neto positivo en el primer mes, lo cual significa que la inversión inicial se recuperará en este tiempo, no se requerirá terminar el trimestre para recuperar la inversión, sino que se recuperará con una Tasa de Interés de Retorno del 60,78% que es 50 veces mayor que la tasa esperada de 1,21%. Por lo tanto se demuestra que el proyecto es también financieramente viable.

## **CONCLUSIONES**

Luego de una investigación exhaustiva para la culminación exitosa de este proyecto, se llega a las siguientes conclusiones

- En promedio, el 60% de las paras de producción son a causa del proceso de mantenimiento actual por lo que la empresa deja de producir en promedio un 42% de artículos de plástico. Si bien es cierto que la empresa cumple con la producción requerida por sus clientes, sin embargo al disminuir las paras la empresa podría ampliar su cartera de clientes al mejorar su actual porcentaje de producción.
- La productividad de la empresa se ve afectada en un promedio del 15% de decremento debido a paras de producción por mantenimiento correctivo, productividad que aumentará si se disminuyen las paras si se aplica un proceso de mantenimiento preventivo.
- Al implementar el plan de mantenimiento preventivo para las inyectoras de la empresa de plásticos Mecanoplast Don Bosco la productividad se incrementará inicialmente en un promedio del 7%, para en el plazo de un año, que es la duración del plan propuesto, llegar a un incremento en la productividad del 15%

## **RECOMENDACIONES:**

- Aplicar el Proceso de Mantenimiento Preventivo propuesto, y llevar indicadores de mantenibilidad, disponibilidad y productividad
- Medir los procesos dentro de la empresa, evaluar permanentemente la información obtenida, que de paso deberá ser confiable, para tener en cuenta las mejoras que deben ser aplicadas a procesos, colaboradores y mandos de la misma.

- Evaluar los resultados que genere la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo para las inyectoras, para determinar si los tiempos y procedimientos recomendados se están cumpliendo, y si los resultados son los esperados, para tomar decisiones sobre la misma.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### Bibliografía

- AFNOR. (2011). *NORMA X 60010*. Francia.
- D, M. (2016). *LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS MODERNAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/849/84920491036/>
- Ecuador, B. C. (marzo de 2018). *Cifras económicas del Ecuador*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/IndCoyuntura/CifrasEconomicas/cie201611.pdf>
- Electric, S. (2008). *La Confiabilidad en los Servicios Eléctricos*.
- EMPRESA. (2003). *Renovetec*. Obtenido de <http://www.mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento/173-t%C3%A9cnicas-de-elaboraci%C3%B3n-del-plan-de-mantenimiento-de-una-instalaci%C3%B3n-parte-i>
- Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. (2011). *Ingeniería y Gestión del Mantenimiento*. Sevilla.
- González, M. (2005). *Gestión de la Producción*. Ideas Propias.
- Holguin, M. (2013). *Mantenimiento Introducción, definiciones y principios*. Bogotá.
- ISO-9001. (2015). *Norma Técnica de Calidad*.
- J.O, C. (2006). *Gestión del Mantenimiento*.
- León, G. d. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Miller, S. (2011). *Visión General del Asset Management*. Alemania.
- Molina, E. (2009). *Diseño e Implementación del sistema de control para una Inyectora de Plásticos*. Quito.
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control*. México.
- Naghi Namakforoosh, M. (2005). *Metodologías de la Investigación*. México: Linusa S.A.



- Networks, F. (2013). *Calcula la muestra correcta*. Obtenido de <https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcular.html>
- O., J. (2006). *Evolución del Mantenimiento*.
- RENOVETEC. (2009). *Manual Práctico para la Gestión Eficaz del Mantenimiento*. Madrid.
- SchneiderElectric. (2008). *La Confiabilidad en Sistema Eléctricos*.
- SEAS. (2012). *Gestión del Mantenimiento I*. Zaragoza.
- SEAS, E. S. (2012). *Gestión del Mantenimiento I*. Zaragoza.
- Tavares, L. (2011). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Brasil.
- UNACEM. (2015). *Reporte de Sostenibilidad*.
- UTI. (2011). *Políticas y Líneas de Investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica*. Ambato.

# ANEXOS

## ANEXO 1.

### Ficha de Control de Producción

<b>DON BOSCO</b> <small>maquinoplast</small>	<b>CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>	RP-03 Versión 1 2016-03-15
---	------------------------------	----------------------------------

FECHA: <u>13-06-2017</u>		TURNO: <u>1<sup>o</sup></u>		RP-01: _____													
OPERADOR: <u>Sergio Vargas</u>		MÁQUINA: <u>151</u>		CANTIDAD: <u>4200 unid</u>													
PRODUCTO: <u>Almohada multigrano</u>		MATERIA PRIMA: <u>P.P.E.</u>		CANTIDAD: <u>4200 unid</u>													
No. CAVIDADES: <u>2</u>		GOLPE MINUTO: _____		Diferencia orómetro: <u>7</u>													
Hora inicio orómetro: <u>11:00</u>		Hora terminación orómetro: <u>11:20</u>		Golpe realizado: <u>1128</u>													
Golpe inicio máquina: <u>1585</u>		Golpe terminación máquina: <u>2713</u>		Hora trabajo operador: <u>8:25 h.</u>													
Hora inicio operador: <u>06:50 am</u>		Hora terminación operador: <u>15:15 pm</u>		CANTIDAD POR EMPAQUE: <u>10 X 120</u>													
Producto bueno: <u>2160 unid</u>		Cantidad por paquete: <u>10 X 120</u>		Producto mala calidad: _____													
Materia prima entrega por: <u>[Firma]</u>		Cantidad entregada: <u>6 X 25 Kg + 7 X 25 Kg</u>		Recibida por: <u>Sergio Vargas</u>													
Observaciones: <u>los maletas se debe de revisar al inicio y constantemente de desplaya varias veces la loquillo</u>		Consumo materia prima (25 kilos)															
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:10%;">Hora</th> <th style="width:10%;">Distribución</th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> </tr> <tr> <td></td> <td>9:30</td> <td>11:30</td> <td>14:00</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Hora	Distribución						9:30	11:30	14:00		
Hora	Distribución																
	9:30	11:30	14:00														
FIRMA GP: _____		FIRMA MZ: _____		FIRMA EG: _____													
				FIRMA OP: _____													

OPERADOR: <u>Javier Olondo</u>		TURNO: <u>2</u>		RP-01: _____													
PRODUCTO: <u># Multigrano</u>		MÁQUINA: <u>151</u>		CANTIDAD: <u>2040 unid</u>													
Hora inicio orómetro: <u>10:00</u>		Hora terminación orómetro: <u>11:00</u>		Diferencia orómetro: <u>614</u>													
Golpe inicio máquina: <u>2713</u>		Golpe terminación máquina: <u>3327</u>		Golpe realizado: <u>614</u>													
Hora inicio operador: <u>15:30</u>		Hora terminación operador: <u>20:45</u>		Hora trabajo operador: _____													
Producto bueno: <u>1740</u>		Cantidad por paquete: <u>9 X 120 + 60</u>		Producto mala calidad: _____													
Materia prima entrega por: <u>[Firma]</u>		Cantidad entregada: <u>10 X 25 Kg</u>		Recibida por: <u>Juan</u>													
Observaciones: <u>D=60 unid</u>		Consumo materia prima (25 kilos)															
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:10%;">Hora</th> <th style="width:10%;">Distribución</th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> </tr> <tr> <td></td> <td>19:45</td> <td>20:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Hora	Distribución						19:45	20:00			
Hora	Distribución																
	19:45	20:00															
FIRMA GP: _____		FIRMA MZ: _____		FIRMA EG: _____													
				FIRMA OP: _____													

OPERADOR: <u>Stolka Luciza</u>		TURNO: <u>noche</u>		RP-01: _____													
PRODUCTO: <u>fajardo Multigrano</u>		MÁQUINA: <u># 151</u>		CANTIDAD: <u>900 unid</u>													
Hora inicio orómetro: <u>121-0</u>		Hora terminación orómetro: <u>124-0</u>		Diferencia orómetro: <u>3,0</u>													
Golpe inicio máquina: <u>3327</u>		Golpe terminación máquina: <u>3796</u>		Golpe realizado: <u>469</u>													
Hora inicio operador: <u>20:45 pm</u>		Hora terminación operador: <u>00:35</u>		Hora trabajo operador: <u>3,35</u>													
Producto bueno: <u>900</u>		Cantidad por paquete: <u>8 X 120-60</u>		No. Pistas: <u>438</u>													
Producto mala calidad: <u>38</u>		Cantidad entregada: <u>8 X 25 kg</u>		Recibida por: <u>Stolka Luciza</u>													
Materia prima entrega por: <u>[Firma]</u>		Consumo materia prima (25 kilos)															
Observaciones: <u>En 60. Caudales los maletas con 1 guiso. Topo la caja de material contaminado. Pistas y puntal -</u>		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:10%;">Hora</th> <th style="width:10%;">Distribución</th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> <th style="width:10%;"></th> </tr> <tr> <td></td> <td>23:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Hora	Distribución						23:00				
Hora	Distribución																
	23:00																
FIRMA GP: _____		FIRMA MZ: _____		FIRMA EG: _____													
				FIRMA OP: _____													

ANEXO 2.

Solicitud de Mantenimiento Correctivo

<b>DON BOSCO</b> mecanoplast	<b>SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	RM - 06 Versión 1 2016-02-08
FECHA: (2017/08/18) 2017/08/17	Nº 0000364	
MÁQUINA: 51	TÉCNICO ASIGNADO: Edson Luna	
GRÓMETRO: 41417,68	MOLDE: _____	
<b>EVALUACIÓN DEL DAÑO:</b> La resistencia de la punta (Boquilla Avanzada) Picador 20h desguada		
<b>REPUESTOS Y MATERIALES EMPLEADOS:</b> 1 resistencia tipo dozalera 150W 220V		
<b>OBSERVACIONES:</b>		
 TÉCNICO ASIGNADO		 JEFE DE PRODUCCIÓN

### ANEXO 3.

### Pliego Tarifario Energía Eléctrica



Agencia de  
**Regulación y Control**  
de Electricidad

PERIODO:

ENERO - DICIEMBRE \*

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.


CARGOS TARIFARIOS

ENERO - DICIEMBRE \*\*

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD /kW-mes)	ENERGÍA (USD /kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD /Consumidor)
<b>CATEGORÍA</b>	<b>RESIDENCIAL</b>		
<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>BAJA Y MEDIA TENSIÓN</b>		
1-50		0,078	1,414
51-100		0,081	
101-150		0,083	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	

## ANEXO 4.

### Pliego Tarifario Agua Potable

<b>PLIEGO TARIFARIO EPMAPS</b>			
--------------------------------	--	---	--

CUADRO N° 1 PLIEGO TARIFARIO CONSUMOS: DOMESTICO, OFICIAL Y MUNICIPAL VIGENTE A PARTIR DE CONSUMOS DE JUNIO DE 2015						
CARGO FUO POR CONEXIÓN USD	RANGOS DE CONSUMO					
	0 - 11 m <sup>3</sup>		12 - 18 m <sup>3</sup>		> 18 m <sup>3</sup>	
	Tarifa básico USD	Tarifa adicional USD	Tarifa básico USD	Tarifa adicional USD	Tarifa básico USD	Tarifa adicional USD
2.10	0.00	0.31	3.41	0.43	6.42	0.72

CUADRO N° 2 PLIEGO TARIFARIO CONSUMOS COMERCIAL E INDUSTRIAL	
CARGO FUO CONEXIÓN USD	TARIFA USD/m <sup>3</sup>
2.10	0.72

CUADRO N° 3 Descuento por condición socioeconómica en función de la sectorización económica del suelo urbano del DMQ		
Sector Económico	Descuento	Sector económico
9	22.00%	Bajo
8	22.00%	Bajo-medio
7	10.00%	Bajo-alto
6	10.00%	Medio-bajo
5	5.00%	Medio
4		Medio-alto
3	0.00%	Alto-bajo
2		Alto-medio
1		Alto

\* La Metodología, conformación y cálculo por sector económico viene definido en la zona catastral municipal

## ANEXO 5.

### Cotización Mantenimiento Preventivo

# PROELEC&CONTROL DIEGO HIDALGO

**AUTOMATIZACION Y CONTROL ELECTRICO**  
QUITO-ECUADOR RUC: 1713492716001  
Maniana de Jesus y Los Cedrones 623  
92668870- 2086408

FECHA: 01/03/2018

**COTIZACION 26-18**

Nombre: Jorge Carrera  
Dirección: Chillogallo  
Atención: Jorge Carrera  
Presento la COTIZACIÓN de Servicios

RUC: 1715649925

CANT	Descripción	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD
1	Mantenimiento Mensual para Planta de Plásticos Sistema electrónico, mecánico e hidráulicos de Maquinas Inyectoras de Plástico (Promedio 3 Maquinas) 4 Horas semanales - 16 Horas mensuales  Nota - Promedio del Valor de Insumos para el Mantenimiento Mensual 600 USD	\$ 500,00	\$ 500,00

SUBTOTAL	\$ 500,00
IVA	12,00%
VALOR IVA	60,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 560,00</b>

Pago : 60 % anticipo y 40 % contra entrega.

ATT  
Ing Diego Hidalgo  
Ruc: 1713492716001

GRACIAS POR CONFIAR EN NOSOTROS

## ANEXO 6.

### Cotización Capacitación Operación Inyectoras

# PROLEC&CONTROL DIEGO HIDALGO

**AUTOMATIZACION Y CONTROL ELECTRICO**  
QUITO-ECUADOR RUC 1713492716001  
Mariana de Jesus y Los Cedrones 623  
92668870- 2866408

FECHA: 01/03/2018

**COTIZACION 28-18**

Nombre: Jorge Carrera  
Dirección: Chillogallo  
Atención: Jorge Carrera

RUC:1715649925

Presento la COTIZACIÓN de Servicios

CANT	Descripcion	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD
1	Capacitacion de Operación Maquinas Inyectoras 16 Horas de Capacitacion # de participantes maximo 10	\$ 600,00	\$ 600,00
SUBTOTAL			\$ 600,00
IVA			12,00%
VALOR IVA			72,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 672,00</b>

Pago : 60 % anticipo y 40 % contra entrega

ATT  
Ing Diego Hidalgo  
Ruc: 1713492716001

GRACIAS POR CONFIAR EN NOSOTROS

## ANEXO 7.

### Cotización Capacitación Sistema Hidráulico

# PROELEC&CONTROL DIEGO HIDALGO

**AUTOMATIZACION Y CONTROL ELECTRICO**  
QUITO-ECUADOR RUC 1713492716001  
Mariana de Jesus y Los Cedrones 623  
92668870- 2866408

FECHA: 01/03/2018

**COTIZACION 29-18**

Nombre: Jorge Carrera  
Dirección: Chillogallo  
Atención: Jorge Carrera

RUC:1715649925

Presento la COTIZACIÓN de Servicios

CANT	Descripcion	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD
1	Capacitacion Hidraulica de las Maquinas Inyectoras de Plastico # de participantes maximo 5 24 Horas de Capacitacion	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
SUBTOTAL			\$ 1.200,00
IVA			12,00%
VALOR IVA			144,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.344,00</b>

Pago : 60 % anticipo y 40 % contra entrega

ATT  
Ing Diego Hidalgo  
Ruc: 1713492716001

**GRACIAS POR CONFIAR EN NOSOTROS**