

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA MÁQUINAS
Y EQUIPOS DE MECANIZADO EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DEL SENA –
CENTRO METALMECÁNICO

OSCAR FABIAN MARTINEZ MORALES

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE POSGRADOS

BOGOTA

2019

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA MÁQUINAS
Y EQUIPOS DE MECANIZADO EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DEL SENA –
CENTRO METALMECÁNICO

OSCAR FABIAN MARTINEZ MORALES

Maestría en Gestión de Integridad y Corrosión

Director: Dr. Enrique Vera

Codirector: Mtr. Armando Salgado

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE POSGRADOS

BOGOTA

2019

TABLA DE CONTENIDO

1	Planteamiento del problema	14
2	Justificación	15
3	Objetivos	16
3.1	Objetivo General	16
3.2	Objetivos Específicos:	16
4	Marco Organizacional	17
4.1	Historia del Sena	17
4.2	Sena Distrito Capital	17
4.3	Centro metalmecánico	18
4.4	Misión	18
4.5	Visión	18
4.6	Ubicación	19
4.7	Ambiente de Formación	19
5	Marco Teórico	20
5.1	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centred Maintenance)	20
5.2	Niveles de Análisis de Causa Raíz	21
5.3	Herramienta FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos)	22
5.4	Matriz de Riesgo o Criticidad	23
5.5	Diagrama de Pareto	24
6	Marco Conceptual	26
7	Estado del Arte: (Científico y Tecnológico)	27
8	Desarrollo Metodológico	29
8.1	Metodología	29
8.2	Descripción del sistema de información	29
8.2.1	Torno paralelo convencional	29
8.2.2	Torno paralelo convencional TOS	32
8.2.3	Torno paralelo convencional AFM	32
8.2.4	Taladro Fresador	33

8.2.5	Esmeril.....	34
9	Diagnostico actual de los activos y plan de mantenimiento utilizado en el área de mantenimiento.....	36
9.1	Protocolo de Diagnostico.....	36
9.2	Pruebas en vacío para el diagnóstico de funcionamiento.....	44
9.3	Pruebas en vacío para el diagnóstico de verificaciones geométricas.....	45
9.4	Diagnóstico de maquinaria en el área de mantenimiento ambiente mecanizado.....	47
9.5	Análisis de Datos.....	91
9.6	Detección de Averías.....	93
9.7	Acciones para Mitigar Fallas.....	94
9.8	Valores con porcentajes de las acciones pertinentes para solucionar fallas.....	95
9.9	Porcentaje de Prioridad de Falla.....	96
10	Análisis Causa Raíz (RCA) de maquinaria área de mantenimiento ambiente de mecanizado.....	99
10.1	Análisis Hojas de vida.....	109
10.1.1	Análisis Hojas de vida Tornos Paralelos convencionales.....	109
10.1.2	Análisis Hojas de vida Taladros Fresadores.....	110
10.1.3	Análisis Hojas de vida Esmeriles.....	111
10.2	Diagramas de Pareto.....	112
10.2.1	Diagrama de Pareto Tornos Colchester.....	112
10.2.2	Diagrama de Pareto Tornos TOS y AFM.....	113
10.2.3	Diagrama de Pareto Taladro Fresador.....	114
10.3	Árbol de Fallas Frecuentes en Máquinas de Mecanizado.....	115
10.3.1	Análisis de Fallas Frecuentes en Torno Colchester.....	115
10.3.2	Análisis de Fallas Frecuentes en Torno AFM y TOS.....	121
10.3.3	Análisis de Fallas Frecuentes en Taladro Fresador.....	124
10.3.4	Análisis de Fallas Frecuentes en Esmeril.....	126
11	Análisis Modal de fallos y efectos (FMEA) para máquinas y equipos del ambiente 107, área de mantenimiento.....	128
12	Matriz de Criticidad de riesgos de máquinas y equipos de mecanizado del área de mantenimiento.....	151
12.1	Ponderación de Frecuencia de Falla.....	151
12.2	Ponderación Costo Mantenimiento.....	152

12.3	Ponderación Flexibilidad Operacional	153
12.4	Ponderación Impacto Operacional	154
12.5	Ponderación Seguridad, Salud y Medio Ambiente.	155
12.6	Matriz de ponderación de criticidad	156
12.7	Matriz de Criticidad.....	157
13	Propuesta de mejoramiento para el plan de mantenimiento de las máquinas y equipos de mecanizado del área de mantenimiento.....	158
13.1	Selección de Técnicas Predictivas	160
13.2	Inspección Térmica	162
13.3	Inspección de Vibraciones	165
13.4	Plan de mantenimiento Preventivo Ambiente 107 para el área de mantenimiento. ...	170
13.4.1	Plan de mantenimiento preventivo Torno Paralelo Convencional	170
13.4.2	Plan de mantenimiento preventivo Taladro Fresador	180
13.4.3	Plan de mantenimiento preventivo Esmeril	185
14	Conclusiones.....	187
15	Bibliografía.....	191

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación SENA Centro Metalmecánico	19
Figura 2. Ambiente 107	19
Figura 3. Diagrama Árbol de Falla.	21
Figura 4. Ponderación de Riesgo.....	22
Figura 5. Diagrama de Pareto.	24
Figura 6. Torno Paralelo convencional.....	30
Figura 7. Cabezal Móvil	30
Figura 8. Carro Transversal	31
Figura 9. Cabezal Fijo	31
Figura 10. Torno TOS.....	32
Figura 11. Torno AFM	32
Figura 12. Fresadora Kondor.....	33
Figura 13. Fresadora Kondia.	34
Figura 14. Esmeril Sivers & Hager	34
Figura 15. Esmeril Truper-Bench.....	35
Figura 16. Encabezado formato de Diagnostico.	36
Figura 17. Descripción de formato de Diagnostico.....	37
Figura 18. Estado de Máquinas y Equipos	92
Figura 19. Detección de Averías.....	94
Figura 20. Acciones a Ejecutar	94
Figura 21. Prioridad de Actividades	96
Figura 22. Ponderado total por sistemas de Maquinas del ambiente 107.....	98
Figura 23. Mantenimiento Tornos	109
Figura 24. Actividades Torno	109
Figura 25. Mantenimiento Fresadoras.....	110
Figura 26. Actividades Fresadoras	110
Figura 27. Mantenimiento Esmeriles.....	111
Figura 28. Actividades Esmeriles.....	111
Figura 29. Diagrama de Pareto Tornos	112
Figura 30. Diagrama de Pareto Tornos TOS y AFM.....	113
Figura 31. Diagrama de Pareto Fresadoras.....	114
Figura 32. Árbol de Falla Tuerca Carro Transversal	115
Figura 33. Tuerca en Bronce	116
Figura 34. Chaveta de Tuerca en Bronce	116
Figura 35. Árbol de Falla Pínula Cabezal Móvil	117
Figura 36. Pínula y Chaveta Cabezal móvil.....	118
Figura 37. Tornillo de Potencia y Dial.	118
Figura 38. Tuerca y Tornillo de Potencia.....	119

Figura 39. Árbol de Falla Bomba Sistema de Refrigeración	120
Figura 40. Moto Bomba Hidráulica.	121
Figura 41. Árbol de Falla Chaveta (Cuña) carro Transversal	121
Figura 42. Chaveta Carro Superior	122
Figura 43. Desgaste Chaveta Carro Superior	122
Figura 44. Árbol de Falla Tablero Eléctrico Torno.	123
Figura 45. Montajes Eléctricos.....	123
Figura 46. Árbol de Falla en Divisor	124
Figura 47. Desgaste en Componentes Divisor Taladro Fresador	125
Figura 48. Árbol de Falla en Rodamiento Rígido De Bolas.....	126
Figura 49. Desgaste Acoples y Tapas de Protección	127
Figura 50. Contactor inversor de giro sistema eléctrico taladro fresador.....	164
Figura 51. Motor Principal Torno Colchester	165
Figura 52. Espectro del punto 1 Vertical.....	166
Figura 53. Espectro del punto 1 Horizontal	166
Figura 54. Espectro del punto 1 Aceleración	166
Figura 55. Espectro del punto 1 Axial	167
Figura 56. Espectro del punto 2 Vertical.....	167
Figura 57. Espectro del punto 2 Horizontal	167
Figura 58. Espectro del punto 2 Axial	168
Figura 59. Espectro del punto 2 Aceleración	168

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Maquinas del Ambiente 107	43
Tabla 2. Diagnostico Torno Colchester 01	47
Tabla 3. Diagnostico Mecánico Torno Colchester 01.....	48
Tabla 4. Diagnostico Eléctrico Torno Colchester 01	49
Tabla 5. Diagnostico Torno Colchester 02	50
Tabla 6. Diagnostico Mecánico Torno Colchester 02.....	51
Tabla 7. Diagnostico Eléctrico Torno Colchester 02	52
Tabla 8. Diagnostico Torno Colchester 03	53
Tabla 9. Diagnostico Mecánico Torno Colchester 03.....	54
Tabla 10. Diagnostico Eléctrico Torno Colchester 03	55
Tabla 11. Diagnostico Torno Colchester 04	56
Tabla 12. Diagnostico Mecánico Torno Colchester 04.....	57
Tabla 13. Diagnostico eléctrico Torno Colchester 04	58
Tabla 14. Diagnostico Torno Colchester 05	59
Tabla 15. Diagnostico Mecánico Torno Colchester 05.....	60
Tabla 16. Diagnostico Eléctrico Torno Colchester 05	61
Tabla 17. Diagnostico Torno Colchester 06	62
Tabla 18. Diagnostico Mecánico Torno Colchester 06.....	63
Tabla 19. Diagnostico Eléctrico Torno Colchester 06	64
Tabla 20. Diagnostico Torno Colchester 07	65
Tabla 21. Diagnostico Mecánico Torno Colchester 07.....	66
Tabla 22. Diagnostico Eléctrico Torno Colchester 07	67
Tabla 23. Diagnostico Torno Tos 01- Torno Tos 02.....	68
Tabla 24. Diagnostico Mecánico Torno Tos 01	69
Tabla 25. Diagnostico Eléctrico Torno Tos 01.....	70
Tabla 26. Diagnostico Mecánico Torno Tos 02	71
Tabla 27. Diagnostico Eléctrico Torno Tos 02	72
Tabla 28. Diagnostico Torno AFM.....	73
Tabla 29. Diagnostico Mecánico Torno AFM	74
Tabla 30. Diagnostico Eléctrico Torno AFM	75
Tabla 31. Diagnostico Fresadora Kondia 01 -02. Kondor 01.....	76
Tabla 32. Diagnostico Mecánico Fresadora Kondia 01	77
Tabla 33. Diagnostico Eléctrico Fresadora Kondia 01	78
Tabla 34. Diagnostico Mecánico Fresadora Kondia 02	79
Tabla 35. Diagnostico Eléctrico Fresadora Kondia 02	80
Tabla 36. Diagnostico Mecánico Fresadora Kondor 01.....	81
Tabla 37. Diagnostico Eléctrico Fresadora Kondor 01	82
Tabla 38. Diagnostico Esmeriles.....	83
Tabla 39. Diagnostico Electromecánico Esmeril Silvers hager 01	84

Tabla 40. Diagnostico Electromecánico Esmeril Silvers hager 02	85
Tabla 41. Diagnostico Electromecánico Esmeril Silvers hager 03	86
Tabla 42. Diagnostico Esmeriles.....	87
Tabla 43. Diagnostico Electromecánico Esmeril Silvers hager 04	88
Tabla 44. Diagnostico Electromecánico Esmeril Bench Grinder 05	89
Tabla 45. Diagnostico Electromecánico Esmeril Truper 06.....	90
Tabla 46. Clasificación de estados de las máquinas y equipos.	91
Tabla 47. Detección de Averías	93
Tabla 48. Acciones para ejecutar	95
Tabla 49. Prioridad de Actividades	96
Tabla 50. Maquinas por Sistemas.	97
Tabla 51. Hoja de vida Torno Colchester 01	99
Tabla 52. Hoja de vida Torno Colchester 02	100
Tabla 53. Hoja de vida Torno Colchester 03	100
Tabla 54. Hoja de vida Torno Colchester 04	101
Tabla 55. Hoja de vida Torno Colchester 05	101
Tabla 56. Hoja de vida Torno Colchester 06.	102
Tabla 57. Hoja de vida Torno Colchester 07.	102
Tabla 58. Hoja de vida Torno Tos 01.....	103
Tabla 59. Hoja de vida Torno Tos 02.....	103
Tabla 60. Hoja de vida Torno AFM.....	104
Tabla 61. Hoja de vida Fresadora Kondia 01.....	104
Tabla 62. Hoja de vida Fresadora Kondia 02.....	105
Tabla 63. Hoja de vida Fresadora Kondor 01.....	105
Tabla 64. Hoja de vida Esmeril Hager 01	106
Tabla 65. Hoja de vida Esmeril Hager 02	106
Tabla 66. Hoja de vida Esmeril Hager 03	107
Tabla 67. Hoja de vida Esmeril Hager 04	107
Tabla 68. Hoja de vida Esmeril Bench Grinder.....	108
Tabla 69. Hoja de vida Esmeril Truper	108
Tabla 70. Mantenimientos y actividades de los Tornos.....	109
Tabla 71. Mantenimientos y Actividades Fresadoras	110
Tabla 72. Mantenimientos y Actividades de los Esmeriles	111
Tabla 73. Diagrama Pareto Tornos.....	112
Tabla 74. Diagrama de Pareto Tornos TOS y AFM	113
Tabla 75. Diagrama de Pareto Taladro Fresador	114
Tabla 76. FMEA Fresadora Cabezal.....	129
Tabla 77. FMEA Fresadora - Bomba Hidráulica.....	130
Tabla 78. FMEA Fresadora - Mesa y Cuerpo	131
Tabla 79. FMEA Fresadora - Mesa, Cuerpo, Visualizador.	132
Tabla 80. FMEA Fresadora Visualizador.....	132
Tabla 81. FMEA Fresadora - Mesa y Cuerpo	133

Tabla 82. FMEA Fresadora - Sistema de Refrigeración	133
Tabla 83. FMEA Fresadora – Sistema transmisión de potencia.....	134
Tabla 84. FMEA Fresadora – Sistema Eléctrico.....	135
Tabla 85. FMEA Torno Paralelo Convencional – Sistema Eléctrico.....	136
Tabla 86. FMEA Torno Paralelo Convencional – Sistema Eléctrico.....	137
Tabla 87. FMEA Torno Paralelo Convencional – Bancada y Caja Norton	138
Tabla 88. FMEA Torno Paralelo Convencional – Carro Longitudinal	139
Tabla 89. FMEA Torno Paralelo Convencional - Carro Transversal y Superior	139
Tabla 90. FMEA Torno Paralelo Convencional - Cabezal Móvil (Contrapunto).	141
Tabla 91. FMEA Torno Paralelo Convencional - Sistema Hidráulico (Refrigeración)	142
Tabla 92. FMEA Torno Paralelo Convencional - Sistema de Seguridad	143
Tabla 93. FMEA Esmeriles –Sistema Transmisión de Potencia.....	144
Tabla 94. FMEA Esmeriles – Sistema de apoyos - Sistema Eléctrico.....	145
Tabla 95. Ponderación Frecuencia de Falla.....	151
Tabla 96. Ponderación Frecuencia de Falla Ambiente 107.....	151
Tabla 97. Ponderación costo de Mantenimiento	152
Tabla 98. Ponderación costo de Mantenimiento Ambiente 107	152
Tabla 99. Ponderación Flexibilidad Operacional.....	153
Tabla 100. Ponderación Flexibilidad Operacional Ambiente 107	153
Tabla 101. Ponderación Impacto Operacional.....	154
Tabla 102. Ponderación Impacto Operacional Ambiente 107.....	154
Tabla 103. Ponderación Seguridad, Salud y Medio Ambiente.....	155
Tabla 104. Ponderación Seguridad, Salud y Medio Ambiente 107.....	155
Tabla 105. Matriz de Criticidad	156
Tabla 106. Matriz Criticidad Ambiente 107	157
Tabla 107. Tabla Actividades Torno	158
Tabla 108. Actividades Fresadora	159
Tabla 109. Actividades Esmeriles.....	159
Tabla 110. Selección de técnica predictiva para un motor eléctrico.....	160
Tabla 111. Selección técnica predictiva para un Tablero Eléctrico.....	161
Tabla 112. Selección técnica predictiva para una Caja Reductora.	161
Tabla 113. Reporte Técnico Tablero Eléctrico Torno Paralelo.....	163
Tabla 114. Reporte Técnico	164
Tabla 115. Ponderación Falla en contactor	165
Tabla 116. Informe Técnico de vibraciones en Motor Eléctrico	169
Tabla 117. Carro Transversal Torno Paralelo Convencional.	171
Tabla 118. Carro Móvil Torno Paralelo Convencional.....	172
Tabla 119. Sistema de Refrigeración Torno Paralelo Convencional.	173
Tabla 120. Sistema de automáticos y roscado Torno Paralelo Convencional.	174
Tabla 121. Cabezal Fijo, Bancada, Carro Longitudinal Torno Paralelo Convencional.....	175
Tabla 122. Sistema Eléctrico Torno Paralelo Convencional.....	177
Tabla 123. Actividades Preventivas Carro Superior	178

Tabla 124. Actividades Preventivas Carro Transversal Torno Paralelo Convencional.	179
Tabla 125. Sistema de Energizado Torno Paralelo Convencional	180
Tabla 126. Cabezal Taladro Fresador	180
Tabla 127. Carro Longitudinal Taladro Fresador.....	181
Tabla 128. Carros de Avance Taladro Fresador	182
Tabla 129. Actividades Preventivas Cuerpo Taladro Fresador	183
Tabla 130. Actividades Preventivas Sistema Eléctrico Taladro Fresador.....	184
Tabla 131. Actividades Preventivas Sistema Mecánico Esmeril	185
Tabla 132. Actividades Preventivas Sistema Eléctrico Esmeril	186
Tabla 133. Matriz de Criticidad (Frecuencia-Consecuencia).....	189

Resumen

El desarrollo del proyecto se realizara en las instalaciones del SENA Centro Metalmecánico, en el área de mantenimiento electromecánico en el ambiente de formación de mecanizado, codificado con el número 107; El objeto de estudio del proyecto se basa en el diagnóstico del estado actual de los activos y plan de mantenimiento utilizado en el área de mantenimiento, para con ello elaborar un análisis causa raíz (RCA) y un análisis de efectos de modo de falla (FMEA) de máquinas y equipos, simultáneamente se plantea una matriz de riesgos y como último plantear una propuesta de mejoramiento para el plan de mantenimiento de equipos de mecanizado del área de mantenimiento.

Abstract

The development of the project will be carried out in the facilities of SENA Metalworking Center, in the area of electromechanical maintenance in the machining training environment, coded with number 107; The object of study of the project is based on the diagnosis of the current state of the assets and the maintenance plan used in the maintenance area, in order to elaborate a root cause analysis (RCA) and an analysis of the effects of failure mode (FMEA) of machines and equipment, simultaneously a risk matrix is proposed and, as a last point, an improvement proposal for the maintenance plan for machining equipment in the maintenance area.

Introducción

Actualmente las organizaciones tienen que estar orientadas y fundamentadas a la mejora continua, mediante la gestión del cambio en sus procesos, procedimientos y métodos de desempeño, integrando todas sus áreas en una sola red de trabajo, que busca un mismo fin, el crecimiento autónomo y eficaz de la empresa. Durante los últimos años el SENA tiene en su filosofía, un sistema integrado de gestión y autocontrol que busca aumentar la calidad y calidez en la realización de sus productos y servicios, sin desprenderse de su vocación que es la formación para el trabajo y la vida.

En el SENA Centro Metalmecánico área de mantenimiento, se están presentando constantemente fallas y averías en las máquinas y equipos, (Tornos, Fresadoras y Esmeriles) utilizados en formación, estos factores generan atrasos en la programación de ambientes, desprogramación de instructores, deserción de aprendices y mala calidad en los futuros técnicos y tecnólogos electromecánicos y de mantenimiento mecánico del país.

En este proyecto se pretende dar a conocer un diagnóstico de fallas y averías electromecánicas del ambiente de formación de mecanizado 107, analizando las hojas de vida de las máquinas y equipos del año 2018, paulatinamente se realizara un análisis técnico, del estado de las máquinas de acuerdo a la funcionabilidad de sus componentes y determinar posibles mejoras al plan de mantenimiento preventivo. En segundo lugar se realiza un análisis mediante diagramas de Pareto, para realizar estudios de árbol de falla de cada uno de los sistemas que más repercutieron en falla en este último año, con la recopilación de esta información se generan formatos con análisis modal de fallos y efectos (FMEA) de cada sistema de las máquinas, identificando los modos de falla y causas más riesgosas para el buen rendimiento de las mismas.

Una vez identificadas estas actividades el grupo de trabajo conformado por instructores del área de mantenimiento, junto con aprendices técnicos y tecnólogos, plantean una matriz de criticidad para cada máquina y equipo basada en la experticia y datos suministrados en los últimos años. Por último se da inicio al diseño de mejora, del plan de mantenimiento preventivo, que busca predecir futuras fallas electromecánicas mediante técnicas de análisis predictivo para de esta forma mitigar y controlar futuras fallas.

1 Planteamiento del problema

En la actualidad en el SENA –Complejo sur-Centro metalmecánico; El área de mantenimiento en sus ambientes de formación de mecanizado no posee una matriz de riesgos que permita evaluar la criticidad de todas las máquinas y equipos lo que genera una mala selección de repuestos y maquinaria fuera de servicio. Por otro lado no existe un análisis RCM que permita evaluar mediante un análisis modal de fallos y efectos (FMEA), la causa raíz de todos los posibles daños, para de esta manera poder mitigar con ajustes en las actividades o prevenir mediante un plan mantenimiento preventivo acorde a los datos suministrados por las Hojas de vida y ordenes de trabajo emitidas y ejecutadas a las máquinas y equipos del área.

2 Justificación

Actualmente en el área de Mantenimiento del Centro Metalmecánico del SENA cuenta entre sus activos de mecanizado con: Tornos paralelos, Taladros Fresadores, Taladros de columna y Esmeriles; Dichas máquinas y equipos están presentando constantemente diversas fallas y averías en sus componentes, afectando de manera notable la formación de los aprendices del centro, como consecuencia de esto, se presenta la necesidad de elaborar una propuesta de mejora, la cual se enfoque en identificar las causas principales de dichas problemáticas, mediante el uso de técnicas de gestión de activos para el aumento de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los mismos.

Las Máquinas y Equipos de mecanizado del área de mantenimiento, presentan frecuentemente fallas y averías en sus sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos, los cuales son mitigados mediante un mantenimiento correctivo, sin contar con un procedimiento técnico, ni causa raíz de la falla, que puedan llegar a precisar si es problema de diseño, mantenimiento, método y operación.

El plan de mantenimiento actual no es muy efectivo, ya que en el área no existe una matriz de riesgo, el análisis del modo de falla está muy desfasado en las causas y consecuencias de falla, ausencia de repuestos e insumos, personal no capacitado, diagnósticos no asertivos, cultura organizacional y gestión del cambio, están generando que las máquinas y equipos del área de mantenimiento se deterioren a una velocidad muy elevada y lo más crítico es el fin del ciclo de vida de los mismos.

Hoy en día el área de mantenimiento no cuenta con información exacta, ni precisa, lo que está ocasionando: Ordenes de trabajo erradas, solicitud de repuestos e insumos no estandarizados, diagnósticos de falla mal efectuados, planes de mantenimiento preventivo que no son pertinente para el caso y personal de mantenimiento mal programado

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Implementar un modelo RCM, para establecer el comportamiento y determinar la matriz de riesgo de máquinas y equipos de mecanizado en el área de mantenimiento del SENA – Centro Metalmecánico.

3.2 Objetivos Específicos:

Diagnosticar estado actual de los activos y plan de mantenimiento utilizado en el área de mantenimiento.

Realizar un análisis causa raíz (RCA) y un análisis de efectos de modo de falla (FMEA) de máquinas y equipos de mecanizado del área de mantenimiento.

Realizar una matriz de riesgos de máquinas y equipos de mecanizado del área de mantenimiento.

Plantear propuesta de mejoramiento para el plan de mantenimiento de las máquinas y equipos de mecanizado del área de mantenimiento.

4 Marco Organizacional

4.1 Historia del Sena

“El SENA nació durante el gobierno de la Junta Militar -posterior a la renuncia del General Gustavo Rojas Pinilla-, mediante el Decreto Ley 118, del 21 de junio de 1957. Su función, definida en el Decreto 164 del 6 de agosto de 1957, fue brindar formación profesional a trabajadores, jóvenes y adultos de la industria, el comercio, el campo, la minería y la ganadería. Su creador fue Rodolfo Martínez Tono”.

“El Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, es un establecimiento público del orden nacional, con personería jurídica, patrimonio propio e independiente, y autonomía administrativa; Adscrito al Ministerio del Trabajo de Colombia. Ofrece formación gratuita a millones de colombianos que se benefician con programas técnicos, tecnológicos y complementarios que enfocados en el desarrollo económico, tecnológico y social del país, entran a engrosar las actividades productivas de las empresas y de la industria, para obtener mejor competitividad y producción con los mercados globalizados”.

“La Institución está facultada por el Estado para la inversión en infraestructura necesaria para mejorar el desarrollo social y técnico de los trabajadores en las diferentes regiones, a través de formación profesional integral que logra incorporarse con las metas del Gobierno Nacional, mediante el cubrimiento de las necesidades específicas de recurso humano en las empresas, a través de la vinculación al mercado laboral -bien sea como empleado o subempleado-, con grandes oportunidades para el desarrollo empresarial, comunitario y tecnológico”¹.

4.2 Sena Distrito Capital

“Atiende la población que reside en las 20 localidades que conforman el Distrito Capital, a través de sus 15 centros de formación ubicados en puntos estratégicos de la ciudad y en los barrios periféricos a través de convenios de ampliación de cobertura con entidades como: el Instituto San Pablo Apóstol, Fundación San Felipe Neri, San Camilo y la Sociedad Salesiana. Los centros de Bogotá ofrecen formación en topografía, propiedad horizontal, construcción, suelos, muebles, obras civiles, guadua, mobiliario, redes, refrigeración, electricidad, telecomunicaciones, producción industrial, gestión ambiental, salud ocupacional, industria de la moda, confección industrial, calzado y marroquinería, mantenimiento de automotores, carpintería, entre otros.

¹Sena 2018. Consultado 15/11/18. Disponible en: <http://www.sena.edu.co/es-co/Paginas/default.aspx>

El SENA Bogotá ofrece formación titulada y complementaria a los diferentes sectores de la economía nacional, teniendo como pilares la inserción laboral y el establecimiento de alianzas para el trabajo con diferentes empresas”².

4.3 Centro metalmecánico

“El Centro Metalmecánico cuenta con tres áreas de trabajo que son, Formación en automatización y mecatrónica, formación en mantenimiento y formación en mecanizado”².

4.4 Misión

“El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) se encarga de cumplir la función que le corresponde al Estado de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la Formación Profesional Integral gratuita, para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país”².

4.5 Visión

“En el 2018 el SENA será reconocido por la efectividad de su gestión, sus aportes al empleo decente y a la generación de ingresos, impactando la productividad de las personas y de las empresas; que incidirán positivamente en el desarrollo de las regiones como contribución a una Colombia educada, equitativa y en paz”².

²SENA 2018, consultado 15/11/18. Disponible en: <http://metalmecanicosena.blogspot.com/>

4.6 Ubicación

“El Sena sede complejo sur, centro metalmeccánico está ubicado en la ciudad de Bogotá en la Avda. Cra 30 No. 17b-25 Sur. Teléfono 5960050 IP 15023”.³

Figura 1. Ubicación SENA Centro Metalmeccánico



Fuente: SENA Centro Metalmeccánico, Consultado el día 15 junio 2018. (Disponible vía internet) Google maps.

4.7 Ambiente de Formación

El ambiente de formación donde se desarrollara el estudio de caso es el número 107 área de mantenimiento.

Figura 2. Ambiente 107



Fuente: Propia

³SENA 2018, consultado 15/11/18. Disponible en: <http://metalmeccanicosena.blogspot.com/>

5 Marco Teórico

A continuación se definen las técnicas utilizadas en el desarrollo de la investigación, las cuales permitirán utilizar una ciencia en la solución de un problema, para este caso en específico la gestión de activos mediante un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad.

5.1 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centred Maintenance)

“Es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una central de ciclo combinado y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico. El objetivo fundamental de la implantación de un mantenimiento centrado en fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento”⁴Implementar una metodología RCM para en el SENA Centro Metalmecánico área de mantenimiento ayudaría en:

Actualizar plan de mantenimiento, determinación de insumos repuestos, mitigar y controlar Fallas y Averías de los sistemas de las máquinas y Equipos, rediseños y modificaciones de elementos. La metodología RCM indaga posibles situaciones ocurridas en máquinas y equipos que permiten evidenciar mejor la causa raíz de la falla:

Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento de cada sistema?

Como falla cada equipo?

Cuáles son sus hipótesis?

Qué causas y consecuencias tiene cada fallo?

Que debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

Una vez generado este cuestionario se establecen criterios para identificar todos los posibles fallos y mitigación de los mismos, mediante un plan de mantenimiento preventivo y mediciones predictivas, que establezcan parámetros de selección de personal, insumos, repuestos y recursos.

⁴GARCIA,Garrido Mantenimiento programado en central de ciclo combinado 2012. pag.87. ediciones Díaz de santos.

5.2 Niveles de Análisis de Causa Raíz

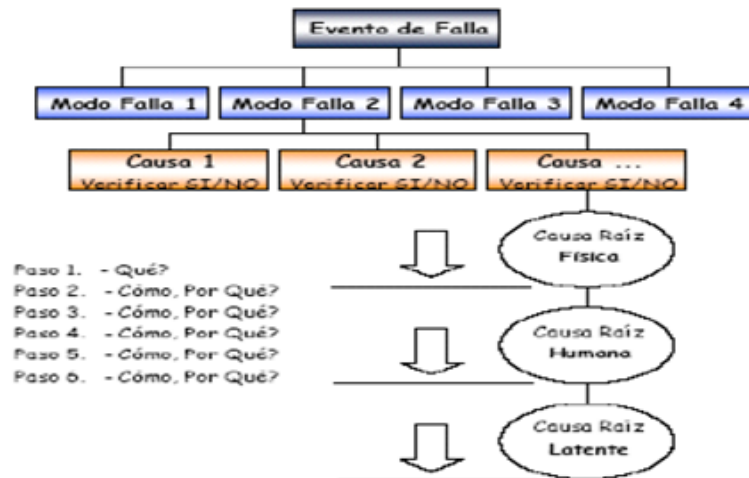
El éxito de un árbol de falla se inicia mediante la identificación de la causa raíz que origina esos modos de falla que se necesitan mejorar, para ello se debe tener en cuenta tres definiciones importantes:

“Causa Raíz Física: Reúne todas las situaciones o manifestaciones de origen físico que afectan directamente la continuidad operativa de los equipos o planta, sino un punto de partida localizada.

Causa Raíz Humanas: Aquí se encuentran todos los errores cometidos por el factor humano y que inciden directa o indirectamente en la ocurrencia de la falla esta es una de las categorías en la que se podía encontrar la causa raíz.

Causa Raíz Latente: Todos aquellos problemas que aunque nunca hayan ocurrido son factibles su ocurrencia, entre ellos: falta de procedimiento para arranque o fuera de servicio, personal de mantenimiento sin capacitación, inapropiados procedimientos de operación entre otros.”⁵

Figura 3. Diagrama Árbol de Falla.



Fuente: ECOPEL S.A. Manual para la Aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas. P39

⁵ Latido. Robert J. Root Cause Analysis. 2ed.CRC Press LLC, Virginia, 2002 p103

5.3 Herramienta FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos)

Es una herramienta técnica de análisis preventivo, aplicable a los sistemas con riesgos potencial de no alcanzar los objetivos de fiabilidad y mantenibilidad para los que han sido previstos, así mismo cuantifica y evalúa el riesgo de fallo en los sistemas. El sistema puede ser un producto, un proceso de trabajo y un medio de producción, se analizan todas las características del producto y todas las operaciones del proceso, de una forma exhaustiva buscando todos los posibles riesgos que se puedan presentar para el cliente. Por cada fallo potencial que se pueda presentar se hace una estimación del efecto que pueda tener el sistema, tomando las acciones necesarias para minimizar el efecto de este, mediante la eliminación de las causas que originan estos defectos. El especialista será el encargado de ponderar la matriz según parámetros de afectación en las actividades normales de la máquina.

Figura 4. Ponderación de Riesgo.

S (Severidad) Cuan severo es el efecto de este tipo de defecto en el respectivo cliente		O (Probabilidad de Ocurrencia) Cuan probable es que el tipo de defecto examinado ocurra en el cliente		D (Probabilidad de no ser detectado) Cuan probable es que el defecto llegue al cliente	
CRITERIO	PUNTAJÓN	CRITERIO	PUNTAJÓN	CRITERIO	PUNTAJÓN
Efecto de falla muy grave - La falla puede provocar situaciones de peligro (lesiones) - No conformidades con las normas legales - Descompostura total del producto con posterior daño	10	Ratio de falla muy alto Fallos ocurren a gran escala (>100,000 ppm o > 10%)	10	Falla será pasada a cliente sin ser detectada Descubrimiento de la falla es improbable. La fiabilidad de la detección no puede ser probada, procedimientos de prueba inciertos	10
Efecto de falla alto - Operatividad restringida del producto o partes - Gran molestia de cliente - Retrabajos o empleo de servicios	8	Ratio de falla alto Fallos ocurren muy frecuentemente (<100,000 ppm o <10%)	8	Detección mínima Descubrimiento de la falla es menos probable. La fiabilidad de la detección probablemente no puede ser probada	8
Efecto de falla moderado - Leve deterioro del producto (perceptible por el cliente) - Descontento del cliente - Servicio al cliente	5	Ratio de falla bajo Fallos ocurren ocasionalmente (<10,000 ppm o <1%)	5	Detección baja Falla es descubierta principalmente. Fiabilidad de la detección puede ser probada, procedimientos de prueba son relativamente certeros	5
Efecto de falla bajo - Ligero deterioro óptico - Ligera molestia del cliente - Costos leves	3	Ratio de falla bajo Fallos ocurren raramente (<1,000 ppm o <0.1%)	3	Detección alta Falla es descubierta con alta probabilidad. Confirmado por varios métodos independientes	3
Efecto de falla no perceptible - Deterioro de la función solo reconocible por el técnico - Costos mínimos - Deterioro ópticamente no percibido	1	No hay acontecimientos conocidos sobre productos similares Aproximadamente no ocurre fallos	1	Detección muy alta Definitivamente la falla es descubierta	1

Fuente. Bosch Group. Problem solving

La implementación de la herramienta FMEA aplicada al proyecto contribuye principalmente a la mejora en el mantenimiento de los equipos permitiendo obtener una matriz viable para el desarrollo de cada actividad de mejora y preservación de los activos del área de mantenimiento. Al mismo tiempo se desea desarrollar un trabajo mancomunado entre las áreas de la compañía como calidad, producción, mantenimiento e ingeniería para indagar e investigar los riesgos principales del proceso y producto que permita asegurar su calidad, garantizar la capacidad del proceso de aprendizaje, optimización de recursos utilizados y reducción de costos.

5.4 Matriz de Riesgo o Criticidad

“Son Herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan” ⁶

En el desarrollo de un estudio confiabilidad se debe entrar a evaluar condiciones de funcionamiento de equipo, variables dependientes, condiciones de suministro, seguridad industrial y medio ambiente, permitiendo al investigador un concepto más asertivo hacia su análisis metodológico y preciso de falla de máquina y equipo, una matriz utilizada en el mantenimiento industrial es el análisis de criticidad.

Un análisis de criticidad de equipo permite categorizar las máquinas y equipos según su importancia en varios campos de desarrollo interno de una empresa, cabe resaltar que cada matriz se acomoda de acuerdo a la necesidad de cada sistema de producción.

Una matriz de criticidad evalúa afectación en producción, costo de mantenimiento, costo y disponibilidad en almacén, seguridad ocupacional y seguridad en el trabajo, un aspecto para la buena implementación es la experiencia de las personas consultadas quienes deben estar directamente asociados a cada máquina y/o relacionadas en cada proceso de producción en los cuales intervengan dichas máquinas y equipos. Un punto importante que sirve de apoyo en el análisis de frecuencia de falla de equipo y que permite de paso evaluar criterios de mantenimiento para futuras programaciones y planeaciones es una hoja de vida de maquina o equipo, que involucre datos exactos y pertinentes para poder realizar una ponderación en la alimentación de la matriz de criticidad.

En el desarrollo de la matriz de criticidad es necesario en listar las máquinas y equipos que más repercuten en el proceso de producción, esta lista puede ser realizada por los jefes de área quienes deben tener conocimientos previos y criterios de funcionamiento de las mismas y lo que genera la ausencia de cada una en el proceso. Si no se tienen datos de equipos se debe regir netamente por matrices ya estructuradas y guiarse por el conocimiento técnico de los operarios de cada área mediante encuestas que orienten el proceso asertivo de la matriz.

⁶PARRA, Carlos. CRESPO, Adolfo Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos, edita INGEMAN 2012

5.5 Diagrama de Pareto.

Es un diagrama en el cual se relaciona los resultados indeseables y se utilizan para averiguar cuál es el principal problema, existen dos tipos de diagramas de Pareto:

Diagramas de fenómenos. Se utilizan para determinar cuál es el principal problema que origina el resultado no deseado. Estos problemas pueden ser de calidad, costo, entrega, seguridad u otros.

Diagramas de causas. Se emplean para, una vez encontrados los problemas importantes, descubrir cuáles son las causas más relevantes que los producen.

“El diagrama de Pareto está basado en la “ley 80-20” o de “los pocos vitales y muchos triviales”, enunciada por el economista italiano Vilfredo Pareto a principios de siglo. Pareto se dio cuenta de que la mayor parte de la riqueza de Italia se concentraba en manos de una pequeña parte de la población, quedando el resto distribuido entre la mayoría. Aplicando este mismo principio, cuando dividimos las causas que explican un problema en la organización, si somos capaces de cuantificar su efecto (p.ej. en coste), nos daremos cuenta generalmente de que sólo con unos pocos factores se explica la mayor parte del efecto. Esto nos permite focalizar los esfuerzos en esas causas principales. En esto consiste la “Ley 80-20”: en un 20% de los factores o causas se concentra el 80% del efecto. Por supuesto, son números redondos, simbólicos. También es conocido este principio como “clasificación ABC”: los factores o causas “A” se corresponderían con el 20% que soporta el 80% del peso total del problema.”

Figura 5. Diagrama de Pareto.



Fuente: Diagrama de Pareto. Universidad de Vigo (Consulta el día 15 Mayo 2018)(Disponible vía internet) <http://gio.uvigo.es/asignaturas/gestioncalidad/GCal0405.DiagramaPareto.pdf>

“El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los “pocos vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha. El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo. Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos, por ellos hay que saber identificar de forma específica cual es el 20% de las causas totales. El principal uso que tiene este diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización”.⁷

⁷González G. Rodrigo. 2012 (Consulta el 15 de Mayo de 2018) (Disponible vía Internet) artículo <https://www.pdcahome.com/diagrama-de-pareto/>

6 Marco Conceptual

A continuación, se describen los conceptos involucrados en la investigación definidos por el autor del proyecto, con el propósito de dar a conocer el contexto de ellos en la formación del SENA Centro metalmecánico en el área de mantenimiento.

Ambiente: Lugar de formación donde se desarrollan las practicas.

Detectabilidad: Mide si la falla es previsible y si llega a ocurrir, es fácil encontrar la causa de falla.

Flexibilidad Operacional: Existencia del respuesta o se debe subcontratar.

Frecuencia: Cada cuanto ocurre la falla de la maquina o equipo con respecto al tiempo.

Complejidad de falla: Se requiere un personal calificado para solucionar la falla.

Complejidad en producción: El operario de la maquina o equipo es una persona tecnificada.

Complejidad de Ubicacional: Se requiere permiso de trabajo (En alturas, espacios confinados en caliente en frio).

Costo Mantenimiento: El valor del mantenimiento correctivo repercute en producción.

Impacto operacional: La falla puede generar perdida de todo el producto.

Mecanizado: Es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión, en mecánica existe una gran variedad de maquinas que permiten realizar una gran variedad de operaciones de arranque de viruta.

Seguridad, salud y medio ambiente en el trabajo: Afecta la vida humana y del medio ambiente.

7 Estado del Arte: (Científico y Tecnológico)

En la exploración del fenómeno de investigación y realizando una exhaustiva recopilación de datos que permitan enfocar de manera sensata y real acontecimientos ocurridos a máquinas y herramientas de mecanizado se encontraron documentos de campo y de investigación aplicada que sirven de apoyo para el desarrollo del análisis de confiabilidad de activos.

El primer documento de los encontrados, RUIZ Jaime afirma sobre la *experiencia operativa*: “La experiencia operativa se basa principalmente en la habilidad de los operarios de la planta de prever y solucionar una posible situación peligrosa, en base a los conocimientos adquiridos en sus años de trabajo en la planta o unidad concreta dentro de la refinería y las consecuencias producidas en anteriores ocasiones por los fallos producidos; para ser capaz de actuar de una manera eficiente ante cualquier situación. La matriz de riesgo es una técnica utilizada en análisis de riesgo industrial. En el caso concreto de una refinería se analiza el nivel de las consecuencias de cada posible escenario peligroso, así como su probabilidad de ocurrencia. En función de la valoración que la empresa haga de las consecuencias, desde catastrófica como sería un fallo con un número elevado de muertes o unas pérdidas muy cuantiosas en producción y activos, hasta leve como sería por ejemplo un fallo concreto de una válvula de corte o de un controlador. Así como de la probabilidad de ocurrencia de las mismas, desde muy improbable que no se espera que suceda en toda la vida de la planta hasta frecuente, se podrá catalogar el escenario dentro de una rango de aceptabilidad definido por: Alto riesgo, Riesgo medio ,Bajo riesgo”.⁸

El segundo documento Suarez Leonardo afirma “Adicionalmente se entrevistaron a los operadores y técnicos de mantenimiento que laboraban en la llenadora Trpko IV para añadir nuevos modos de falla que no ocurrieron dentro del periodo de observación pero eran del conocimiento del personal que trabaja día a día con la máquina. Luego se recurrió al sistema SAP en donde se revisaron todos los reportes de falla de los últimos seis meses de la llenadora para agregar aquel modo de falla que aún no hubiese sido incluido”.⁹

⁸RUIZ, Jaime. 2009 Determinación de modos de fallo y sus efectos en máquinas de la industria petroquímica

⁹Suarez, Leonardo 2006. Análisis de modo y efecto de falla de una llenadora tipo línea margarita.

Es muy importante contar con la experticia del personal humano en campo, ya que se puede analizar los datos de manera más precisa y exacta a la hora de evaluar y ponderar una matriz de riesgo y en el desarrollo de un análisis modal de fallos y efectos FMEA.

En el centro metalmecánico en el área de mantenimiento, se ha venido trabajando en el levantamiento de información pertinente para la gestión de repuestos como parte integral de la formación; En el 2013 se inició un proceso de gestión de activos que no fue exitoso por falta de comunicación asertiva en el interior del área, tampoco existió un control de datos, solo fueron formatos internos diligenciados, sin ningún estándar ni seguimiento. Este proceso jamás fue documentado, ni referenciado, lo cual hace, que esta investigación parta de elementos dispersos y algo confusos.

8 Desarrollo Metodológico

8.1 Metodología

El método de Investigación seleccionado es el Inductivo dado que este método permite llegar a conclusiones finales basado en cuatro pilares como: la observación de los hechos para la captura de los registros, la clasificación, el estudio del mismo y la derivación inductiva. El tipo de investigación es de corte longitudinal, donde el estudio se realiza en un lapso de tiempo prologado teniendo en cuenta la evolución de fallas en máquinas y equipos en el proceso productivo en el cual se analizan cambios en sus diferentes etapas. Con base en lo anterior se analiza la problemática de fallas en máquinas y equipos, se plantean diferentes cuestionamientos frente a la implementación de una matriz de criticidad y un análisis modal de fallos y efectos, dando lugar a la viabilidad y sostenimiento a la propuesta de mejora.

8.2 Descripción del sistema de información.

En el ambiente de formación se cuenta con maquinas y equipos, utilizados en las practicas y proyectos realizados por los aprendices:

Torno paralelo convencional
Taladro Fresador
Esmeriles

8.2.1 Torno paralelo convencional

Es una maquina que permite mecanizar piezas de forma geometrica, mediante la rotacion de una pieza y una herramienta de corte que es empujada contra la superficie, lo que permite cortar la viruta según las condiciones requeridas en el preedimiento de ejecución. Los tornos convecionales estas suddividos en sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos y en algunos casos electronicos. En el ambiente de formación del centro de formacion, se cuenta con una gran variedad de referencias y marcas de tornos que permitin obtener mayor cobertura en la adquisición del conocimiento. Actualmente se tiene las siguientes marcas:

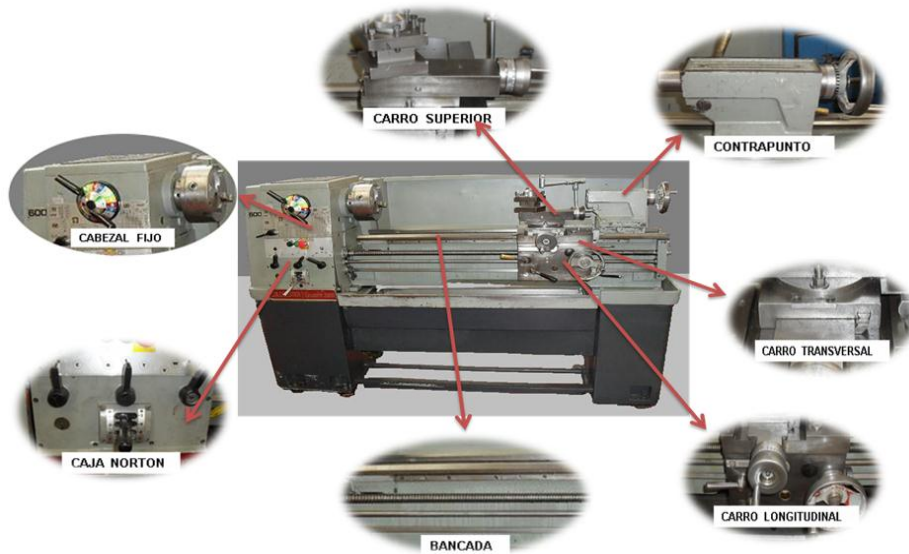
Torno paralelo convencional Colchester Student origen Inglaterra
Torno paralelo convencional TOS origen Checoslovaquia
Torno paralelo convencional AFM origen Polonia

A continuación se evidencia graficamente las partes de los Tornos, de tal manera que se pueda identificar la ubicación de cada sistema, componente y accesorio, para mas adelante realizar el analisis de falla.

8.2.1.1 Torno paralelo convencional Colchester Student

Dentro de su estructura funcional, se compone de partes que permiten realizar operaciones de mecanizado según condiciones de fabricación:

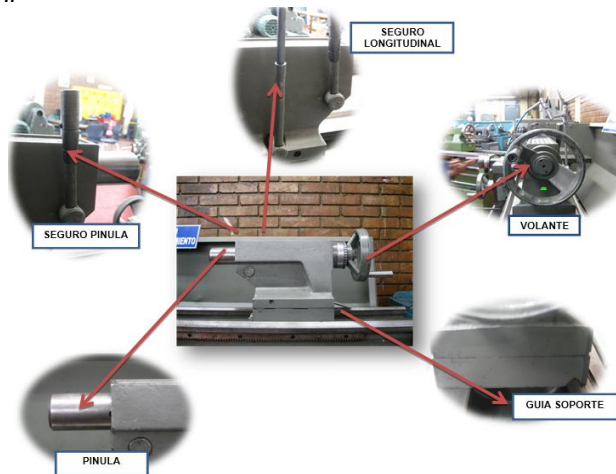
Figura 6. Torno Paralelo convencional



Fuente: Propia

8.2.1.2 Sistema mecánico Cabezal Móvil (Contra punto)

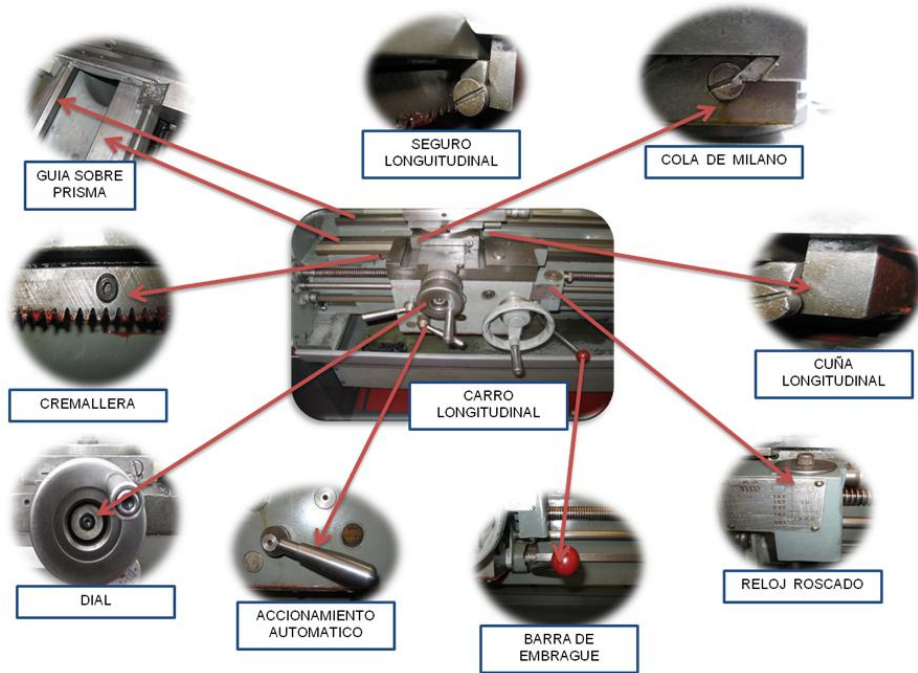
Figura 7. Cabezal Móvil



Fuente: Propia

8.2.1.3 Sistema mecánico Carro Transversal

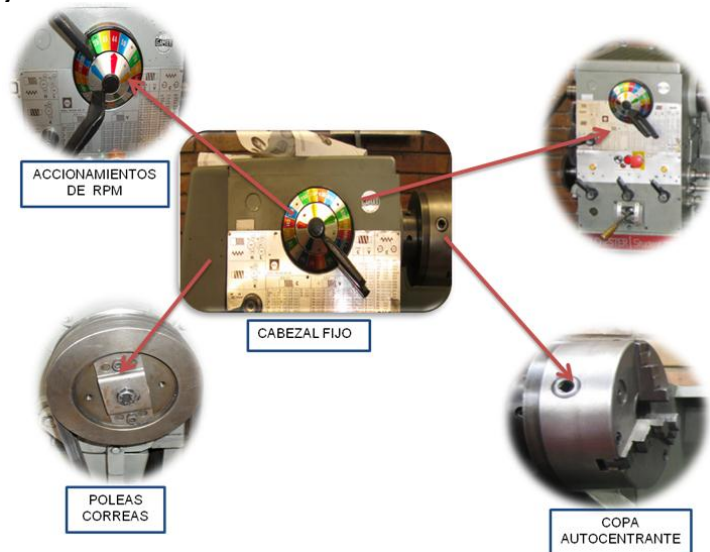
Figura 8. Carro Transversal



Fuente: Propia

8.2.1.4 Sistema mecánico cabezal Fijo

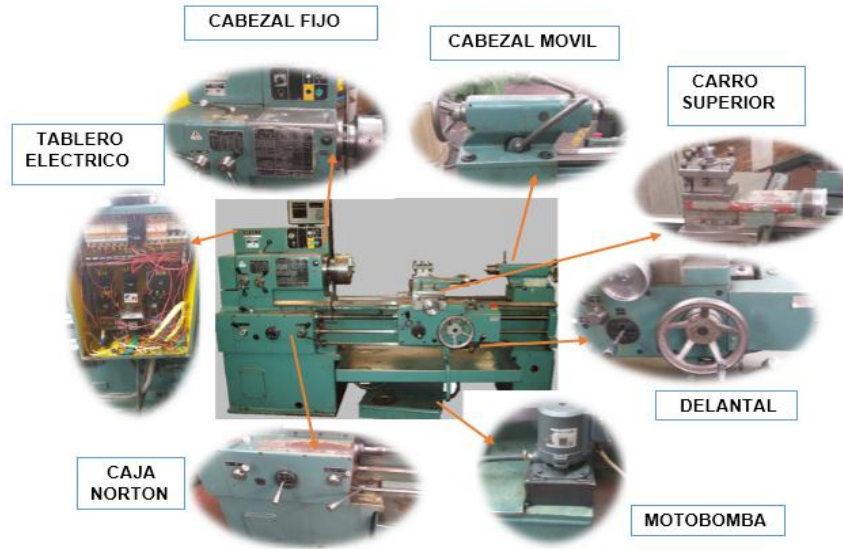
Figura 9. Cabezal Fijo



Fuente: Propia

8.2.2 Torno paralelo convencional TOS

Figura 10. Torno TOS



Fuente: Propia

8.2.3 Torno paralelo convencional AFM

Figura 11. Torno AFM



Fuente: Propia

8.2.4 Taladro Fresador

Son máquinas de mecanizado en las que es el útil el que gira y la pieza la que permanece fija a una bancada móvil. El útil utilizado es la fresa, que suele ser redonda con diferentes filos cuya forma coincide con la que se quiere dar a la pieza a trabajar. La pieza se coloca sólidamente fijada a un carro que la acerca a la fresa en las tres direcciones, esto es en los ejes X, Y y Z. En ambiente de formación se cuentan con dos marcas de maquina: KONDOR origen Taiwán y KONDIA origen china.

Taladro Fresador Kondor

Figura 12.Fresadora Kondor



Fuente: Propia

Taladro Fresador Kondia

Figura 13.Fresadora Kondia.



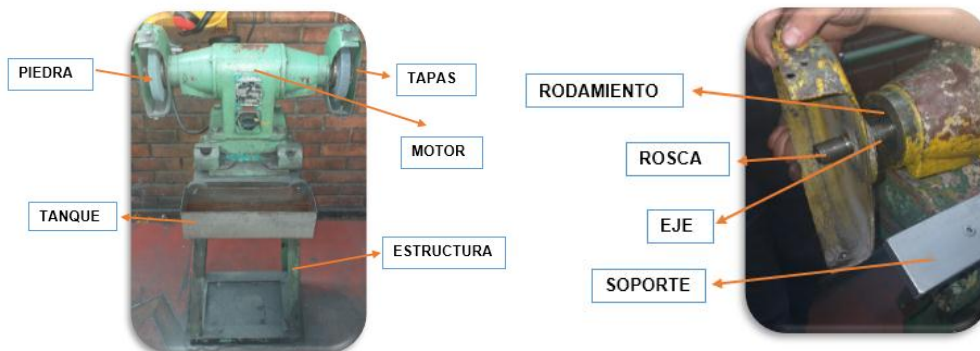
Fuente: Propia

8.2.5 Esmeril

Es una máquina herramienta, que consiste en un motor eléctrico a cuyo eje de giro se acoplan en uno o ambos extremos discos sobre los que se realizan diversas tareas, según sea el tipo de disco que se monte en la misma. A continuación se muestran las partes de un Esmeril y su variedad de modelos que serán analizados más adelante.

Esmeril Sivers & Hager

Figura 14.Esmeril Sivers & Hager



Fuente: Propia

Esmeril Truper- Esmeril Bench Grinder

Figura 15. Esmeril Truper-Bench



Fuente: Propia

9 Diagnóstico actual de los activos y plan de mantenimiento utilizado en el área de mantenimiento.

En la valoración inicial se tuvieron en cuenta datos de fallas y averías electromecánicas durante el año 2018, dichos datos fueron extraídos y registrados por el departamento de Mantenimiento en formatos internos de: Hoja de vida y Orden de Trabajo, de cada una de las máquinas del área de mecanizado. Para verificar y evaluar los datos es necesario contar con personal altamente capacitado, ya que en la etapa de verificación, evaluación y control es necesario contar con datos muy precisos para lograr tomar decisiones eficaces y eficientes.

Aparte de los datos suministrados por el área de mantenimiento, se realiza un diagnóstico de fallas y averías actual de máquinas, mediante una lista de chequeo que permite identificar estado en condición: buena, regular y mala, también suministra información de repuestos, tipo de avería y acción contingente para mitigar cada una de las fallas encontradas en dicho diagnóstico. Para ejecutar el procedimiento de manera estandarizada se crea un formato interno del área que permite establecer parámetros que a continuación se definirán:

9.1 Protocolo de Diagnostico

En el encabezado del formato de diagnóstico se presenta la información pertinente a los códigos, marca, modelo, entre otros lo que permite ubicar la maquina en el inventario del SENA.

Figura 16. Encabezado formato de Diagnostico.

The diagram shows the header of a diagnostic form titled "DIAGNOSTICO DE TORNOS PARALELOS". The header includes the SENA logo and the text: "SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE REGIONAL DISTRITO CAPITAL CENTRO METALMECANICO DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO". Below this, there are four main fields: "Marca", "Modelo", "Código máquina", and "N° inventario". The "N° inventario" field is represented by a grid of 10 small boxes. Callouts provide definitions for each field:

- Nombre, término, símbolo o combinación de estos elementos que identifica los productos o servicios de un vendedor y los distingue de la** (points to the header area).
- Equipos con igual denominación que tiene una marca, relacionado con la época en la que producido.** (points to the "Marca" field).
- Código creado por el centro por ejemplo CMM-T27-TOR-8054** (points to the "Código máquina" field).
- Relación escrita realizada en un momento dado mediante un número correlativo sin valor clasificatorio, asignado a cada uno de los bienes almacenados en un espacio de una persona o entidad.** (points to the "N° inventario" field).
- Número de identificación propio de cada torno ubicado en la parte lateral final de la bancada.** (points to the "Modelo" field).

Fuente: Propia

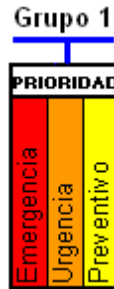
En esta zona del formato se presentan estados, posibles averías, repuestos necesarios y acción a ejecutar.

Figura 17. Descripción de formato de Diagnostico.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3										Grupo 4										Grupo 5		
PRIORIDAD	ESTADO	DETECCION AVERIA										REPUESTOS ESTÁNDAR										ACCION				
Emergencia																										
Urgencia																										
Preventivo																										
Buena																										
Regular																										
Normal																										
Faltante																										
Mío diario																										
Rotura																										
Desalineación																										
Torcadura																										
Desgaste																										
Fugas																										
Temperatura																										
Vibración																										
Sonido																										
Desajuste																										
Lubricación																										
Contaminado																										
Olor																										
Humos																										
Color																										
Elemento																										
Anillos																										
Arandelas																										
Cardenal/píñon																										
Chavetas																										
Contraap. olea																										
Ejes																										
Embragues																										
Engranajes																										
Frenos																										
Leva/seguidor																										
Excentrica																										
Pin / pasador																										
Punt.Lubr																										
Resorte / muelle																										
Rodamiento																										
Sello/juntas																										
Tornillo																										
tuercas																										
Cambiar																										
Ajustar/calibrar																										
Reparar																										
Reponer																										
Limpiar																										
Lubricar																										
Drenar																										
Llenar																										

Fuente: Propia

En el área de mantenimiento se establecieron las definiciones pertinentes para cada una de las averías, repuestos, procedimientos y estados para ejecutar el diagnóstico de las máquinas.



Fuente: Propia

EMERGENCIA: La ejecución de actividades de reparación del punto, elemento o sistema debe comenzar inmediatamente, el trabajo tiene un efecto inmediato en la seguridad, el ambiente, la calidad o que parara la operación, con el fin de evitar fallas posteriores de la máquina, lo cual no permita continuar con el proceso, su tiempo de acción es inmediato.

URGENCIA: Ejecutar acciones correctivas, preventivas o predictivas en primera parada o en un momento de no programación de producción se debe verificar que el punto o la pieza este en sus condiciones específicas o en caso que ya se evidencie algún error hay que cambiarlo o arreglarlo pero no pasara a emergencia hasta que no sea crucial, su tiempo de acción es programado dentro de las siguientes 24 horas o más.

PREVENTIVO: Esta prioridad se deja en los casos que se necesita de solo prevención que podría ser una verificación o solo una inspección solo para mejorar en todo lo contenido en el mantenimiento preventivo a fin de evitar posteriores fallas, su tiempo de acción es programado.

Grupo 2

ESTADO		
Bueno	Regular	Malo

Fuente: Propia

Se refiere a la condición física, química o mecánica en que se encuentra un elemento o sistema de la maquina o equipo, va ligado a la prioridad y se encuentra dividido en tres niveles.

BUENO: Nivel en el cual el elemento o sistema se encuentra en perfectas condiciones y su rendimiento es óptimo, no justifica realizar algún tipo de acción.

REGULAR: Nivel en el cual el elemento o sistema se encuentra funcionando por debajo de su punto óptimo y debe controlarse periódicamente, permite programar actividades o acciones de cambio, ajuste o calibración, reposición, limpieza, lubricación, drenado o llenado, tras una planeación de compra de insumos y repuestos menores (tortillería, arandelas, pasadores).

MALO: El elemento o sistema se encuentra dañado y no funciona, debe ser reemplazado ya que puede afectar otro elemento o sistema, se toma la decisión de realizar una inspección minuciosa a fin de determinar si se debe reparar o cambiar.

Grupo 3

DETECCION AVERIA																
Normal	Faltante	Mto diario	Rotura	Desalineación	Torcedura	Desgaste	Fugas	Temperatura	Vibración	Sonido	Desajuste	Lubricación	Contaminado	Olor	Humos	Color

Fuente: Propia

NORMAL: Se determina que se encuentra en estado normal aquellos elementos que no poseen algún tipo de falla.

FALTANTE: El elemento o sistema no se encuentra, determinada mediante inspección visual y determinación de que repuestos o elementos se necesitan teniendo en cuenta series, referencias y denominación técnica.

MTO DIARIO: Limpieza y/o lubricación diaria oportuna para evitar la aparición de algún tipo de corrosión.

ROTURA: Daño total de un elemento por sobrecarga, por fatiga o por condiciones externas de otro elemento asociado, es el más común de los factores por los cuales se cambia el elemento.

DESALINEACION: Se refiere a características relacionadas a desviaciones de tolerancias de orientación como paralelismo, perpendicularidad y angularidad, tolerancias de localización como posición, concentricidad, coaxialidad y simetría, tolerancias de alineación circular y total (cilindricidad).

TORCEDURA: Cambio de dirección o sentido gradual de la línea eje tanto radial como axialmente de un elemento sin romperse pero dando desproporción y daños en un mecanismo se origina por golpes, calentamiento en la superficie por malos ajustes etc.

DESGASTE: Originado por la fricción entre dos materiales a causa de mala lubricación, sobrecargas o golpes a los elementos mecánicos.

FUGAS: Escape de líquidos o gases en un depósito, manguera, válvulas, actuadores u otro elemento de un sistema óleo-hidráulico, hidráulico o neumático.

TEMPERATURA: Elevación o reducción de calor fuera del rango normal de trabajo en un elemento, originada principalmente por fricción entre dos elementos, promoviendo la generación de desgastes.

VIBRACION: Considerado como la oscilación o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio.

SONIDO: Ruidos en elementos mecánicos que no son normales, producidos por falta de lubricación, fricción y desajustes que deterioran o dañan los elementos mecánicos.

DESAJUSTE: El factor más común originado por vibraciones, de no controlarse ocasiona averías correctivas como rupturas o torceduras.

LUBRICACION: Verificar presencia y estado del lubricante en una superficie generando una película, en los niveles de aceite o presencia de grasa y especificados en la carta y la ruta de lubricación.

CONTAMINADO: Afecta más a los líquidos y aceites; estos deben estar limpios para un óptimo trabajo, en caso de contaminación severa se debe evacuar y limpiar todo el sistema.

OLOR: Presencia de olores no muy comunes en el ambiente normal como lo son la sobrecarga y el corto en elementos eléctricos, las fugas de gas o líquido inflamable o el olor a aceite en lugares cerrados.

HUMOS: Signo originado por la combustión de materiales compuestos de los elementos del equipo, por la excesiva fricción originando alta temperatura la cual quema el aceite u otro material como pintura y empaques o sellos, otro tipo son la neblinas originadas por líquidos a base de agua como el refrigerante, el cual permite determinar la filtración del mismo dentro de un sistema supuestamente hermético.

COLOR: Aparece un cambio debido al deterioro, se debe a la presencia de un cambio brusco de temperatura, a la generación de oxidación y presencia de herrumbre, permite identificar lugares calientes por medio de color y olor.

Grupo 4

REPUESTOS ESTÁNDAR	
Elemento	
Anillos	
Arandelas	
Cadena/piñón	
Chavetas	
Correa/polea	
Ejes	
Embragues	
Engranajes	
Frenos	
Leva/seguidor	
Excentrica	
Pin / pasador	
Punt.Lub	
Resorte / muelle	
Rodamiento	
Sello/juntas	
Tornillo	
Tuercas	

Fuente: Propia

Repuestos en 18 categorías que se deben adquirir ya normalizados atendiendo al sistema de unidades al cual pertenezca el equipo, además son repuestos que en su fabricación se tienen en cuenta características especiales, por lo general es mejor no fabricarlos sino se cuenta con la maquinaria especial para su obtención.

ELEMENTO: Repuestos mecánicos que se encuentran en la columna de la izquierda correspondiente a partes del equipo o máquina para la cual fue diseñado el registro de diagnóstico, para cada tipo de equipo cambia la denominación y tipos de elementos o partes.

ANILLOS: De tipo elástico como los segger que sirven de tope, reteniendo el elemento y evitando su movimiento axial.

ARANDELAS: Elemento de protección que acompaña a los elementos roscados como tornillos o ejes especiales, tenga en cuenta que en esta categoría entran los distanciadores o separadores.

CADENA/PIÑÓN: Se debe controlar su tensado y cada uno de los factores de aparición de fallas ya mencionados.

CHAVETAS: Referida a las denominadas cuñas para transmisión de torque, se verifica su estado en cuanto a aplastamiento y corrosión.

CORREAS/POLEAS: Todo tipo de correa y polea, se controla el tensado y su estado para cada factor anteriormente mencionado.

EJES: Referido tanto a ejes de transmisión escalonados lisos como estriados, se verifica desalineación, torcedura y vibraciones generadas por sobrecargas.

EMBRAGUES: Todo tipo de embrague, verificar su calibración y temperatura.

ENGRANAJE: Todo tipo de engranaje (cilíndricos, cónicos, diente recto, helicoidal, hipoides, coronas, internos o externos y cremalleras), teniendo en cuenta el juego $J = 0.16 \times M$.

FRENOS: Todo tipo de freno controlando desgaste de la zapata y tiempo de frenado, de igual forma ajustes.

LEVAS/SEGUIDOR: Control de desgastes y calibración de la posición.

EXCENTRICAS: Se verifica tanto ajuste en la junta de rotación como en la manivela.

PIN/PASADOR: Control riguroso del tipo de material del elemento como el estado geométrico.

PUNTO LUBRICACION: Todo aquel elemento que me permita agregar sea aceite o grasa (grasera o aceitera).

RESORTES O MUELLES: Se verifica su rigidez y estado geométrico, generalmente se verifica el funcionamiento del elemento al que hace parte.

RODAMIENTO: Todo tipo de rodamiento además de considerar los cojinetes de deslizamiento.

SELLO/JUNTAS: Se determina su estado en el momento de presencia de escapes de fluido.

TORNILLO: Verificar estado del roscado, de la cabeza, su sistema de unidades y estandarización en la maquina o equipo.

TUERCAS: Verificar estado del roscado y la geometría de aplicación de torque.



Fuente: Propia

Se presentan 8 actividades que permiten corregir o prevenir una falla o avería, pudiéndose ejecutar varias de las presentan a continuación:

CAMBIAR: Las partes o repuestos presentan gran deterioro y no se pueden recuperar.

AJUSTAR /CALIBRAR: En las partes o repuestos del equipo se presentan desajustes que se deben corregir.

REPARAR: Las partes o repuestos presentan algún tipo de falla menor que se puede corregir en tanto se realiza la debida requisición del mismo y su posterior compra.

REPONER: Las partes o repuestos no se encuentran en el equipo, por tal motivo se deben adquirir y montar.

LIMPIAR: Las partes o repuestos presentan contaminación que debe ser retirada para evitar deterioro de los mismos.

LUBRICAR: Posteriormente a su limpieza, se realiza la aplicación de lubricante sea aceite o grasa a fin de disminuir el rozamiento y posterior desgaste en elementos con fricción, tenga en cuenta la carga de lubricación del equipo o máquina).

DRENAR: Evacuación de tanques, cajas de velocidades, unidades de mantenimiento o sistemas de refrigeración entre otros a fin de realizar cambio o simplemente desalojo de un contaminante en el sistema.

LLENAR: Verificado el estado del fluido (o realizada la acción de limpieza) se procede a completar el nivel de lubricante, refrigerante o lubricante acorde a lo señalado en cartas, rutas de lubricación o manuales del equipo.

Para realizar de manera asertiva el diagnóstico el operario debe identificar los sistemas, partes y repuestos de todas las máquinas que se pretenden analizar, para ello se desglosa cada parte y sistema de la máquina mediante esquemas que permitan observar su ubicación en la misma; el área de mantenimiento en su ambiente de mecanizado cuenta con Tornos paralelos, Taladros fresadores y Esmeriles, de diferente procedencia, para extraer la información se debe contar con los manuales de las máquinas y fichas técnicas de repuestos estableciendo el sistema de medición para su designación y futura solicitud al proveedor.

A continuación se presentan los sistemas constituyentes de cada máquina, y posteriormente cada una de las partes de esos sistemas que se debe revisar para realizar un análisis de diagnóstico electromecánico. En el ambiente de mecanizado operan en formación las siguientes máquinas:

Tabla 1. Maquinas del Ambiente 107

Activo	Marca	Cantidad
Torno	Colchester	7
Torno	Tos	2
Torno	AFM	1
Fresadora	Kondia	2
Fresadora	Kondor	1
Esmeril	Truper	1
Esmeril	Silver Hager	4
Esmeril	BenchGrinder	1

Fuente: Propia

Estas máquinas están subdivididas en sistemas electromecánicos que deben ser claramente identificados y catalogados según sus funciones para poder relacionar sus posibles modos de falla y averías analizando sus principales causas y efectos.

Una vez identificadas las partes y funcionamiento de las máquinas se aplica el protocolo interno del área de mantenimiento del SENA Centro metalmecánico para realizar pruebas en vacío para el diagnóstico de funcionamiento y verificaciones geométricas, a continuación solo se citara el protocolo de Diagnóstico para Torno paralelo convencional.

9.2 Pruebas en vacío para el diagnóstico de funcionamiento.

En el armario de control principal verifique la existencia y buen funcionamiento de los termomagnéticos, es decir que los tres se encuentren en ON.

Verifique que la posición del selector del equipo se encuentre en ON.

El piloto indicador esta encendido, mientras esté CONECTADA a la RED eléctrica.

Observe que el protector de la lira se encuentre bien ubicado ya que puede no estar accionando el microinterruptor.

Asegúrese que el cabezal posee el nivel correcto de aceite Shell tellus 37, y que el deposito del delantal está lleno hasta el nivel de la mirilla con lubricantes Shell tonna T68.

Verifique que se encuentre lubricado el carro transversal, el carro superior, los prismas de la bancada y la pínula del contrapunto.

Ubique una velocidad de giro del husillo, preferiblemente la más baja teniendo en cuenta que:

- Para platos de garras o platos de arrastre, asegúrese primero que todos los espárragos se encuentran asegurados en la posición correcta, sino es así, desmonte el plato de garras o plato de arrastre, y ajuste el espárrago.
- Observe cuidadosamente las limitaciones de la velocidad, cuando utilice platos de arrastre; los platos de más de 305mm no deben girar más de 1400 rpm, y los platos de 457mm, no deben girar a más de 1050 rpm.
- No mover los mandos selectores de velocidad mientras este girando el husillo.
- Para dejar libre el husillo y poderlo girar a mano sitúe cualquiera de los espacios en blanco de la escala en la posición media de la sección fija.

Asegúrese que suelta el pulsador de PARADA DE EMERGENCIA, antes de intentar poner en marcha la máquina.

Accione la palanca del delantal hacia arriba para contramarcha del husillo y hacia abajo para marcha. (Verifique la posición de seguridad central ya que esta evita su accionamiento inadvertido)

El sentido del giro del motor principal debe ser a derechas, mirando por el extremo de las poleas.

Oprima el pulsador ROJO de cabeza de seta para verificar el corte de flujo eléctrico y posterior detención del motor principal y el suministro eléctrico a los servicios auxiliares.

Saque el pulsador de parada y energice nuevamente, accione el pulsador de avances rápidos, verifique que se abre el electro-embrague situado en la salida de la caja Norton.

Detenga y corte el flujo eléctrico del torno para verificar el correcto montaje de la lira, no debe presentar alabeo, excentricidad y ruidos fuertes de desbalanceo, tenga en cuenta que no se debe seleccionar la gama de pasos grandes a velocidades del husillo superiores a 745 rpm.

Accione y verifique el energizado de la bomba de refrigerante observando posibles fugas.

Accione el mando de avances verificando el avance longitudinal y transversal, Invierta además el giro de la barra de automáticos y realice nuevamente la prueba.

Ubique un paso de rosca sea métrica o en pulgadas y pruebe roscado a contramarcha, luego mediante el reloj de cuentahilos de rosca.

Verifique en el carro transversal los juegos tanto longitudinal, transversal y del carro superior.

Gire el volante del contrapunto y verifique el frenado total de la pínula, de igual forma al bajar la palanca de bloqueo, el husillo no presenta un juego excesivo de giro o giro completo incontrolable.

Accione y deje libre la palanca de bloqueo para comprobar el desplazamiento del contrapunto a lo largo de la bancada.

Observe si se presenta fugas en cada sistema que contenga aceite.

Inspeccione las protecciones o pasadores de cizalladura contra sobrecarga, colocados en los ejes de entrada de la caja Norton y del tornillo patrón.

Verifique que todas las guías llevan engrasadores, si el torno se encuentra limpio y engrasado en tornillo patrón, lira, cremallera y rodamientos de la base de las barras de automáticos. A fin de establecer el funcionamiento del equipo ubique diferentes velocidades de giro del husillo, diferentes velocidades de avances y diferentes pasos de roscado.

9.3 Pruebas en vacío para el diagnóstico de verificaciones geométricas.

Una vez que el torno esté instalado y en funcionamiento, se debe comprobar la alineación de la máquina, antes de comenzar a trabajar, para tal fin realice los siguientes procedimientos:

Compruebe la nivelación mediante un nivel de precisión.

Para comprobar la cilindridad del cabezal, debe ejecutar una pasada de cilindrado ligero, en una longitud de 30 mm, con un abarra de acero de 60 mm diámetro, sujeta en la copa (pero sin apoyar el extremo libre). Las lecturas efectuadas con micrómetro en cada extremo de la barra torneada deben ser las mismas.

Para comprobar la alineación del contrapunto coloque entre puntos una barra de acero rectificada de 305mm de longitud, verifique la alineación montando un reloj comparador sobre el carro superior, y pasándolo a lo largo del centro de la barra.

Verifique la tensión de las correas situadas detrás del montaje del cabezal (Flexión de 16 mm por cada metro en cada correa con carga de 2 Kg). Asegúrese que el eje del motor queda nivelado.

9.4 Diagnóstico de maquinaria en el área de mantenimiento ambiente mecanizado.

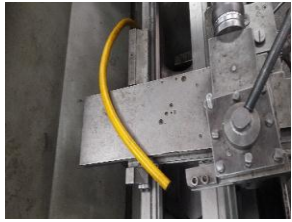

A continuación se citara cada una de las máquinas y equipos, en el formato anteriormente explicado, se presenta adjunto su respectivo diagnostico mecánico, eléctrico e hidráulico. También se evidencia gráficamente cada una de las fallas de los componentes y el estado actual de las mismas.

Tabla 2. Diagnostico Torno Colchester 01

Identificación	Descripción	Evidencia	
Torno Colchester 01 Placa: 92141762 Cuentadante: Cesar Rivera	Máquina que presenta accesorios eléctricos faltantes, corrosión en carros, picadura de engranajes en el cabezal fijo, presenta fuga de aceite en caja Norton, ausencia de accesorios para el sistema hidráulico, sistema de iluminación incompleto, desajuste por fatiga y fricción en contrapunto, husillo y carros, no presenta anclaje y nivelación, Desajustes en general por desgaste a fatiga mecánica.		
			
			

Fuente: Propia

Tabla 5. Diagnostico Torno Colchester 02

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno Colchester 02 Placa 001007839-Col-29 No especifica cuentadante</p>	<p>Maquina que presenta fuga de aceite en delantal y cabezal fijo, sistema hidráulico incompleto, accesorios lámpara incompleta, tapa de seguridad averiada, malos montajes en conexión eléctrica, desajuste por fatiga y fricción en contrapunto, husillo y carros, no presenta anclaje y nivelación, sistema de freno averiado.</p>		
			
			







Fuente: Propia

Tabla 8. Diagnostico Torno Colchester 03

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno Colchester 03 Placa 4001007726-Col-31 No especifica cuentadante</p>	<p>Maquina presenta daño en bomba hidráulica y accesorios incompletos (válvulas, mangueras), fugas de aceite cabezal fijo y caja Norton, mal montaje sistema eléctrico y lámpara con accesorios incompletos, desajuste por fatiga y fricción en contrapunto, husillo y carros, no presenta anclaje y nivelación, daño en correas y tapas de seguridad.</p>		
			
			

Fuente: Propia

Tabla 11. Diagnostico Torno Colchester 04

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno Colchester 04 Placa: 01132086100 00001900 Cuentadante: Santiago Rodríguez</p>	<p>Maquina presenta bomba del sistema hidráulico averiada, accesorios incompletos, conexión eléctrica mal instalada, presenta fuga de aceite en cabezal fijo y caja Norton, sistema de iluminación incompleto, desajuste por fatiga y fricción en contrapunto, husillo y carros, no presenta anclaje y nivelación, daño en correas y tapas de seguridad.</p>		
			
			

Fuente: Propia

Tabla 14. Diagnostico Torno Colchester 05

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno Colchester: 05 Placa: 01132086100 00002003 Cuentadante: Santiago Rodríguez</p>	<p>Maquina presenta daño en bomba hidráulica, ausencia de accesorios, desgaste en freno, fuga en caja Norton y cabezal fijo, ausencia de sistema de iluminación, desajuste por fatiga y fricción en contrapunto, husillo y carros, no presenta anclaje y nivelación, correas en mal estado.</p>		
			
			







Fuente: Propia

Tabla 17. Diagnostico Torno Colchester 06

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno Colchester 06 Placa 001007775- Col.30 No especifica cuentadante.</p>	<p>Maquina presenta bomba del sistema hidráulico averiado, sistema hidráulico incompleto, fuga de aceite en caja Norton y cabezal fijo, sistema de iluminación incompleto, freno desajustado, correas desgastadas, desajuste en cabezal móvil, fijo y carros, no presenta anclaje y nivelación, malas conexiones eléctricas.</p>		
			
			







Fuente: Propia

Tabla 20. Diagnostico Torno Colchester 07

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno Colchester 07 Placa: 01132086100 00001966 Cuentadante: Ricardo Rodríguez</p>	<p>Maquina con bomba de sistema hidráulico averiado, accesorios faltantes, tapas de seguridad averiadas, fugas de aceite en cabezal fijo y caja Norton, carro transversal presenta ruptura en su cuerpo, sistema de iluminación incompleto, no presenta anclaje y nivelación, freno desajustado, desajuste por fatiga y fricción en contrapunto y husillo.</p>		
			
			

Fuente: Propia

Tabla 23. Diagnostico Torno Tos 01- Torno Tos 02

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno TOS 01 Placa: 01132086200 00060861 Cuentadante: Araque Alirio</p> <p>Torno TOS 02 Placa: 01132086200 00060846. Cuentadante: Santiago Rodríguez.</p>	<p>Maquinas presentan ausencia de accesorios y mal montaje eléctrico, bomba del sistema hidráulico averiado, sistema hidráulico incompleto, fuga de aceite cabezal fijo, sistema de iluminación mal estado, sistema electrónico averiado, embrague desajustado, no presenta anclaje y nivelación, carro superior inservible por desgaste en cuña, ausencia y desgaste en correas.</p>		
			
			

Fuente: Propia

Tabla 28. Diagnostico Torno AFM







Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Torno AFM 01 No especifica cuentadante, ni numero de placa.</p>	<p>Maquina con sistema hidráulico averiado, sistema de iluminación ausente, daños críticos en carro transversal, desajuste de embrague, no presenta anclaje ni nivelación, ausencia de componentes mecánicos.</p>		
			
			

Tabla 31. Diagnostico Fresadora Kondia 01 -02. Kondor 01

Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Fresadora Kondia N°01. Placa: 01132086100 00008060 Cuentadante: Gustavo Castiblanco</p>	<p>Una de las fresadoras presenta daño severo en bomba de refrigeración (Maquina Kondor), los accesorios para el funcionamiento del mismo sistema están ausentes o averiados, los sistemas de avances automáticos se encuentran en mal estado,</p>		
<p>Fresadora Kondia N°02 Placa 01132086100 00007544 Cuentadante: Gustavo Castiblanco</p>	<p>sistema de iluminación ausente, divisores desajustados, una maquina no posee divisor (Maquina Kondor), los accesorios para el buen funcionamiento de las maquinas se encuentran ausentes, caja de velocidades</p>		
<p>Fresadora Kondor N°01 Placa 01132086100 00007544 Cuentadante: Gustavo Castiblanco</p>	<p>presenta fallas en embrague y engranajes. Sistema eléctrico deficiente, correas y poleas en mal estado, ninguna maquina presenta anclaje, tampoco nivelación, maquinas presentan fugas por desajustes o falta de empaques.</p>		

Fuente: Propia

Tabla 38. Diagnostico Esmeriles



Identificación	Descripción	Evidencia	
<p>Esmeril 01 Placa:921412 4401 Cuentadante Santiago Rodríguez</p>	<p>Esmeriles con ausencia de sistema de protección, mal anclaje, requieren cambio de</p>		
<p>Esmeril 02 Placa: 9214124400 Cuentadante: Santiago Rodríguez</p>	<p>rodamientos, depósitos de refrigerante en mal estado, sistema eléctrico presenta mal montaje y ausencia de elementos de protección.</p>		
<p>Esmeril 03 Placa:921413 5687 Cuentadante: Santiago Rodríguez</p>	<p>Mesas de soporte en mal estado y deficiente estructura.</p>		

Tabla 42. Diagnostico Esmeriles

Identificación	Descripción	Evidencia
<p>Esmeril 04 Marca Silver Hager. No registra Placa.</p> <p>Esmeril 05 Marca BenchGrinder. No registra Placa.</p> <p>Esmeril 06 Marca Truper No registra Placa. Cuentadante Santiago Rodriguez</p>	<p>Esmeriles presentan desajustes estructurales, Vibración en eje, Bujes de montura desbalanceados y con ajustes desfasados. Tanque de almacenamiento averiado y con fugas.</p>	 <p>The 'Evidencia' column contains three photographs of bench grinders. The top-left photo shows an orange bench grinder (Esmeril 04) mounted on a grey base against a brick wall. The top-right photo shows a green bench grinder (Esmeril 05) with a yellow handle, also mounted on a grey base against a brick wall. The bottom-center photo shows a yellow bench grinder (Esmeril 06) mounted on a grey base, with a yellow control panel above it.</p>

Fuente: Propia

9.5 Análisis de Datos

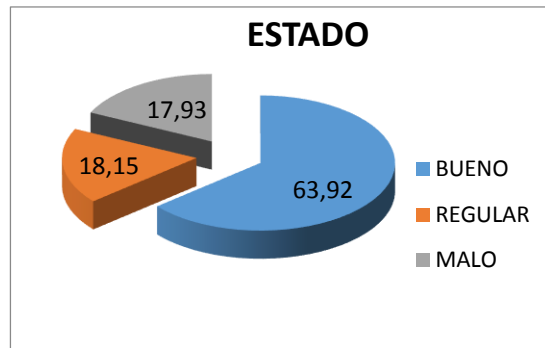
El anterior diagnóstico fue realizado en el mes de Marzo de 2018, permite establecer cuales máquinas son óptimas para emplearse en formación del centro metalmeccánico y fue puesto a consideración de terceras personas que colaboraron con el análisis técnico. Para este análisis se contó con el apoyo del instructor del SENA Armando Salgado Ingeniero mecánico y aprendices del tecnólogo en mantenimiento mecánico industrial.

Tabla 46. Clasificación de estados de las máquinas y equipos.

DENOMINACION EQUIPO	Cód.	ESTADO				
		Bueno	Regular	Malo	Cantidad	Porcentaje %
Torno paralelo convencional COL01	COL01	43	6	17	66	7,35
Torno paralelo convencional COL02	COL02	38	22	6	66	7,35
Torno paralelo convencional COL03	COL03	47	12	7	66	7,35
Torno paralelo convencional COL04	COL04	47	14	5	66	7,35
Torno paralelo convencional COL05	COL05	37	10	19	66	7,35
Torno paralelo convencional COL06	COL06	50	12	4	66	7,35
Torno paralelo convencional COL07	COL07	46	6	14	66	7,35
Torno paralelo convencional TOS01	TOS01	50	6	15	71	7,91
Torno paralelo convencional TOS02	TOS02	45	12	14	71	7,91
Torno paralelo convencional AFM01	AFM01	50	10	3	63	7,02
Fresadora KONDIA01	KON01	39	6	2	47	5,23
Fresadora KONDIA02	KON02	40	6	1	47	5,23
Fresadora KONDOR 01	KOD01	39	6	2	47	5,23
Esmeril TRUPER01	TRU01	0	7	8	15	1,67
Esmeril SILVER HAGER01	SH01	1	6	8	15	1,67
Esmeril SILVER HAGER02	SH02	1	5	9	15	1,67
Esmeril SILVER HAGER03	SH03	0	6	9	15	1,67
Esmeril SILVER HAGER04	SH04	0	6	9	15	1,67
Esmeril BENCHGRINDER	BG	1	5	9	15	1,67
				898	100,00	
SUMATORIA VERTICAL		574	163	161		898
PORCENTAJES		63,92	18,15	17,93	100,00	

Fuente: Propia

Figura 18. Estado de Máquinas y Equipos



Fuente: Propia

En términos generales la mayoría de máquinas presentan desajustes por fatiga, desalineación y fricción que han generado fallas en la precisión a la hora de efectuar prácticas con los aprendices. En la mayoría de tornos es pertinente la fabricación de cuñas, tornillos, piñones, palancas y accesorios básicos para el funcionamiento, se presentan ausencias vitales de accesorios como lo son lunetas, mandriles, centro puntos, lámparas, mangueras, bombas hidráulicas, copas de cuatro mordazas, pinzas, porta pinzas, divisores y centro punto para las fresadoras, la falta de anclaje y nivelación de las máquinas genera vibración que trae como consecuencia el desajuste de las mismas, el desgaste de la carcasa de las máquinas genera fugas constantes de aceite, lo cual crea fallas en los engranajes por fricción metal-metal, los esmeriles representan riesgo constante por su inestabilidad y accesorios de protección, las conexiones eléctricas en general no se encuentran bajo norma técnica. Una vez presentado y sustentado este informe técnico se procederá a realizar la solicitud de componentes, repuestos y accesorios necesarios para mitigar superficialmente las fallas expresadas anteriormente.

9.6 Detección de Averías

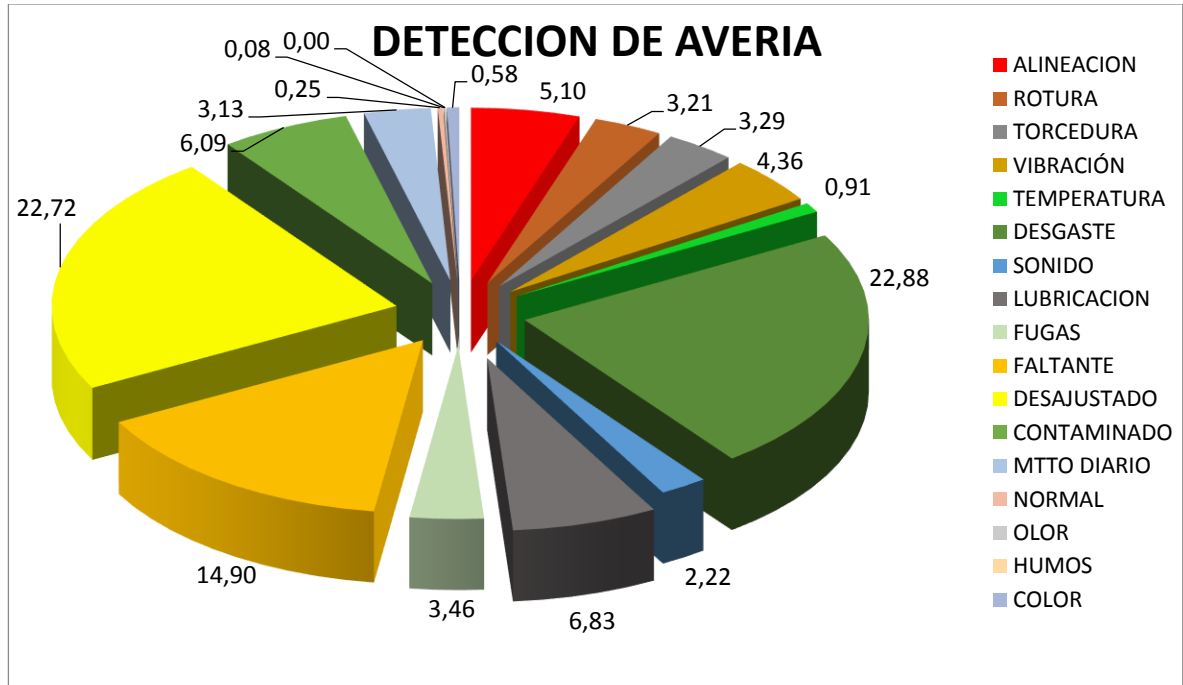
A continuación se establece el tipo y frecuencia de fallas de cada una de las máquinas, desgastes y desajustes están presentes en todas las máquinas con mayor número de fallas en los Torno Colchester.

Tabla 47. Detección de Averías

DENOMINACION EQUIPO	Cod.	DETECCION DE AVERIA																																		
		Alineación	Rotura	Torcedura	Vibración	Temperatura	Desgaste	Sonido	Lubricación	Fugas	Faltante	Desajustado	Contaminado	Mtto diario	Normal	Olor	Humos	Color	Cantidad	Porcentaje %																
Torno paralelo convencional COL01	COL01	3	0	3	0	0	25	0	5	1	21	18	1	0	0	0	0	0	77	6,3374																
Torno paralelo convencional COL02	COL02	7	6	1	6	0	21	1	8	10	3	10	1	0	0	0	0	0	74	6,0905																
Torno paralelo convencional COL03	COL03	4	2	4	4	0	9	3	8	4	9	7	3	3	0	0	0	0	60	4,9383																
Torno paralelo convencional COL04	COL04	2	1	6	1	0	18	1	2	1	15	16	1	0	0	0	0	1	65	5,3498																
Torno paralelo convencional COL05	COL05	4	5	8	7	0	23	3	7	2	25	22	3	4	0	0	0	2	115	9,465																
Torno paralelo convencional COL06	COL06	0	0	0	2	0	9	1	0	8	6	12	2	4	0	1	0	1	46	3,786																
Torno paralelo convencional COL07	COL07	10	7	5	2	0	43	3	31	11	16	30	41	0	0	0	0	3	202	16,626																
Torno paralelo convencional TOS01	TOS01	4	1	3	0	0	25	0	5	1	17	18	1	5	0	0	0	0	80	6,5844																
Torno paralelo convencional TOS02	TOS02	2	1	2	0	1	16	0	7	1	13	19	0	5	0	0	0	0	67	5,5144																
Torno paralelo convencional AFM01	AFM01	3	0	0	0	1	19	0	4	0	6	29	0	8	0	0	0	0	70	5,7613																
Fresadora KONDIA01	KON01	1	2	0	0	0	13	1	2	1	3	22	5	3	1	0	0	0	54	4,4444																
Fresadora KONDIA02	KON02	1	1	0	0	0	11	1	2	1	3	21	5	3	1	0	0	0	50	4,1152																
Fresadora KONDOR 01	KOD01	1	1	0	0	0	10	1	2	1	3	21	5	3	1	0	0	0	49	4,0329																
Esmeril TRUPER01	TRU01	3	1	1	6	2	6	2	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	34	2,7984																
Esmeril SILVER HAGER01	SH01	2	2	0	4	1	6	1	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	29	2,3868																
Esmeril SILVER HAGER02	SH02	3	2	1	4	1	6	2	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	32	2,6337																
Esmeril SILVER HAGER03	SH03	4	2	2	5	1	6	2	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	35	2,8807																
Esmeril SILVER HAGER04	SH04	4	2	2	6	2	6	2	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	37	3,0453																
Esmeril BENCHGRINDER	BG	4	3	2	6	2	6	3	0	0	6	6	1	0	0	0	0	0	39	3,2099																
SUMATORIA VERTICAL																			1215	100,00																
PORCENTAJES																			5,1		3,21	3,29	4,36	0,91	22,9	2,22	6,83	3,46	14,9	22,7	6,09	3,13	0,25	0,08	0	0,58

Fuente: Propia

Figura 19. Detección de Averías

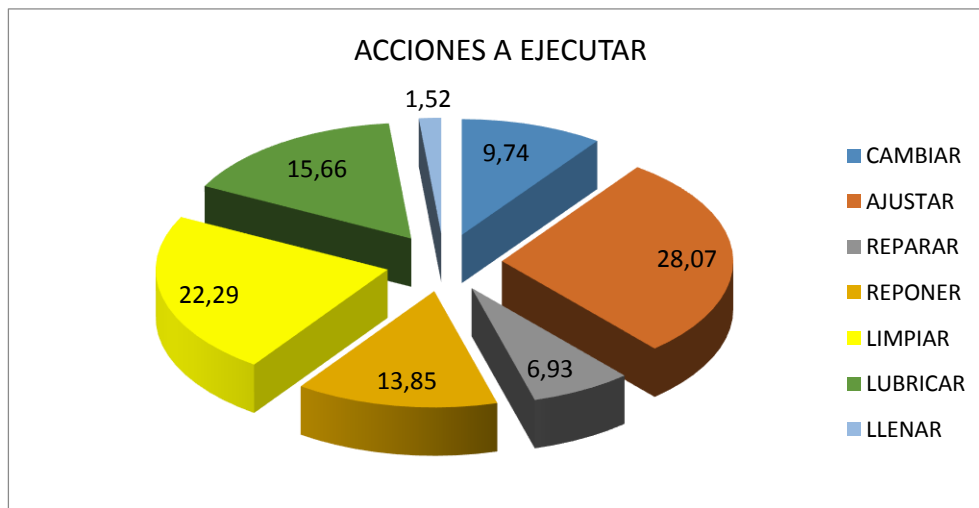


Fuente: Propia

9.7 Acciones para Mitigar Fallas

Ajustar, limpiar y lubricar los sistemas y componentes de las máquinas hace parte de las rutinas de mantenimiento que no han sido ejecutadas satisfactoriamente por el área de mantenimiento.

Figura 20. Acciones a Ejecutar



Fuente: Propia

9.8 Valores con porcentajes de las acciones pertinentes para solucionar fallas.

Tabla 48. Acciones para ejecutar

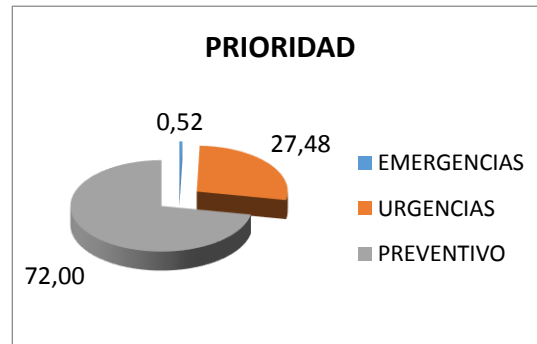
DENOMINACION EQUIPO	Cód.	ACCIÓNES								Cantidad	Porcentaje %
		Cambiar	Ajustar	Reparar	Reponer	Limpiar	Lubricar	Drenar	Llenar		
Torno paralelo convencional COL01	COL01	6	23	4	20	15	16	1	1	86	6,20
Torno paralelo convencional COL02	COL02	12	18	6	7	38	27	5	1	114	8,23
Torno paralelo convencional COL03	COL03	3	17	7	3	20	9	1	1	61	4,40
Torno paralelo convencional COL04	COL04	12	35	2	14	20	15	2	1	101	7,29
Torno paralelo convencional COL05	COL05	7	24	11	29	22	18	2	2	115	8,30
Torno paralelo convencional COL06	COL06	11	14	4	8	23	13	2	1	76	5,48
Torno paralelo convencional COL07	COL07	27	37	20	23	57	42	1	1	208	15,01
Torno paralelo convencional TOS01	TOS01	7	28	5	15	20	16	1	1	93	6,71
Torno paralelo convencional TOS02	TOS02	3	32	11	15	18	13	1	1	94	6,78
Torno paralelo convencional AFM01	AFM01	1	44	8	7	25	18	2	2	107	7,72
Fresadora KONDIA01	KON01	1	29	4	3	17	10	3	3	70	5,05
Fresadora KONDIA02	KON02	1	29	4	3	17	10	3	3	70	5,05
Fresadora KONDOR 01	KOD01	2	28	3	4	17	10	3	3	70	5,05
Esmeril TRUPER01	TRU01	7	5	1	7	0	0	0	0	20	1,44
Esmeril SILVER HAGER01	SH01	7	5	2	7	0	0	0	0	21	1,52
Esmeril SILVER HAGER02	SH02	7	5	1	7	0	0	0	0	20	1,44
Esmeril SILVER HAGER03	SH03	7	5	1	7	0	0	0	0	20	1,44
Esmeril SILVER HAGER04	SH04	7	5	1	7	0	0	0	0	20	1,44
Esmeril BENCHGRINDER	BG	7	6	1	6	0	0	0	0	20	1,44
										1386	100,00
SUMATORIA VERTICAL		135	389	96	192	309	217	27	21	1386	

Fuente: Propia

Las acciones en orden de prioridad no son tan críticas, ya que cada máquina puede seguir funcionando sin perjudicar la operación de mecanizado, cabe resaltar que el operador de la maquina es una persona con conocimiento técnico en electromecánica, lo que permite dar un mejor panorama a la hora de mitigar la falla.

9.9 Porcentaje de Prioridad de Falla.

Figura 21. Prioridad de Actividades



Fuente: Propia

Tabla 49. Prioridad de Actividades

DENOMINACION EQUIPO	Cód.	PRIORIDAD				
		Emergencia	Urgencia	Preventivo	Cantidad	Porcentaje %
Torno paralelo convencional COL01	COL01	0	20	24	44	5,68
Torno paralelo convencional COL02	COL02	1	14	48	63	8,13
Torno paralelo convencional COL03	COL03	0	2	49	51	6,58
Torno paralelo convencional COL04	COL04	3	3	57	63	8,13
Torno paralelo convencional COL05	COL05	0	18	28	46	5,94
Torno paralelo convencional COL06	COL06	0	5	58	63	8,13
Torno paralelo convencional COL07	COL07	0	13	57	70	9,03
Torno paralelo convencional TOS01	TOS01	0	15	36	51	6,58
Torno paralelo convencional TOS02	TOS02	0	12	42	54	6,97
Torno paralelo convencional AFM01	AFM01	0	12	47	59	7,61
Fresadora KONDIA01	KON01	0	9	30	39	5,03
Fresadora KONDIA02	KON02	0	7	31	38	4,90
Fresadora KONDOR 01	KOD01	0	7	31	38	4,90
Esmeril TRUPER01	TRU01	0	13	3	16	2,06
Esmeril SILVER HAGER01	SH01	0	12	4	16	2,06
Esmeril SILVER HAGER02	SH02	0	13	3	16	2,06
Esmeril SILVER HAGER03	SH03	0	13	3	16	2,06
Esmeril SILVER HAGER04	SH04	0	13	3	16	2,06
Esmeril BENCHGRINDER	BG	0	12	4	16	2,06
					775	100,00
SUMATORIA VERTICAL		4	213	558	775	100,00
PORCENTAJES		0,52	27,48	72,00	100,00	

Fuente: Propia

Las actividades preventivas son las que requieren mayor demanda, esto significa, que el plan actual de mantenimiento preventivo, no se está ejecutando en el ambiente de formación y repercute constantemente en fallas correctivas.

A continuación se toma el ponderado de datos de falla por sistema, el cual muestra la alta demanda de mantenimiento mecánico en los sistemas y componentes, se debe tener también en cuenta que la maquina consta en su integridad de un 90 por ciento de elementos mecánicos, y que una falla eléctrica se genera por una falla mecánica.

Tabla 50. Maquinas por Sistemas.

DENOMINACION EQUIPO	Cód.	SISTEMA				Cantidad	Porcentaje %
		Mecánico	Eléctrico	Hidráulico	Seguridad		
Torno paralelo convencional COL01	COL01	60	6	5	5	76	6,26
Torno paralelo convencional COL02	COL02	67	6	2	0	75	6,17
Torno paralelo convencional COL03	COL03	48	2	5	1	56	4,61
Torno paralelo convencional COL04	COL04	49	9	7	0	65	5,35
Torno paralelo convencional COL05	COL05	89	13	6	7	115	9,47
Torno paralelo convencional COL06	COL06	35	7	4	0	46	3,79
Torno paralelo convencional COL07	COL07	166	8	14	5	193	15,88
Torno paralelo convencional TOS01	TOS01	72	6	0	6	84	6,91
Torno paralelo convencional TOS02	TOS02	57	6	1	6	70	5,76
Torno paralelo convencional AFM01	AFM01	56	11	1	3	71	5,84
Fresadora KONDIA01	KON01	37	4	10	3	54	4,44
Fresadora KONDIA02	KON02	33	4	10	3	50	4,12
Fresadora KONDOR 01	KOD01	32	4	10	3	49	4,03
Esmeril TRUPER01	TRU01	34	5	0	0	39	3,21
Esmeril SILVER HAGER01	SH01	24	5	0	0	29	2,39
Esmeril SILVER HAGER02	SH02	27	5	0	0	32	2,63
Esmeril SILVER HAGER03	SH03	30	5	0	0	35	2,88
Esmeril SILVER HAGER04	SH04	32	5	0	0	37	3,05
Esmeril BENCHGRINDER	BG	34	5	0	0	39	3,21
						1215	100,00
SUMATORIA VERTICAL		982	116	75	42	1215	
PORCENTAJES		80,82	9,55	6,17	3,46	100,00	

Fuente: Propia

Figura 22. Ponderado total por sistemas de Maquinas del ambiente 107.



Fuente: Propia

Los mantenimientos más críticos no serán los de mayor frecuencia de falla, ya que existen fallas eléctricas que repercuten en el funcionamiento total de la máquina, las fallas hidráulicas son asociadas a problemas de capacitación y mal diseño del sistema de línea de retorno del sistema, los sistemas de seguridad fallan con frecuencia por la vibración de los equipos y deterioros de los sensores de seguridad por ciclos de vida cumplidos. En el siguiente capítulo se analizarán todas las fallas presentadas durante el último año de formación.

10 Análisis Causa Raíz (RCA) de maquinaria área de mantenimiento ambiente de mecanizado.

Para realizar un árbol de falla se deben recopilar datos suministrados por las Hojas de vida de cada una de las máquinas del área durante el último año de operación 2018. Estos datos son organizados en un formato que permite visualizar las diferentes fallas y tiempos de mantenimiento realizados a todos los Torno, Fresadoras y esmeriles en este periodo.

Tabla 51. Hoja de vida Torno Colchester 01

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA							Version 2								
Regional Distrito Capital		Regional Distrito Capital															
Centro Metalmeccanico CMM		Centro Metalmeccanico CMM															
Sistema de gestion de calidad		HOJA DE VIDA							Nº:								
Nombre de la maquina/equipo:				Ambiente de aprendizaje:107				No. Inventario									
Torno Colchester 01																	
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:											
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico				
1	01/02/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1		1					
2	15/02/2018		Cambio de aceite delantal	0,5	0,5	\$ 36.000,00	\$ 5.000,00	\$ 41.000,00	1		1						
3	17/02/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1					
4	17/02/2018		Cambio Refrigerante	0,5	0,5	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	1				1				
5	18/02/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1		1				
6	01/03/2018		Cambio pasador Tornillo patron	1	1	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00		1	1						
7	15/03/2018		Ajustar Lira	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00				1					
8	17/03/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1					
9	17/05/2018		Inspeccionar tablero electrico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1			1					
10	17/11/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1				
11	18/06/2018		Limpiar y Lubricar Torno	0,5	0,5	\$ 1.000,00	\$ 5.000,00	\$ 6.000,00	1		1						
12	23/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1						
13	12/08/2018		Cambiar pin Segger caja Norton	3	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00			1	1					
14	15/08/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1					
15	25/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1						
16	26/09/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1					
17	13/10/2018		Cambio tornillo torreta por ruptura	0,25	0,25	\$ 1.000,00	\$ 2.500,00	\$ 3.500,00		1	1						
18	17/10/2018		Lubricar Lira de Torno	0,25	0,25	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 4.500,00			1	1					
19	15/11/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1	1						
20	15/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00			1	1					
21	17/11/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1				
22	01/12/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1					
23	17/12/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1					
Totales:				12,5	11,5	\$ 164.000,00	\$ 115.000,00	\$ 279.000,00	7	15	18	1	4				
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)															

Fuente: Propia

Tabla 52. Hoja de vida Torno Colchester 02

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2								
Sistema de gestion de calidad		Regional Distrito Capital														
		Centro Metalmeccanico CMM														
		HOJA DE VIDA						N°:								
Nombre de la maquina/equipo:			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario										
Torno Colchester 02																
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	06/02/2018		Ajuste sistema de iluminacion	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1					
2	15/02/2018		Cambio de aceite delantal	0,5	0,5	\$ 36.000,00	\$ 5.000,00	\$ 41.000,00	1		1					
3	16/02/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
4	17/02/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
5	18/02/2018		Cambio Refrigerante	0,5	0,5	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	1				1			
6	08/03/2018		Ajuste tapa de proteccion lira	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
7	10/03/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
8	15/03/2018		Ajustar Lira	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00			1					
9	22/05/2018		Ajste caja Norton Fugas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
10	18/06/2018		Limpiar y Lubricar Torno	0,5	0,5	\$ 1.000,00	\$ 5.000,00	\$ 6.000,00	1		1					
11	22/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1					
12	22/08/2018		Cambiar pin Tornillo patron ruptura	3	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1					
13	25/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1					
14	26/08/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
15	01/09/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
16	16/10/2018		Cambio tornillo torreta por ruptura	0,25	0,25	\$ 1.000,00	\$ 2.500,00	\$ 3.500,00		1	1					
17	17/10/2018		Lubricar Lira de Torno	0,25	0,25	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 4.500,00		1	1					
18	15/11/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1	1					
19	15/11/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
20	17/11/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
21	15/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1	1					
22	22/11/2018		Ajustar y limpiar copa autocentrante	1	1	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00		1	1		1			
23	01/12/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
Totales:				12,75	11,75	\$ 164.000,00	\$ 117.500,00	\$ 281.500,00	6	15	20	0	4			

TP: Tiempo de parada | TM: Tiempo de mantenimiento (real)

Fuente: Propia

Tabla 53. Hoja de vida Torno Colchester 03

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2								
Sistema de gestion de calidad		Regional Distrito Capital														
		Centro Metalmeccanico CMM														
		HOJA DE VIDA						N°:								
Nombre de la maquina/equipo:			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario										
Torno Colchester 03																
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	26/01/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1				
2	15/02/2018		Fabricar cuña pinula Cabeal Movil	2	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1					
3	16/02/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
4	08/03/2018		Cambio pasador Torno patron	1	1	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00		1	1					
5	15/03/2018		Ajustar Correas Motor principal	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
6	17/03/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
7	17/04/2018		Inspeccionar tablero electrico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1			1				
8	26/04/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
9	23/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1					
10	27/07/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
11	20/08/2018		Cambiar pin Segger caja Norton	3	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1					
12	25/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1					
13	26/08/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
14	13/10/2018		Cambio tornillo torreta por ruptura	0,25	0,25	\$ 1.000,00	\$ 2.500,00	\$ 3.500,00		1	1					
15	17/10/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
16	29/10/2018		Lubricar Lira de Torno	0,25	0,25	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 4.500,00		1	1					
17	25/11/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1	1					
18	25/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1	1					
19	27/11/2018		Ajustar sistema iluminacion	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1	1				
20	26/11/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1		1			
Totales:				13,5	12,5	\$ 127.000,00	\$ 125.000,00	\$ 252.000,00	3	17	17	2	2			

TP: Tiempo de parada | TM: Tiempo de mantenimiento (real)

Tabla 54. Hoja de vida Torno Colchester 04

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2								
Regional Distrito Capital		Centro Metalmecanico CMM														
Sistema de gestion de calidad		HOJA DE VIDA						N°:								
Nombre de la maquina/equipo:			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario										
Torno Colchester 04																
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP	TM	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Elctrico	Hidraulico			
1	10/02/2018		Cambiar oring Caja Norton	2	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1	1				
2	10/02/2018		Cambio de aceite Caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 5.000,00	\$ 53.000,00	1		1					
3	16/02/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
4	14/03/2018		Cambio Tornillos tapa Cabezal Fijo	0,25	0,25	\$ 3.200,00	\$ 2.500,00	\$ 5.700,00			1	1				
5	26/03/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
6	22/05/2018		Ajste caja Norton Fugas	2	2,5		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
7	23/05/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
8	22/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1					
9	24/07/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
10	23/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1					
11	17/09/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
12	16/10/2018		Cambio tornillo torreta por ruptura	0,25	0,25	\$ 1.000,00	\$ 2.500,00	\$ 3.500,00		1						
13	17/10/2018		Lubricar Lira de Torno	0,25	0,25	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 4.500,00		1						
14	15/11/2018		Ajustar Sistema de iluminacion	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1	1				
15	15/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1						
16	26/11/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
17	27/11/2018		Averia Tablero electrico bomeras	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
18	06/12/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1			1			
19	07/13/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00								
Totales:				12	10,25	\$ 120.200,00	\$ 97.500,00	\$ 217.700,00	3	16	12	2	3			
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)														

Fuente: Propia

Tabla 55. Hoja de vida Torno Colchester 05

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2								
Regional Distrito Capital		Centro Metalmecanico CMM														
Sistema de gestion de calidad		HOJA DE VIDA						N°:								
Nombre de la maquina/equipo:			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario										
Torno Colchester 05																
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP	TM	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Elctrico	Hidraulico			
1	08/02/2018		Cambiar PIN SEEGER Caja Norton	5	3	\$ 5.000,00	\$ 30.000,00	\$ 35.000,00		1	1	1				
2	08/02/2018		Cambio de aceite Caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 5.000,00	\$ 53.000,00	1		1					
3	18/02/2018		Montaje sistema de iluminacion	2	2	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 400.000,00		1	1	1	1			
4	17/03/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1				
5	26/03/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
6	20/05/2018		Tablero electrico averia conexión	2	2		\$ 20.000,00	\$ 20.000,00		1		1				
7	18/06/2018		Limpiar y Lubricar Torno	0,5	0,5	\$ 1.000,00	\$ 5.000,00	\$ 6.000,00	1		1					
8	22/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1					
9	22/08/2018		Limpieza y LubricacionTorno	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
10	23/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1					
11	17/09/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
12	26/09/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00			1	1				
13	17/10/2018		Lubricar Lira de Torno	0,25	0,25	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 4.500,00		1						
14	15/11/2018		Ajustar Sistema de iluminacion	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1	1				
15	15/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1						
16	26/11/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
17	27/11/2018		Averia Tablero electrico bomeras	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
18	28/11/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1					
Totales:				17	15	\$ 317.000,00	\$ 325.000,00	\$ 642.000,00	5	13	14	4	1			
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)														

Fuente: Propia

Tabla 56. Hoja de vida Torno Colchester 06.

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2						
Sistema de gestión de calidad		Regional Distrito Capital												
		Centro Metalmeccanico CMM												
		HOJA DE VIDA						Nº:						
Nombre de la maquina/equipo:		Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario									
Torno Colchester 06														
Modelo:	Codigo de equipo:			Serie:		Costo del equipo:								
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP	TM	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Elctrico	Hidraulico	
1	02/02/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
2	15/02/2018		Cambio de aceite delantal	0,5	0,5	\$ 36.000,00	\$ 5.000,00	\$ 41.000,00	1		1			
3	06/03/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
4	10/03/2018		Cambio pasador Tornillo patron	1	1	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00		1	1			
5	15/03/2018		Ajustar Lira	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00			1			
6	17/04/2018		Inspeccionar tablero electrico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1			1		
7	17/04/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
8	23/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1	1	1			
9	02/08/2018		Cambiar pin Segger caja Norton	3	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1			
10	25/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1			
11	26/09/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
12	13/10/2018		Cambio tornillo torreta por ruptura	0,25	0,25	\$ 1.000,00	\$ 2.500,00	\$ 3.500,00		1				
13	17/10/2018		Lubricar Lira de Torno	0,25	0,25	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 4.500,00		1				
14	15/11/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1				
15	15/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1				
16	17/11/2018		Ajustar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00					1	
17	23/11/2018		Averia Tablero electrico bomeras	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1		
18	25/11/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
19	25/11/2018		Cambiar PIN SEEGER Caja Norton	5	3	\$ 5.000,00	\$ 30.000,00	\$ 35.000,00		1	1			
20	01/12/2018		Fabricar Cuña Freno carro Movil	3	1	\$ 85.000,00	\$ 10.000,00	\$ 95.000,00		1	1			
21	03/12/2018		Fabricar engranaje z=90 Lira	24	2	\$ 120.000,00	\$ 20.000,00	\$ 140.000,00		1	1			
Totales:				43,5	16,5	\$ 368.000,00	\$ 165.000,00	\$ 533.000,00	4	15	14	2	1	
Tipo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)												

Fuente: Propia

Tabla 57. Hoja de vida Torno Colchester 07.

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2						
Sistema de gestión de calidad		Regional Distrito Capital												
		Centro Metalmeccanico CMM												
		HOJA DE VIDA						Nº:						
Nombre de la maquina/equipo:		Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario									
Torno Colchester 07														
Modelo:	Codigo de equipo:			Serie:		Costo del equipo:								
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP	TM	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Elctrico	Hidraulico	
1	10/02/2018		Cambiar oring Caja Norton	2	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1			
2	10/02/2018		Cambio de aceite Caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 5.000,00	\$ 53.000,00	1		1			
3	06/03/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1		1	
4	25/03/2018		Cambiar PIN SEEGER Caja Norton	5	3	\$ 5.000,00	\$ 30.000,00	\$ 35.000,00		1	1			
5	26/03/2018		Fabricar Cuña Freno carro Movil	3	1	\$ 85.000,00	\$ 10.000,00	\$ 95.000,00		1	1			
6	22/05/2018		Ajste caja Norton Fugas	2	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
7	06/06/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1		1	
8	22/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1			
9	02/08/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
10	23/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1			
11	02/09/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
12	13/10/2018		Cambio tornillo torreta por ruptura	0,25	0,25	\$ 1.000,00	\$ 2.500,00	\$ 3.500,00		1	1			
13	06/11/2018		Ajustar Carro Movil freno pinula	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
14	15/11/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1	1			
15	15/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1	1			
16	15/11/2018		Cambio de Aceite Delantal	1	1	\$ 36.000,00	\$ 10.000,00	\$ 46.000,00		1	1			
17	22/11/2018		Ajustar y limpiar copa autocentrante	1	1	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00					1	
18	23/11/2018		Averia Tablero electrico bomeras	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1		
19	06/12/2018		Reparar sistema Hidraulico	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1		1	
20	08/12/2018		Ajustar Tuerca carro Transversal	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00		1	1			
Totales:				21,25	15,5	\$ 294.000,00	\$ 150.000,00	\$ 444.000,00	3	16	15	1	4	
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)												

Fuente: Propia

Tabla 58. Hoja de vida Torno Tos 01.

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA					Version 2									
Regional Distrito Capital		Regional Distrito Capital														
Centro Metalmeccanico CMM		Centro Metalmeccanico CMM														
Sistema de gestion de calidad		HOJA DE VIDA					Nº:									
Nombre de la maquina/equipo:		Ambiente de aprendizaje:107					No. Inventario									
Torno TOS01																
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP (h)	TM (h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	01/02/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
2	05/02/2018		Ajuste pinula carro movil	2	2	\$ 2.000,00	\$ 20.000,00	\$ 22.000,00	1		1					
3	22/03/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
4	25/03/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
5	26/03/2018		Fabricar Cuña carro transversal	3	2	\$ 5.000,00	\$ 30.000,00	\$ 35.000,00		1	1					
6	22/05/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
7	23/05/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
8	22/07/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1					
9	22/08/2018		Ajustar carro Transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
10	01/09/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
11	22/09/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
12	13/10/2018		Cambio tornillo torreta por ruptura	8	8	\$ 60.000,00	\$ 80.000,00	\$ 140.000,00		1	1					
13	23/11/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
14	24/11/2018		Lubricar Lira de Torno	0,25	0,25	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 4.500,00		1	1					
15	25/11/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1	1					
16	27/11/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1	1					
17	04/12/2018		Cambio de Aceite Delantal	1	1	\$ 36.000,00	\$ 10.000,00	\$ 46.000,00		1	1					
18	05/12/2018		Ajustar y limpiar copa autocentrante	1	1	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00					1			
19	08/12/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
20	10/12/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
Totales:				27,25	26,25	\$ 219.000,00	\$ 272.500,00	\$ 491.500,00	2	17	15	4	1			
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)														

Fuente: Propia

Tabla 59. Hoja de vida Torno Tos 02.

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA					Version 2									
Regional Distrito Capital		Regional Distrito Capital														
Centro Metalmeccanico CMM		Centro Metalmeccanico CMM														
Sistema de gestion de calidad		HOJA DE VIDA					Nº:									
Nombre de la maquina/equipo:		Ambiente de aprendizaje:107					No. Inventario									
Torno TOS02																
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP (h)	TM (h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	01/02/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
2	23/02/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
3	24/02/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1					
4	25/04/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
5	22/05/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
6	28/06/2018		Limpiar y Lubricar Torno	0,5	0,5	\$ 1.000,00	\$ 5.000,00	\$ 6.000,00	1		1					
7	28/06/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
8	22/07/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
9	24/08/2018		Inspeccion tension de correas	0,25	0,25		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	1		1					
10	24/08/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
11	01/09/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
12	11/10/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1	1					
13	14/10/2018		Cambio de Aceite Cabezal fijo	1	1	\$ 60.000,00	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00		1	1					
14	22/11/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
15	24/11/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1		1				
16	01/12/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
17	04/12/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
Totales:				13,75	13,75	\$ 110.000,00	\$ 137.500,00	\$ 247.500,00	3	14	13	4	0			
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)														

Fuente: Propia

Tabla 60. Hoja de vida Torno AFM

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2								
Sistema de gestión de calidad		Regional Distrito Capital														
		Centro Metalmeccanico CMM														
		HOJA DE VIDA						Nº:								
Nombre de la maquina/equipo:			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario										
Torno AFM																
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP (h)	TM (h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	27/01/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
2	15/02/2018		Fabricar planca carro transvrsal	2	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1					
3	16/02/2018		Limpiar y Lubricar Copa Autocentrante	1	1	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.000,00	1		1					
4	15/04/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1	1				
5	24/05/2018		Fabricar palanca freno cabezal movil	2	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00	\$ 25.000,00		1	1					
6	28/06/2018		Limpiar y Lubricar Torno	0,5	0,5	\$ 1.000,00	\$ 5.000,00	\$ 6.000,00	1		1					
7	22/07/2018		Fabricar platina ajuste carro transversal	2	2	\$ 10.000,00	\$ 20.000,00	\$ 30.000,00		1	1					
8	23/07/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
9	24/08/2018		Cambio correas motor	1	1	\$ 30.000,00	\$ 10.000,00	\$ 40.000,00	1		1					
10	15/10/2018		Ajuste palancas caja Norton	2	2		\$ 20.000,00	\$ 20.000,00		1	1					
11	15/10/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1	1				
12	11/11/2018		Cambio de aceite caja Norton	1	1	\$ 48.000,00	\$ 10.000,00	\$ 58.000,00		1	1					
13	22/11/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
14	25/11/2018		Cambio de Aceite Delantal	1	1	\$ 36.000,00	\$ 10.000,00	\$ 46.000,00		1	1					
15	26/11/2018		Ajuste cuña transversal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1	1					
16	02/12/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1	1				
17	03/12/2018		Ajuste cuña carro superior	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
Totales:				19,5	19,5	\$ 136.000,00	\$ 195.000,00	\$ 331.000,00	3	14	14	3	0			
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)														

Fuente: Propia

Hojas de Vida de Taladros Fresadores

Tabla 61. Hoja de vida Fresadora Kondia 01

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2									
Sistema de gestión de calidad		Regional Distrito Capital															
		Centro Metalmeccanico CMM															
		HOJA DE VIDA						Nº:									
Nombre de la maquina/equipo: Fresadora KONDIA 01			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario											
Modelo:			Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico				
1	02/02/2018		Limpieza Tanque y cambio de refrigerante	1	1	\$ 12.000,00	\$ 10.000,00	\$ 22.000,00	1				1				
2	24/02/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1						
3	25/02/2018		Soltura conexión electrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1	1	1					
4	27/02/2018		Cambio correa Motor	2	2	\$ 35.000,00	\$ 20.000,00	\$ 55.000,00	1		1						
5	13/03/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1						
6	04/05/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1			1					
7	24/05/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1						
8	15/06/2018		Cambio aceite motoreductor de avances	2	2	\$ 24.000,00	\$ 20.000,00	\$ 44.000,00	1		1	1					
9	25/06/2018		Soltura conexión electrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1	1	1					
10	23/07/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1						
11	02/08/2018		Limpieza Tanque y cambio de refrigerante	1	1	\$ 12.000,00	\$ 10.000,00	\$ 22.000,00	1				1				
12	14/10/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00		1		1					
13	23/10/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1						
14	24/11/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1						
15	25/11/2018		Soltura conexión electrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1	1	1					
15	28/11/2018		Fabricar eje Tensor Boquilla	5	5	\$ 20.000,00	\$ 100.000,00	\$ 120.000,00		1	1						
Totales:				27	27	\$ 109.000,00	\$ 320.000,00	\$ 429.000,00	9	7	9	5	2				
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)															

Fuente: Propia

Tabla 62. Hoja de vida Fresadora Kondia 02

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2								
Regional Distrito Capital		Centro Metalmeccanico CMM														
Sistema de gestion de calidad		HOJA DE VIDA						Nº:								
Nombre de la maquina/equipo: Fresadora KONDIA 02			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario										
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	02/02/2018		Limpieza Tanque y cambio de refrigerante	1	1	\$ 12.000,00	\$ 10.000,00	\$ 22.000,00	1				1			
2	03/03/2018		Fabricar palanca de cabezal de avance	3	2	\$ 10.000,00	\$ 20.000,00	\$ 30.000,00		1	1					
3	25/03/2018		Soltura conexión eléctrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1		1				
4	24/04/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
5	25/04/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1					
6	04/05/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1			1				
7	15/06/2018		Cambio aceite motoreductor de avances	2	2	\$ 24.000,00	\$ 20.000,00	\$ 44.000,00	1		1					
8	25/06/2018		Soltura conexión eléctrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1		1				
9	24/07/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1					
10	03/08/2018		Limpieza Tanque y cambio de refrigerante	1	1	\$ 12.000,00	\$ 10.000,00	\$ 22.000,00	1				1			
11	15/10/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1			1				
12	01/11/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1					
13	02/11/2018		Fabricar engranaje motoreductor	5	5	\$ 120.000,00	\$ 50.000,00	\$ 170.000,00		1	1					
14	18/11/2018		Fabricar eje Tensor Boquilla	5	5	\$ 20.000,00	\$ 100.000,00	\$ 120.000,00		1	1					
15	24/11/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
16	25/11/2018		Soltura conexión eléctrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1		1				
Totales:				32	31	\$ 204.000,00	\$ 360.000,00	\$ 564.000,00	8	8	9	5	2			

TP: Tiempo de parada TM: Tiempo de mantenimiento (real)

Fuente: Propia

Tabla 63. Hoja de vida Fresadora Kondor 01

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA						Version 2								
Regional Distrito Capital		Centro Metalmeccanico CMM														
Sistema de gestion de calidad		HOJA DE VIDA						Nº:								
Nombre de la maquina/equipo: Fresadora KONDOR 001			Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario										
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie:		Costo del equipo:										
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	10/02/2018		Limpieza Tanque y cambio de refrigerante	1	1	\$ 12.000,00	\$ 10.000,00	\$ 22.000,00	1				1			
2	23/02/2018		Cambio de termomagnetico	2	2	\$ 45.000,00	\$ 20.000,00	\$ 65.000,00		1		1				
3	24/02/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
4	25/03/2018		Soltura conexión eléctrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1		1				
5	28/03/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1					
6	06/05/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1			1				
7	12/05/2018		Fabricar engranaje motoreductor	5	5	\$ 120.000,00	\$ 50.000,00	\$ 170.000,00		1	1					
8	17/06/2018		Cambio aceite motoreductor de avances	2	2	\$ 24.000,00	\$ 20.000,00	\$ 44.000,00	1		1					
9	24/06/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
10	23/07/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1					
11	02/08/2018		Limpieza Tanque y cambio de refrigerante	1	1	\$ 12.000,00	\$ 10.000,00	\$ 22.000,00	1				1			
12	14/10/2018		Inspeccion y ajuste tablero electrico	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1			1				
13	10/11/2018		Limpieza y lubricacion general	1	1	\$ 2.000,00	\$ 10.000,00	\$ 12.000,00	1		1					
14	11/11/2018		Mantenimiento general divisor	3	2		\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	1		1					
15	24/11/2018		Reparar y Ajustar divisor	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1					
16	25/11/2018		Soltura conexión eléctrica	3	3		\$ 30.000,00	\$ 30.000,00		1		1				
Totales:				27	26	\$ 219.000,00	\$ 260.000,00	\$ 479.000,00	9	7	9	5	2			

TP: Tiempo de parada TM: Tiempo de mantenimiento (real)

Fuente: Propia

Hojas de Vida de Esmeriles

Tabla 64. Hoja de vida Esmeril Hager 01

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA							Version 2						
Sistema de gestion de calidad		Regional Distrito Capital													
		Centro Metalmeccanico CMM													
		HOJA DE VIDA							Nº:						
Nombre de la maquina/equipo: Esmeril silvers Hager 01		Ambiente de aprendizaje:107							No. Inventario						
Modelo:		Codigo de equipo: Serie							Costo del equipo:						
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico		
1	03/03/2018		Cambio Rodamiento Rigido de Bolas	1	1	\$ 8.000,00	\$ 10.000,00	\$ 18.000,00		1	1				
2	04/04/2018		Ajuste pedestal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
3	15/04/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
4	06/04/2018		Ajuste tapas protectoras	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
5	07/05/2018		Inspeccion visual y ajuste sistema electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	1			1			
6	08/07/2018		Cambio Rodamiento Rigido de Bolas	1	1	\$ 8.000,00	\$ 10.000,00	\$ 18.000,00		1	1				
7	12/08/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
8	15/10/2018		Ajuste pedestal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
9	22/11/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
10	12/12/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
Totales:				6,5	6,5	\$ 16.000,00	\$ 65.000,00	\$ 81.000,00	8	2	9	1	0		
TP: Tiempo de parada				TM: Tiempo de mantenimiento (real)											

Fuente: Propia

Tabla 65. Hoja de vida Esmeril Hager 02

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA							Version 2						
Sistema de gestion de calidad		Regional Distrito Capital													
		Centro Metalmeccanico CMM													
		HOJA DE VIDA							Nº:						
Nombre de la maquina/equipo: Esmeril silvers Hager 02		Ambiente de aprendizaje:107							No. Inventario						
Modelo:		Codigo de equipo: Serie							Costo del equipo:						
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico		
1	01/03/2018		Limpieza general	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00		1	1				
2	04/04/2018		Ajuste pedestal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
3	15/04/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
4	06/04/2018		Ajuste tapas protectoras	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
5	07/05/2018		Inspeccion visual y ajuste sistema electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	1			1			
6	08/08/2018		Cambio Rodamiento	1	1	\$ 8.000,00	\$ 10.000,00	\$ 18.000,00		1	1				
7	12/08/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
8	15/10/2018		Ajuste pedestal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
9	22/11/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
10	12/12/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1				
Totales:				6,5	6,5	\$ 8.000,00	\$ 65.000,00	\$ 73.000,00	8	2	9	1	0		
TP: Tiempo de parada				TM: Tiempo de mantenimiento (real)											

Fuente: Propia

Tabla 66. Hoja de vida Esmeril Hager 03

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA							Version 2								
Sistema de gestion de calidad		Regional Distrito Capital															
		Centro Metalmeccanico CMM															
		HOJA DE VIDA							Nº:								
Nombre de la maquina/equipo: Esmeril silvers Hager 03				Ambiente de aprendizaje:107				No. Inventario									
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie		Costo del equipo:							Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)		TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total								
1	01/03/2018		Limpieza general		1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00			1	1				
2	15/04/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
3	06/04/2018		Ajuste tapas protectoras		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
4	07/05/2018		Inspeccion visual y ajuste sistema electrico		1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	1			1				
5	12/08/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
6	15/10/2018		Ajuste pedestal		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
7	22/11/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
8	12/12/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
Totales:					5	5	\$ -	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	7	1	7	1	0			
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)															

Fuente: Propia

Tabla 67. Hoja de vida Esmeril Hager 04

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA							Version 2								
Sistema de gestion de calidad		Regional Distrito Capital															
		Centro Metalmeccanico CMM															
		HOJA DE VIDA							Nº:								
Nombre de la maquina/equipo: Esmeril silvers Hager 04				Ambiente de aprendizaje:107				No. Inventario									
Modelo:		Codigo de equipo:		Serie		Costo del equipo:							Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)		TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total								
1	05/04/2018		Ajuste pedestal		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
2	10/04/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
3	06/04/2018		Ajuste tapas protectoras		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
4	07/05/2018		Inspeccion visual y ajuste sistema electrico		1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	1			1				
5	12/08/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
6	15/10/2018		Ajuste pedestal		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
7	22/11/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
8	11/11/2018		Limpieza tanque		0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
9	12/11/2018		Cambio Rodamiento Rigido de Bolas		1	1	\$ 8.000,00	\$ 10.000,00	\$ 18.000,00			1	1				
Totales:					5,5	5,5	\$ 8.000,00	\$ 55.000,00	\$ 63.000,00	8	1	8	1	0			
TP: Tiempo de parada		TM: Tiempo de mantenimiento (real)															

Fuente: Propia

Tabla 68. Hoja de vida Esmeril Bench Grinder

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA Regional Distrito Capital							Version 2							
Sistema de gestion de calidad		Centro Metalmeccanico CMM														
Nombre de la maquina/equipo: Esmeril BENCH GRINDER		Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario											
Modelo:		Codigo de equipo:			Serie		Costo del equipo:									
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
1	05/04/2018		Ajuste pedestal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
2	10/04/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
3	06/04/2018		Ajuste tapas protectoras	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
4	07/05/2018		Inspeccion visual y ajuste sistema electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	1			1				
5	12/08/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
6	15/10/2018		Ajuste pedestal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
7	22/11/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
8	11/11/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
Totales:				4,5	4,5	\$ -	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	8	0	7	1	0			
TP: Tiempo de parada				TM: Tiempo de mantenimiento (real)												

Fuente: Propia

Tabla 69. Hoja de vida Esmeril Truper

SENA		Servicio Nacional de Aprendizaje: SENA Regional Distrito Capital							Version 2							
Sistema de gestion de calidad		Centro Metalmeccanico CMM														
Nombre de la maquina/equipo: Esmeril:TRUPER		Ambiente de aprendizaje:107			No. Inventario											
Modelo:		Codigo de equipo:			Serie		Costo del equipo:									
Item	Fecha	No. OT	Descripcion de trabajos realizados (Fallas y Causa)	TP(h)	TM(h)	Costo de repuestos	Costo mano de obra	Costo Total	Preventivo	Correctivo	Mecanico	Electrico	Hidraulico			
	11/04/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
	07/04/2018		Ajuste tapas protectoras	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
	08/05/2018		Inspeccion visual y ajuste sistema electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	1			1				
	15/08/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
	15/10/2018		Ajuste pedestal	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
	28/11/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
	11/11/2018		Limpieza tanque	0,5	0,5		\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	1		1					
	01/12/2018		Inspeccion visual y ajuste sistema electrico	1	1		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	1			1				
Totales:				5	5	\$ -	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	8	0	6	2	0			
TP: Tiempo de parada				TM: Tiempo de mantenimiento (real)												

Fuente: Propia

10.1 Análisis Hojas de vida

10.1.1 Análisis Hojas de vida Tornos Paralelos convencionales

Tabla 70. Mantenimientos y actividades de los Tornos

TORNOS		
Mantenimiento	Preventivo	46
	Correctivo	152
Actividades	Mecánico	155
	Eléctrico	23
	Hidráulico	20

Fuente: Propia

Se evidencia un alto indicador de mantenimientos correctivos lo que deduce una mala programación y ejecución de mantenimientos preventivos, las actividades mecánicas fueron las más frecuentes, ya que un 90 % de la maquina consta de partes mecánicas, por otro lado, los malos procedimientos de los operadores de las mismas generan fallas correctivas inesperadas que aumentan los indicadores de falla.

Figura 23. Mantenimiento Tornos

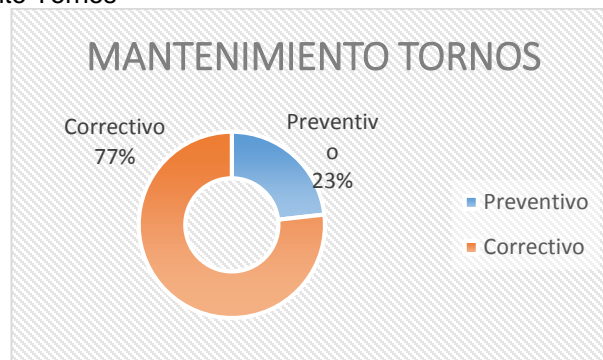
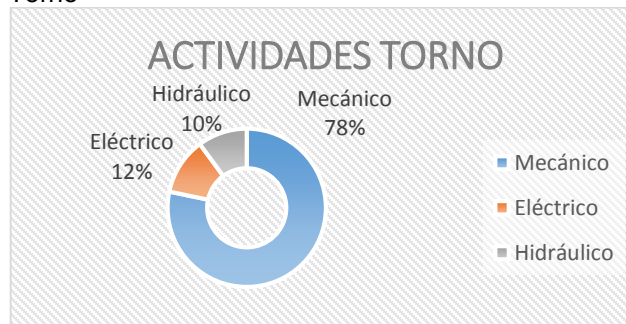


Figura 24. Actividades Torno



Fuente: Propia

10.1.2 Análisis Hojas de vida Taladros Fresadoras

Tabla 71. Mantenimientos y Actividades Fresadoras

FRESADORAS		
Mantenimiento	Preventivo	26
	Correctivo	22
Actividades	Mecánico	27
	Eléctrico	15
	Hidráulico	6

Fuente: Propia

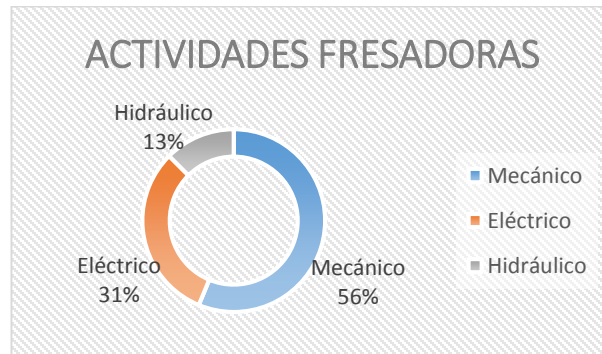
Se presenta bajo indicador de falla en primer lugar porque estos equipos tienen menos ciclos de trabajo y sus mantenimientos preventivos siempre están enfocados a mitigar la falla desde el operador de la misma. Sus fallas hidráulicas se generan por la mala manipulación de la motobomba y ausencia de componentes mecánicos como filtros y mangueras con fugas que aumentan este cuadro.

Figura 25. Mantenimiento Fresadoras



Fuente: Propia

Figura 26. Actividades Fresadoras



Fuente: Propia

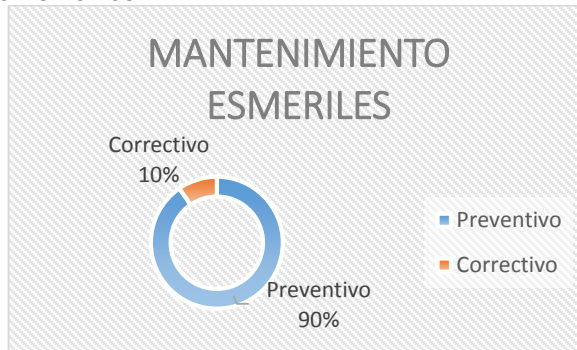
10.1.3 Análisis Hojas de vida Esmeriles

Tabla 72. Mantenimientos y Actividades de los Esmeriles

ESMERILES		
Mantenimiento	Preventivo	47
	Correctivo	5
Actividades	Mecánico	46
	Eléctrico	7
	Hidráulico	0

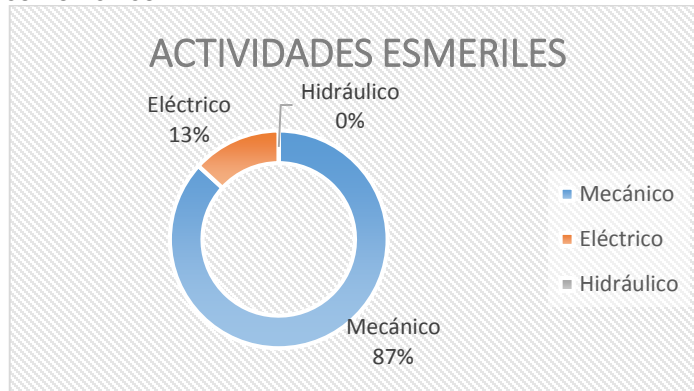
Estos equipos presentan fallas mecánicas frecuentes en los rodamientos rígidos de bolas, pero sus malos montajes y desmontajes aumentan el deterioro del equipo generando desbalances, desviaciones, ruidos y vibraciones, que se reflejan en fallas correctivas. El sistema eléctrico por lo general falla por dichas vibraciones que generan soltura mecánica en los componentes del equipo.

Figura 27. Mantenimiento Esmeriles



Fuente: Propia

Figura 28. Actividades Esmeriles



Fuente: Propia

10.2 Diagramas de Pareto

10.2.1 Diagrama de Pareto Tornos Colchester

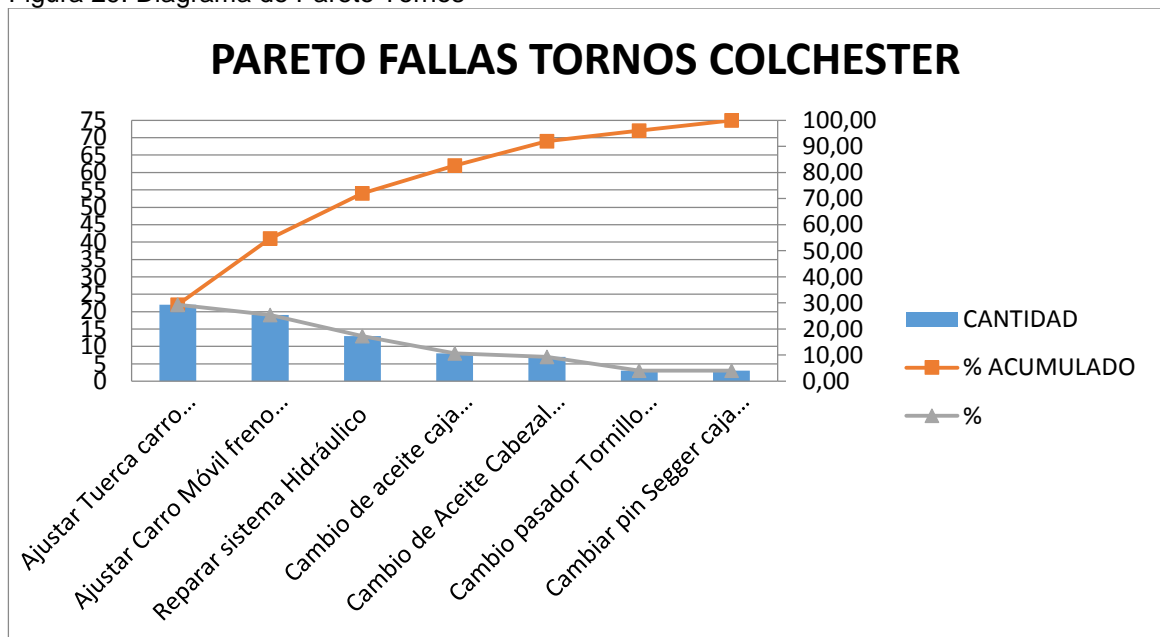
Tabla 73. Diagrama Pareto Tornos

DIAGRAMA DE PARETO FALLAS TORNOS COLCHESTER			
FALLA	CANTIDAD	%	%
Ajustar Tuerca carro Transversal	22	29,33	29,33
Ajustar Carro Móvil freno pínula	19	54,67	25,33
Reparar sistema Hidráulico	13	72,00	17,33
Cambio de aceite caja Norton	8	82,67	10,67
Cambio de Aceite Cabezal fijo	7	92,00	9,33
Cambio pasador Tornillo patrón	3	96,00	4,00
Cambiar pin Segger caja Norton	3	100,00	4,00
TOTAL	75		

Fuente: Propia

En el diagrama de Pareto se evidencian cuáles son las actividades a mitigar y prevenir en la programación, la solución de estas solventan cualquier falla desencadenada en el mismo sistema analizado. Para este caso se analizará más adelante en un árbol de falla: La tuerca del carro transversal, la pínula del carro móvil y el sistema de refrigeración o hidráulico.

Figura 29. Diagrama de Pareto Tornos



Fuente: Propia

10.2.2 Diagrama de Pareto Tornos TOS y AFM

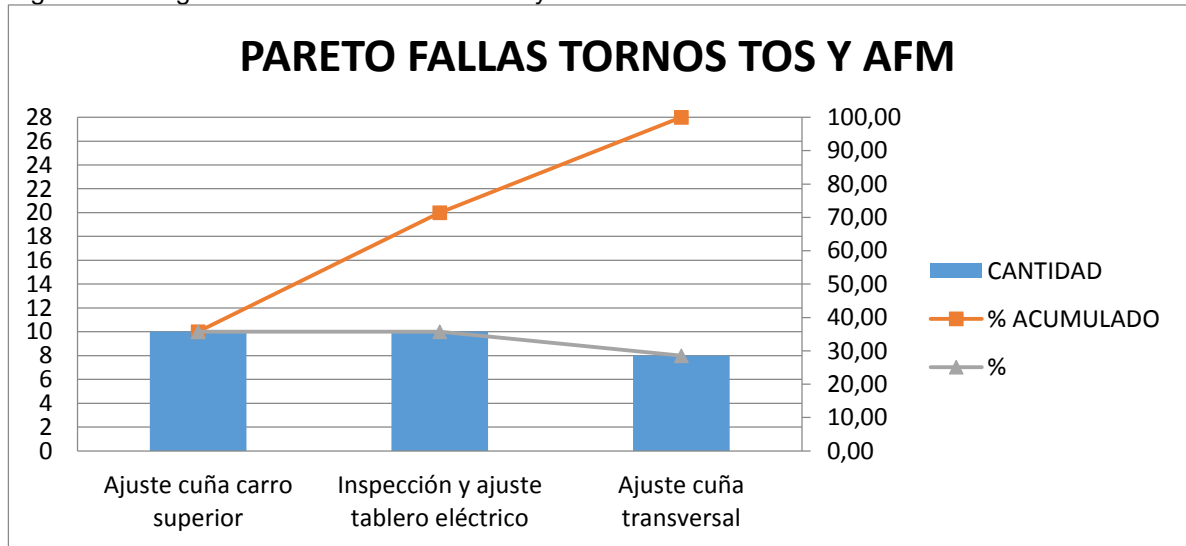
Tabla 74. Diagrama de Pareto Tornos TOS y AFM

DIAGRAMA DE PARETO FALLAS TORNOS TOS Y AFM			
FALLA	CANTIDAD	%	%
Ajuste cuña carro superior	10	35,71	35,71
Inspección y ajuste tablero eléctrico	10	71,43	35,71
Ajuste cuña transversal	8	100,00	28,57
TOTAL	28		

Fuente: Propia

Los tornos TOS y AFM presentan gran similitud en su funcionamiento, es por ello que se analizan como si fueran de la misma familia de tornos, sus fallas más recurrentes son desgaste y desajuste en cuñas de los carros y averías en el sistema eléctrico por falta de mantenimiento preventivo.

Figura 30. Diagrama de Pareto Tornos TOS y AFM



Fuente: Propia

10.2.3 Diagrama de Pareto Taladro Fresador

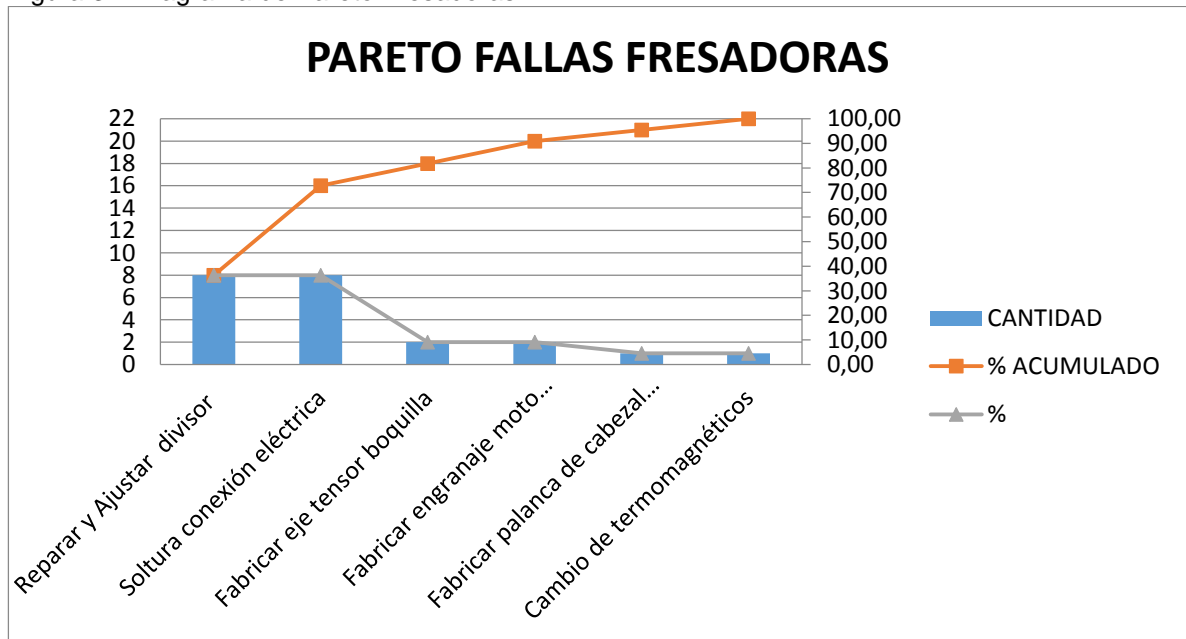
Tabla 75. Diagrama de Pareto Taladro Fresador

DIAGRAMA DE PARETO FALLAS FRESADORAS			
FALLA	CANTIDAD	% ACUMULADO	%
Reparar y Ajustar divisor	8	36,36	36,36
Soltura conexión eléctrica	8	72,73	36,36
Fabricar eje tensor boquilla	2	81,82	9,09
Fabricar engranaje moto reductor	2	90,91	9,09
Fabricar palanca de cabezal de avance	1	95,45	4,55
Cambio de termomagnéticos	1	100,00	4,55
TOTAL	22		

Fuente: Propia

Los taladros fresadores tienen un alto indicador de fallas eléctricas más por falta de mantenimientos preventivos que por daños o ciclos de trabajo cumplidos. El divisor es un equipo que presenta fallas mecánicas por desgaste a fatiga y mala manipulación y operación durante la formación.

Figura 31. Diagrama de Pareto Fresadoras



Fuente: Propia

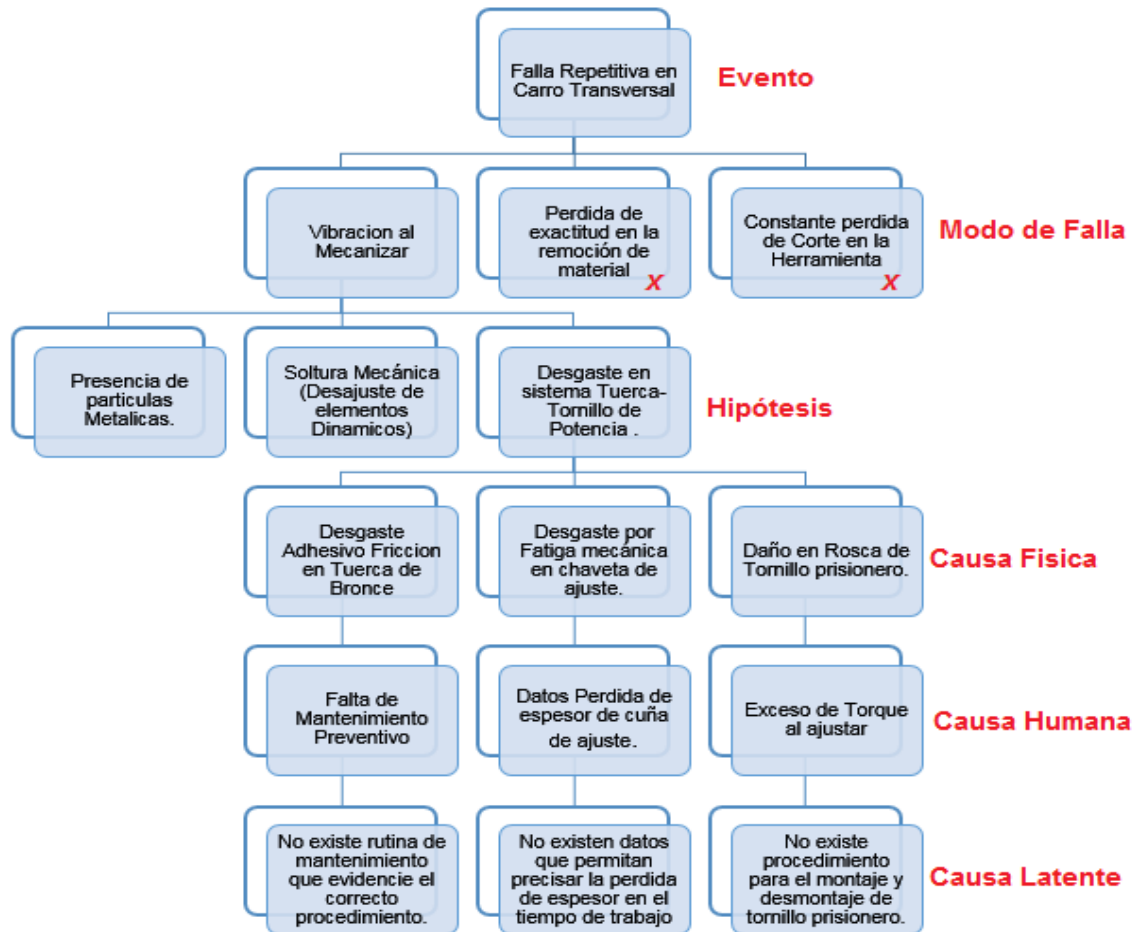
Los esmeriles al ser equipos con pocos sistemas y baja cantidad de fallas, no se tuvieron en cuenta para realizar este análisis, se realizó un análisis modal de fallas y efectos, para ejecutar procedimientos de mantenimientos preventivos que mitigaran las fallas más recurrentes en estos equipos.

10.3 Árbol de Fallas Frecuentes en Máquinas de Mecanizado.

Para analizar de manera más detallada las causas de falla de las máquinas, se realiza un árbol de falla, que permite establecer los posibles modos, hipótesis y causas más relevantes que permiten definir el problema de raíz a mitigar. Dichos datos fueron arrojados por las Hojas de vida de cada máquina y definidos en su importancia por el diagrama de Pareto. El objetivo es determinar el plan de mantenimiento más pertinente para mitigar fallas y averías de las máquinas y equipos del centro de formación.

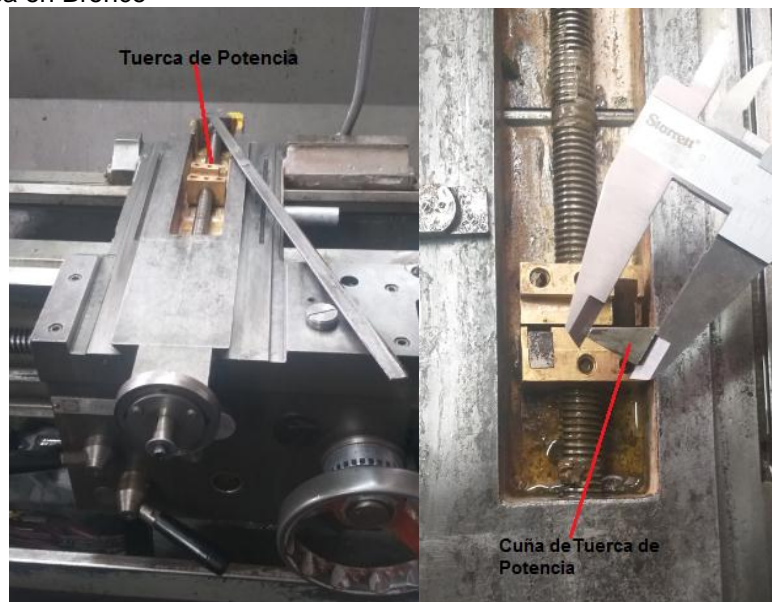
10.3.1 Análisis de Fallas Frecuentes en Torno Colchester

Figura 32. Árbol de Falla Tuerca Carro Transversal



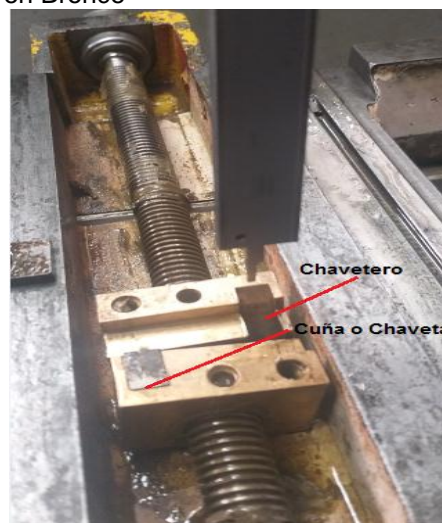
Fuente: Propia

Figura 33. Tuerca en Bronce



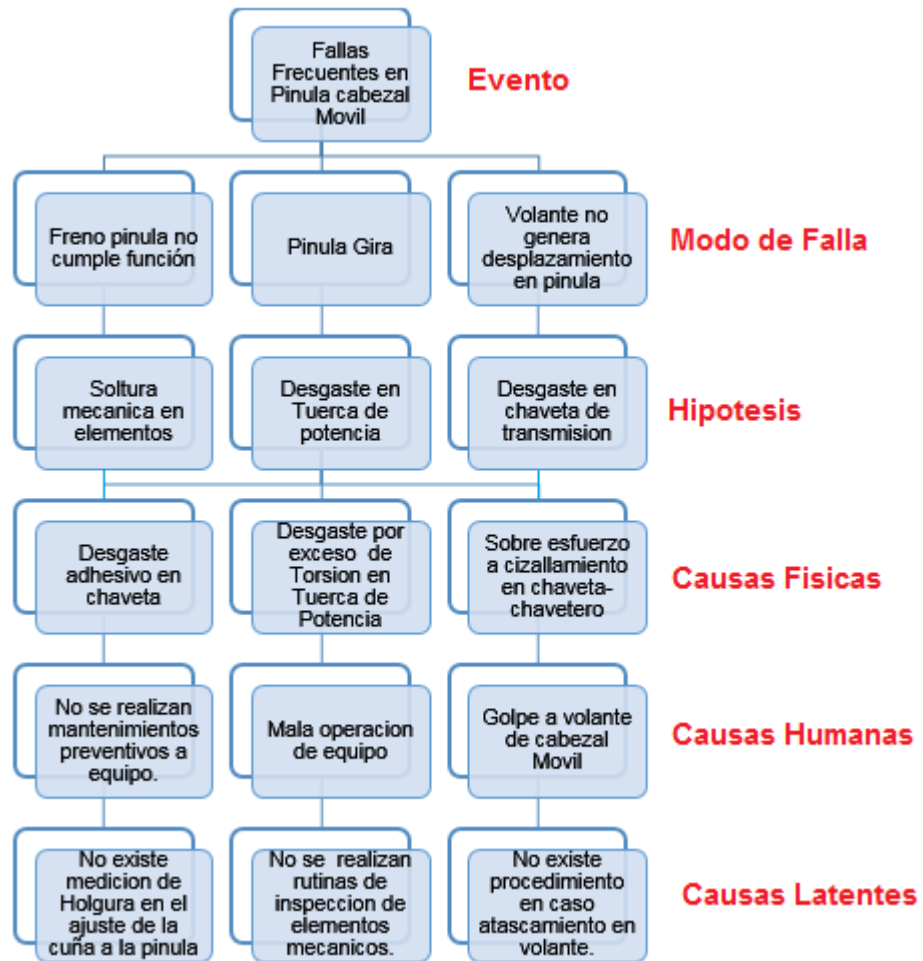
La pérdida de espesor en chaveta de tuerca de potencia, no permite ajuste de tuerca con tornillo, lo que genera desajuste en carro transversal y vibración en herramienta de corte, debido a los constantes fallos se recomiendan dos acciones de mantenimiento; Fabricar chavetas en acero para ajustar el funcionamiento de la tuerca y en los casos más severos de pérdida de material, fabricar tuercas en bronce fosforado, ya que el desgaste metal-metal es muy avanzado.

Figura 34. Chaveta de Tuerca en Bronce



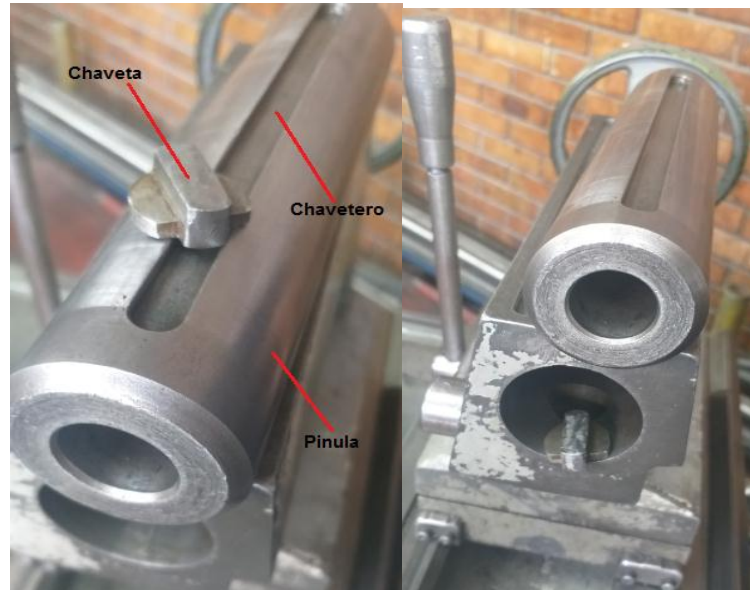
Fuente: Propia

Figura 35. Árbol de Falla Pínula Cabezal Móvil



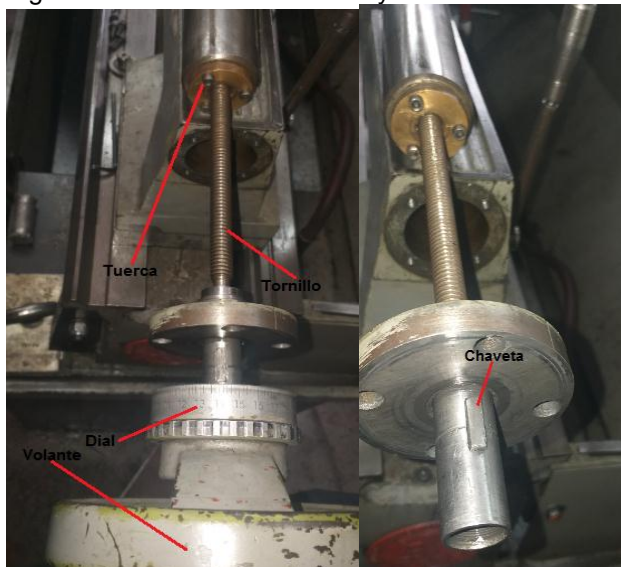
Fuente: Propia

Figura 36. Pínula y Chaveta Cabezal móvil



La ausencia de mantenimiento preventivo genera ausencia de un colchón de aceite que conduce a un desgaste adhesivo metal – metal entre la chaveta y chavetero en pínula, que trae como consecuencia el mal funcionamiento del freno de la pínula, la acción recomendada es fabricar la chaveta según plano y generar rutinas de inspección para controlar el desgaste prematuro de los elementos mecánicos.

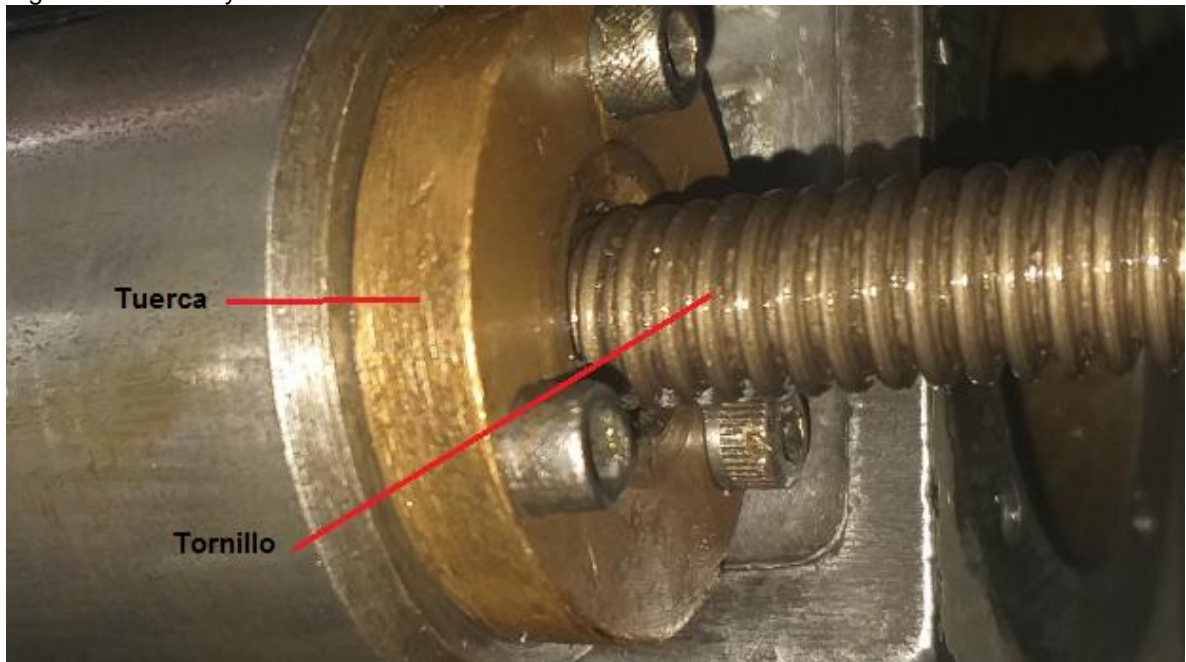
Figura 37. Tornillo de Potencia y Dial.



Fuente: Propia

La imagen anterior muestra que por el atascamiento en el sistema de rotación tuerca – tornillo y los golpes al volante por la mala operación se presentan constantes daños por cizallamiento en las chavetas, lo que genera desajustes por desgastes. La acción correctiva recomendada es fabricar chaveta en acero según plano, lo que se pretende también es capacitar al personal para desbloquear sistema y realizar procedimientos de mantenimiento preventivo

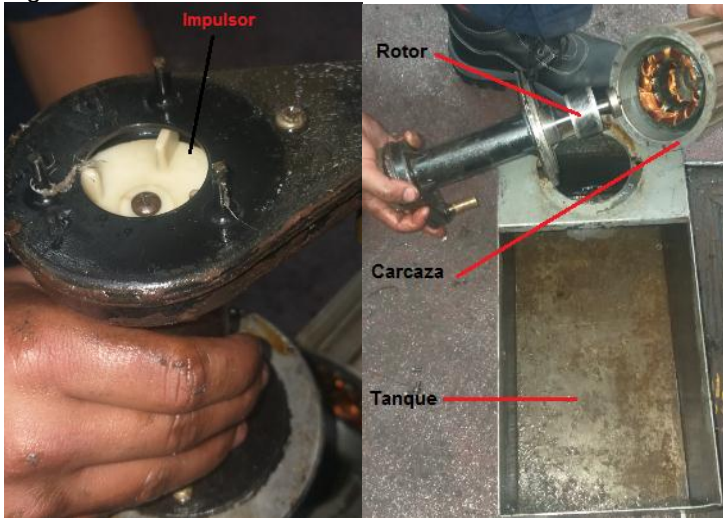
Figura 38. Tuerca y Tornillo de Potencia



Fuente: Propia

El tornillo de potencia ubicado en la pínula del cabezal móvil es el encargado de transmitir torque y soportar carga en las operaciones de mecanizado, por los ciclos repetitivos de trabajo y ausencia de mantenimiento se generan holguras que deterioran la tuerca causando desajustes y desgastes que ocasionan falta de precisión en el equipo.

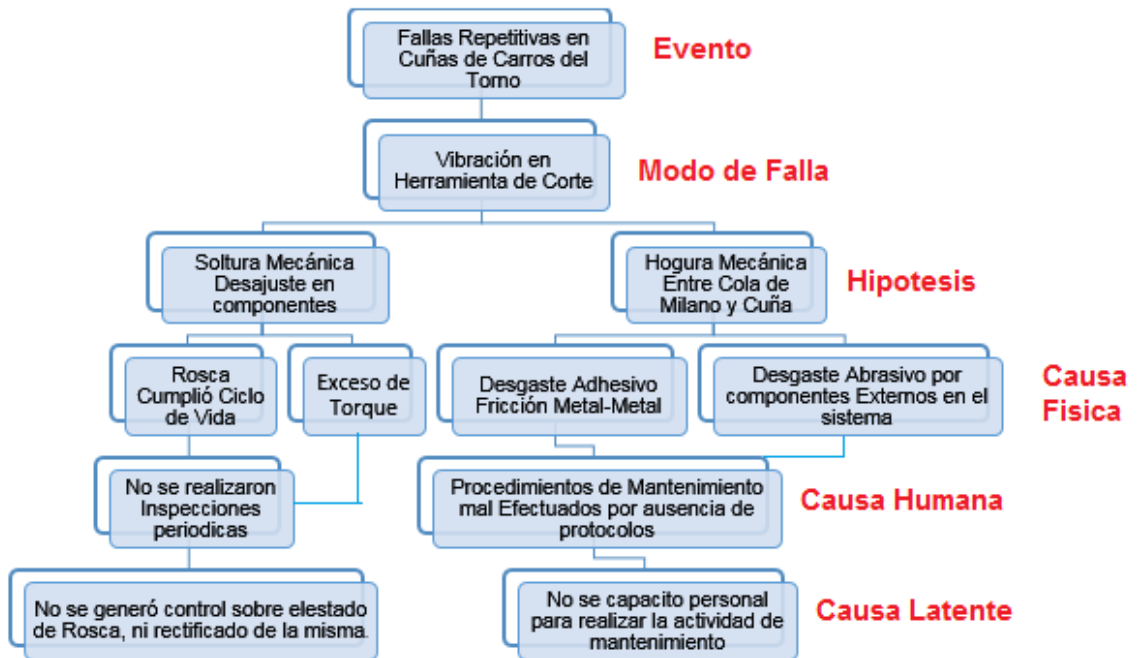
Figura 40. Moto Bomba Hidráulica.



Fuente: Propia

10.3.2 Análisis de Fallas Frecuentes en Torno AFM y TOS.

Figura 41. Árbol de Falla Chaveta (Cuña) carro Transversal



Fuente: Propia

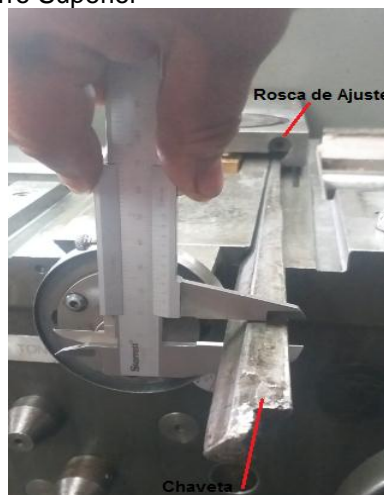
Figura 42. Chaveta Carro Superior



Fuente: Propia

El desgaste presentado por los ciclos repetitivos de trabajo (fatiga mecánica), la ausencia de frecuencias de mantenimiento y los malos procedimientos de mantenimientos en los carros de los Tornos ocasionan daños irreparables ya que son componentes estructurales de la máquina. Para mitigar de manera parcial las fallas se deben fabricar chavetas (cuñas) según planos establecidos, rectificar roscas y capacitar tornero en operación y mantenimiento del Torno.

Figura 43. Desgaste Chaveta Carro Superior



Fuente: Propia

Figura 44. Árbol de Falla Tablero Eléctrico Torno.

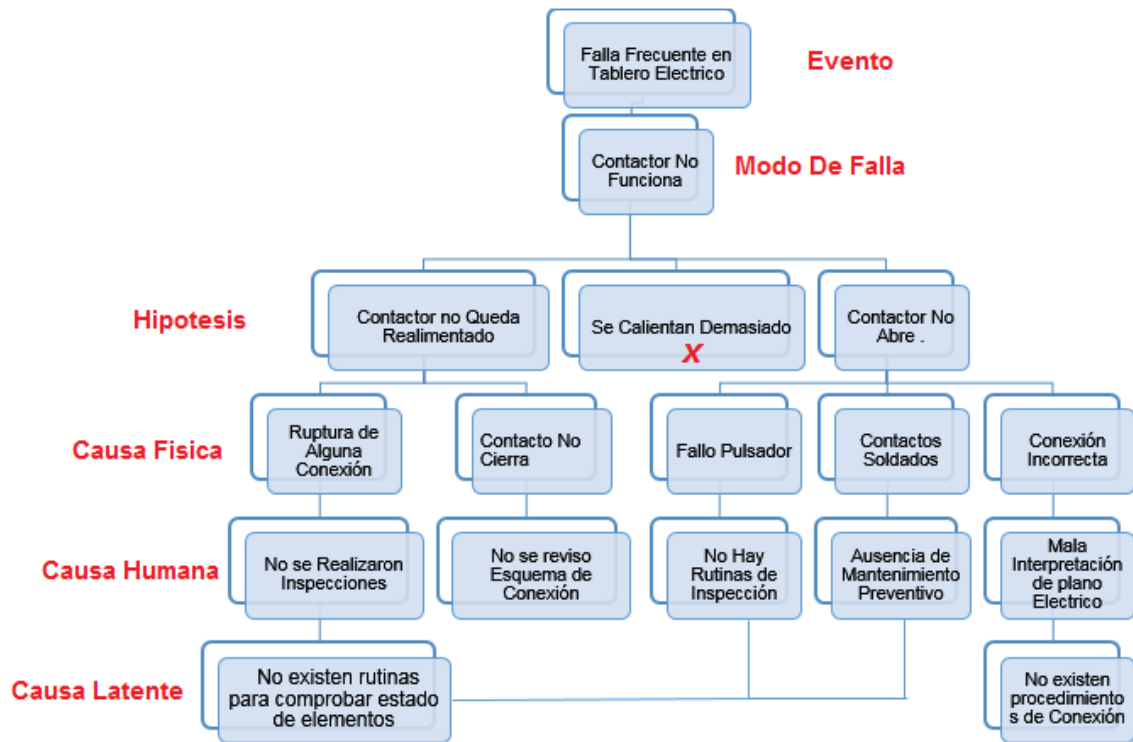


Figura 45. Montajes Eléctricos

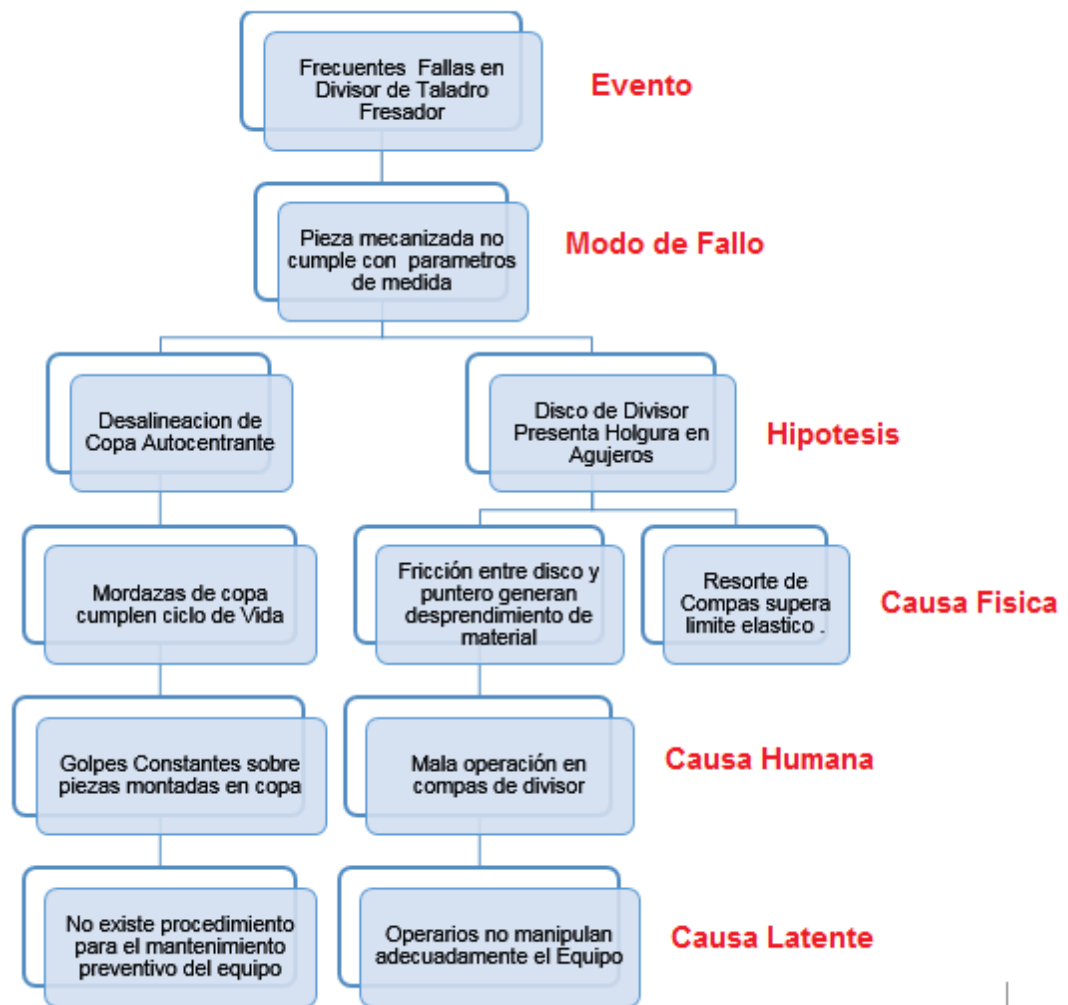


Fuente: Propia

Las maquinas no presentan anclaje y nivelación que permita mitigar vibración durante las horas de trabajo, esto, está generando que las conexiones eléctricas se suelten presentando cortos y caídas de voltaje en los sistemas, la ausencia de control en ejecución de mantenimiento eléctrico, no permite llevar un día a día del operario que está interviniendo la maquina cuando falla ocasionando la falta de responsabilidad y trazabilidad de la acción correctiva.

10.3.3 Análisis de Fallas Frecuentes en Taladro Fresador.

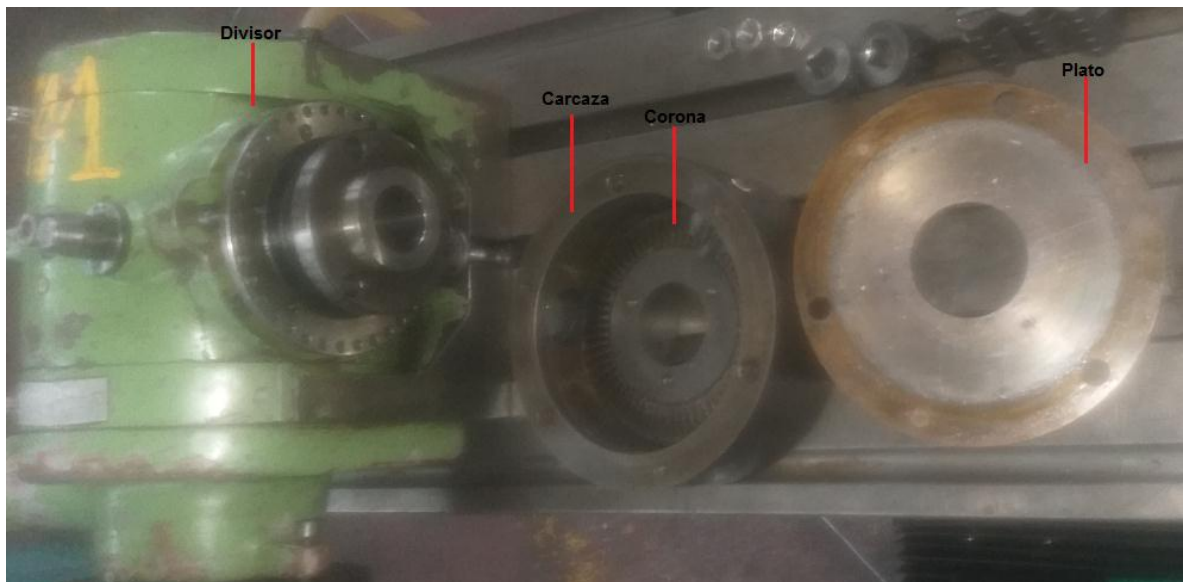
Figura 46. Árbol de Falla en Divisor



Fuente: Propia

La mala manipulación del compás y la fricción con el plato divisor causan una desviación en la medida final cuando se están fabricando cuadrantes, chaveteros y hexágonos en la fresadora. La falta de mantenimiento preventivo en copa auto centrante, ocasiona atascamiento y sobre esfuerzo en las mordazas. Estos factores sumados al ciclo de vida del equipo no generan confiabilidad en la fabricación de piezas mecánicas. Se recomienda realizar consecución de los divisores de las tres máquinas.

Figura 47. Desgaste en Componentes Divisor Taladro Fresador



Fuente: Propia

10.3.4 Análisis de Fallas Frecuentes en Esmeril.

Figura 48. Árbol de Falla en Rodamiento Rígido De Bolas



Fuente: Propia

La falta de equipos para montaje y desmontaje de forma técnica ocasionan que el operario cambie los elementos de forma errónea, golpeando tapas de obturación y pista externa e interna del rodamiento, estos malos procedimientos generan ralladura que a una velocidad angular multiplican el factor de falla que da como resultado vibración que con el tiempo aumentan el desajuste entre eje, carcasa y rodamiento y por ultimo aumentan la potencia o consumo del motor eléctrico. Se recomienda en los factores severos cambiar esmeriles o fabricar cojinetes de fricción concéntricos para mitigar holgura presentada.

Figura 49. Desgaste Acoples y Tapas de Protección



Fuente: Propia

Los arboles de fallas realizadas a las actividades que más representaron averías en las máquinas y equipos, permiten tener un mejor panorama para interpretar la causa raíz de las averías y de esta manera establecer acciones preventivas que mitiguen fallas futuras, estas actividades se analizaran a continuación en el análisis de modos de fallos y efectos (FMEA).

11 Análisis Modal de fallos y efectos (FMEA) para máquinas y equipos del ambiente 107, área de mantenimiento.

En el área de mantenimiento el análisis modal de fallos y efectos, se usa para analizar componentes de diseños, se enfoca hacia los modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente u operación, causados por el diseño, el objetivo primordial para este análisis es reducir riesgos por errores en la operación de las máquinas y direccionar el mantenimiento hacia actividades que realmente identifiquen la falla de raíz de cualquier evento de daño.

Para el desarrollo de estos análisis se contó con el apoyo del instructor Pablo Forero Ingeniero Mecánico del área de mecatrónica y aprendices tecnólogos del área de mantenimiento mecánico industrial.

Una vez realizado el análisis modal de fallos y efectos de todas la maquinas se procede a realizar un plan de mantenimiento donde se puedan generar procedimientos y rutas de trabajo óptimas para la buen desempeño de los operadores, se deben establecer todos los modos, causa y consecuencias de fallas de los equipos electromecánicos para mitigar cualquier posible falla iniciando con las de alto riesgo.

A continuación se realizaran los FMEA de cada una de las máquinas y equipos, para esto se subdividieron las maquinas en sistemas con sus respectivas funciones y según hojas de vida y diagnósticos realizados, se establecieron causas y modos de falla que fueron ponderados en la matriz de acuerdo a que tan severa sería una falla, que tan frecuente se da y si de cierta manera es predecible mientras la maquina se encuentre en operación. Para realizar esta evaluación se requiere de datos precisos y experiencia en el grupo de trabajo, para de esta forma generar una matriz eficaz y eficiente para el área.

Las actividades son evaluadas mediante el producto de la multiplicación de los valores de Severidad, Ocurrencia y Detectabilidad, cada uno de ellos previamente fue ponderado de 1 a 10, siendo 1, un valor de riesgo muy bajo y 10 un valor de riesgo altísimo en caso de presentarse una falla. Según la experticia técnica los valores del producto que estén por encima de 500 son tomados como modos de falla muy riesgosos para el proceso de mecanizado.

Tabla 76. FMEA Fresadora Cabezal

Sistema		M modelo : KONDIA y KONDOR Serie:									
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				Preventivo P Correctivo C
			Modo de falla: como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
CABEZAL	Motor Eléctrico	Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Perdida de velocidad, ruido.	Parada de la maquina	Daño en rodamientos, por demasiada tensión en las correas, cumplimiento de la vida útil.	Inspecciones, visuales funcionamiento sin carga y carga del equipo para determinar condiciones	9	7	7	441	(P) Inspecciones programadas: verificación de variables de funcionamiento: Temperatura - vibración. (C) Cambio de rodamientos
			Sobrecalentamiento en Motor	Quemadura motor	Sobre tensión de correas		7	9	9	567	
			Vibración continua	Detención del equipo	Daño en rodamientos, por desbalanceo dinámico causando erosión en los rodamientos.		4	7	9	252	
	Sistema de Transmisión Polea - Correa	Transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos que se encuentran a cierta distancia.	Vibración continua	Sobrecalentamiento de correa	Holgura entre eje y agujero de la Polea	Verificar Alineación entre poleas	7	8	5	280	(P) Inspecciones programadas: verificación de variables de funcionamiento: Temperatura - vibración- Tensión. (C) Cambio de correas y poleas
			Deslizamiento	Velocidad Angular y Fuerza variante	Mal tensionado de correa, Polea desajustada	Verificar con tensiómetro de correas	4	9	9	324	
			Desalineación	Daño en paredes laterales de correa	Soltura de polea sobre eje transmisor	Verificar con alineador laser	9	8	8	576	
			Olor a quemado	Ruptura de la correa	Sobrecarga en maquina o roce de correa con guarda correas.	Inspección visual diaria	2	8	4	64	
	Sistema de Transmisión de Potencia por Engranajes	Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas.	Ruido	Contaminación auditiva	Falta de lubricación	Semanalmente. inspección visual. Observar mirillas de lubricación	5	8	7	280	(P) Inspecciones programadas: verificación de variables de funcionamiento: Temperatura - vibración- alineación (C) Cambio de engranajes
					Lubricante incorrecto o deteriorado		4	7	7	196	
					Dientes deteriorados		8	9	8	576	
					Coinetes averiados		8	8	8	512	
					Contaminación por partículas		4	7	7	196	
			Vibración	Desajuste de componentes	Desgaste Adhesivo Dientes	Inspección visual Diaria con carga y en vacío.	8	9	8	576	
Desgaste Abrasivo Dientes					8		9	8	576		
Indentación de dientes					7		6	8	336		
				Fatiga Mecánica		9	6	8	432		

Fuente: Propia

Tabla 77. FMEA Fresadora - Bomba Hidráulica

Sistema		M modelo : KONDIA y KONDOR Serie:									
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				Preventivo P Correctivo C
			Modo de falla: como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
SISTEMA DE REFRIGERACION	BOMBA DE REFRIGERACION	Máquina que genera el flujo de líquido refrigerante	Vibración	Contaminación auditiva	Presencia de aire en el interior de la bomba	Semanalmente, poner atención por si se oye algún ruido fuera de lo común	6	7	9	378	(P) Realizar inspección Diaria de sonidos en Rodamientos. (C.) Cambio de Motor Eléctrico
					Tubería y/o filtro de succión obstruido		6	6	8	288	
					Rodamientos desgastados		7	7	8	392	
					Rotor mal ensamblado		4	8	9	288	
					Desbalanceo del rotor		8	8	9	576	
					Rotor desalineado con respecto al estator		8	7	9	504	
			Bomba caliente	No hay flujo de líquido refrigerante	Presencia de aire en el interior de la bomba	Cuando no halla flujo de refrigerante, revisar inmediatamente, el nivel, conexión eléctrica del motor y la bomba	4	8	9	288	(P) Limpiar semanalmente Tanque. (C.) Cambiar Filtros
					Conductos y/o filtro de succión obstruido		4	6	8	192	
			Bomba no entrega caudal	No hay flujo de líquido refrigerante	Impulsor Averiado	Cuando no halla flujo de refrigerante, revisar inmediatamente, el nivel, conexión eléctrica del motor y la bomba	8	9	9	648	(P) Limpiar semanalmente Tanque. (C.) Cambiar Impulsor.
					Nivel bajo o sin líquido refrigerante		7	7	10	490	
					Motor y bomba desacoplados		5	7	8	280	
					Sentido de giro erróneo		5	7	9	315	
			Bomba con fugas	Flujo insuficiente o sin flujo de líquido refrigerante	Sellos y/o juntas averiados	Verificar después de realizado el trabajo las fugas y corregir la causa de su generación	6	5	8	240	(P) Limpiar semanalmente Tanque. Tubería, Inspeccionar Racores (C.) Cambiar Racores y tubería
					Elementos internos muy desgastados		5	7	9	315	
					Tuberías con fisuras		7	5	8	280	
					Tuberías mal conectadas		7	5	8	280	
					Racores con exceso de torque		7	5	8	280	
					Racores de conexión inadecuados		6	5	8	240	

Fuente: Propia

Tabla 78. FMEA Fresadora - Mesa y Cuerpo

Sistema		M modelo : KONDIA y KONDOR Serie:									
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				Preventivo P Correctivo C
			Modo de falla: como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
MESA Y CUERPO	TORNILLO DE AVANCE	Recibe el movimiento del motor y lo transmite a la mesa	Desplazamiento irregular de la mesa	Mal acabado superficial de los elementos mecanizados e imprecisión en las dimensiones de los elementos	Desajuste chaveta	Se deben corroborar las dimensiones de las piezas que se mecanizan con las dadas en los planos	3	7	8	168	(P) Ajustar, Limpiar. Inspección Rodamientos (C.) Cambiar Rodamientos, Tuercas, Tornillos
					Cojinetes averiados		8	8	8	512	
					Contaminación por partículas		5	7	7	245	
					Carga excesiva		4	7	7	196	
					Tuerca desgastada		5	8	8	320	
					Tornillo doblado		2	9	9	162	
					Sin lubricación		4	8	7	224	
		No se desplaza la mesa	No se puede mecanizar	Filetes rotos	Después de cada mecanizado, revisar el funcionamiento de la máquina manualmente	3	7	8	168	(P) Rectificar Roscas (C.) Fabricar Pin. Cambiar Rodamientos, Tuercas, Tornillos.	
				Cojinetes averiados		8	8	8	512		
				Contaminación por partículas		5	7	7	245		
				Tuerca desgastada		5	8	8	320		
				Tornillo despinado		5	8	7	280		
		Ruido	Contaminación auditiva	Falta de lubricación	Semanalmente, poner atención por si se oye algún ruido fuera de lo común	5	8	7	280	(P) Limpiar y lubricar (C.) Cambiar Rodamientos, Tuercas, Tornillos.	
				Lubricante incorrecto o deteriorado		4	7	7	196		
	Filetes deteriorados			3		8	8	192			
	Cojinetes averiados			8		8	8	512			
	Contaminación por partículas			5		7	7	245			

Fuente: Propia

Tabla 79. FMEA Fresadora - Mesa, Cuerpo, Visualizador.

marca:		Modelo: KONDIA y KONDOR				Serie:		EVALUACION				Correctivo (C) Preventivo (P)
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO		
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla							
MESA Y CUERPO	Guías de Desplazamiento	Soportar cargas, permiten desplazamiento de los carros	Vibración por Soltura mecánica	Movimientos imprecisos por desajuste debido al desgaste	No se realiza calibración, ni ajuste de componentes	Diariamente y después de cada mecanizado limpiar las guías y lubricarlas	6	8	5	240	(P) Realizar inspecciones de mantenimiento, ajustar componentes. (C.) Cambiar lubricante de acuerdo a condiciones de fabricante.	
					Lubricante incorrecto o deteriorado		5	7	6	210		
					Contaminación por partículas		6	8	8	384		
			Picaduras, rayas y/o mellas	Movimientos imprecisos por superficies irregulares de las guías	Sin lubricación	Capacitar a los operarios de la máquina para que manipulen los elementos y materiales de la forma adecuada	5	9	7	315	(P) Limpiar, revisar y lubricar con el lubricante recomendado por el fabricante, las superficies diariamente (C.)Cambiar cuñas	
					Lubricante incorrecto o deteriorado		5	8	5	200		
					Contaminación por partículas		6	8	6	288		
					Golpes por mala manipulación de elementos más duros		6	10	5	300		
			Fracturas	Sin desplazamiento de la mesa o movimientos imprecisos por superficies fracturadas de las guías	Golpes por mala manipulación de elementos más duros	Capacitar a los operarios de la máquina para que manipulen los elementos y materiales de la forma adecuada	7	10	5	350	(P) Realizar inspecciones de mantenimiento, ajustar componentes. (C.) Cambiar lubricante de acuerdo a condiciones de fabricante.	
					Carga excesiva		5	10	7	350		
					Sin lubricación		4	8	6	192		
					Lubricante incorrecto o deteriorado		4	7	6	168		

Tabla 80. FMEA Fresadora Visualizador

marca:		Modelo: KONDIA y KONDOR				Serie:		EVALUACION				Correctivo (C) Preventivo (P)
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO		
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla							
VISUALIZADOR	Visualizador Digital	Permite visualizar el desplazamiento de la mesa en los tres ejes coordenados (X, Y, Z) y programar la secuencia de movimientos para el mecanizado de diversas piezas	No se energiza	No permite ni visualizar ni tampoco programar	Sistemas desconectado	Cuando se haga la revisión de la conexión eléctrica, verificar el funcionamiento correcto del sistema	7	5	3	105	(P) Verificar calibración de los potenciómetros antes de empezar a trabajar. Revisar la red eléctrica de suministro y la conexión eléctrica (C.) Trabajar máquina en modo manual, cambiar visualizador.	
					Algún elemento interno del sistema quemado		7	5	3	105		
			Los valores mostrados son erróneos.	Las dimensiones de las piezas que se están mecanizando, quedan erradas	Potenciómetros descalibrados	Semestralmente, los potenciómetros deben calibrarse en laboratorio certificado	7	8	2	112		
					Control defectuoso		Revisar semestralmente el estado de funcionamiento del controlador, si se requiere se repara o se reemplaza	7	8	2		112

Fuente: Propia

Tabla 81. FMEA Fresadora - Mesa y Cuerpo

marca:		Modelo: KONDIA y KONDOR				Serie:				Correctivo .(C) Preventivo (P)	
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION		RIESGO
MESA Y CUERPO	Husillo	Eje de salida del movimiento de la transmisión motriz hacia la herramienta de corte	Vibración	Mal acabado superficial de los elementos mecanizados e imprecisión en las dimensiones de los elementos	Cojinetes averiados	Mensualmente, corroborar que el husillo gira sin juego ni vibración	8	8	8	512	(P) Verificar alineación y balanceo dinámico. (C.) Cambiar soportes y Husillo
					Eje desbalanceado		6	10	9	540	
					Eje doblado		6	10	9	540	
					Soportes desajustados		5	10	9	450	
	Dial, Palancas.	Sistemas que utilizan la ventaja mecánica para realizar un trabajo	Atascamiento	Exige mayor esfuerzo para su accionamiento	Sin lubricación	Semanalmente, lubricar y ajustar adecuadamente los mecanismos	4	6	5	120	(P) Realizar inspección y ajuste diario de componentes. (C.) Cambiar cuñas y Palancas de accionamiento
					Muy ajustado		4	7	5	140	
			Desajuste	No asegura o no se mantiene la palanca en su respectiva posición	Desgaste	Semanalmente, revisar y ajustar o reemplazar los elementos que lo requieran	5	7	4	140	
					Sin tornillo de fijación o rosca de fijación deteriorada		4	6	4	96	
	Topes de Carrera	Elementos de seguridad que limitan mecánicamente el desplazamiento longitudinal de la mesa, conmutándolo de automático a manual.	La dimensión de mecanizado sobre pasa el límite	La pieza queda con una dimensión errada	Sin tope o con el tope suelto	Antes de empezar a mecanizar en avance automático, verificar que los topes estén ajustados a la distancia adecuada.	3	9	9	243	
			La mesa se estrella	Algún mecanismo de transmisión se rompe			5	10	9	450	

Tabla 82. FMEA Fresadora - Sistema de Refrigeración

marca:		Modelo: KONDIA y KONDOR				Serie:				Correctivo .(C) Preventivo (P)	
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION		RIESGO
SISTEMA DE REFRIGERACION (ELECTRICO)	Motor	Suministra potencia a la bomba para que transporte el refrigerante	Funcionamiento irregular	El motor se sobrecalienta y puede quemarse	Se desconectó una fase	Cuando se haga la revisión de la conexión eléctrica, verificar el funcionamiento correcto del motor	7	9	8	504	(P) Revisar las conexiones de acuerdo al plano dado por el fabricante. Análisis vibraciones. (C.) Revisar conexión del relé térmico, su valor y corregir, y si todo esta bien entonces cambiar el relé térmico. Cambiar rodamiento.
					Relé térmico no funcionó		5	9	8	360	
			No arranca	El sistema de refrigeración no funciona	Motor desconectado	Cuando se haga la revisión de la conexión eléctrica, verificar el funcionamiento correcto del motor	7	7	8	392	
					Tensión de corriente insuficiente		4	7	8	224	
					Relé térmico activado		4	7	8	224	
					Motor quemado		7	8	9	504	

Fuente: Propia

Tabla 83. FMEA Fresadora – Sistema transmisión de potencia

marca:		Modelo: KONDIA y KONDOR				Serie:				Correctivo .(C) Preventivo (P)	
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION		RIESGO
SISTEMA TRANSMISION DE POTENCIA (ELECTRICO)	Motor Principal	Trasmitir potencia al husillo.	Funcionamiento irregular	El motor se sobrecalienta y puede quemarse	Se desconectó una fase	Cuando se haga la revisión de la conexión eléctrica, verificar el funcionamiento correcto del motor	8	9	8	576	(P) Revisar las conexiones de acuerdo al plano del manual de la maquina. Análisis vibraciones. (C.) Revisar conexión del relé térmico, su valor y corregir, y si todo esta bien entonces cambiar el relé térmico. Cambiar rodamiento.
					Relé térmico no funcionó		5	9	9	405	
			No arranca	El husillo no gira	Motor desconectado	Cuando se haga la revisión de la conexión eléctrica, verificar el funcionamiento correcto del motor	5	7	8	280	
					Tensión de corriente insuficiente		4	8	9	288	
					Relé térmico activado		4	9	8	288	
					Motor quemado		7	8	9	504	
			SISTEMA TRANSMISION DE POTENCIA (ELECTRICO)	Motor de Avances	Realiza movimiento de avance en los ejes X, Y, Z	Exceso de Ruido en componentes	Contaminación auditiva	Desgaste adhesivo Rodamientos	Semanalmente, poner atención por si se oye algún ruido fuera de lo común	8	
Rotor mal ensamblado	8	8						10		640	
Desgaste abrasivo de Engranajes	8	7						10		560	
Rotor desalineado con respecto al estator	3	7						10		210	
Funcionamiento irregular	El motor se sobrecalienta y puede quemarse	Rodamientos indentación y Fatiga				Cuando se haga la revisión de la conexión eléctrica, verificar el funcionamiento correcto del motor	7	10	8	560	
		Se desconectó una fase					5	9	8	360	
		Relé térmico no funcionó					5	9	8	360	
Equipo Bloqueado	Los avances no funcionan automáticamente	Motor desconectado				Cuando se haga la revisión de la conexión eléctrica, verificar el funcionamiento correcto del motor	5	5	8	200	
		Tensión de corriente insuficiente					4	5	8	160	
		Rodamiento contaminado, Engranajes desgastados					6	6	8	288	
		Relé térmico activado	4	5	8		160				
Motor quemado	8	8	9	576							

Fuente: Propia

Tabla 84. FMEA Fresadora – Sistema Eléctrico

marca:		Modelo: KONDIA y KONDOR				Serie:		EVALUACION				Correctivo .(C) Preventivo (P)
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO		
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla							
TABLERO ELECTRICO	Contactor	Es un elemento electromecánico que tiene la capacidad de establecer o interrumpir la corriente eléctrica de una carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia mediante la utilización de elementos de comando.	No funciona	Maquina no Energiza	No llega voltaje a la bobina, tensión insuficiente en la misma. Bobina con espiras interrumpidas	Revisar mensualmente las conexiones eléctricas, con ayuda del plano	9	7	8	504	(P) Revisar mensualmente conexiones eléctricas, verificar Torque en tornillos de ajuste. Verificar conexiones mediante cámara termografía.(C) Verificar e inspeccionar plano eléctrico suministrado en el manual de la maquina. Reemplazar elementos si es pertinente.	
								6	8	8		384
			No conmuta	No se energiza el(los) motor(es) eléctrico(s)	Bobina desconectada		Se recomienda revisar la conexión eléctrica del sistema de protección	5	8	7		280
					Bobina quemada			9	9	7		567
					Contactos desconectados			5	5	7		175
					Cables sin continuidad			5	7	7		245
					Contactos sulfatados			9	6	8		432
	Relé Térmico	Son los aparatos utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas	No se activa	Motor eléctrico se sobrecarga hasta que se quema	Relé térmico es de capacidad incorrecta	5	10	9	450			
					Relé térmico ajustado a valor incorrecto	7	10	8	560			
					Relé térmico deteriorado	7	10	8	569			
			Se activa inmediatamente recibe energía	El(los) motor(es) eléctrico(s) no alcanzan a arrancar	Arco Eléctrico	Corrosión,Impuerzas	5	8	8	320		
					Relé térmico es de capacidad incorrecta	4	8	9	288			
					Valor alto de intensidad de corriente	4	8	9	288			
	Cables	Son los elementos que conectados permiten el paso de la corriente eléctrica a través de ellos	No se energiza el(los) motor(es) eléctrico(s)	La máquina funciona parcialmente o no funciona	Cable desconectado	Revisar mensualmente las conexiones eléctricas, con ayuda del plano y un	5	8	8	320		
			No se energiza la lámpara	La lámpara no da luz	Cable sin continuidad		5	8	8	320		
	Pilotos y Bombillos	Elementos eléctricos que dan señal lumínica	No se energiza(n) el(los) piloto(s)	El(los) piloto(s) no se energiza(n)	Piloto o lámpara desconectado	Verificar semanalmente que los elementos estén operando de acuerdo a su	8	1	10	80		
					Piloto o bombillo fundido		9	1	10	90		
	Pulsador	Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo.	No se energiza el(los) motor(es) eléctrico(s)	La máquina funciona parcialmente o no funciona	Pulsador desconectado	Revisar mensualmente las conexiones eléctricas, con ayuda del plano y un multímetro	5	8	8	320		
					Pulsador deteriorado		4	6	9	216		
	Microswitch	Elemento eléctrico que da paso a una señal , y es accionado por una parte de la máquina.	No se energiza el(los) motor(es) eléctrico(s)	La máquina funciona parcialmente o no funciona	Microswitch desconectado	Revisar mensualmente las conexiones eléctricas, con ayuda del plano y un multímetro	5	8	8	320		
Microswitch deteriorado					4		10	9	360			

Fuente: Propia

Tabla 85. FMEA Torno Paralelo Convencional – Sistema Eléctrico

Sistema de gestión de calidad		SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA REGIONAL DISTRITO CAPITAL CENTRO METALMECANICO AREA DE MANTENIMIENTO										
		ANALISIS DE LOS MODOS Y LOS EFECTOS DE FALLAS (AMEF) DE TORNOS COLCHESTER 2000-AFM-TOS										
marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:										
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo	
Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla		Causa de falla	OCURRENCIA	SEVERIDAD		DETECCION	RIESGO				
SISTEMA ELECTRICO	MOTOR-MOTOR AVANCES RAPIDOS	Cojinete Antifricción (Rodamiento)	Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.	Exceso de ruido	Sobrecalentamiento	Daño en rodamientos, por demasiada tensión en las correas, Desgaste adhesivo metal-metal.	Inspecciones, visuales funcionamiento sin carga y carga del equipo para determinar condiciones	5	7	5	175	(P) Inspecciones programadas: verificación de variables de funcionamiento: Temperatura - vibración (C) Cambio de rodamientos defectuosos-procedimiento establecido.
			Vibración continua	Detención del equipo	Daño en rodamientos, por desbalanceo dinámico causando erosión en los rodamientos.		5	8	9	360		
	Bornera	Conexión para alimentación del motor	Ruido, calentamiento del motor	Calentamiento del inducido y daño del embobinado	Conexión errónea dependiendo de la potencia del motor - conexiones sueltas.	Inspecciones y ajuste conexión borneras	1	7	6	42	(P) Inspecciones programadas	
	Breakers	Interruptor automático de protección que impide el flujo de corriente en caso de sobre cargas	No se dispara en sobre carga se calienta no cierra contactos	No protege los motores generan ruido , mala conducción	Sobredimensionados para la carga contactos muy abiertos deteriorados en los componentes mecánicos	Inspección: ajuste de contactos y revisión funcionamiento general condiciones o parámetros eléctricos	3	4	5	60	(P) Inspecciones programadas	
	Fusibles	Dispositivo de protección contra sobrecargas eléctricas	Se rompe el filamento	Corte del paso de la corriente inhabilita la línea	Sobrecarga eléctrica	Inspección: Comprobación del funcionamiento-continuidad	2	4	5	40	(P) Inspecciones programadas (C) Cambio de elementos defectuosos	
	Contactores	Un Contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando	Contactos soldados no cierran a tiempo la bobina se rompió	No interrumpe paso pone motor en dos fases no obedece los controles	Sobrecarga falsos contactos sobrecarga corriente	Inspección: limpiezas , ajuste y verificación de parámetros eléctricos	2	7	7	98	(P) Inspecciones programadas: limpieza - ajuste (C) Cambio de elementos defectuosos o averiados	
Empalmes	Unión de conductores para la conexión de la red eléctrica	Chisporroteo	generación de calor y mala conducción	mala selección del empalme, mal apretados, aislamiento deficiente	Inspecciones:	1	5	5	25	(P) Inspecciones programadas: Ajuste general		
Pilotos	indican funcionamiento de la maquina	El filamento se rompe	no indica la función	sobre carga, vibraciones, Factor de humedad alto	Inspección y verificación funcionamiento general	3	5	5	75	(P) Inspecciones programadas (Diario) Comprobación del funcionamiento. (C) Cambio de elementos defectuosos o averiados		

Fuente: Propia

Tabla 86. FMEA Torno Paralelo Convencional – Sistema Eléctrico

marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:										
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (c) = correctivo (P) = preventivo	
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO		
SISTEMA ELECTRICO	REFRIGERACION	Star	Energizado y funcionamiento de la bomba	No se enciende la bomba de refrigeracion	Falta de refrigeracion en el mecanizado de piezas- calentamiento y deterioro de la herramienta de corte	Daño de los contactos electricos - conexiones sueltas.	Inspeccion y verificacion funcionamiento general	2	5	5	50	(P) Inspecciones programadas: limpieza - ajuste y verificacion del funcionamiento del equipo
	Stop	Apagado de la bomba	No se apaga la bomba de refrigeracion	Gasto innecesario de refrigerante	Daños de los contactos electricos - conexiones sueltas	Inspeccion y verificacion funcionamiento general	2	4	5	40		
	Motor	Funcionamiento de la bomba	No hay succion del liquido refrigerante	Calentamiento de piezas de mecanizado y deterioro de la herramienta de corte	Bobinado defectuoso - Conexiones electricas dañadas o sueltas. Impulsor averiado	Inspecciones y verificacion de funcionamiento general en vacio y carga	7	9	9	567		
SISTEMA MECANICO	CABEZAL FIJO	Poleas/Correas	Trasmitir movimiento a caja de velocidades	Correa floja rotura correa o polea desalineacion, vibraciones mecanicas	Perdida de fuerza ausencia total de movimiento ruido excesivo, desgaste de las correas	Destencionamiento de la correa sobrecarga de potencia a la correa aflojamiento sistema de bloqueo cuña o prisionero al eje, desgaste de la polea.	Inspeccion: alineacion de poleas y tension de correas de acuerdo a procedimiento establecido	2	9	9	162	(P) Inspecciones programadas: Verificacion alineacion -tension de correas) (C) Cambio de elementos defectuosos o averiados
		Caja de velocidades	Establecer la velocidad del husillo de trabajo para los procesos de mecanizado. Relacion de gama de velocidades al husillo y la lira.	Engranajes rotos o desgastados Rodamientos desgastados Perdida de viscosidad del lubricante	Ruido y vibracion ruido moderado, desgastes oxidacion , corrosion y abrasion calentamiento del lubricante	Esfuerzos mayores o sobrecargas demora en el cambio del lubricante aceite contaminado o no adecuado presencia de humedad falta de hermeticidad en el sistema	Inspeccion: control nivel de aceite, limpieza y regulacion de lubricacion	8	8	8	512	(P) Inspeccionar Oring,resortes, valinera en los sistemas de separacion.Inspeccion visual de Engranajes del sistema. (C) Cambio de elementos mecanicos averiados, de acuerdo con procedimientos y programacion de los mismos
		Copa autocentrante	Sujetar el material a mecanizar	Desgaste en los pernos de fijacion Desgaste en las mordazas Rotura de dientes de los piñones satelites	La copa se muestra desalineada y suelta, desalineacion de la pieza a mecanizar Desajuste del material	No utilizacion de las herramientas adecuadas. Falta de ajuste de la pieza a mecanizar Sobreesfuerzos al ajustar las piezas con las mordazas lubricantes inadecuados	Inspeccion: funcionamiento general, comprobacion de desbalanceo - ajuste de elementos de fijacion - limpieza, ajuste y lubricacion	5	7	9	315	(P) Inspecciones programadas: limpieza - ajuste y lubricacion
		Husillo	transmite movimiento y soporta la copa alojar material a mecanizar	soltura mecanica mal ajuste de la copa desgaste	ruido o vibracion jogo axial o radial deformacion abrasion o corrosion	rodamientos rotos o desgastados desajuste en el sistema de fijacion lubricacion y aseo, esfuerzo de impacto	inspeccion: comprobacion de desbalanceo dinamico, limpieza	5	8	9	360	(P) Inspecciones programadas: Limpieza - lubricacion
		Palancas de accionamiento para cambios de velocidad	ajustar gama de revoluciones	palancas sueltas o bloqueadas orquillas rotas desgastadas	perdida de control en selección de rpm	Esfuerzo excesivo o desajuste mala lubricacion	Control funcionamiento general ajuste	3	6	6	108	(P) inspecciones programadas: veerificacion del funcionamiento (Desplazamiento) de palancas - ajustes elementos de sujeciones (pines)

Fuente: Propia

Tabla 87. FMEA Torno Paralelo Convencional – Bancada y Caja Norton

marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:				EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo		
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION		RIESGO	
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla							
SISTEMA MECANICO	CAJA NORTON	Lira de engranajes	Relación de movimiento caja de velocidades y avances	Dentado roto soldadura mecánica	Ruido o vibración excesiva	Esfuerzo excesivo o desajuste mala lubricación mal ajuste. Desgaste adhesivo	Limpieza - alineación y lubricación general	7	8	9	504	(P) inspecciones programadas: Verificación de alineación - limpieza y lubricación. (C) Cambio de componentes averiados.
		Accionan. avances	Selección gama de avances de los carros	Desajuste o daño de los mecanismo internos de accionamiento de los avances	Ausencia de movimientos de los carros, no permitiendo mecanizados automáticos	Desajuste, desgaste o rompimiento de mecanismos internos de accionamiento de avances	Control de funcionamiento general y ajuste desplazamiento	4	8	7	224	(P) inspecciones programadas: verificación del funcionamiento (Desplazamiento) de palancas - ajustes elementos de sujeciones (pines)
		Tornillo patrón	Trasmitir movimiento de caja de avances al delantal	Ausencia de movimiento en el sistema o mecanismo del delantal	funcionamiento erróneo en operación de roscado de la maquina	Rompimiento del pin de unión de caja de avances al tornillo patrón - Desgaste sistema de semituercas accionamiento del tornillo patrón	Inspección: limpieza y lubricación	9	8	7	504	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
		Barra automáticos	Permitir movimientos automáticos carro longitudinal y transversal	Ausencia y/o Movimientos automáticos deficientes del carro longitudinal y transversal	Acabados de piezas deficientes debido a problemas de movimientos automáticos de los carros	Rompimiento del pin de unión de caja de avances al sistema de mecanismos del Delantal	Inspección: limpieza y lubricación	4	8	7	224	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
		Soportes	Fijar caja de avances a bancada de la maquina	Vibración - Sobreesfuerzos sobre elementos mecanismos accionamientos avances automáticos	Desgaste prematuro de elementos de unión y mecanismos de accionamiento sistema de avances	Desgaste de soportes o apriete defectuoso	Inspección: Desgaste o deformación de soportes	2	4	7	56	(P) Inspecciones programadas: Verificación estado de componentes (Desgaste -deformación)
	BANCADA	Prismas	Guiar adecuadamente los movimientos de mecanismos del delantal (Longitudinalmente) y carro transversal	Movimiento automático defectuoso en el delantal y carro transversal	Mecanizados defectuoso, determinados por el mal acabado y dimensionamiento de las piezas trabajadas.	Lubricación deficiente - desgaste o rompimiento de prismas	Inspección: Limpieza y lubricación general	2	4	3	24	(P) Inspecciones programadas: Verificación estado - limpieza y lubricación
		Escote	Permite mayor diámetro de mecanizado	Desajuste	Mal desplazamiento carro Longitudinal	Falta de Torque en Tornillo de sujeción	Inspección visual	1	4	3	12	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes
		Base	soportar bancada de forma fija	Vibración	Desajuste de las maquina	Base inadecuada para soportar bancada - desgaste o ausencia de elementos de fijación de bancada	Inspección: Limpieza	1	5	3	15	

Fuente: Propia

Tabla 88. FMEA Torno Paralelo Convencional – Carro Longitudinal

marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:									
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
SISTEMA MECANICO CARRO LONGITUDINAL	Dial	control visual del recorrido de los carros	Movimiento defectuoso del dial	Control erróneo en el recorrido de los carros	Desgaste - desajuste de los componentes del dial o del sistema de avances automáticos	Inspecciones: limpieza y ajuste de componentes mecánicos	8	7	9	504	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Accionan. automat.	Articula el sistema a modo automático	Ausencia o movimientos defectuosos del carro longitudinal	Perdida del sistema automático de la maquina	Desajuste o desgaste interno de mecanismos de accionamiento del a automático	Control de funcionamiento general y ajuste desplazamiento	1	4	4	16	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Accionan. Roscado	Articula el sistema a modo roscado	Ruido y ausencia movimiento del sistema general para operación de roscado	Roscado defectuoso en operaciones de mecanizado	Desajuste o desgaste del mecanismo de semitueras del accionamiento del sistema de roscado	Control de funcionamiento general y ajuste desplazamiento, limpieza y lubricación de mecanismos de accionamiento	1	4	4	16	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
	Barra de embrague	Articula el cloch	No se presenta rotación de la copa	imposibilidad de mecanizado por ausencia del movimiento de la pieza	Desgaste - desajuste de componentes mecánicos del accionamiento del embrague, Desgaste o daño en elementos eléctricos componentes del embrague	Control del funcionamiento general y ajuste desplazamiento	1	4	5	20	(P) Inspecciones programadas: limpieza - ajuste y verificación del funcionamiento del equipo
	Reloj de roscado	Indica el inicio de automático de la rosca con respecto al paso	Ausencia de movimiento de engranajes, que indican el paso de roscado	Roscado defectuoso, el paso de la rosca no corresponde con lo seleccionado en el reloj	Desgaste o desajuste de componentes mecánicos del reloj de roscado.	Control de funcionamiento - limpieza y ajuste general	2	3	4	24	(P) Inspecciones programadas: limpieza - ajuste y verificación del funcionamiento del equipo
	Guía sobre prisma	Ajustar el carro longitudinal a la bancada	Movimiento irregular del carro en accionamiento automático	operaciones de mecanizado defectuosas, determinadas por mal acabado superficial	desgaste de guía, falta de lubricación	Inspección: limpieza y lubricación	2	3	3	18	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
	Cuña Longitudinal	Ajustar el carro longitudinal	Juego en el desplazamiento del carro longitudinal - vibración	Mecanizado defectuosos, por problemas de ajuste con relación al desplazamiento del carro	Desgaste -falta de lubricación -	Inspección: limpieza ajuste y lubricación general	2	8	8	128	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
	Cola de Milano	Cojinete guía del carro longitudinal	Desplazamiento irregular del carro longitudinal	Acabado defectuoso de piezas mecanizadas	Desgaste - falta de lubricación - Descuido manipulación (Golpes)	Inspección: Limpieza y lubricación general	3	8	9	216	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
	Cremallera	Moviliza el carro longitudinal	Desplazamiento irregular del carro longitudinal	Mecanizado defectuosos, por problemas de ajuste con relación al desplazamiento del carro	Desgaste- falta de lubricación - Daño en dientes de cremallera	Inspección: limpieza y lubricación general	3	8	5	120	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación

Fuente: Propia

Tabla 89. FMEA Torno Paralelo Convencional - Carro Transversal y Superior

marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:										
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo	
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO		
SISTEMA MECANICO	CARRO TRANSVERSAL	Cola de Milano	Cojinete guía del carro longitudinal	Desplazamiento irregular del carro Transversal	Acabado defectuoso de piezas mecanizadas	Desgaste - falta de lubricación - Descuido manipulación (Golpes)	Inspección y verificación funcionamiento general	2	3	4	24	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
		Dial	control visual del recorrido del carro	Movimiento defectuoso del dial	Control erróneo y lectura equivocada con relación al desplazamiento del carro transversal	Desgaste - desajuste de los componentes del dial o del sistema de avances automáticos	Inspecciones: limpieza y ajuste de componentes mecánicos	8	7	9	504	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
		Tornillo / tuerca	movilizar el carro trasversal	Movimiento irregular del carro en accionamiento automático y/o manual	Mecanizado defectuosos-acabado irregular de piezas , diferencia en el dimensionamiento	desgaste elementos mecánicos tornillo - tuerca, originando desajuste - falta de lubricación.	Inspección: limpieza y lubricación general	8	8	9	576	(P) Inspecciones programadas. Verificación del funcionamiento - limpieza -ajuste y lubricación: (C) Cambio de componentes defectuosos o averiados.
		Cuña transversal	ajustar el carro trasversal	Juego en el desplazamiento del carro transversal o exceso de ajuste, dificultando manipulación del dial en el accionamiento manual	Problemas de mecanizado por juego o exceso de ajuste de la cuña, acabado superficial defectuoso y diferencias en el dimensionamiento de las piezas	Desgaste - falta de lubricación o caso contrario exceso de ajuste.	Inspección: limpieza - ajuste general y lubricación	8	9	7	504	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
	CARRO SUPERIOR	Cola de Milano Cuña	cojinete guía del carro superior	Desplazamiento irregular del carro superior	Acabado defectuoso de piezas mecanizadas	Desgaste - falta de lubricación - Descuido manipulación (Golpes),exceso de ajuste	Inspección: limpieza y lubricación general	8	9	7	504	(P) inspecciones programadas: Verificación del funcionamiento) limpieza y lubricación
		Dial	control visual del recorrido del carro	Movimiento defectuoso del dial	Control erróneo y lectura equivocada con relación al desplazamiento del carro transversal	Desgaste - desajuste de los componentes del dial o del sistema de avances automáticos	Inspecciones: limpieza y ajuste de componentes mecánicos	8	7	9	504	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
		Tornillo / tuerca	transmitir movimiento al carro	Movimiento irregular del carro superior en accionamiento automático y/o manual	Control erróneo y lectura equivocada con relación al desplazamiento del carro transversal	desgaste elementos mecánicos tornillo - tuerca, originando desajuste - falta de lubricación.	Inspección: limpieza y lubricación general	7	9	8	504	(P) Inspecciones programadas. Verificación del funcionamiento - limpieza -ajuste y lubricación: (C) Cambio de componentes defectuosos o averiados.
		Torreta	Alojar porta herramientas	Desajuste y desplazamiento de la herramienta de corte	Mecanizado defectuosos-acabado irregular de piezas , diferencia en el dimensionamiento	Desgaste o rompimiento de elementos de sujeción de la torreta - Desajuste del sistema de fijación de la torreta	Inspección: Limpieza y ajuste	2	4	4	32	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste

Fuente: Propia

Tabla 90. FMEA Torno Paralelo Convencional - Cabezal Móvil (Contrapunto).

marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:									
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo
Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla		Causa de falla	OCURRENCIA	SEVERIDAD		DETECCION	RIESGO			
SISTEMA MECANICO CONTRA PUNTO	Guías soporte	Alojar y guiar el contrapunto móvil	Movimiento y desplazamiento irregular del contrapunto	Demora en actividades de preparación del proceso de mecanizado - alineación irregular de elementos de mecanizado pieza y herramienta de corte	Desgaste - falta de lubricación o descuido actividades de mantenimiento (golpes)	Inspección: limpieza y lubricación general	4	8	5	160	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Pinula	Alojar punto giratorio, mandril	Sujeción irregular de herramientas y componentes de mecanizado	Riesgos en operaciones de mecanizado, defectos y fallas en alineación de componentes.	Desgaste o descuido en actividades de mantenimiento (golpes), mala manipulación	Inspección: limpieza y lubricación general	3	8	5	120	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Volante	Desplazamiento de la pinula	Desplazamiento defectuoso de la pinula	Problemas de ajuste y posicionamiento de herramientas en operaciones de mecanizado	Desgaste en componentes mecánicos unidos al volante para desplazamiento de la pinula - Mala manipulación	Inspección: ajuste general	3	8	5	120	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Seguro longitudinal	Bloqueo y fijación del contrapunto	Movimiento y desplazamiento indeseado en ejecución de operaciones de mecanizado	Problemas de mecanizado, en piezas largas o actividades de taladrado	Desgaste de componentes del seguro longitudinal, no permitiendo el bloqueo del contrapunto	Inspección: ajuste general	9	9	7	567	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Seguro pinula	Bloque y fijación de la pinula	Movimiento y desplazamiento indeseado en ejecución de operaciones de mecanizado	Problemas de mecanizado, en piezas largas o actividades de taladrado	Desgaste de componentes del seguro de la pinula	Inspección: ajuste general	9	9	8	648	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste

Fuente: Propia

Tabla 91. FMEA Torno Paralelo Convencional - Sistema Hidráulico (Refrigeración)

marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:									
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
SISTEMA HIDRAULICO REFRIGERACION.	Boquilla	Direccionar liquido refrigerante	Suministro no adecuado del refrigerante al punto de fricción herramienta y pieza	Desgaste de herramienta de corte y acabados superficiales defectuosos	Mala manipulación o golpes en desarrollo de operaciones de mecanizado	Inspección:	3	5	4	60	(C) Cambio de componentes defectuosos o averiados
	Filtro de barrera	Limpieza del liquido refrigerante	Calidad de liquido refrigerante	Desgaste prematuro de herramienta de corte y defectos de mecanizado por elevación de temperatura ente pieza y herramienta	Falta de mantenimiento - limpieza	Inspección: limpieza	2	5	4	40	(P) Inspecciones programadas: Limpieza general
	Mangueras/tubería	Conducción liquido refrigerante	Fugas del liquido refrigerante	Perdida de liquido y posible disminución del nivel para accionamiento de la bomba	Falta de mantenimiento- limpieza y ajuste de componente (uniones - elementos roscados)	Inspección:	4	5	4	80	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Válvula de paso	paso del liquido refrigerante del sistema de tuberías al punto de mecanizado	Fugas del liquido refrigerante	Perdida del liquido, o paso insuficiente del mismo para una correcta refrigeración de herramienta y pieza	Mala manipulación - golpes	Inspección: funcionamiento general,	5	4	3	60	(C) Cambio de componentes defectuosos o averiados
	Tanques	Deposito del liquido refrigerante	Fugas del liquido refrigerante	Perdida del liquido, bajo nivel para accionamiento adecuado de la bomba y riesgos área de trabajo	Falta de mantenimiento - limpieza (Problemas de corrosión)	Inspección: limpieza general	2	8	4	64	(P) Inspecciones programadas: Limpieza general
	Bomba	Suministro a presión del liquido refrigerante	Ausencia , bajo flujo del liquido refrigerante	Calentamiento de elementos de mecanizado (pieza - herramienta) desgaste prematuro por fricción	Falta de mantenimiento - inspección componentes mecánicos y elementos eléctricos de accionamiento de la bomba	Inspección: comprobación del funcionamiento general en vacío conexión eléctrica general, componentes mecánicos , limpieza general	9	9	7	567	(P) inspecciones programadas: verificación del funcionamiento general - limpieza. (C) Cambio de componentes mecánicos o eléctricos averiados o defectuosos-
LUBRICACION	Conductos	Conducción aceite lubricante general de la maquina	Desgaste - Fricción - calentamiento - ruido de componentes mecánicos	Desgaste prematuro de componentes mecánicos ,fatiga y posible rotura de los mismos	Falta de mantenimiento: Revisión - limpieza de conductos	Inspección: Funcionamiento				0	(P) Inspecciones programadas: Limpieza general

Fuente: Propia

Tabla 92. FMEA Torno Paralelo Convencional - Sistema de Seguridad

marca: COLCHESTER-AFM-TOS		modelo Serie:									
		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
MECANICA	Guardas poleas - Tapa lateral	Protección sistema de transmisión de poleas- elemento de corte de flujo eléctrico a la maquina	Desgaste - vibración y ruido del sistema	Riesgos físicos en relación a la integridad del operario	Desgaste (Golpes) a componentes guarda poleas	Limpieza y ajuste general	8	5	6	240	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Protección frontal viruta	Protección del operario contra virutas de corte	Ausencia de protección, aumentando riesgo de cortes en integridad del operación	Riesgo físico (cortaduras) en miembros superiores o rostro del operario	Rompimiento del protector, descuido o mala manipulación por parte del operario	Limpieza	1	3	3	9	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
SISTEMA SEGURIDAD ELECTRICO	Finales de carrera	Interrupción del flujo eléctrico a la maquina	Continuidad del funcionamiento de la maquina a pesar del accionamiento de estos elementos eléctricos	Riesgos físicos en relación a la integridad del operario, en caso de dificultades en operaciones de mecanizado o problemas eléctricos	Desgaste, falta de mantenimiento: inspección, limpieza ajuste	Inspección: funcionamiento general	5	9	8	360	(P) Inspecciones programadas: Verificación de las condiciones de los componentes - limpieza y ajuste
	Térmicos	Protección del motor principal de la maquina contra sobre cargas	Calentamiento de componentes eléctricos - calentamiento del embobinado del motor	Corto circuito en componentes eléctricos - daño (quemado) del motor	Falta de mantenimiento - inspección y regulación del amperaje de trabajo del elemento eléctrico	Inspección: funcionamiento general y ajuste condiciones de operación (Amperaje)	7	9	9	567	(P) Inspecciones programadas. Verificación del funcionamiento - limpieza -ajuste (C) Cambio de componentes defectuosos o averiados.
	Contactos	Continuidad en el flujo eléctrico de la maquina	Interrupción del funcionamiento general del equipo en todos sus componentes	Funcionamiento irregular del equipo, afectando condiciones de operación del mismo	Falta de mantenimiento - Inspección y ajustes de contactos	Inspección: Funcionamiento general- limpieza y ajuste	7	9	9	567	(P) Inspecciones programadas. Verificación del funcionamiento - limpieza -ajuste (C) Cambio de componentes defectuosos o averiados.
	Iluminación	Mejor visualización del proceso de mecanizado en la maquina	Mal funcionamiento del sistema, o poca iluminación del mismo	Acabados irregulares, en operaciones críticas pro dimensionamiento o forma de las mismas.	Falta de mantenimiento - inspección y ajuste de componentes que forman parte del mismo sistema	Inspección: Funcionamiento general - revisión componentes eléctricos	3	1	3	9	(P) Inspecciones programadas. Verificación del funcionamiento - limpieza -ajuste (C) Cambio de componentes defectuosos o averiados.
	Tierras	Protección general del sistema eléctrico contra sobre cargas	Cortos circuitos y daños en elementos eléctricos	Daños en componentes eléctricos por sobrecargas, salto de corriente en estructura de la maquina	Ausencia de instalación . Falta de inspección	Inspección: Conexión y funcionamiento del sistema	1	1	3	3	(P) Inspecciones programadas. Verificación del funcionamiento - limpieza -ajuste (C) Cambio de componentes defectuosos o averiados.

Fuente: Propia

Tabla 93. FMEA Esmeriles –Sistema Transmisión de Potencia.

Sistema de gestión de calidad		SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA REGIONAL DISTRITO CAPITAL CENTRO METALMECANICO AREA DE MANTENIMIENTO									
		ANALISIS DE LOS MODOS Y LOS EFECTOS DE FALLAS (AMEF) ESMERIL									
Marca: Silvers hager Truper,Bench Grinder		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
Sistema de Transmisión de Potencia Motor	Rotor - Estator	El rotor es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea ésta un motor o un generador eléctrico. Junto con su contraparte fija, el estator, forma el conjunto fundamental para la transmisión de potencia en motores y máquinas eléctricas en general.	Ruido	Daño oídos	Desbalanceo Dinamico entre componentes rotor-estator	Inspección Visual. Capacitar a los operarios de la máquina para que manipulen los elementos y materiales de la forma adecuada.	9	8	5	360	(C.)Cambio de rodamientos. Rectificar rosca Impulsor. (P) Capacitar personal en montajes y desmontajes. Realizar actividades de Analisis de vibraciones. Verificar dimensiones de alojamientos en carcaza. Verificar Alineación y Balanceo rotor-estator
			Rosca de Tuerca deteriorada. (izquierda o Derecha).	Atascamiento de Tuerca	Alto Torque al ajustar		5	9	4	180	
					Mal sentido de ajuste de Tuercas		3	9	5	135	
			Sobrecalentamiento	Motor se Quema	Sobrecarga en la operación. Daño rele termico		4	10	4	160	
	Cojinete Antifricción (Rodamiento)	Es un elemento que sirve como apoyo a un eje y sobre el cual éste gira.	Vibración	Soltura Mecánica	Desgaste Adhesivo fricción metal-metal	Inspeccion visual	9	8	7	504	
	Carcaza	Destinada a alojar a los restantes órganos de las mismas y que puede desempeñar otras funciones.	Vibración	Soltura mecánica	Desgaste en cavidades y alojamientos por desgastes a fatiga. Agrietamiento en soldadura.	Inspección Visual	3	5	6	90	
	Tornillos de Tensión	Se emplea para tensar dos piezas. También llamado tensor de tornillo, torniquete.	Rosca no aprieta	Soltura tapas de Motor	Exceso de Torque a la hora de ajustar.	Capacitar a los operarios de la máquina para que manipulen los elementos y materiales de la forma adecuada.	5	6	4	120	
Golpes en el montaje del Tornillo					3		7	4	84		
Tapas de Protección	Protege al operario en caso de accidente.	Vibración	Soltura mecánica	Bujes desajustados por perdida de material en montajes y desmontajes mal efectuados		4	3	3	36		

Fuente: Propia

Tabla 94. FMEA Esmeriles – Sistema de apoyos - Sistema Eléctrico.

Marca: Silvers hager Truper, Bench Grinder		Función de la operación	FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				AJUSTE (C.) = correctivo (P) = preventivo	
			Modo de falla como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO		
Sistema de Apoyos	Pedestal	Estructura	Soportar Motor y accesorios.	Vibración	Soltura mecánica	Discontinuidad en soldaduras. Corrosión Bajo recubrimiento	Inspección visual en soldaduras y recubrimientos	4	7	4	112	(C.)Cambio de Tanque de almacenamiento, Reconstruir soldaduras(P) Capacitar personal en mezcla de refrigerante, Ajustar semanalmente soporte con el torque adecuado
		Tanque	Almacenar Refrigerante	Fuga en Tanque	Perdida de contención	Corrosion bajo recubrimiento. Mala mezcla en refrigerante	Inspección visual	3	8	3	72	
		Soporte	Posicionar y apoyar Herramientas de corte	El soporte no es estatico	Soltura Mecánica	Ajuste Holgados Por desgastes Metal. Metal	Inspección visual	3	4	4	48	
Roscas Averiadadas	Inspección visual					3	4	4	48			
Sistema Eléctrico	Protección	Termomagnético	Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos.	NO energiza esmeril	No enciende motor	Soltura mecánica por vibracion en componentes mecánicos	Capacitar a los operarios de la máquina para que manipulen los elementos y materiales de la forma adecuada.	9	9	7	567	(C.)Cambio de termomagneticos (P) Realizar mediciones de voltaje y amperaje con o sin carga.
				Sobrecalentamiento	No enciende Motor	Mala selección de Amperaje del termagnético y no se salta	Inspección Visual	2	8	2	32	

Fuente: Propia

Una vez realizado el Análisis Causa Raíz (RCA) y Modos de fallos y efectos (FMEA) de las máquinas y equipos del área de mantenimiento, se establecen las actividades que generan un mayor indicador de riesgo, se analizan sus posibles causas y consecuencias, para que en la programación y planeación de mantenimiento, se establezcan parámetros, procedimientos y análisis que mitiguen o puedan predecir futuras fallas y averías.

Para las actividades anteriormente demarcadas en color rojo, el planeador de mantenimiento debe tener en cuenta, que en la intervención el técnico o tecnólogo, cuente con repuestos, insumos y tiempos establecidos en los procedimientos para que no se afecte el desarrollo de la formación o en su peor evento, daños más graves en los equipos, que es lo que más, se está presentando en los ambientes de prácticas de mecanizado.

Actualmente cuando se están realizando los mantenimientos, el operario no está contando con planos, procedimientos y manuales técnicos, lo que repercute en muchos errores y fallas después de cierto tiempo de intervención del equipo, en la parte eléctrica es donde más se está presentando este alto indicador de daño.

12 Matriz de Criticidad de riesgos de máquinas y equipos de mecanizado del área de mantenimiento.

12.1 Ponderación de Frecuencia de Falla

En el año 2018 se realizó un seguimiento a las Hojas de vida de cada una de las máquinas del ambiente 107, con esta información se pondero el valor de frecuencia de falla, siendo 4 el valor más crítico y el 1 el valor más bajo o leve. Las máquinas que más presentan fallas correctivas fueron el Torno Colchester referencia 3 y el Torno Tos referencia 1. Los intervalos para penalizar la matriz fueron:

Tabla 95. Ponderación Frecuencia de Falla

Intervalo	N° Fallas	Ponderación
Muy Alto	>15 a 30	4
Alto	>15 a 10	3
Bajo	>5 a 10	2
Muy Bajo	0 a 5	1

Una vez establecidos los parámetros se procede a enlistar cada máquina con su pertinente valor de frecuencia de falla:

Tabla 96. Ponderación Frecuencia de Falla Ambiente 107

Maquina			Mantenimiento		Ponderación de Frecuencia
Activo	Marca	Ref.	Correctivos	Preventivo	
Torno	Colchester	1	15	8	3
Torno	Colchester	2	15	8	3
Torno	Colchester	3	17	3	4
Torno	Colchester	4	16	3	4
Torno	Colchester	5	13	5	3
Torno	Colchester	6	15	6	3
Torno	Colchester	7	16	4	4
Torno	Tos	1	17	3	4
Torno	Tos	2	14	3	3
Torno	AFM	1	14	3	3
Fresadora	Kondia	1	7	9	2
Fresadora	Kondia	2	8	8	2
Fresadora	Kondor	1	7	9	2
Esmeril	Truper	1	0	8	2
Esmeril	Silver Hager	1	2	8	2
Esmeril	Silver Hager	2	2	7	2
Esmeril	Silver Hager	3	1	8	2
Esmeril	Silver Hager	4	1	8	2
Esmeril	BenchGrinder	1	0	8	2

Fuente: Propia

12.2 Ponderación Costo Mantenimiento

Se recopilaron todos los datos de mantenimiento presentados durante el transcurso del año 2018, teniendo como base, la suma del costo de repuesto y hora hombre para cada actividad preventiva y correctiva de las maquinas analizadas. Para realizar la evaluación se pondera mediante los siguientes datos:

Tabla 97. Ponderación costo de Mantenimiento

Intervalo	Costo	Ponderación
Alto	Mayor a \$400.000	2
Bajo	Menor a \$400.000	1

El costo total de mantenimiento fue tomado de la Hoja de vida de cada máquina y equipo, los datos de repuestos son tomados del almacén del Centro Metalmeccánico y las horas hombre fueron ejecutadas en su mayoría por aprendices en formación bajo la inspección de los instructores de mantenimiento.

Tabla 98. Ponderación costo de Mantenimiento Ambiente 107

Maquina			Costo Total Mto.	Ponderación
Activo	Marca	Ref.		
Torno	Colchester	1	\$ 279.000,00	1
Torno	Colchester	2	\$ 281.500,00	1
Torno	Colchester	3	\$ 252.000,00	1
Torno	Colchester	4	\$ 217.700,00	1
Torno	Colchester	5	\$ 642.000,00	2
Torno	Colchester	6	\$ 533.000,00	2
Torno	Colchester	7	\$ 444.000,00	2
Torno	Tos	1	\$ 491.500,00	2
Torno	Tos	2	\$ 247.500,00	1
Torno	AFM	1	\$ 331.000,00	1
Fresadora	Kondia	1	\$ 429.000,00	2
Fresadora	Kondia	2	\$ 564.000,00	2
Fresadora	Kondor	1	\$ 479.000,00	2
Esmeril	Truper	1	\$ 50.000,00	1
Esmeril	Silver Hager	1	\$ 81.000,00	1
Esmeril	Silver Hager	2	\$ 73.000,00	1
Esmeril	Silver Hager	3	\$ 50.000,00	1
Esmeril	Silver Hager	4	\$ 63.000,00	1
Esmeril	BenchGrinder	1	\$ 45.000,00	1
Total			\$ 5.553.200,00	

Fuente: Propia

12.3 Ponderación Flexibilidad Operacional

En la ejecución de mantenimiento el operario debe contar con todos los repuestos e insumos necesarios, ya que la falta de estos repercute tiempos de parada muy altos en mantenimiento y pérdidas de horas de formación para los aprendices del centro. En este caso se tuvieron presentes los tiempos de parada **T_p** y los tiempos de mantenimiento **T_m** en horas de trabajo, la resta de estos valores (**T_p – T_m**) representa las horas que la maquina estuvo averiada sin ser arreglada por falta de repuestos e insumos.

Tabla 99. Ponderación Flexibilidad Operacional

Intervalo	Ponderación
Más de 5 horas sin repuesto	4
Menos de 5 horas sin repuesto	2
Se dispone de repuesto	1

Los datos presentados a continuación fueron extraídos de las hojas de vida de las máquinas y equipos. Tabla 100. Ponderación Flexibilidad Operacional Ambiente 107

Activo	Maquina		Tp(h)	Tm(h)	Gestión (Tp-Tm)h	Ponderación
	Marca	Ref.				
Torno	Colchester	1	12,5	11,5	1	2
Torno	Colchester	2	12,75	11,75	1	2
Torno	Colchester	3	13,5	12,5	1	2
Torno	Colchester	4	12	10,25	1,75	2
Torno	Colchester	5	17	15	2	2
Torno	Colchester	6	43,5	16,5	27	4
Torno	Colchester	7	21,25	15,5	5,75	4
Torno	Tos	1	27,25	26,25	1	2
Torno	Tos	2	13,75	13,75	0	1
Torno	AFM	1	19,5	19,5	0	1
Fresadora	Kondia	1	27	27	0	1
Fresadora	Kondia	2	32	31	1	2
Fresadora	Kondor	1	27	26	1	2
Esmeril	Truper	1	5	5	0	1
Esmeril	Silver Hager	1	6,5	6,5	0	1
Esmeril	Silver Hager	2	6,5	6,5	0	1
Esmeril	Silver Hager	3	5	5	0	1
Esmeril	Silver Hager	4	5,5	5,5	0	1
Esmeril	BenchGrinder	1	4,5	4,5	0	1

Fuente: Propia

12.4 Ponderación Impacto Operacional

En el Diagnóstico realizado a principio del año 2018, se identificaron los sistemas de las máquinas y fueron catalogados como estado bueno, regular y malo. Con los estados buenos se generan mantenimientos preventivos, mientras los malos y regulares, se toman como posibles actividades correctivas. Si estos últimos no se mitigan repercuten altamente en el desarrollo de la formación del centro de formación.

Tabla 101. Ponderación Impacto Operacional

Descripción	Intervalo	Ponderación
No Hay Formación	Más de 15	10
Afecta Altamente	10. - 15	7
Afecta Levemente	5. - 10	4
No afecta Formación	0 - 5	1

Tabla 102. Ponderación Impacto Operacional Ambiente 107

Maquina			Estado			Ponderación
Activo	Marca	Ref.	Regular	Malo	Total	
Torno	Colchester	1	6	17	23	10
Torno	Colchester	2	22	6	28	10
Torno	Colchester	3	12	7	19	10
Torno	Colchester	4	14	5	19	10
Torno	Colchester	5	10	19	29	10
Torno	Colchester	6	12	4	16	10
Torno	Colchester	7	6	14	20	10
Torno	Tos	1	6	15	21	10
Torno	Tos	2	12	14	26	10
Torno	AFM	1	10	3	13	7
Fresadora	Kondia	1	6	2	8	4
Fresadora	Kondia	2	6	1	7	4
Fresadora	Kondor	1	6	2	8	4
Esmeril	Truper	1	7	8	15	7
Esmeril	Silver Hager	1	6	8	14	7
Esmeril	Silver Hager	2	5	9	14	7
Esmeril	Silver Hager	3	6	9	15	7
Esmeril	Silver Hager	4	6	9	15	7
Esmeril	BenchGrindel	1	5	9	14	7

Fuente: Propia

12.5 Ponderación Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

Las máquinas y equipos presentan fallas que generan afectación en la seguridad industrial, integridad humana e instalación operativa, a continuación se muestran valores de actividades de Emergencia y Urgencia, extraídas del diagnóstico previamente realizado que sirve para generar una ponderación, que mide el riesgo de cada máquina y equipo del ambiente 107.

Tabla 103. Ponderación Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

Descripción	Intervalo	Ponderación
Afecta la Vida	Más de 15	8
Afectación Alta	> 5 a 15	7
Afectación Moderada	>3 a 5	5
Afectación Leve	1 a 3	3
No Provoca daño	0	1

Fuente: Propia

Se analizan los valores totales entre Emergencia y Urgencia que permiten tener una mejor visión de falla en los componentes electromecánicos e Hidráulicos de los activos.

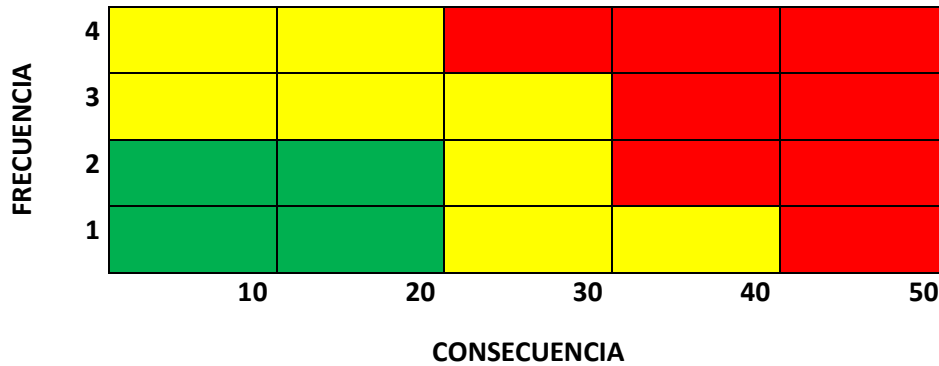
Tabla 104. Ponderación Seguridad, Salud y Medio Ambiente 107

Activo	Maquina		Emergencia	Urgencia	Total	Ponderación
	Marca	Ref.				
Torno	Colchester	1	0	20	20	8
Torno	Colchester	2	1	14	15	7
Torno	Colchester	3	0	2	2	3
Torno	Colchester	4	3	3	6	7
Torno	Colchester	5	0	18	18	8
Torno	Colchester	6	0	5	5	5
Torno	Colchester	7	0	13	13	7
Torno	Tos	1	0	15	15	7
Torno	Tos	2	0	12	12	7
Torno	AFM	1	0	12	12	7
Fresadora	Kondia	1	0	9	9	7
Fresadora	Kondia	2	0	7	7	7
Fresadora	Kondor	1	0	7	7	7
Esmeril	Truper	1	0	13	13	7
Esmeril	Silver Hager	1	0	12	12	7
Esmeril	Silver Hager	2	0	13	13	7
Esmeril	Silver Hager	3	0	13	13	7
Esmeril	Silver Hager	4	0	13	13	7
Esmeril	BenchGrinder	1	0	12	12	7

Fuente: Propia

12.6 Matriz de ponderación de criticidad

Tabla 105. Matriz de Criticidad



Fuente: Díaz, 2012

El valor de criticidad por maquina se pondera de acuerdo a la siguiente ecuación que permite evidenciar en rojo un alto indicador y en verde un nivel muy bajo.

Criticidad es igual a:

$(\text{Frecuencia} * ((\text{impacto Operacional}) * (\text{Flexibilidad Operacional}) + \text{Costo Mantenimiento} + \text{Seguridad, Salud y Medio Ambiente}))$

12.7 Matriz de Criticidad

Tabla 106. Matriz Criticidad Ambiente 107

Maquina			Ponderación de Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo Mtto.	Salud, Seg. Medio Amb.	Consecuencia	Criticidad	
Activo	Marca	Ref.								
Torno	Colchester	1	3	10	2	1	8	29	87	Crítico
Torno	Colchester	2	3	10	2	1	7	28	84	Crítico
Torno	Colchester	3	4	10	2	1	3	24	96	Crítico
Torno	Colchester	4	4	10	2	1	7	28	112	Crítico
Torno	Colchester	5	3	10	2	2	8	30	90	Medio
Torno	Colchester	6	3	10	4	2	5	47	141	Crítico
Torno	Colchester	7	4	10	4	2	7	49	196	Crítico
Torno	Tos	1	4	10	2	2	7	29	116	Crítico
Torno	Tos	2	3	10	1	1	7	18	54	Medio
Torno	AFM	1	3	7	1	1	7	15	45	Medio
Fresadora	Kondia	1	2	4	1	2	7	13	26	No Crítico
Fresadora	Kondia	2	2	4	2	2	7	17	34	No Crítico
Fresadora	Kondor	1	2	4	2	2	7	17	34	No Crítico
Esmeril	Truper	1	2	7	1	1	7	15	30	No Crítico
Esmeril	Silver Hager	1	2	7	1	1	7	15	30	No Crítico
Esmeril	Silver Hager	2	2	7	1	1	7	15	30	No Crítico
Esmeril	Silver Hager	3	2	7	1	1	7	15	30	No Crítico
Esmeril	Silver Hager	4	2	7	1	1	7	15	30	No Crítico
Esmeril	BenchGrinder	1	2	7	1	1	7	15	30	No Crítico

Fuente: Propia

Se pueden establecer criterios para la gestión de mantenimiento y paradas operativas, que mitiguen los altos índices de falla y afectación a la disponibilidad de las máquinas y equipos. Los Tornos en general presentan altos indicadores en la frecuencia de falla por la ausencia de mantenimientos preventivos que ayuden a mitigar las posibles fallas. Estas fallas traen consecuencias por la falta de gestión de repuestos, actividades no efectuadas o procedimientos errados, se están generando soluciones mediáticas que no solucionan la falla de raíz, aumentando la probabilidad de accidentalidad, afectación a las instalaciones y medio ambiente. Los taladros fresadores presentan bajo índice de criticidad, ya que estas tienen poca operación y sus componentes en general se encuentran en un buen estado. Los esmeriles tienen fallas de bajo impacto y costo, pero que si afectan la seguridad industrial y medio ambiente.

13 Propuesta de mejoramiento para el plan de mantenimiento de las máquinas y equipos de mecanizado del área de mantenimiento.

Para mejorar el plan de mantenimiento de las máquinas y equipos de mecanizado, es indispensable contar con información precisa que permita establecer parámetros de control que evidencien las fallas potenciales que están afectando los sistemas de los equipos. Una vez realizado el análisis causa raíz y calculado la matriz de riesgo del ambiente de formación 107, se toman los datos del diagnóstico de fallas y hojas de vida de las máquinas y equipos del año 2018, después se clasifican todas las actividades correctivas y preventivas realizadas con el propósito de plantear las mejoras del plan de mantenimiento actual. A continuación se enlistan por equipos y clase de mantenimiento dichas actividades. Es importante destacar que las máquinas y equipos del ambiente tienen más de 15 años de trabajo en formación y algunos de sus fallas se originan por daños en ciclos repetitivos de trabajo llamado desgaste a fatiga mecánica.

Las actividades que se pueden extraer de las fallas y acciones preventivas más repetitivas en los Tornos son:

Tabla 107. Tabla Actividades Torno

Actividades Torno Colchester
Ajustar Tuerca carro Transversal
Ajustar y Lubricar Engranajes Lira
Ajustar Carro Móvil freno pínula
Cambiar de Aceite delantal
Cambiar de Aceite caja Norton
Cambiar de Aceite Cabezal fijo
Cambiar Refrigerante
Limpiar y lubricar en general
Limpiar y Lubricar Copa Auto centrante
Inspeccionar tablero eléctrico
Inspeccionar y Ajustar sistema de iluminación
Inspeccionar tensión de correas motor
Inspeccionar pin tornillo patrón y avances
Inspeccionar fugas en general
Inspeccionar y Ajustar sistema Hidráulico

Fuente: Propia

La mayoría de estas actividades también en ciertos momentos, han generado fallas correctivas y su bajo control repercute a una mal programación de mantenimiento preventivo y malos procedimientos. Las actividades de mantenimiento realizadas en los taladros fresadores son:

Tabla 108. Actividades Fresadora

Actividades Taladro fresador
Limpia y lubrica caja de avances automático
Limpia y lubrica en general
Limpia y Lubrica Copa Auto centrante
Limpia Tanque de almacenamiento
Inspecciona y Ajusta Divisor
Inspecciona y Ajusta sistema de iluminación
Inspecciona tensión de correas motor
Inspecciona bomba manual de aceite lubricante
Inspecciona y ajusta tablero eléctrico
Cambia aceite moto reductor de avances
Cambia aceite refrigerante

Fuente: Propia

Los esmeriles son equipos de baja complejidad operacional, pero de altísima criticidad de accidentalidad por el tipo de operación ejecutada, si el operario de mantenimiento no cuenta con capacitación pertinente puede realizar malos montajes y desmontajes en los elementos de corte del equipo, esto trae como consecuencia desgastes prematuros y desbalanceo de los elementos dinámicos.

Tabla 109. Actividades Esmeriles

Actividades Esmeriles
Limpia Tanque de almacenamiento
Inspecciona y ajusta tablero eléctrico
Inspecciona y ajusta tapas protectoras
Inspecciona y ajusta soportes afilado de herramientas
Inspecciona temperatura motor eléctrico
Inspecciona ajuste y tolerancia de bujes para piedra
Inspecciona eje motor eléctrico
Inspecciona pedestal y estructura

Fuente: Propia

13.1 Selección de Técnicas Predictivas

Analizando los equipos y sistemas de las máquinas de mecanizado, se establecen equipos críticos y complejos en su reparación, a parte se caracterizan sus modos de fallos y criticidad en el proceso de formación. En mantenimiento existen técnicas que permiten predecir fallas en los equipos de manera oportuna, mas no solucionan la falla, estas técnicas son de gran importancia en el proceso, ya que ayudan a mitigar y programar mantenimientos antes que esta se presente. Para determinar la técnica más adecuada de predicción, se tuvieron en cuenta cuatro equipos que presentan altos indicadores de falla según hojas de vida, diagnóstico realizado y que su no funcionamiento representan parada de máquina. La norma ISO 17359 de 2018 establece unos parámetros que a continuación se aplicaran para seleccionar la técnica más adecuada para predecir una falla.

Como primera medida se selecciona el equipo con todos sus posibles fallos presentados y las variables que fueron cambiando durante el transcurso de esa falla, la variable que más sume en el ponderado abre un camino grande para su selección como técnica de análisis. En las maquinas del centro se seleccionaron para Fresadoras, Tornos y esmeriles: Los motores eléctricos, cajas reductoras, tableros eléctricos, si estos equipos llegaran a fallar las maquinas no funcionarían, lo que dedujo su gran riesgo para analizar. Según los reportes técnicos el motor eléctrico, no fallo en ninguna máquina, pero sus averías podrían repercutir en una parada de maquina critica.

Tabla 110. Selección de técnica predictiva para un motor eléctrico

Motor Eléctrico	Sistema o cambio de parámetro						
	Velocidad	Potencia	Vibración	Temperatura	Fuga de Grasa	Ruido	Desviación
Fallas							
Excentricidad de Rotor			x	x		x	x
Desgaste fatiga en Rodamiento			x				
Descompensación en la tensión de línea		x		x	x		
Desgaste Adhesivo rodamiento			x	x	x	x	
Desbalance Eje			x				
Desalineación			x				x
Soltura terminales conexión	x	x		x			
Mal montaje Rodamiento			x			x	x

Fuente: Propia

La técnica predictiva más acorde para analizar posibles fallas en un motor eléctrico es un análisis de vibraciones, el cual permite analizar desviaciones solturas mecánicas, daños en rodamientos, desbalanceo y fallas eléctricas. Esta

técnica se plantea en la mejora del plan de mantenimiento propuesto más adelante en este capítulo.

Tabla 111. Selección técnica predictiva para un Tablero Eléctrico.

Tablero Eléctrico	Sistema o cambio de parámetro						
	Velocidad	Potencia	Vibración	Temperatura	Fuga de Grasa	Ruido	Desviación
Fallas							
Contactos principales soldados		x		x			
Sobrecarga Prolongada							
Descompensación en la tensión de línea		x		x		x	
Corto circuito				x			
Fugas de Corriente		x		x			
Soltura terminales conexión				x			

Fuente: Propia

Las fallas en un tablero eléctrico se pueden predecir por medio de una cámara termografía, la cual registra cambio de temperatura por colores, esta técnica que permite determinar temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. La termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras térmicas o de termovisión. En este caso es de vital importancia para inspeccionar conexiones eléctricas de los elementos de trabajo como contactores, relés y termomagnéticos.

Tabla 112. Selección técnica predictiva para una Caja Reductora.

Caja Reductora de Velocidad	Sistema o cambio de parámetro						
	Velocidad	Potencia	Vibración	Temperatura	Fuga Aceite	Ruido	Desviación
Fallas							
Desgaste fatiga en Rodamiento			x				
Desgaste Adhesivo rodamiento			x	x	x		
Desbalance Eje	x	x	x				
Desalineación		x	x				
Mal montaje Rodamiento	x				x	x	x
Desgaste Abrasivo Engranaje			x	x		x	x
Desgaste Adhesivo en Ejes			x	x	x		
Contaminación en Aceite					x		

Fuente: Propia

En las cajas reductoras existe gran variedad de fallas debido a los mecanismos presentes y la funcionalidad de la misma, se analiza en la tabla anterior que las posibles fallas en el equipo se pueden predecir con un análisis de vibraciones, cámara termografía y un analizador de aceites que permite identificar propiedades

del lubricante que circula por el mecanismo analizado, para este caso acidez, porcentaje de agua, sílice, entre otros elementos.

La inspección que a continuación se presenta fue realizada con el apoyo del instructor Eduardo Molina, Ingeniero Mecánico certificado nivel dos en análisis termo gráfico y aprendices tecnólogos de mantenimiento industrial del centro metalmeccánico. Se tomaron datos de un Contactor del tablero eléctrico del Torno Colchester 01 del ambiente 107, donde determinaron fallas en la conexión eléctrica. El objetivo de estos análisis es crear procedimientos técnicos y establecer parámetros de tiempos, insumos y recursos, para las actividades predictivas que se proponen ejecutar en futuros planes de mantenimiento, a continuación se adjunta el informe presentado:

13.2 Inspección Térmica

Descripción de la inspección

Esta inspección se realizó con el objetivo de identificar anomalías térmicas que permitan sugerir reparaciones del equipamiento eléctrico de diferentes máquinas ubicadas en el ambiente T107 del centro metalmeccánico, antes de que estas desarrollen una condición de falla.


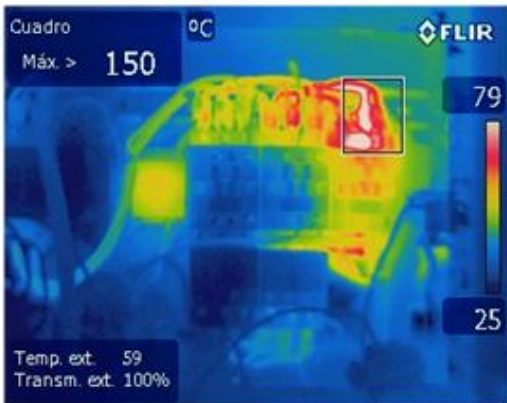

Instalación Inspeccionada (según el orden de inspección):

- Tablero eléctrico Torno Colchester Student 2000 (CMM-A27-TOR-8255)

Código de prioridades:

- Proceder a reparar en forma inmediata debido a problemas severos.
- Planificar dentro del mes reparación para corregir los problemas indicados.
- Planificar mantenimiento preventivo para corregir los problemas indicados.

Tabla 113. Reporte Técnico Tablero Eléctrico Torno Paralelo

 Sistema de gestión de la calidad	Regional Distrito Capital Centro Metalmecánico CMM REPORTE TERMICO		Fecha: 2018
			Version: 1
			N°
IMAGEN TERMICA		FOTO DEL EQUIPO	
			
FECHA DE REPORTE:			
DATOS DEL EQUIPO			
Cámara:	FLIR T200	Voltaje:	220
Compañía:	SENA	Potencia:	3 H.P.
Ubicación:	CMM T107	Corriente:	6,7A
Equipo evaluado:	COLCHESTER STUDENT 2000	RPM:	
Marca:	THE COLCHESTER LATHE	Emisividad (E)	0.97
No de serie:	CMM-A27-TOR-8255	Temperatura Reflejada:	>150°C
Componente:	CONTACTOR AC3 DE INVERSION DE GIRO	Temperatura Atmosférica:	28
Interventor Ing.:	FABIAN MARTINEZ	Distancia	0.5m
Acompañante:	JHOAN PINO MOSQUERA	FOV	25°
Termógrafo	HUGO SALAZAR DIAZ	% Humedad Relativa (RH):	50%
	PEDRO APONTE NIÑO		

Fuente: Propia

La imagen anterior muestra problemas críticos en el tablero eléctrico de un Torno Colchester del ambiente de mecanizado, se tiene la certeza que las malas conexiones, vibración en la máquina, desajustes mecánicos y la falta de mantenimientos preventivos representan las causas más altas de falla.

Figura 50. Contactor inversor de giro sistema eléctrico taladro fresador.



Tabla 114. Reporte Técnico

RESULTADOS DE TOMA DE DATOS		
Punto Caliente °C	158	
Temperatura de Referencia °C	28	
Diferencia Entre Temperaturas °C	128	
Condición	PROBLEMA CRITICO	
Acción a Tomar	Medidas correctivas requeridas como permisos de programación.	
	Tiempo Máximo	8 días
SINTOMA / LUGAR DE FALLA		
LA FALLA ESTA EN LA ENTRADA DE LAS FASE "S" DEL CONTACTOR , ENCARGADO DE LA INVERSION DE GYRO DEL TORNO UBICADO EN EL TABLERO ELECTRICO DEL TORNO, PRESENTA UNA TEMPERATURA POR ENCIMA DE LOS NIVELES PERMISIBLES MIENTRAS ESTA EN OPERACIÓN.		
DIAGNOSTICO		
SE ENCONTRO RECALENTAMIENTO Y EXCESO DE CARGA EN LA LINEA "S", ESTO SE VE REFLEJADO EN LA CAMARA TERMOGRAFICA, NO HAY CONTACTO RIGIDO EN LA CONEXIÓN, SE PUEDE GENERAR DAÑO EN POLO Y MOTOR ELECTRICO QUEDAR EN DOS FASES.		
RECOMENDACIÓN		
EL CABLE SE ENCUENTRA BASTANTE SULFATADO, SE RECOMIENDA LIMPIAR LA PUNTA DEL CABLE DE LA FASE "T" Y VOLVER A CONECTAR, SI EL PROBLEMA CONTINUA ES PREFERIBLE REVISAR INTERNAMENTE EL CONTACTOR O CAMBIARLO, YA QUE PUEDE PRESENTAR UNA FALLA IMPREVISTA Y DEJAR DE FUNCIONAR.		
CAUSA		
SISTEMA CON ALTA VIBRACION Y CONEXIONES MAL REALIZADAS, EN LAS INSPECCIONES REALIZADAS NO SE VERIFICARON LAS TENSIONES NI AJUSTES PERTINENTES A TODOS LOS PUNTOS DE FUACION.		

Fuente: Propia

En la imagen anterior se evidencia falla en la fase "S" de la entrada del Contactor, además de estar sulfatada está generando alta temperatura por encima de los 150°C, según lineamiento termo gráficos para equipos eléctricos y rotativos, la actividad de mantenimiento para ejecutar inmediatamente es correctiva.

Tabla 115. Ponderación Falla en contactor

Experience-Based,³ for electrical and/or mechanical equipment. Any Delta T classification system based on experience, such as the following³

Priority	Delta T	Recommended Action
4	1 to 10C°	Corrective measures should be taken at the next maintenance period
3	>10 to 20C°	Corrective measures required as scheduling permits
2	>20 to 40C°	Corrective measures required ASAP
1	>40C°	Corrective measures required immediately

Fuente: Infrinspection Institute.2008. Standard for infrared Inspection of Electrical Systems& Rotating Equipment. (Consultado vía internet)(Consulta el día 22 Diciembre 2018)<https://www.infrinspection.com/infrared-standards/>

13.3 Inspección de Vibraciones

Con el objetivo de plantear técnicas predictivas al plan de mantenimiento del ambiente de formación, se realizan inspecciones de vibración en algunos equipos de las máquinas de mecanizado, a continuación se presenta un informe técnico de análisis vibraciones del motor eléctrico de un torno Colchester, para este informe se contó con el apoyo de aprendices tecnólogos de mantenimiento mecánico industrial y de un instructor nivel dos de análisis de vibraciones, también se tomaron lineamientos de la Norma ISO 10816-3 de 2009.

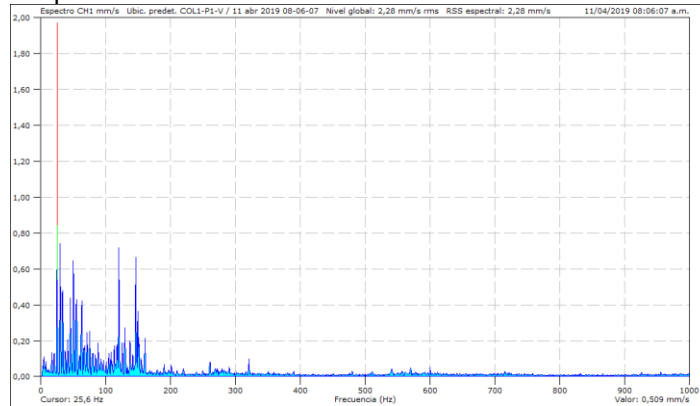
La toma se realizó con un analizador de vibraciones, mediante un sensor llamado acelerómetro que capta todas las frecuencias y amplitudes de los equipos, para con esto generar espectros que son analizados por los especialistas de mantenimiento, la muestra se realizó en varios puntos y posiciones del motor eléctrico, a continuación se presentan las gráficas de dos puntos del equipo.

Figura 51. Motor Principal Torno Colchester



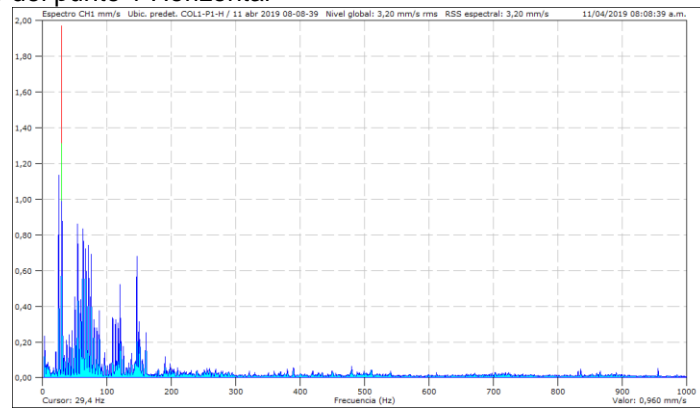
Fuente: Propia

Figura 52. Espectro del punto 1 Vertical



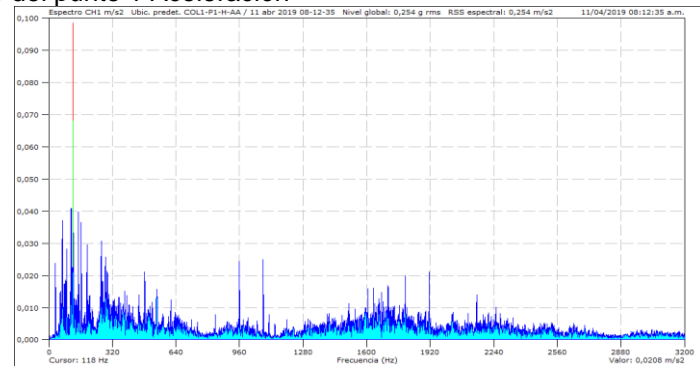
Fuente: Propia

Figura 53. Espectro del punto 1 Horizontal



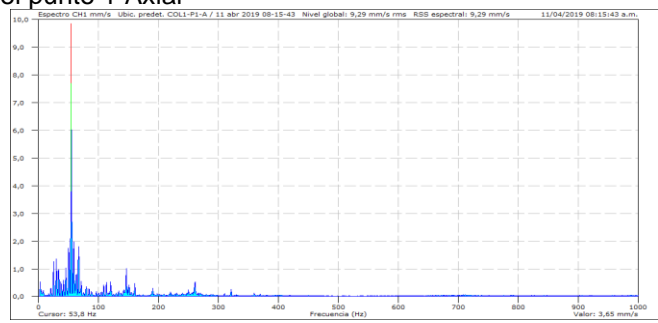
Fuente: Propia

Figura 54. Espectro del punto 1 Aceleración



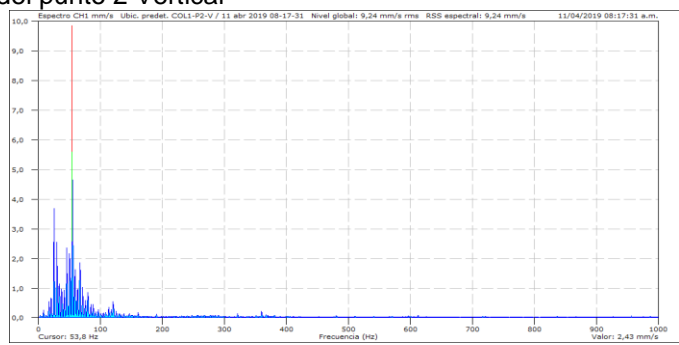
Fuente: Propia

Figura 55. Espectro del punto 1 Axial



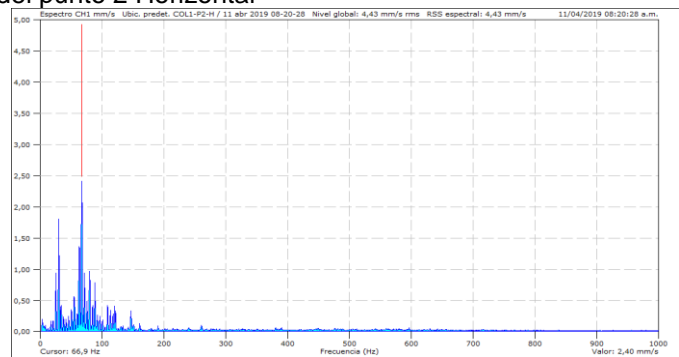
Fuente: Propia

Figura 56. Espectro del punto 2 Vertical



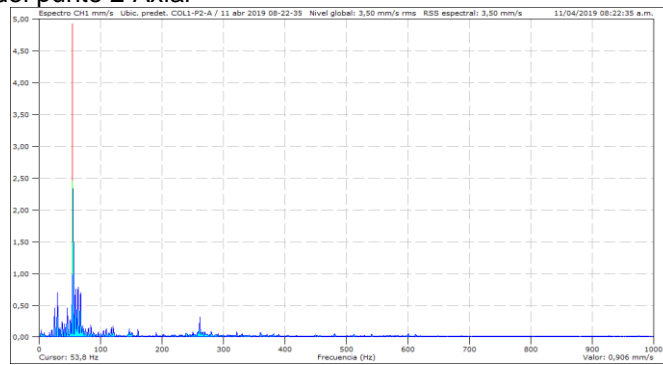
Fuente: Propia

Figura 57. Espectro del punto 2 Horizontal



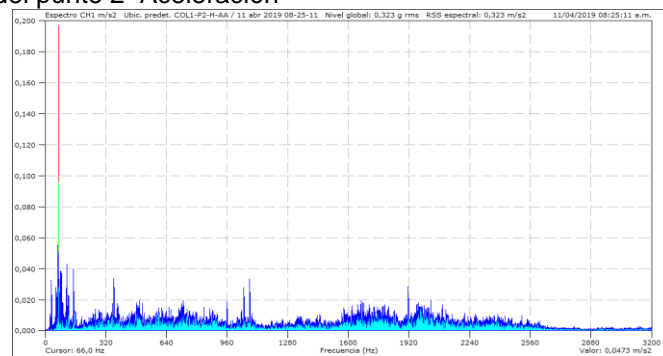
Fuente: Propia

Figura 58. Espectro del punto 2 Axial



Fuente: Propia

Figura 59. Espectro del punto 2 Aceleración



Fuente: Propia

Tabla 116. Informe Técnico de vibraciones en Motor Eléctrico

INFORME DE CONDICIÓN DE VIBRACIÓN			
TECNOLOGO	GERARDO PINZÓN ROBAYO		
ESPECIALISTA	EDUARDO MOLINA		
INTERVENTOR	FABIAN MARTINEZ		
MAQUINA	TORNO COL CHESTER		
EQUIPO	MOTOR ELECTRICO		
FECHA	12/11/2018		
FECHA DE INSPECCIÓN	11/11/20018		
PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN	ALTA		
RESULTADOS DE MEDICIÓN			
MEDIDAS	VIBRACIÓN	PICO MAS ALTO	VELOCIDAD
A-V-mm/s	TOTAL	CPM	mm/s
PUNTO 1			
VERTICAL	2,28	1500	0,839
HORIZONTAL	3,2	1800	1,31
ANGULAR	9,29	3263	7,64
ACELERACIÓN PUNTO 1 HORIZONTAL	0,254	7200	0,068
PUNTO 2			
VERTICAL	9,24	3263	5,59
HORIZONTAL	4,43	4013	2,40
ANGULAR	3,50	3263	2,44
ACELERACIÓN PUNTO 2 HORIZONTAL	0,323	3780	0,055
DIAGNOSTICO			
<p>En el punto 1 del motor col chéster en la medición angular (9,29) Se evidencia que esta fuera de los parámetros permisibles según la norma ISO 10816-3 del 2009(7,1). En el punto 2 del motor colchester en la medición vertical (9,24) según la norma ISO 10816-3 del 2009 se informa que se encuentra fuera de los parámetros permisibles(7,1).</p>			
RECOMENDACIÓN			
<p>Se recomienda fijar una fecha de mantenimiento correctivo lo mas pronto posible ya que se tiene un grado de vibración alto según la norma ISO 10816-3, lo cual repercute en futuros daños de la máquina.</p>			

Fuente: Propia

La causa de falla se debe a desajuste en cavidades de alojamiento de los rodamientos y soltura en ajuste de polea y eje de transmisión, esto trae como consecuencia movimiento axial de 9.2 mm/s y en el lado de la polea en vertical 9.2mm/s.

Los procedimientos e informes anteriormente citados son un pilar importante en el desarrollo de las actividades de mantenimiento que se pretenden programar, se evidencia que el área de mantenimiento cuenta con gran variedad de equipos de análisis de falla, pero son solo utilizados en formación, más no en el mantenimiento de las máquinas y equipos del área. El análisis de vibraciones, aceites y termo gráfico, son las técnicas que según procedimiento de la norma ISO 17359 de 2018, se deben utilizar para predecir y mitigar posibles fallas en los equipos y sistemas de las máquinas de mecanizado.

En el plan de mantenimiento preventivo que se propondrá a continuación, se sugieren actividades de análisis predictivo, mediante procedimientos estandarizados y de fácil aplicación, se pretende mitigar futuras fallas y generar cultura de gestión de cambio en el área, para que los aprendices del centro de formación realicen sus prácticas en tiempo real, guiados por la experiencia de los instructores de mantenimiento.

13.4 Plan de mantenimiento Preventivo Ambiente 107 para el área de mantenimiento.

Una vez planteadas las actividades se caracterizan las máquinas de acuerdo a sistemas y componentes, para luego estimar tiempos, procedimientos, insumos y frecuencias de mantenimiento, parte de esta información es tomada de los análisis modales de fallos y efectos AMFE, procedimientos preventivos, correctivos y predictivos, realizados durante el transcurso del último año y plasmadas anteriormente en este trabajo. Cabe resaltar que en el área existen máquinas de diferente procedencia pero con sistemas electromecánicos muy similares.

13.4.1 Plan de mantenimiento preventivo Torno Paralelo Convencional

Se deben tener presente las actividades de mayor frecuencia de falla para mitigarlas mediante mantenimientos preventivos acordes a cada problemática generada, es de importancia tener un control de tiempos de cada actividad para la programación del personal de mantenimiento y planeación de insumos requeridos en cada actividad. A continuación se presentan todos los planes de mantenimiento preventivos para los sistemas de los Tornos, Taladros fresadores y Esmeriles, cabe resaltar que los planes no cambian de marca a marca, ya que muchos sistemas tiene el mismo principio de funcionamiento, los pocos sistemas que presentan cambios más adelante serán analizados por separado.

Para cada sistema se estableció un formato que consta de dos tablas una presenta: Actividades, procedimientos y recomendaciones, y una segunda tabla con: Tiempo, frecuencia, insumo, recurso y herramientas a utilizar en cada labor.

Tabla 117. Carro Transversal Torno Paralelo Convencional.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Carro Transversal	Tuerca-Tornillo	Inspeccionar- Ajustar	Remover residuos de grasa y escoria.Verificar espesor de las chavetas en forma de prismas,Engrasar y ajustar según torque adecuado. Verificar estado de tuerca en Bronce.Inspeccionar rodamientos axiales.	En el montaje de las de las chavetas tener en cuenta posición y alojamiento,
	Dial-volante	Inspeccionar - Ajustar	Inspeccionar ajuste dial,verificar ajuste chaveta y chavetero.ajustar según torque recomendado.	Realizar mecanizado para verificar que la apreciación del equipo sea correcto.
	Chaveta	Inspeccionar - Ajustar	Inspeccionar ajuste carro transversal.Remover residuos de aceite y escoria,Verificar planitud y espesor,ajustar según torque adecuado	En el montaje tener presente la posición de la chaveta. No olvide montar arandela al tornillo de fijación.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Carro Transversal	Tuerca-Tornillo	30	15	Desengrasante, Grasa de Litio,Bayetilla	Técnico	Juego llaves Allen en pulgadas.Pie de Rey
	Dial-volante	15	15	N/A	Técnico	Juego llaves Allen en pulgadas.Pie de Rey
	Chaveta	30	15	Desengrasante,A ceite lubricante, Bayetilla	Técnico	Juego llaves Allen en pulgadas.Pie de Rey

Fuente: Propia

Tabla 118. Carro Móvil Torno Paralelo Convencional.

Componente de máquina que presenta frecuentes fallas en su freno de pínula por constante fricción metal - metal que ocasiona desajuste debido a la pérdida de material por mala posición en el montaje, generando holgura mecánica.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Carro móvil contrapunto	Pínula	Inspeccionar - Lubricar	Verificar estado de tuerca en Bronce y Tornillo de desplazamiento, Buje, remover residuos de grasa	Realizar inspección visual de partículas de bronce en el sistema
	Freno pínula	Inspeccionar- Ajustar	Verificar dimensiones de chaveta, ajustar tornillo de guía palanca de accionamiento	Verificar que la chaveta y pínula tenga posiciones colineales
	Base	Inspeccionar- Ajustar	Inspeccionar anillo retenedor freno de base, Ajustar Tornillo de fijación de cabezal. Verificar sistema de desviación de carro.	Verificar posicionamiento de platina de agarre bancada.
	Dial -Volante	Inspeccionar- Ajustar	Inspeccionar ajuste dial, verificar ajuste chaveta y chavetero. ajustar según torque recomendado.	Verificar juego axial del sistema

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Carro móvil contrapunto	Pínula	15	30	Desengrasante- Grasa de Litio	Técnico	Llaves Allen en pulgadas
	Freno pínula	15	15	N/A	Operario	Llaves Allen en pulgadas
	Base	20	7	N/A	Técnico	Llaves Allen en pulgadas. Llave de Torsión.
	Dial -Volante	20	15	N/A	Operario	Llaves de puntas y Torsión en pulgadas.

Fuente: Propia

Presenta constantemente daños por mala operación mecánica, funcionando sin refrigerante y con partículas metálicas en el impulsor o impeler de la bomba.

Tabla 119. Sistema de Refrigeración Torno Paralelo Convencional.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Sistema de Refrigeración	Motobomba	Inspeccionar - Ajustar	Verificar estado del impulsor, Inspeccionar conexiones eléctricas, Temperatura, velocidad angular	Verificar que la carcasa no presente fugas
	Tanque	Limpiar- Inspeccionar	Remover partículas metálicas del sistema, Inspeccionar fugas o corrosión.	Verificar estado de mallas filtrantes
	Ductos, Valvulas	Limpiar- Inspeccionar	Inspeccionar atascamientos y remover partículas de los ductos, ajustar conexiones	No exceder torque cuando se ajusten los elementos.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Sistema de Refrigeración	Motobomba	60	30	N/A	Técnico	Llaves de Torsión en pulgadas, Pirometro, Tacometro.
	Tanque	60	15	Desengrasante	Operario	N/A
	Ductos, Valvulas	30	30	Bayetilla	Operario	Llaves de Torsión en pulgadas

Fuente: Propia

Sistema de automáticos y roscado Torno Paralelo Convencional.

Sistema que presenta fallas repetitivas por soltura mecánica en pin de arrastre, del tornillo sin fin por mala operación, Desgaste en anillo de retención (seeger) en caja Norton por cambiar velocidades de roscado con maquina en marcha. En la ejecución de los mantenimientos preventivos tener presente desgastes por fin de ciclo de vida de algunos accesorios de sujeción como por ejemplo tapa de caja Norton y cavidades de rodamientos.

Tabla 120. Sistema de automáticos y roscado Torno Paralelo Convencional.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Sistema de automáticos y roscado	Lira de engranajes	Inspeccionar-Ajustar-Lubricar	Verificar desgaste en los engranajes,alineación de engranajes,inspeccionar bujes y tuercas de sujeción.	Verificar estado en vacío y despues en carga.
	Caja Norton	Inspeccionar-Ajustar-Lubricar	Verificar fugas de aceite,soltura de anillo retenedor de piñon,Sellos empaques mecánicos.	Inspeccionar funcionamiento en todas las velocidades
	Tornillo tuerca patrón,barra automáticos, cremallera	Inspeccionar-Ajustar-Lubricar	Verificar hilos de las roscas,remover particulas de la cremallera y tornillo,lubricar con grasa.Inspeccionar pin de arrastre.Inspeccionar rodamientos.	Verificar funcionamiento con difernetes velocidades angulares
	Accionamiento automáticos	Inspeccionar-Lubricar	Inspeccionar y verificar posicionadores de palancas, palancas.	Verificar accionamientos del torno en marcha

Sistema	Componente	Tiempo(m in)	Frecuencia(dias)	Insumos	Recurso	Herramienta
Sistema de automáticos y roscado	Lira de engranajes	60	30	Desengrasante,B ayetilla, Grasa de Litio.	Técnico	Llaves de Torsión,Juego llaves Allen en pulgadas
	Caja Norton	120	180	Silicona,Desengrasante,Bayetilla, Aceite tellus 32	Técnico	Llaves de Torsión,Juego llaves Allen pulgadas
	Tornillo tuerca patrón,barra automáticos, cremallera	20	180	Desengrasante,B ayetilla,Aceite.	Técnico	N/A
	Accionamiento automáticos	20	30	N/A	Operario	N/A

Fuente: Propia

Cabezal Fijo, Bancada, Carro Longitudinal Torno Paralelo Convencional.

Cabezal fijo presenta fugas por deterioro en carcasa y desgaste en engranajes por mala operación en la selección de velocidad de trabajo, Bancada con ralladuras por desgaste adhesivo fricción metal-metal, carro longitudinal presenta constantes fallas por desgaste prematuro en engranajes por mala selección de lubricante y operación de trabajo errada.

Tabla 121. Cabezal Fijo, Bancada, Carro Longitudinal Torno Paralelo Convencional.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Bancada	Prismas	Limpiar - Lubricar	Remover residuos de particulas metalicas,aplicar capa superficial de lubricante.	Verificar estado de prensa estopa.
	Soportes	Nivelación - Anclaje	Inspeccionar y nivelar tornillos de nivelación,verificar apriete de pernos.	Solicitar procedimiento según manual de funcionamiento.
Cabezal Fijo	Caja de velocidades	Inspección - Verificación	Realizar analisis de aceite,Inspeccionar fugas de aceite.	Comparar muestra de aceite con muestra nueva,inspeccionar acidez,agua,silice
	Caja de velocidades	Lubricar	Verificar nivel de aceite,verificar estado de empaque,desgaste en engranajes,anillos de separación,ejes y palancas de transmisión	Inspeccionar todas las velocidades,medir temperaturas
	Copa o plato universal	Lubricar	Verificar excentricidad,alineación,remover particulas de grasa y escoria.	Verificar estado de piñones y plato dentado.
	Sistema de Transmisión	Inspección - Verificación	Verificar apriete en tornillos de conexión del motor,Medir tensión entre lineas del motor,Verificar alineación de poleas,desbalance en ejes,poleas.Analizar vibraciones ne rodamientos	Verificar tensión en correas,remover e inspeccionar particulas extrañas en el sistema
Carro Longitudinal	Delantal	Ajustar-Lubricar	Inspeccionar nivel de aceite,fugas,Ajustar tornilleria.	Verificar funcionamiento en avances automaticos y de roscado

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Bancada	Prismas	30	1	Tellus 32 Desengrasante	Operario	N/A
	Soportes	30	90	N/A	Técnico	Llaves de Torsión en pulgadas
Cabezal Fijo	Caja de velocidades	30	7	Tellus 32	Tecnólogo	Analizador de Aceites
	Caja de velocidades	120	360	Tellus 33, Empaque, silicona	Técnico	Llaves de Torsión en pulgadas, Pirómetro
	Copa o plato universal	60	30	Grasa	Operario	Llaves de Torsión en pulgadas, Reloj Comparador de caratula
	Sistema de Transmisión	120	180	Desengrasante, Bayetilla	Tecnólogo	Analizador de Vibraciones, Alineador laser, Multímetro
Carro Longitudinal	Delantal	30	600 horas de trabajo	N/A	Técnico	Llaves de Torsión

Fuente: Propia

Debido a la vibración del Torno, el tablero eléctrico presenta frecuentemente soldadura en las conexiones y caída en la tensión de las fases.

Tabla 122. Sistema Eléctrico Torno Paralelo Convencional.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Sistema Eléctrico	Contactor	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.Analisis Termografía.	Solicitar plano de control y potencia
	Termomagnético	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Verificar voltaje entre lineas,Analisis Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Relé	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.Analisis Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Pilotos,Accesorios	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.	Solicitar plano de control y potencia

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Sistema Eléctrico	Contactor	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica
	Termomagnético	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica
	Relé	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica
	Pilotos,Accesorios	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica

Fuente: Propia

Carro Superior Torno Paralelo Convencional.

La fricción de la cola de milano con la chaveta-cuña, genera un desgaste continuo en todo el sistema, los mantenimientos mal efectuados y los montajes erróneos provocan en estos sistemas, desajustes que ocasionan vibración en la herramienta de corte.

Tabla 123. Actividades Preventivas Carro Superior

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Carro Superior	Sistema Tuerca-Tornillo	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Verificar juego axial,remover particulas de grasa,inspeccionar roscas,Lubricar con grasa.	Verificar que el tornillo no presente deflexión.
	Cola de milano-Chaveta	Inspeccionar	Inspeccionar desgaste en chaveta,remover particulas de aceite,lubricar ya justar según torque recomendado por fabricante.	Verificar dimensiones de la chaveta según planos.
	Dial-Volante	Inspeccionar-Ajustar	Inspeccionar ajuste dial,verificar ajuste chaveta y chavetero.ajustar según torque recomendado.	Realizar mecanizado para verificar que la apreciación del equipo sea correcto.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Carro Superior	Sistema Tuerca-Tornillo	60	30	Grasa-Bayetilla-Desengrasante	Técnico	Llaves de Torsión,Juego allen en mm
	Cola de milano-Chaveta	20	30	Aceite-Bayetilla-Desengrasante	Técnico	Llaves de Torsión,Juego allen en mm
	Dial-Volante	15	15	N/A	Operario	Juego llaves allen en mm. Pie de Rey

Fuente: Propia

Los Tornos de la familia TOS y AFM a diferencia de los tornos Colchester presentan cambios en los sistemas de desplazamiento del carro transversal, ya que no tienen en la tuerca un sistema de ajuste para reducir la holgura por desgaste en la misma.

Tabla 124. Actividades Preventivas Carro Transversal Torno Paralelo Convencional.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Carro Transversal	Sistema Tuerca-Tornillo	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Verificar juego axial,remover particulas de grasa,inspeccionar roscas,Lubricar con grasa.Inspeccionar desgaste en cavidades,rodamientos axiales.	Verificar que el tornillo no presente deflexión
	Cola de milano-Chaveta	Inspeccionar	Inspeccionar desgaste en chaveta,remover particulas de aceite,lubricar ya justar según torque recomendado por fabricante.	Verificar dimensiones de la chaveta según planos.
	Dial-Volante	Inspeccionar-Ajustar	Inspeccionar ajuste dial,verificar ajuste chaveta y chavetero.ajustar según torque recomendado.	Realizar mecanizado para verificar que la apreciación del equipo sea correcto.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Carro Transversal	Sistema Tuerca-Tornillo	90	30	Grasa-Bayetilla-Desengrasante	Técnico	Llaves de Torsión,Juego allen en mm
	Cola de milano-Chaveta	20	30	Aceite-Bayetilla-Desengrasante	Técnico	Llaves de Torsión,Juego allen en mm
	Dial-Volante	15	15	N/A	Operario	Juego llaves allen en mm. Pie de Rey

Fuente: Propia

Sistema de Energizado Torno Paralelo Convencional

En los Tornos AFM y TOS el sistema de freno y accionamiento se realiza por medio de un embrague y freno de multidisco mientras que en los Tornos Colchester funciona el freno por zapata operada por un pedal manual en la parte inferior del Torno. En ambos casos la fricción juega un papel primordial, ya que su desajuste se genera por la pérdida de material en los ciclos repetitivos de trabajo. A continuación se muestra para un Torno TOS y AFM:

Tabla 125. Sistema de Energizado Torno Paralelo Convencional

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Sistema De Energizado	Embrague multidisco	Inspeccionar-Ajustar	Revisar y ajustar	Inspeccionar y ajustar embrague mecánico
	Freno Multidisco	Inspeccionar-Ajustar	Verificar tiempo de frenado	Inspeccionar si la maquina opera una vez actuado el freno
	Barra energizado	Inspeccionar-Ajustar	Ajustar desplazamiento en marcha y contra marcha	Verificar posicionador

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Sistema De Energizado	Embrague multidisco	45	30	N/A	Técnico	Juego llaves allen en mm. Pie de Rey
	Freno Multidisco	45	90	N/A	Técnico	Juego llaves allen en mm. Pie de Rey
	Barra energizado	45	30	N/A	Técnico	Juego llaves allen en mm. Pie de Rey

Fuente: Propia

13.4.2 Plan de mantenimiento preventivo Taladro Fresador

Los Taladros fresadores Kondor y Kondia tienen sistemas de funcionamiento muy similares, lo que permite realizar un plan de mantenimiento preventivo estandarizado para este tipo de máquina.

Tabla 126. Cabezal Taladro Fresador

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Cabezal	Sistema de avances	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Verificar desgaste en engranajes, Inspeccionar pines y bujes, Remover partículas de grasa.	Verificar estado de empaques, y ajustes mecánicos. Inspeccionar palancas
	Sistema de Transmisión: Motor-Polea-Correa	Inspeccionar-Ajustar	Inspeccionar alineación de poleas, Inspeccionar tensión en correas, verificar desgaste en correas, Inspeccionar temperatura en motor ajustar terminales.	Verificar ajuste en chavetas y chaveteros, Inspeccionar zapata freno.
	Husillo	Inspeccionar-Ajustar	Verificar desviación y excentricidad de husillo	Maquina desenergizada

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Cabezal	Sistema de avances	120	360	Grasa de Litio-Silicona- Bayetilla- Desengrasante	Técnico	Llaves de Torsión, Juego allen, Atornillador
	Sistema de Transmisión: Motor-Polea-Correa	90	360	N/A	Técnico	Alineador de poleas, Pirómetro, Galga de correas, Tacómetro digital
	Husillo	20	90	N/A	Operario	Reloj Comparador de Caratula

Fuente: Propia

Tabla 127. Carro Longitudinal Taladro Fresador

El divisor, equipo utilizado para operaciones de mecanizado, es un componente vital que requiere manejar una precisión importante para fabricar ajustes mecánicos, la mala operación del equipo y malos procedimientos de mantenimiento pueden ocasionar daños irreparables en estos equipos.

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Carro Longitudinal	Moto reductor	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Inspeccionar terminales, Verificar fugas en caja reductora, desgastes en engranajes, Inspeccionar estado de empaque	Si el sistema es un servomotor verificar continuidad, voltaje entre líneas inspeccionar tarjeta electrónica
	Mesa	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Verificar desgaste en cuña y cola de milano, remover partículas de aceite y grasa, Inspeccionar tornillo y tuerca de potencia, Limpiar y Lubricar	Verificar ajuste de diales realizando un mecanizado, Inspeccionar Bomba manual de lubricación. inspeccionar finales de carrera.
	Divisor	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Inspeccionar desgastes en compas y puntero del plato divisor, Inspeccionar desgastes en engranajes, limpiar remover partículas y lubricar.	Verificar desgaste en disco y engranajes de pivote en copa autocentrante, verificar apreciación en divisor.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Carro Longitudinal	Moto reductor	120	360	Grasa de Litio, Desengrasante, silicona, empaque.	Técnico	Pirómetro, Tacómetro digital, Juego Allen, Llaves de Torsión
	Mesa	120	360	Grasa de Litio Desengrasante.	Técnico	Juego Allen, Llaves de Torsión
	Divisor	120	180	Grasa de Litio Desengrasante.	Técnico	Juego Allen, Llaves de Torsión

Fuente: Propia

Se deben realizar capacitaciones a los operadores para mantener los equipos en funcionamiento, una mala operación ocasiona en los carros desajustes que conllevan a una mala precisión y desajustes que no permiten mecanizados y tolerancias permisibles.

Tabla 128. Carros de Avance Taladro Fresador

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Carro Transversal	Cola de Milano	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Verificar desgaste en cuña y cola de milano, remover partículas de aceite y grasa, Inspeccionar tornillo y tuerca de potencia, Limpiar y Lubricar	Verificar ajuste de diales realizando un mecanizado, inspeccionar finales de carrera.
Carro Vertical	Cola de Milano	Inspeccionar-Lubricar-Ajustar	Verificar desgaste en engranaje y cola de milano, remover partículas de aceite y grasa, Inspeccionar tornillo y tuerca de potencia, Limpiar y Lubricar	Verificar ajuste de diales realizando un mecanizado, inspeccionar finales de carrera.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Carro Transversal	Cola de Milano	90	360	Grasa de Litio Desengrasante.	Técnico	Juego Allen, Llaves de Torsión
Carro Vertical	Cola de Milano	90	360	Grasa de litio. Desengrasante.	Técnico	Juego Allen, Llaves de Torsión

Fuente: Propia

La Motobomba es un sistema de energía de flujo que presenta fallas en el impulsor ocasionadas por la falta de un filtro que retenga escoria y agentes contaminantes, en otras oportunidades la falta de un medidor o piezómetro, que permita visualizar la altura de fluido genera ausencia de refrigerante que deterioran el sistema dinámico de la bomba.

Tabla 129. Actividades Preventivas Cuerpo Taladro Fresador

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Cuerpo	Motobomba	Inspecciona - Ajustar	Verificar estado del impulsor, Inspeccionar conexiones eléctricas, Temperatura, velocidad angular, Analisis de vibraciones	Verificar que la carcaza no presente fugas
	Tanque	Limpiar- Inspeccionar	Remover particulas metálicas del sistema, Inspeccionar fugas o corrosión.	Verificar estado de mallas filtrantes, realizar mezcla refrigerante según fabricante.
	Ductos, Valvulas	Limpiar- Inspeccionar	Inspeccionar atascamientos y remover particulas de los ductos, ajustar conexiones	No exceder torque cuando se ajusten los elementos.
	Visualizador	Verificar- Inspeccionar	Inspeccionar desplazamiento en x,y,z, inspeccionar tarjeta electrónica	Verificar conexiones electricas, Ajustar terminales, continuidad y medición de voltaje.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Cuerpo	Motobomba	60	30	N/A	Técnico- Tecnólogo	Llaves de Torsión en pulgadas, Pirometro, Tacómetro, Analizador de vibraciones.
	Tanque	60	15	Desengrasante	Operario	N/A
	Ductos, Válvulas	30	30	Bayetilla	Operario	Llaves de Torsión en pulgadas
	Visualizador	60	180	N/A	Técnico	Multímetro

Fuente: Propia

Soltura mecánica es el problema más recurrente en estos sistemas, la intervención del operario de la maquina genera problemas de comunicación entre el área de mantenimiento y el instructor de formación. Algunos equipos presentan conexiones que no están reguladas bajo norma técnica y accesorios ya obsoletos para el funcionamiento del equipo.

Tabla 130. Actividades Preventivas Sistema Eléctrico Taladro Fresador

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Sistema Eléctrico	Contactores	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.Análisis de Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Termomagnéticos	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Verificar voltaje entre lineasAnálisis de Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Relés	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.Análisis de Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Pilotos,Accesorios	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.	Solicitar plano de control y potencia

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Sistema Eléctrico	Contactores	15	180	N/A	Técnico	Multímetro,Camara Termografica
	Termomagnéticos	15	180	N/A	Técnico	Multímetro,Camara Termografica
	Relés	15	180	N/A	Técnico	Multímetro,Camara Termografica
	Pilotos,Accesorios	15	180	N/A	Técnico	Multímetro,Camara Termografica

Fuente: Propia

13.4.3 Plan de mantenimiento preventivo Esmeril

Los esmeriles son equipos que presentan fallas constantemente en los cojinetes de antifricción (rodamientos rígidos de bolas) en gran porcentaje sus daños son ocasionadas por ciclo de vida cumplido, y en otros malos montajes, cuando se realizan los mantenimientos preventivos el operario golpea el rodamiento y no se fija en la concentricidad de los elementos, estas operaciones generan aumento de temperatura, ruido, desviación y desbalanceo que ocasionan desajustes mecánicos y aumento de la potencia del motor.

Tabla 131. Actividades Preventivas Sistema Mecánico Esmeril

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Motor	Rotor - Estator	Inspeccionar- Ajustar	Inspeccionar desgaste en rodamiento, Verificar dimensiones de alojamiento de rodamiento, Inspeccionar excentricidad de piedra y accesorios. Inspeccionar velocidad angular, ruidos y temperatura, verificar conexiones del motor, continuidad y voltajes entre fases.	Inspeccionar estado de carcasa y verificar Torque en pernos de sujeción de soportes de herramienta. Analizar vibraciones en rodamientos
Pedestal	Estructura	Inspeccionar- Ajustar	Inspeccionar soldaduras en estructura, verificar ajuste de pernos, Inspeccionar anclaje de la estructura.	Inspeccionar sistema en carga y sin carga.

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Motor	Rotor - Estator	90	180	N/A	Técnico- Tecnólogo	Analizador de vibraciones, pirometro, tacometro, llaves de Torsión
Pedestal	Estructura	30	360	N/A	operario	Llave de Torsión

Fuente: Propia

Tabla 132. Actividades Preventivas Sistema Eléctrico Esmeril

Sistema	Componente	Actividad	Procedimiento	Recomendación
Sistema Eléctrico	Contactores	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.Análisis de Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Termomagnéticos	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Verificar voltaje entre lineas,Análisis de Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Relés	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.Análisis de Termografía	Solicitar plano de control y potencia
	Pilotos,Accesorios	Inspeccionar-Ajustar	Medir continuidad entre terminales.Inspeccionar ajuste de terminales.	Solicitar plano de control y potencia

Sistema	Componente	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Insumos	Recurso	Herramienta
Sistema Eléctrico	Contactores	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica
	Termomagnéticos	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica
	Relés	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica
	Pilotos,Accesorios	15	180	N/A	Técnico-Tecnólogo	Multímetro,Camara Termografica

Fuente: Propia

Este plan de mantenimiento cuenta con actividades previamente ejecutadas y otras que se están empezando a implementar, el objetivo es crear procedimientos estandarizados y que los estudiantes del tecnólogo estén en la capacidad de solventar cualquier falla y avería de los equipos. En la planeación de estas actividades se debe contar con las herramientas e insumos pertinentes para su ejecución técnica. La comunicación con el área de almacén es de vital importancia, ya que se debe tener un stock e inventario actualizado para la solicitud eficaz del repuesto o insumo, actualmente los pedidos se realizan anualmente lo que representa alta complejidad en la disponibilidad de los elementos.

14 Conclusiones

Se realiza un estudio al proceso de formación del Sena Centro Metal mecánico ambiente 107, donde se orientan las competencias fabricar y reconstruir elementos mecánicos para el tecnólogo en mantenimiento mecánico y operar Torno paralelo y Fresadora, para el técnico maquinaria industrial, dentro de este estudio se evidenciaron fallas y averías: mecánicas, eléctricas e hidráulicas de las máquinas de mecanizado, como lo son Tornos, fresadoras y esmeriles. Con la información obtenida y las hojas de vida del año 2018, se construye un diagnóstico de mantenimiento que evidencia un estado de condiciones normales del 63.92%, mientras el restante representa estado regular y malo, por otro lado los mantenimientos correctivos representan un indicador del 77% para Tornos, 46% para Fresadoras y un 10% para esmeriles, estos indicadores muestran la ausencia de acciones preventivas, procedimientos mal efectuados y mala comunicación entre las áreas de trabajo. Las fallas por desajustes, desgaste, elementos faltantes y lubricación, son fallas mecánicas que representan más del 50% de averías detectadas en este análisis.

El costo total de los mantenimientos realizados en el año 2018 fue por un valor de \$5.444.200 de los cuales \$4.133.200 fueron solo para mantenimientos correctivos, aunque estos valores son bajos, la afectación en formación genera bajos índices de calidad en la enseñanza y formación de los aprendices, ya que la disponibilidad de máquina y equipo disminuye con cada falla.

El diagrama de Pareto permitió establecer actividades con alto indicador de falla para cada tipo de máquina y sirvió de base para realizar un estudio por medio de un árbol de falla; Para los tornos se evidencio: El desgaste adhesivo en el freno de la pínula del cabezal móvil, desajuste y desgaste en la Tuerca de potencia del carro Transversal, partículas metálicas en el impulsor de la motobomba y soldaduras en las conexiones del contactor del sistema eléctrico, son los componentes que causan la mayoría de modos fallas para estas máquinas. Para las fresadoras la mala operación en los divisores por parte de los aprendices debido a la mala supervisión, indicación y procedimientos efectuados, el sistema eléctrico debido a que la vibración de la maquina por falta de anclaje, ocasiona desconexiones y también malas reparaciones debido a falta de manuales, planos y responsables de los mantenimientos eléctricos, ya que actualmente la intervención la realiza cualquier técnico sin ninguna orden de trabajo o solicitud de servicio, anexo a esto no existe control en dicha ejecución. En los esmeriles los rodamientos rígido de bolas referencia 6205-2z son los que ocasiona la mayoría de fallas, ya sea por mal montaje y desmontaje, fatiga mecánica que pone fin a su ciclo de vida y por ultimo desajustes en los asientos y ejes de la carcasa del esmeril.

Una vez analizados los datos se plantea la matriz de análisis modal de fallos y efectos (FMEA) para cada máquina y equipo donde se puedan evidenciar las actividades más riesgosas en el desarrollo del proceso, esta matriz permitió ponderar cada causa de falla de acuerdo a su severidad, detección y ocurrencia. Para los taladros fresadores las causas de fallas más riesgosas son: Desbalanceo y desalineación rotor de motobomba, desgaste en las alabes del impulsor de bomba, soldadura mecánica componentes tablero eléctrico, desgaste adhesivo o abrasivo en piñones del sistema de avances rápidos, desgaste por fatiga e indentación en rodamientos de los sistemas de soporte, montajes mal efectuados en rodamientos de la caja reductora de velocidad.

Los Tornos paralelos presentan altos modos de falla debido a desgaste por fricción en sistema de tuerca –tornillo, de desplazamiento del carro transversal, desajuste y desgaste metal-metal en cuña o chaveta del carro transversal y superior, ruptura de alabes del impulsor de motobomba por partículas metálicas, sobrecarga en motor principal por exceso de tensión, desalineación de lira de engranajes por bujes con soldadura mecánica, cajas de velocidades desgastadas con desajustes muy altos, tapas de cajas sin sellos mecánicos y superficies muy rugosas que generan fugas de aceite.

Las fallas más riesgosas en los esmeriles se presentan debido a la vibración que estos generan por desbalanceo y desalineación en el rotor – estator, las fallas en rodamientos por pérdida de material en los alojamientos tanto internos como externos y la mala operación, cuando se ejecuta el mantenimiento preventivo ya que los operarios no saben manipular, ni ensamblar estos componentes mecánicos.

Para la planeación y programación de mantenimientos correctivos y preventivos se debe contar con recursos, insumos y repuestos que pueden ser tomados de las fichas técnicas, planos, hojas de vida y trabajos de campo efectuados durante los últimos años, pero para ser más asertivos en la programación, se plantea una matriz de criticidad que permita evidenciar cuáles son las máquinas que más afectan el proceso de formación. Esta matriz arrojó los siguientes resultados:

Tabla 133. Matriz de Criticidad (Frecuencia-Consecuencia)

Activo	Marca	Ref.	Frecuencia	Consecuencia	valor	Criticidad
Torno	Colchester	1	3	29	87	Crítico
Torno	Colchester	2	3	28	84	Crítico
Torno	Colchester	3	4	24	96	Crítico
Torno	Colchester	4	4	28	112	Crítico
Torno	Colchester	5	3	30	90	Medio
Torno	Colchester	6	3	47	141	Crítico
Torno	Colchester	7	4	49	196	Crítico
Torno	Tos	1	4	29	116	Crítico
Torno	Tos	2	3	18	54	Medio
Torno	AFM	1	3	15	45	Medio
Fresadora	Kondia	1	2	13	26	No Crítico
Fresadora	Kondia	2	2	17	34	No Crítico
Fresadora	Kondor	1	2	17	34	No Crítico
Esmeril	Truper	1	2	15	30	No Crítico
Esmeril	Siver Hager	1	2	15	30	No Crítico
Esmeril	Siver Hager	2	2	15	30	No Crítico
Esmeril	Siver Hager	3	2	15	30	No Crítico
Esmeril	Siver Hager	4	2	15	30	No Crítico
Esmeril	BenchGrinder	1	2	15	30	No Crítico

Fuente: Propia

De acuerdo a los datos anteriormente suministrados, se permite establecer que los tornos de marca Colchester de origen Inglés, son los que más requieren actividades de mantenimiento preventivo y en lo posible, se debe mitigar cualquier tipo de falla correctiva, ya que pueden generar y perjudicar el desarrollo de la formación, Las fresadoras y esmeriles son máquinas y equipos que representan un factor de riesgo bajo, ya que sus fallas y averías son más sencillas de solucionar y prevenir mediante controles que fueron planteados en el plan de mantenimiento preventivo.

Durante el análisis de falla, se plantea la necesidad de programar y planear actividades predictivas a los componentes de las máquinas; En general a todos los tableros eléctricos, donde el análisis termo gráfico permite establecer un panorama más amplio para mitigar una futura falla por soltura mecánica o ciclo de vida cumplido de los componentes como: Relés, contactores y termomagnéticos; En los motores eléctricos debido a su desalineación, desbalanceo y desgaste se programan inspecciones de tensión y alineación de correas por medio del tensiómetro digital y alineador por láser, inspección de temperatura y velocidad angular con los tacómetros y pirómetros, en casos más críticos se establecen análisis de vibraciones para detectar fallas en rodamientos y corrientes parasitas. En las cajas reductoras de velocidad, se realizan análisis de aceites, para medir cantidad de agua, acides, alcalinidad, componentes de sílice y viscosidad, debido a contaminación frecuente y pérdida de propiedades en el aceite.

Actualmente el área de mantenimiento del centro metal mecánico, adquirió una plataforma de planeación y programación llamada mántum, donde toda la información planteada y analizada en este proyecto, servirá de base para dar inicio

al control y seguimientos de todas las máquinas y procesos de formación, en los programas de mantenimiento y electromecánica, dará inicio también a la cultura de gestión de activos, en otras áreas adyacentes al centro.

15 Bibliografía

NORMA ISO 10816-3 (2009) Evaluation of machine vibration by Measurements on non-rotating parts-General Guidelines.

NORMA ISO 17359 (2018) Condition monitoring and Diagnostics of machines-General Guidelines.

BOSCH GROUP. (Mayo, 2013). Problem Solving. Quality Management in the Bosch Group. Ro-bert Bosch Booklet, 1, 60

VERA, M. Hernando, Aplicación de la metodología Análisis Causa Raíz (RCA) para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM-ECOPETROL S.A.(2011).Consulta el día 15 de Junio 2018)(consultado vía Internet)<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/138036.pdf>

DIAZ-CONCEPCION, Armando; PEREZ-RODRIGUEZ, Frank; DEL CASTILLO-SERPA, Alfredo y BRITO VALLINA, María Lucía. Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. Ingeniería Mecánica [online]. 2012, vol.15, n.1 [citado 2017-05-05], pp.34-43. Disponible:<http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442012000100004&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1815-5944

INFRASPECTION INSTITUTE.(2008).Standard for infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment. (Consulta el día 22 Diciembre 2018)(Consultado vía internet)<https://www.infraspection.com/infrared-standards/>

LEAN SOLUTION. (2018) Lean Manufacturing.(Consultado el día 30 Noviembre 2018)(Consultado vía Internet) <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/>