

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



“Modelo de Gestión y Cuantificación de Costos de Mantenimiento en la Dirección de Plantas Potabilizadoras del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en la GAM”

Informe de Práctica de Especialidad para optar por el título de Ingeniero en
Mantenimiento Industrial con el grado académico de Licenciatura.

REALIZADO POR:

Alexander Fernández Carrillo

COORDINADOR DE PRÁCTICA:

Ing. Ignacio Del Valle

I SEMESTRE 2018



Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 07/08/2020

Señores
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Alexander Fernández Carrillo
carné No. 2015022049 si autorizo no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico
(SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado
de Licenciatura en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial
presentado en la fecha 04/08/2020, con el título
"Modelo de Gestión y Cuantificación de Costos de Mantenimiento en la Dirección de Plantas Potabilizadoras
del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en la GAM"

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante: Alexander FC
Correo electrónico: alexferca01@gmail.com
Cédula No.: 504110152

Profesor guía

Ing. Sebastián Mata Ortega

Asesor Industrial

Ing. Mauricio José Brenes Jiménez

Tribunal Examinador

Ing. Carlos Piedra Santamaría

Ing. Luis Gómez Gutiérrez

Información del estudiante y la empresa

Datos personales

Nombre completo: Alexander Fernández Carrillo

Número de cédula: 504110152

Número de carné: 2015022049

Edad: 23

Números de teléfono: 85259467

Correos electrónicos: alexferca01@gmail.com

Dirección exacta de domicilio: 400m al Oeste de la Iglesia Católica de Huacas de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica.

Datos de la Empresa

Nombre: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Departamento: Dirección de plantas potabilizadoras

Nombre del contacto: Mauricio José Brenes Jiménez

Cargo: Ejecutivo Especialista Plantas Potabilizadoras

Dirección: Estación de bombeo de la Uruca, San José, Costa Rica

Teléfono: (506)2242-5000/ Ext. 6508

Correo Electrónico: mabrenes@aya.go.cr

Dedicatoria

A mi madre, Xinia Carrillo Sequeira quién ha velado por sus hijos incansablemente, por darme su amor y apoyo durante toda mi vida.

A mi padre Juan José Fernández Trejos, por enseñarme el valor del trabajo honrado y que por medio de esfuerzo y dedicación se pueden cumplir las metas.

A mis hermanas Alexandra y Stefany por darme su apoyo durante todo el proceso universitario, por sus consejos y cariño.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por apoyarme y brindarme su confianza, por alentarme en momentos difíciles y permitirme continuar de forma firme para cumplir mis objetivos.

Al personal docente del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en especial a los profesores de la escuela de Ingeniería Electromecánica, por su ayuda en el proceso de aprendizaje y sus consejos

Al Ing. Sebastián Mata Ortega por sus correcciones y consejos como profesor guía de la práctica profesional.

Al Ing. Mauricio José Brenes Jiménez por brindarme la oportunidad de realizar la práctica profesional en la Dirección de Plantas Potabilizadoras del AyA en la GAM, por su apoyo y guía como asesor industrial.

A mis compañeros y personas que me apoyaron de forma sincera y que me permitieron crecer académica y personalmente.

A mis amigos del programa de residencias estudiantiles por las experiencias vividas y por hacer del proceso universitario una convivencia como una familia.

Tabla de Contenido

1. Introducción	3
1.1. Identificación de la empresa	3
1.1.1. Reseña de la Empresa	3
1.1.2. Misión.....	3
1.1.3. Visión.....	3
1.1.4. Descripción del proceso productivo.....	4
1.1.5. Organigrama	5
1.2. Planteamiento del problema	6
1.3. Objetivos del proyecto	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Justificación	8
1.5. Viabilidad.....	9
1.6. Metodología	10
1.7. Alcances.....	13
1.8. Limitaciones.....	13
2. Marco Teórico	14
2.1. Norma COVENIN 2500-13 como herramienta para evaluar la gestión del mantenimiento	14
2.1.1. Escala de medición	15
2.2. Mantenimiento	16
2.2.1. Mantenimiento correctivo	16
2.2.2. Mantenimiento preventivo	16
2.2.3. Programa de mantenimiento preventivo.....	16
2.2.4. Mantenimiento Predictivo	17
2.2.5. Mantenimiento cero horas	18
2.2.6. Mantenimiento en uso.....	18
2.2.7. Gestión del mantenimiento	18
2.3. Modelo de gestión del mantenimiento	18

2.3.1. Etapa 1. Análisis de la situación actual.....	19
2.3.2. Etapa 2. Jerarquización de equipos.....	20
2.3.3. Etapa 3. Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto	20
2.3.4. Etapa 4. Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios	20
2.3.5. Etapa 5. Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos	20
2.3.6. Etapa 6. Evaluación y control de la ejecución de mantenimiento	20
2.3.7. Etapa 7. Análisis del ciclo de vida y la posibilidad de renovación de los equipos	20
2.4. Balanced Scorecard	21
2.4.1. Fases para la implementación del Cuadro de mando integral.....	23
2.5. Gestión de activos	24
2.5.1. Información para la gestión de activos	26
2.6. Análisis de Equipos	27
2.6.1. Listas de equipos	27
2.6.2. Codificación de equipos	28
2.6.3. Análisis de Criticidad	28
2.7. Sistema de información	32
2.7.1. Órdenes de trabajo	32
2.7.2. Bases de datos.....	33
2.7.3. Indicadores de clase mundial	33
2.8. Contabilidad de costos	35
2.8.1. Gestión de coste por actividades: Método ABC.....	35
3. Trabajo de campo	37
3.1. Evaluación del nivel de madurez de la organización	37
3.1.1. Evaluación de la norma Venezolana COVENIN 2500-93	39
3.1.2. Organización de la empresa	42
3.1.3. Organización del mantenimiento	43
3.1.4. Planificación del Mantenimiento	44
3.1.5. Mantenimiento Rutinario.....	45
3.1.6. Mantenimiento programado	46
3.1.7. Mantenimiento circunstancial	47
3.1.8. Mantenimiento correctivo	49
3.1.9. Mantenimiento preventivo	50

3.1.10. Mantenimiento por avería	51
3.1.11. Personal de mantenimiento.....	52
3.1.12. Apoyo Logístico	53
3.1.13. Recursos	54
4. Organización y control de la información	57
4.1. Levantamiento de Equipos.....	57
4.2. Codificación de equipos	58
4.3. Sistema de registro y control de la información	61
4.3.1. Fichas Técnicas	61
4.3.2. Órdenes de trabajo	62
4.3.3. Listas de chequeo	63
4.3.4. Base de Datos	64
4.3.5. Mapa de ubicación de equipos	66
4.3.6. Aplicaciones de conexión por internet	66
4.4. Análisis del alcance del software de Mantenimiento TRICOM	70
5. Plan Piloto de Mantenimiento.....	71
5.1. Análisis de Criticidad	71
5.1.1. Definición del análisis.....	71
5.1.2. Definir Criticidad	71
5.1.3. Cálculo de criticidad	72
5.1.4. Análisis de resultados.....	73
5.2. Impacto en la Producción	77
5.3. Estrategias de mantenimiento	78
5.3.1. Antecedentes	78
5.3.2. Mantenimientos Previos	78
5.3.3. Selección de la Estrategia.....	79
5.3.4. Revisión de la estrategia	80
6. Plan de mantenimiento Preventivo.....	81
6.1. Alcance del Plan	81
6.2. Encargados del Mantenimiento	81

6.3. Presupuesto de mantenimiento	81
6.4. Actividades y Tareas Establecidas	81
6.5. Requisitos para implementar el plan	85
6.5.1. Instrumentos, Consumibles y Repuestos	85
6.5.1. Capacitación	85
7. Modelo de gestión.....	87
7.1. Bloque 1: Planificación y Programación	87
7.2. Bloque 2: Soportes	89
7.3. Bloque 3: Instrumentos	89
7.4. Bloque 4: Evaluación	89
7.5. Bloque 5: Control y Seguimiento	90
7.6. Bloque 6: Comunicación	91
8. Establecimiento del Cuadro de Mando Integral	92
8.1. Perspectivas	93
8.1.1. Perspectiva de procesos internos	93
8.1.2. Perspectiva Financiera	93
8.1.3. Perspectiva Humana	93
8.1.4. Perspectiva de comunidad, Medio Ambiente y Usuario	93
8.2. Misión y Visión	94
8.3. Determinación de los stakeholders	94
8.4. Análisis FODA	96
8.5. Establecimiento de objetivos estratégicos	97
8.6. Establecimiento de indicadores de rendimiento	97
8.6.1. Indicadores para la perspectiva Humana	98
8.6.2. Indicadores para la Perspectiva de Producción	99
8.6.3. Indicadores para la Perspectiva de Procesos Internos.....	100
8.6.4. Indicadores para la Perspectiva Financiera	100
8.7. Mapa estratégico para la Unidad de Control Electromecánico.....	101

9. Modelo de cuantificación de costos de mantenimiento.....	102
9.1. Caracterización de los sistemas.....	102
9.2. Propuesta de modelo de cuantificación de costos	108
9.3. Costos laborales	109
9.3.1. Determinación de Tiempos por actividad	109
9.3.2. Costos de Mano de Obra.....	117
9.3.3. Capacitación	118
9.4. Costo de Materiales y Reposición de Equipos	119
9.5. Costos en energía Eléctrica	122
9.6. Costos de transporte	125
9.6.1. Costos de Combustible.....	125
9.7. Tercerización	126
9.8. Suma de costos	126
9.9. Relación costos de mantenimiento-producción	128
10. Conclusiones y Recomendaciones.....	130
10.1. Conclusiones	130
10.2. Recomendaciones	131
11. Bibliografía	132
12. Apéndices	135
Apéndice 1. Fichas Técnicas	135
Apéndice 2. Hojas de Mantenimiento	164
Apéndice 3. Listas de Chequeo	179
Apéndice 4. Mapas de Ubicación de Equipos	187
Apéndice 5. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos.....	191
Apéndice 6. Cuadro de Mando Integral para la Unidad de Control Electromecánico	195
Apéndice 7. Cálculo de Costos de Energía para los Equipos Electromecánicos	197
13. Anexos	199
Anexo 1. Encuesta Gallup para medir el compromiso de los colaboradores.....	199

Anexo 2. Cotizaciones Varias	202
Anexo 3. Índices Salariales AyA.....	212
Anexo 4. Tarifas Eléctricas CNFL y JASEC	213

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Organigrama Dirección de Plantas Potabilizadoras AyA.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2. Pasos para ejecutar el programa de mantenimiento preventivo.</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Modelo de sistema de gestión de la calidad según ISO 9001:2015</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. Modelo de gestión de mantenimiento.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Perspectivas del Balanced Scorecard.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Fases para la implementación del Balanced Scorecard.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Relación entre objetivos de gestión de activos, objetivos de negocio y procesos de negocio.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Oportunidades de las tecnologías de la información en la ingeniería de procesos de negocios</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Niveles de la estructura arbórea.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10. Matriz de criticidad.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11. Criterios para estimar la frecuencia</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12. Categoría de impactos.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13. Matriz de criticidad.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14. División de Plantas Potabilizadoras por sectores.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 15. Ubicación de las Plantas Potabilizadoras</i>	<i>39</i>
<i>Figura 16. Gráfico de Resultados de Evaluación de la Organización de la Institución.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 17. Gráfico de Resultados de Evaluación de la Organización del Mantenimiento.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18. Gráfico de Resultados de Evaluación de la Planificación del Mantenimiento</i>	<i>45</i>
<i>Figura 19. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Rutinario</i>	<i>46</i>
<i>Figura 20. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Programado</i>	<i>47</i>
<i>Figura 21. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Programado</i>	<i>48</i>
<i>Figura 22. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Correctivo.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 23. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Preventivo</i>	<i>51</i>
<i>Figura 24. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento por Avería.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 25. Gráfico de Resultados de Evaluación del Personal de Mantenimiento.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 26. Gráfico de Resultados de Evaluación del Apoyo logístico</i>	<i>54</i>
<i>Figura 27. Gráfico de Resultados de Evaluación de Recursos</i>	<i>55</i>
<i>Figura 28. Gráfico Radial de Comparación entre Valor Deseado y Valor Obtenido</i>	<i>56</i>
<i>Figura 29. Configuración para la codificación de equipos.....</i>	<i>58</i>

<i>Figura 30. Ejemplo de ficha técnica de compresor de pistones, Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	62
<i>Figura 31. Orden de trabajo</i>	63
<i>Figura 32. Lista de chequeo de mantenimiento semanal, Compresor 05-01-140-COP01</i>	64
<i>Figura 33. Panel de Control de la base de datos</i>	65
<i>Figura 34. Mapa de Ubicación de Equipos Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	66
<i>Figura 35. Ejemplo de calcomanía propuesta para Bomba Dosificadora 01-01-040-BDS01</i>	67
<i>Figura 36. Formulario creado para el reporte de Mantenimiento</i>	68
<i>Figura 37. Lista creada para almacenar el reporte de Mantenimiento</i>	68
<i>Figura 38. Flujo de información de la aplicación</i>	69
<i>Figura 39. Tabla de Reporte de Mantenimiento</i>	69
<i>Figura 40. Criterios para el análisis de criticidad de equipos</i>	72
<i>Figura 41. Cálculo de criticidad de equipos, Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	73
<i>Figura 42. Resultados del análisis de criticidad Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	74
<i>Figura 43. Comparación de visitas realizadas y visitas con fallos, I semestre 2019</i>	78
<i>Figura 44. Hoja de Mantenimiento Preventivo Compresor 01-01-140-COP01</i>	82
<i>Figura 45. Hoja de Mantenimiento Preventivo Compresor 01-01-140-COP01 (continuación)</i>	83
<i>Figura 46. Sección del Plan Anual de Mantenimiento Preventivo, Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	84
<i>Figura 47. Stock mínimo para implementar el plan de mantenimiento</i>	86
<i>Figura 48. Simbología del Modelo de Gestión</i>	87
<i>Figura 49. Diagrama de Flujo para Establecer el Plan de Mantenimiento</i>	88
<i>Figura 50. Diagrama de Flujo para Atención de Averías</i>	90
<i>Figura 51. Modelo de Gestión</i>	91
<i>Figura 52. Ajustes propuestos al modelo de CMI para las entidades Públicas</i>	92
<i>Figura 53. Relación Causa efecto entre perspectivas y la misión</i>	94
<i>Figura 54. Stakeholders o Grupos de Interés</i>	96
<i>Figura 55. Análisis FODA de la Unidad de Control Electromecánico</i>	96
<i>Figura 56. Jerarquía Evaluación Gallup</i>	99
<i>Figura 57. Mapa Estratégico</i>	101
<i>Figura 58. Representación Proceso de Muestreo</i>	103
<i>Figura 59. Representación Proceso de Dosificación</i>	103
<i>Figura 60. Representación de equipos en proceso de Sedimentación</i>	104
<i>Figura 61. Representación de sistema de lavado de filtros, Planta Potabilizadora Guadalupe</i>	105
<i>Figura 62. Representación de Equipos en Proceso de Cloración</i>	105
<i>Figura 63. Sistemas por planta potabilizadora</i>	107
<i>Figura 64. Esquema planteado para el análisis de costos</i>	108

Figura 65. Costo mensual por concepto de reposición de equipos	121
Figura 66. Costo mensual por concepto de consumibles, Planta Potabilizadora Tres Ríos.....	121
Figura 67. Costo mensual por concepto de insumos y repuestos.....	122
Figura 68. Costo por consumo de potencia Planta Potabilizadora de Tres Ríos.....	124
Figura 69. Costo por concepto de energía consumida por equipos electromecánicos	124
Figura 70. Costos por concepto de combustible de vehículos	126
Figura 71. Grafico tipo pastel, distribución de costos en Planta Potabilizadora Tres Ríos	127
Figura 72. Gráfico comparativo de costos mensuales por planta	128
Figura 73. Producción de agua en Planta Potabilizadora Tres Ríos	128
Figura 74. Datos de producción mensual en plantas potabilizadoras de enero-junio 2020.....	129
Figura 75. Costo de mantenimiento mensual por metro cubico de agua producido.....	129
Figura 76. Ficha Técnica Bomba Goulds GT10.....	135
Figura 77. Ficha Técnica Bomba Goulds JRS	136
Figura 78. Ficha Técnica Compresor de Pistones Ingersoll Rand T30.....	137
Figura 79. Ficha Técnica Bomba Goulds SSH/SST.....	138
Figura 80. Ficha Técnica Bomba ProMinent Makro M5Ma	139
Figura 81. Ficha Técnica Bomba Milton Roy Mill Royal C	140
Figura 82. Ficha Técnica Goudls Modelo 3656.....	141
Figura 83. Ficha Técnica Bomba Goulds Modelo A-C8100.....	142
Figura 84. Ficha Técnica Motor Agitador Leeson.....	143
Figura 85. Ficha Técnica Bomba Pedrollo modelo PKm60.....	144
Figura 86. Ficha Técnica Variador de Frecuencia Altivar ATV212	145
Figura 87. Ficha Técnica Removedora de Lodos.....	146
Figura 88. Ficha Técnica Removedora de Lodos (Continuación)	147
Figura 89. Ficha Técnica Removedora de Lodos (Continuación)	148
Figura 90. Ficha Técnica Teclé Eléctrico CM Lodestar	149
Figura 91. Ficha Técnica Elevador de Sacos de Sulfato.....	150
Figura 92. Ficha Técnica Bomba ProMinent Makro TZ.....	151
Figura 93. Ficha Técnica Sistema de Válvulas Neumáticas	152
Figura 94. Ficha Técnica Sopladora de Aire Aerzen.....	153
Figura 95. Ficha Técnica Secadora de Aire Hankison.....	154
Figura 96. Ficha Técnica Bomba Goulds modelo 3656.....	155
Figura 97. Ficha Técnica Tanque Hidroneumático Goulds V260.....	156
Figura 98. Ficha Técnica Bomba Booster Goulds 33GB.....	157
Figura 99. Ficha Técnica Bomba Booster Goulds 33GB (Continuación).....	158

<i>Figura 100. Ficha Técnica Generador Genesal GEN50.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 101. Ficha Técnica Generador Genesal GEN50 (Continuación).....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 102. Ficha Técnica Bomba Goulds E-sv.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 103.Ficha Técnica Bomba ProMinent Sigma 1.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 104. Ficha Técnica Bomba ProMinent Sigma 2.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 105. Mapa de ubicación de equipos Planta potabilizadora Tres Ríos.....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 106. Mapa de ubicación de equipos Planta Potabilizadora Guadalupe.....</i>	<i>188</i>
<i>Figura 107. Mapa de ubicación de equipos Planta Potabilizadora Cartago.....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 108. Mapa de ubicación de Equipos Planta Potabilizadora El Llano de Alajuelita.....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 109. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos.....</i>	<i>191</i>
<i>Figura 110. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos (Continuación).....</i>	<i>192</i>
<i>Figura 111. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos (Continuación).....</i>	<i>193</i>
<i>Figura 112. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos (Continuación).....</i>	<i>194</i>
<i>Figura 113.Cuadro de Mando Integral Perspectivas Humana y Financiera.....</i>	<i>195</i>
<i>Figura 114.Cuadro de Mando Integral Perspectivas Procesos Internos y Producción.....</i>	<i>196</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Metodología.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2. Factores para evaluar con la norma COVENIN 2500-93.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3. Resumen de Resultados de la Evaluación de la Norma COVENIN 2500-93</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 4. Cantidad de equipos por Plantas Potabilizadoras y Estaciones de Desinfección.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 5. Sistema de abastecimiento y código relacionado</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 6. Estación y respectivo código de identifican</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 7. Procesos y código de identificación</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 8. Equipos o sistemas electromecánico y nomenclatura para identificación.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 9. Ejemplos de codificación para los equipos.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 10. Impacto en producción de equipos, Planta Potabilizadora Tres Ríos.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 11. Estrategia de mantenimiento</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 12. Instrumentos y Equipos Requeridos por Adquirir.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 13. Objetivos planteados</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 14. Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva Humana.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 15. Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva de Producción</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 16. Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva de Procesos Internos</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 17. Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva Financiera.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 18. Actividades y Frecuencias de Mantenimiento para las Bombas de Cloración, Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 19. Tiempos Establecidos para las Actividades de Mantenimiento de las bombas de cloración.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 20. Tiempos por Actividades de Mantenimiento preventivo, Planta Potabilizadora Tres Ríos.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 21. Tiempo en Horas Requerido mensualmente para atender el plan de mantenimiento preventivo</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 22. Salarios Mínimos.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 23. Costo por mano de obra con base en el plan de mantenimiento preventivo</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 24. Costos mensuales por reposición de equipos, Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 25. Costo Mensual de energía eléctrica en Planta potabilizadora Tres Ríos.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 26. Costos de consumo de combustible</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 27. Costos mensuales de combustibles asociados a visita a Planta Potabilizadora Tres Ríos</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 28. Suma de costos mensuales por planta potabilizadora</i>	<i>126</i>

Resumen

En este proyecto se presenta la propuesta de mejoras en la gestión del mantenimiento para la Unidad de Control Electromecánico en la Dirección de Plantas Potabilizadoras del AyA en la GAM. Como base para optimizar el desempeño de la Unidad, se muestra una propuesta de sistema organización del mantenimiento mediante la inclusión de un modelo de gestión de mantenimiento.

Primero se evalúa el desempeño de la Unidad mediante la aplicación de la Norma COVENIN 2500-93 para determinar la madurez del departamento y establecer oportunidades de mejora. Se realiza la documentación técnica de equipos ubicados en las diferentes plantas potabilizadoras y estaciones de desinfección, mediante la elaboración de fichas técnicas y hojas de mantenimiento disponibles de forma local y almacenadas en la nube para consultar mediante códigos QR.

Luego se establecen estrategias de mantenimiento con base en la criticidad de los equipos en producción y se propone un plan piloto de mantenimiento preventivo. Se incorpora el Cuadro de Mando Integral como herramienta para el establecimiento de objetivos por cumplir y se proponen indicadores para evaluar el desempeño de la Unidad de forma periódica.

Finalmente se propone un modelo de costos de mantenimiento basado en el plan piloto de mantenimiento, se estima el costo mensual de mantenimiento usando como muestra cuatro Plantas Potabilizadoras y se determina el costo de mantenimiento por metro cúbico de agua producida en estas.

Palabras Clave: Modelo de gestión, cuadro de mando integral, indicadores, modelo de costos.

Abstract

This project presents the proposal for improvements in maintenance management for the de Electromechanical Control Unit in the Water Treatment Plants Directorate of the AyA in the GAM. As a basis for optimizing the Unit performance, a proposal for a maintenance organization system is show, through the inclusion of a maintenance management model.

First the Unit performance is evaluated by applying COVENIN 2500-93 Standard to determine the department maturity and establish opportunities for improvement. Technical documentation is prepared for the equipment located on the different drinking water treatments plants and disinfection stations, through the elaboration of technical sheets and maintenance sheets available locally and stored on the cloud for consultation using QR codes.

Then maintenance strategies are stablished based on the criticality of the systems in production and a pilot preventive maintenance plan is proposed. The Balance Scorecard is incorporated as a tool for establishing objectives to be reach and indicators are proposed to evaluate the Unit performance on a regular basis.

Finally, a maintenance costs model based on the pilot preventive maintenance plan is proposed, the monthly maintenance cost is estimated using a sample of four water treatments plants and the maintenance cost per cubic meter of water produced in these plants is determinate.

Keywords: Management model, balanced scorecard, indicators, costs model.

1. Introducción

1.1. Identificación de la empresa

1.1.1. Reseña de la Empresa

A inicios de los años 40 la asamblea legislativa, conforma una comisión especial con el objetivo de estudiar un proyecto de ley que permitiera dar solución al problema del agua. Durante el estudio la asamblea consultó el conocimiento de expertos en salubridad e ingenieros civiles, como Edison Rivera Castaing, Renán Méndez, Guillermo Roviralta, Fernando Chavarría Loaiza y Eduardo Jenkins, así como se integró al ministro de salud el Dr. José Manuel Quirce Morales, quien tuvo gran participación en el proceso de conformación del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

En 1942 se emite la Ley de aguas, que disponía del artículo 41 donde se establece que todos acueductos del país son patrimonio de estado, que cualquier iniciativa de este tipo sería dirigida por el Ministerio de Salud Pública y que los acueductos se mantendrían bajo la dirección de las municipalidades, hasta que se estableciera su nacionalización.

Debido a que el estado no pudo asumir directamente la operación que se preveía, agravándose el problema, se estableció en el año 1953 la Ley General de Agua Potable, la misma con una serie de regulaciones a los organismos administrativos, para establecer tarifas adecuadas, que permitieran la correcta operación de sistemas, que garantizaran la potabilidad del agua para resguardar la salud pública.

Tras los anterior los diputados contaban con información suficiente para constituir el un organismo descentralizado, que contaría con recursos financieros y legales, que permitieran dar solución a los problemas del agua que se encontraba en crisis.

1.1.2. Misión

“Asegurar el acceso universal al agua potable y al saneamiento de forma comprometida con la salud, la sostenibilidad del recurso hídrico y el desarrollo económico y social del país.”

1.1.3. Visión

“Ser la institución pública de excelencia en rectoría y gestión de los servicios de agua potable y saneamiento para toda la población del país.”

1.1.4. Descripción del proceso productivo

En las plantas potabilizadoras del Instituto Costarricense de Acueductos y alcantarillados (AyA), es donde se recibe el agua cruda (sin ningún tratamiento), que es captada de diferentes fuentes, como embalses para plantas hidroeléctricas o reservas de agua naturales, superficiales o subterráneas, para luego ser sometidas a procesos físicos y químicos que permitan finalmente la obtención de agua potable disponible para el consumo de las personas en la GAM (Gran Área Metropolitana).

El proceso de potabilización del agua inicia con la captación de esta de las diferentes fuentes antes mencionadas, mediante rejas se impide el paso de sólidos grandes como palos o desechos inorgánicos presentes en el agua. Después el agua es transportada hasta las plantas potabilizadoras por sistemas de bombeo o por acción de la gravedad, al llegar se añade una sustancia llamada floculante que permite coagular las partículas pequeñas de suciedad presentes en el agua, posteriormente el agua es pasada a tanques abiertos donde se realiza el proceso de decantación para sedimentar las partículas por acción del peso, en los tanques se reduce la velocidad del agua para hacer efectivo el proceso de decantación. Una vez que se han eliminado las partículas más pequeñas el agua pasa a través de filtros de arena que permiten eliminar las partículas diminutas y como último proceso se realiza la desinfección del agua para que sea apta para el consumo humano.

1.1.5. Organigrama

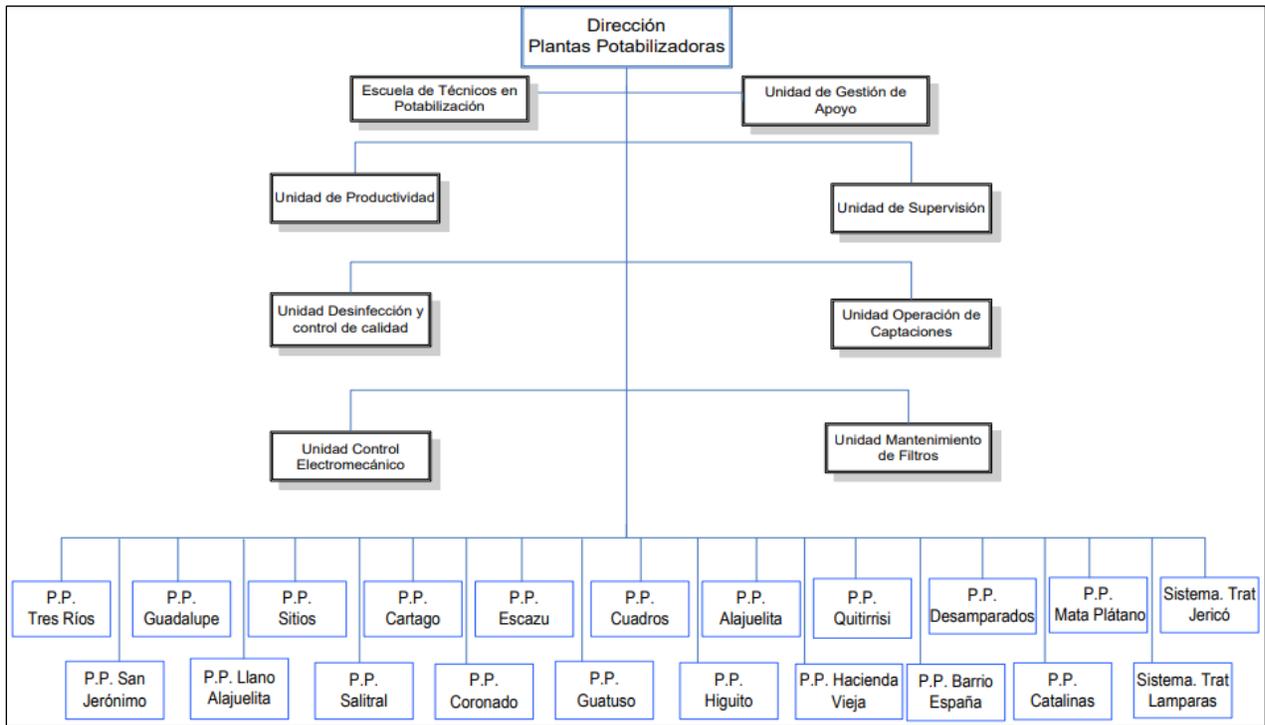


Figura 1. Organigrama Dirección de Plantas Potabilizadoras AyA

Fuente: Dirección de Plantas Potabilizadoras AyA

1.2. Planteamiento del problema

En la Dirección de Plantas Potabilizadoras del AyA en la GAM (Gran Área Metropolitana), actualmente se carece de un estudio detallado de gastos correspondientes a producción y mantenimiento de los sistemas electromecánicos, lo cual impide conocer el costo real parcial del agua por metro cúbico que se obtiene en las áreas de producción y mantenimiento de sistemas electromecánicos de las plantas de potabilización, lo que a su vez imposibilita obtener un análisis de indicadores financieros importantes como, grado de rentabilidad, valor de activos y acciones, índice de reducción de costes, entre otros que puedan servir de guía para implementar estrategias de gestión.

No se dispone de un estudio en detalle de los gastos efectuados en la producción y en el mantenimiento de los sistemas, de forma que se pueda establecer información de gastos en; mano de obra, en organización y mantenimiento, energía eléctrica, mantenimiento y reposición de equipos.

La Unidad de Control Electromecánico no cuenta con un modelo de gestión, que incorpore la planificación, organización de la información, el uso de herramientas de control y seguimiento; lo que impide conocer el desempeño de la unidad y la toma de decisiones orientadas a resultados.

1.3. Objetivos del proyecto

1.3.1. Objetivo General

1. Definir estrategias de gestión de mantenimiento en la Dirección de Plantas Potabilizadoras del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en la GAM, para el análisis de costos de operación y mantenimiento de los sistemas electromecánicos.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Medir el nivel de madurez de mantenimiento que existe en la Dirección de Plantas Potabilizadoras del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados GAM, mediante la norma COVENIN 2500-93.
2. Comparar las características, procesos productivos y tecnologías implementadas en cada planta potabilizadora, para el establecimiento de una estructura de cuantificación de costos en operación y mantenimiento, mediante un modelo de costos basado en actividades.
3. Desarrollar un cuadro de mando integral, que contemple, objetivos, indicadores de evaluación, y perspectivas de gestión, para alinear las estrategias de la dirección plantas potabilizadoras con las de la organización.
4. Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento que atienda a las necesidades de la Dirección de Plantas Potabilizadoras.
5. Determinar un sistema de organización de la información de los equipos y actividades de mantenimiento, al que se pueda tener acceso en formato físico y digital, y que permita el almacenamiento de los datos en forma local o en la nube.

1.4. Justificación

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, en adelante (AYA), Actualmente es el ente encargado de brindar el servicio de agua potable a más de 2 301 063 personas, para obtener un total de 46,7% de la población abastecida de agua en el país. Dentro de las obligaciones de la institución se encuentra cumplir con diversas normativas que garanticen a las personas el acceso a agua potable, además de cumplir con legislaciones en designio de proteger el medioambiente.

El AyA en la Gran Área Metropolitana (GAM) cuenta con un total de 19 plantas potabilizadoras distribuidas en los cantones de San José, Heredia, Alajuela y Cartago, con alrededor de 40 estaciones de saneamiento donde se generan gastos en operación y mantenimiento, mas aún, no se tiene el detalle de los mismos, por lo tanto es de gran importancia la elaboración de un modelo que permita obtener una cifra que refleje el costo de mantenimiento en producción de agua por metro cúbico, que se genera en estas áreas.

Enfocándose en mantenimiento la cuantificación de costos permite determinar cuánto presupuesto se requiere para las labores de manutención de los sistemas, a partir de eso se puede comparar con los gastos presentados en sistemas similares a nivel internacional o de la región, lo que permitiría a la organización tener un panorama de dónde se encuentra actualmente y a dónde se quiere llegar con la gestión.

El mantenimiento de los sistemas la Dirección de Plantas Potabilizadoras para el año 2019 se basó en más de 50% en acciones de mantenimiento correctivo no planeado, mientras que las actividades de mantenimiento preventivo rondaron en un 20% del total del mantenimiento ejecutado. Según el criterio de (Duffua, Raouf, & Dixon, 2005) la distribución de horas de operaciones de mantenimiento en instalaciones que trabajen correctamente debe rondar alrededor del 70% en actividades planeadas y el 30% en actividades no planeadas. El exceso de operaciones no planeadas conlleva una serie de inconvenientes para la organización, los cuales se ven reflejados en gastos. Por esta razón mediante el estudio de los sistemas se puede planificar e identificar los costos asociados a la producción y mantenimiento, mediante la elaboración previa de análisis de criticidad, estudios de ciclo de vida, evaluación de stock de repuestos, se pueden establecer rutinas

de mantenimiento y estimar el costo que conlleva en cuanto a tiempo de disposición de personal e insumos.

Para realizar un modelo de cuantificación de costos operacionales y de mantenimiento es necesario establecer una serie de tareas previas como lo son generar una base de datos sobre equipos y sistemas, realizar árboles de despiece por grupos funcionales para implantar costos desagregadamente, codificación y valoración de los elementos y componentes, establecer ordenes de trabajo para las actividades con tiempos predeterminados para poder cuantificar. Esto repercutiría en implantar estrategias de gestión del mantenimiento abarcando desde los niveles más bajos en cuanto a sistemas de operación y mantenimiento, permitiendo una mejora en el departamento de mantenimiento.

1.5. Viabilidad

Este proyecto surgió como un aliado de la institución por medio de políticas de crecimiento y desarrollo establecidas en la Política Nacional de Aguas 2017-2030, en la que se establece como uno de los ejes principales la inversión en infraestructura y servicio, este eje tiene como objetivo: “Establecer una estrategia económica y financiera permanente con visión prospectiva del desarrollo, para que permita el financiamiento para mantener, operar y desarrollar la prestación del servicio del agua potable” donde se establecen los siguientes lineamientos:

1. Optimización y modernización de la infraestructura.
2. Inversión en infraestructura resiliente.
3. Gestión del servicio de agua potable.

El desarrollo de este proyecto representa una oportunidad de mejora para el departamento de plantas potabilizadoras en el AyA, ya que se requiere establecer una serie de actividades que permitirán, la organización de la información relevante para la toma de decisiones. Actualmente se carece de estudios similares por lo que este proyecto puede servir de base para el cambio de o redefinición de las actividades de mantenimiento.

La institución cuenta con un software de mantenimiento (TRICOM) el cual se pretende utilizar como herramienta, se analizará el alcance y características que este tiene, evaluando si es posible organizar la información en el mismo, además se espera generar una base de datos que respalde la información mediante servidores en la nube.

1.6. Metodología

Tabla 1. Metodología

Objetivo	Actividad	Resultado
<p>1. Evaluar el nivel de madurez de la gestión del mantenimiento en la organización.</p>	<p>1.1 Realizar el reconocimiento y familiarización con la empresa.</p> <p>1.2 Revisar la normativa aplicable para diagnosticar el mantenimiento.</p> <p>1.3 Evaluar la función del mantenimiento.</p>	<p>Diagnóstico de la función del mantenimiento según requerimientos de la organización.</p>
<p>2. Establecer necesidades estratégicas para satisfacer el cumplimiento de objetivos de la organización.</p>	<p>2.1 Realizar análisis de criticidad de los equipos.</p> <p>2.2 Analizar el impacto de los equipos en la producción.</p> <p>2.3 Evaluar estrategias de mantenimiento y seleccionar las requeridas según viabilidad.</p> <p>2.4 Evaluar la necesidad de tercerizar las actividades de mantenimiento.</p> <p>2.5 Establecer un plan piloto para las tareas de mantenimiento.</p> <p>2.6 Establecer competencias que debe tener el departamento de mantenimiento para seguir el plan.</p> <p>2.7 Evaluar la necesidad de fortalecer los recursos técnicos o promover la capacitación de personal.</p>	<p>Plan piloto de manteniendo establecido según necesidades de la organización.</p>

<p>3. Definir un sistema de organización de la información</p>	<p>3.1 Hacer un levantamiento de equipos.</p> <p>3.2 Realizar codificación de los equipos.</p> <p>3.3 Recopilar la información técnica de los equipos.</p> <p>3.4 Determinar el sistema de información requerido por la organización</p> <p>3.5 Analizar el alcance del software de mantenimiento TRICOM y determinar si se ajusta a los requisitos de la organización.</p> <p>3.6 Determinar la necesidad de Stock de repuestos</p> <p>3.7 Elaborar fichas técnicas de los equipos.</p>	<p>Sistema de organización de la información para el mantenimiento.</p>
<p>4. Determinar los indicadores de rendimiento y evaluar la gestión del mantenimiento por medio del Balanced Scorecard.</p>	<p>4.1 Aplicar la metodología del Balanced Scorecard.</p>	<p>Indicadores de gestión de mantenimiento.</p>
<p>5. Establecer un plan de mantenimiento preventivo.</p>	<p>5.1 Revisar mantenimientos previos realizados.</p> <p>5.2 Seleccionar el equipo a incluir en el plan de mantenimiento.</p> <p>5.3 Consultar manuales de equipos e información establecida en la base de datos.</p>	<p>Plan de mantenimiento preventivo.</p>

	5.4 Escoger el tipo de mantenimiento a realizar y planificarlo.	
6. Establecer un modelo de análisis de costos de producción y mantenimiento.	<p>6.1 Establecer un árbol de despiece por grupos funcionales para implantar costes de forma desagregada.</p> <p>6.2 Establecer tareas de mantenimiento planificado y cuantificar el costo de mano de obra</p> <p>6.3 Determinar costos fijos y variables en las actividades de producción y mantenimiento.</p> <p>6.4 Determinar el presupuesto y análisis de desviaciones para las operaciones de mantenimiento y producción.</p> <p>6.5 Establecer indicadores financieros.</p>	Análisis de costos de producción y mantenimiento para la toma de decisiones.

Fuente: Elaboración propia

1.7. Alcances

Con este proyecto se pretende aportar a la dirección de plantas potabilizadoras un modelo de cuantificación de costos operacionales y de mantenimiento, así como estrategias de gestión del mantenimiento que permitan alinear los objetivos del área con los objetivos de la organización y que se establezca una cultura organizacional.

Se espera brindar a la institución de manera organizada la información requerida para iniciar un cambio en el enfoque del mantenimiento, donde se logre reducir las acciones de mantenimiento correctivo, organizar las tareas de mantenimiento preventivo e incluir el concepto de mantenimiento predictivo.

1.8. Limitaciones

No existe una base de datos con información sobre equipos y componentes, ni un registro de las actividades de mantenimiento. Las fallas en los equipos se manejan cuantificadas mas no se tiene la clasificación de estas.

Actualmente no se cuenta con información referente a planes de mantenimiento, por lo que será necesario establecer estrategias desde cero, se deberá recopilar la información importante en poco tiempo, consultar catálogos de fabricante, además la comunicación con los colaboradores será de suma importancia para agilizar el proceso de recolección de datos.

La dirección de plantas potabilizadoras de AyA en la GAM tiene a cargo 19 plantas potabilizadoras y más de 40 estaciones de saneamiento, por lo que el tiempo puede ser una limitación para desarrollar el presente proyecto, es posible que el desarrollo de este tenga que verse limitado a una sección del departamento.

2. Marco Teórico

2.1. Norma COVENIN 2500-13 como herramienta para evaluar la gestión del mantenimiento

La norma COVENIN 2500-93 presenta un método de evaluación cuantitativo que permite determinar las capacidades de gestión dentro de la empresa.

La norma se enfoca en cuatro aspectos principales para la evaluación, presentados a continuación:

- Organización de la empresa
- Organización de la función del mantenimiento
- Planificación, Programación y Control de las actividades de mantenimiento
- Competencia del personal

La norma analiza los principios básicos de cada área por medio de deméritos. En la siguiente tabla se presentan los principios a evaluar en cada área.

Tabla 2. Factores para evaluar con la norma COVENIN 2500-93

Factor	Área	Principio Básico
Organización de la empresa	Organización de la institución	1. Funciones y responsabilidades
		2. Autoridad y autonomía
		3. Sistemas de información
	Apoyo logístico	1. Apoyo administrativo
		2. Apoyo general
		3. Apoyo gerencial
organización de las funciones de mantenimiento	Organización de mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades
		2. Autoridad y autonomía
		3. Sistemas de información
Planificación, Programación y control	Planificación del mantenimiento	1. Objetivos y metas
		2. Políticas para información
		3. Control y evaluación
	Mantenimiento Rutinario	1. Planificación
		2. Programación e implementación

	Mantenimiento programado	3. Control y evaluación	
		1. Planificación	
		2. Programación e implementación	
	Mantenimiento circunstancial	3. Control y evaluación	
		1. Planificación	
		2. Programación e implementación	
	Mantenimiento correctivo	3. Control y evaluación	
		1. Planificación	
		2. Programación e implementación	
	Mantenimiento preventivo	3. Control y evaluación	
		1. Planificación	
		2. Programación e implementación	
	Mantenimiento por avería	3. Control y evaluación	
		1. Planificación	
		2. Programación e implementación	
	Competencias del personal y Recursos	Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de necesidades del personal
			2. Selección y formación
			3. Motivación e incentivos
Recursos		1. Equipos	
		2. Herramientas	
		3. Instrumentos	
		4. Materiales	
		5. Equipos	

Fuente: Elaboración propia

2.1.1. Escala de medición

Según la norma COVENIN 1993 el índice de madurez de la gestión del mantenimiento se mide de acuerdo con una estimación de un nivel dentro de una escala entre 0 a 100. Esta determina los criterios en cada nivel, y clasifica la gestión en cinco niveles.

- **Excelencia 91-100%:** Existe una Gestión de Mantenimiento Clase Mundial con las mejores prácticas operacionales.
- **Competencia 81-90%:** Existe una Gestión de Mantenimiento con tendencia a Clase Mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de operaciones efectivas.

- **Entendimiento 71-80%:** Existe una Gestión de Mantenimiento básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de Mantenimiento de Clase Mundial.
- **Conciencia 51-70%:** Existe una Gestión de Mantenimiento básica, pero se desconocen las mejores prácticas de Mantenimiento de Clase Mundial o de las filosofías de mantenimiento existentes. En promedio y con oportunidades por mejorar.
- **Inocencia 0-50%:** No existe una Gestión de Mantenimiento básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades de mejora.

2.2. Mantenimiento

El mantenimiento se define como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones durante el mayor tiempo posible con una alta disponibilidad y con el máximo rendimiento (Garrido, 2010)

2.2.1. Mantenimiento correctivo

Es el tipo de mantenimiento en el cual se destinan tareas para corregir los defectos que se presentan en los equipos y que por su efecto ocasionan paros en los equipos o el funcionamiento incorrecto de los mismos.

2.2.2. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene como objetivo mantener un determinado nivel de funcionamiento en los equipos, programa correcciones de los puntos vulnerables en el momento más oportuno.

2.2.3. Programa de mantenimiento preventivo

El programa de mantenimiento preventivo define los métodos y procedimientos que deben de aplicarse para la organización de las actividades de mantenimiento (Pozuelo Díaz, 2013).

A continuación, se definen los pasos para la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo:

- Recopilar toda la documentación técnica de la instalación y contrastar con realidad del edificio.
- Realizar un inventario de los equipos y elementos de la instalación en general.

- Confeccionar y completar fichas técnicas específicas de cada uno de los elementos y equipos con toda la información anterior y los historiales de cada equipo e instalación que puedan accesarse.
- Mediante el análisis de los datos obtenidos se genera un informe previo, que refleje el estado operativo y las condiciones de disponibilidad de los elementos y los equipos de la instalación.
- Establecer protocolos de revisión de elementos de la instalación y programar tareas a realizar.

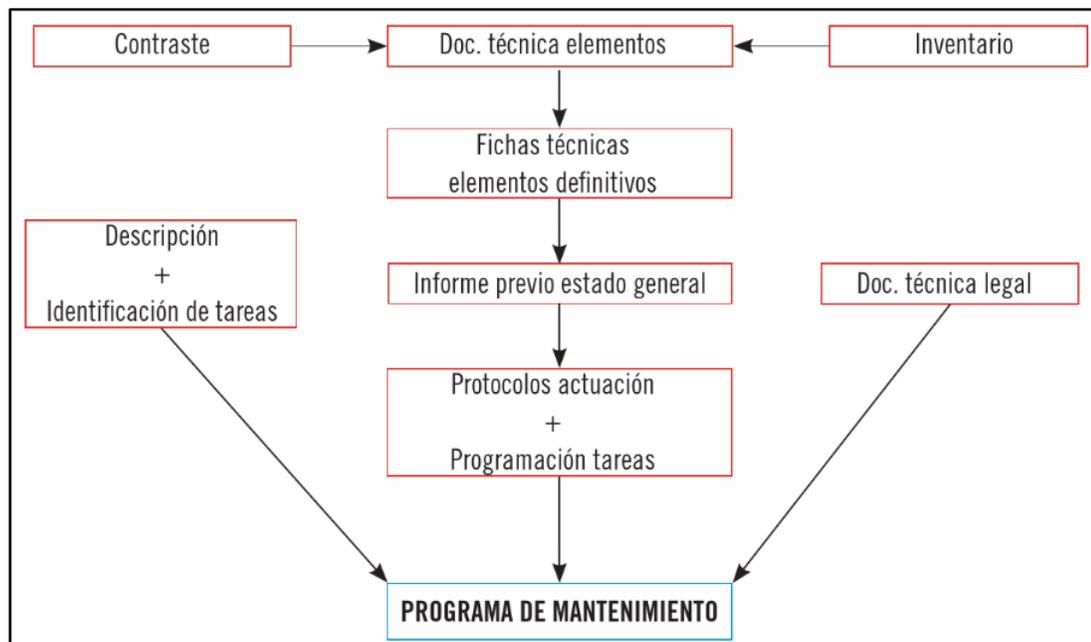


Figura 2. Pasos para ejecutar el programa de mantenimiento preventivo.

Fuente: (Pozuelo Díaz, 2013)

2.2.4. Mantenimiento Predictivo

Es el mantenimiento que busca conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores y determinadas variables, representativas del estado y operatividad.

2.2.5. Mantenimiento cero horas

Es el mantenimiento que tiene como objetivo revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca un fallo o cuando su fiabilidad haya disminuido apreciablemente. La finalidad de la intervención es dejar el equipo a “*cero horas*” es decir, como si el equipo fuera nuevo.

2.2.6. Mantenimiento en uso

Es el mantenimiento básico realizado por los usuarios de este. Consiste en una serie de tareas elementales para las que no es necesaria una gran formación, sino solamente un entrenamiento breve, este mantenimiento es la base de TPM (Mantenimiento productivo Total).(Garrido, 2010)

2.2.7. Gestión del mantenimiento

(Parra & Crespo, 2012) Indican que la moderna gestión del mantenimiento incluye todas las actividades de gestión que determinan los objetivos o propiedades del mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades en la gestión. Hacen énfasis en que estas pautas ayudarán a implementar estrategias planificando, programando y controlando la ejecución del mantenimiento, buscando siempre una mejora continua y teniendo en cuenta aspectos económicos relevantes para la organización.

2.3. Modelo de gestión del mantenimiento

Un modelo es una representación sencilla de objetos o sistemas donde se pueden observar de forma clara los elementos que conforman el sistema representado, así como la relación entre los mismos. La representación se realiza mediante dibujos, esquemas o incluso expresiones matemáticas.

Según (Navarro Elola, Pastor Tejedor, & Mugaburu Lacabrera, 1997), la gestión integral de mantenimiento consiste en actuar en todos aquellos aspectos de importancia para el buen desarrollo de la empresa y que, de una u otra manera, se relacionan con el mantenimiento de las instalaciones. Se trata, portante, de gestionar de una manera activa basándose en los objetivos de la empresa y no sólo en los objetivos tradicionales de mantenimiento disponibilidad y costes, admitiendo una postura pasiva.

La Norma ISO 9001, se presenta como el modo de gestionar de una organización para optimizar sus procesos, ofrecer productos y servicios, aumentar la satisfacción del cliente y alcanzar sus objetivos. En la figura 3 se muestra el modelo según la norma ISO 9001:2015

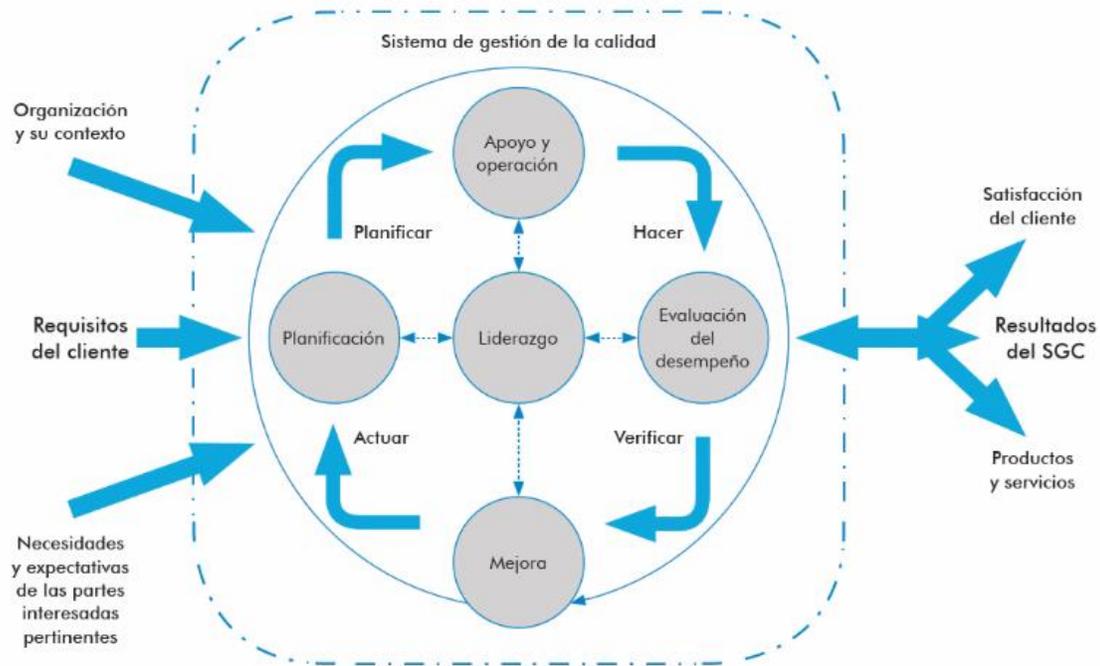


Figura 3. Modelo de sistema de gestión de la calidad según ISO 9001:2015

Fuente: (Sola Rosique & Crespo Márquez, 2016)

En el artículo “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo” publicado por (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013) se exponen las siguientes etapas de un modelo de gestión:

2.3.1. Etapa 1. Análisis de la situación actual

En esta etapa se definen objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento. Se deben tomar en cuenta todos los aspectos referentes a mantenimiento de equipos de los cuales se tenga información.

2.3.2. Etapa 2. Jerarquización de equipos

En esta etapa se analiza la función del equipo y se define su importancia en el proceso de producción con el objetivo de clasificarlos según su criticidad, según mayor o menor impacto en el sistema productivo.

2.3.3. Etapa 3. Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto

Una vez que se han clasificado los equipos en críticos, semicríticos o no críticos, el siguiente paso es realizar una inspección técnica-visual detallada en los equipos de alta criticidad, menos rigurosa en equipos semicríticos: y a los no críticos no se les requerirá asignar inspección estrictamente.

2.3.4. Etapa 4. Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios

Para el diseño de planes de mantenimiento se deben considerar dos partes, recopilación de información de los equipos a analizar y el establecimiento de tareas con base en las condiciones y modos de fallas de los equipos.

2.3.5. Etapa 5. Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos

Se programan detallada las actividades de mantenimiento tomando en cuenta las necesidades del área de producción y el costo para la organización durante la ejecución de las tareas.

2.3.6. Etapa 6. Evaluación y control de la ejecución de mantenimiento

En esta etapa se deben evaluar la ejecución de las actividades de mantenimiento y la desviación para seguir los objetivos de la organización, así como los valores definidos para los KPI's de mantenimiento seleccionados para la organización.

2.3.7. Etapa 7. Análisis del ciclo de vida y la posibilidad de renovación de los equipos

Se realiza un análisis de costo de ciclo de vida y se determina el costo de un activo durante su vida útil. El análisis de un activo típico podría incluir costos de planificación, investigación y desarrollo, producción, operación, mantenimiento y retirada del equipo.

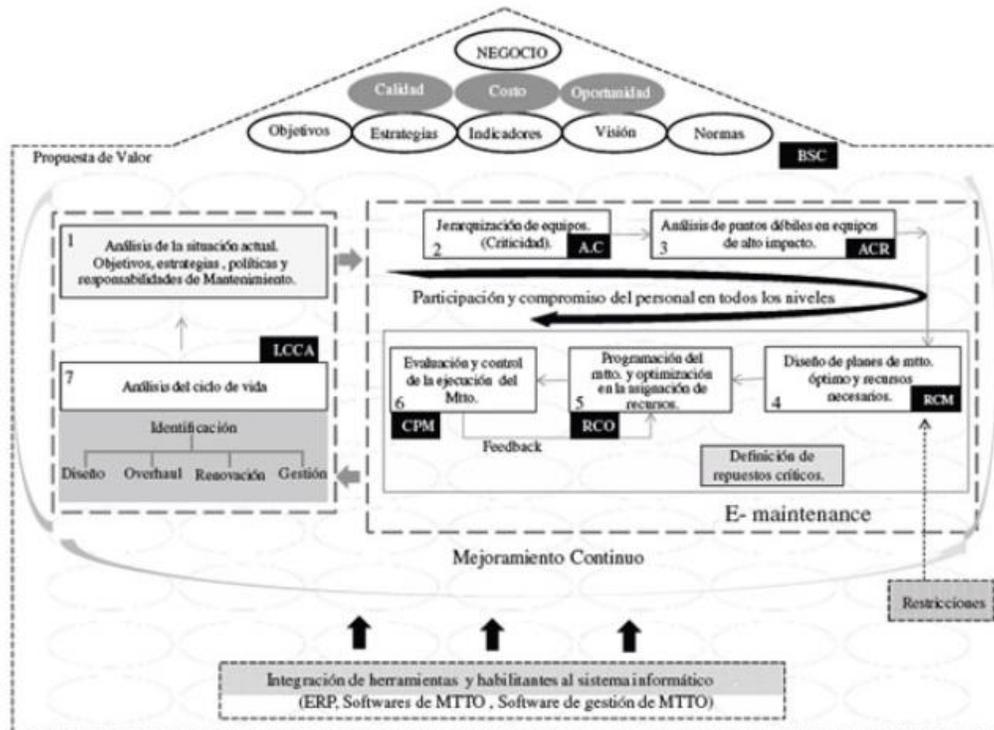


Figura 4. Modelo de gestión de mantenimiento

Fuente (Viveros et al., 2013)

En la Figura 4. Se muestra el modelo propuesto por (Viveros et al., 2013), donde se observan las etapas antes descritas en el documento. En el modelo son relevantes los objetivos, estrategias, indicadores, visión y normas, porque, estas son la base para establecer las actividades de mantenimiento.

2.4. Balanced Scorecard

El Balanced Scorecard (BSC) o Cuadro de Mando Integral (CMI) es la herramienta que permite describir o comunicar una estrategia de forma coherente y clara. No se puede aplicar una estrategia que no se puede describir. (Martínez Pedrós & Milla Gutiérrez, 2005)

En base a Kaplan y Norton (2001) el CMI tiene como objetivo principal “convertir la estrategia de una empresa en acción y resultados”

(Montoya, 2011) Presenta 4 perspectivas que toman en cuenta un cuadro de mando integral que permite definir objetivos, estrategias, sus indicadores y metas, así como los proyectos estratégicos.

A continuación, se presentan las perspectivas, son aplicables para la mayoría de las organizaciones.

a. Perspectiva financiera

La perspectiva financiera, también llamada de valor, recoge las necesidades de satisfacer al valor económico de la organización, sirve de enfoque para los objetivos e indicadores de las demás perspectivas.

“el Cuadro de Mando Integral debe contar la historia de la estrategia, empezando por los objetivos financieros a largo plazo y luego vinculándolos a la secuencia de acciones que deben realizarse con los procesos financieros, los clientes, los procesos internos y finalmente con los empleados y los sistemas, para entregar la deseada actuación económica a largo plazo”(Kaplan & Norton, 2002)

b. Perspectiva de cliente

Para conseguir los objetivos financieros enmarcados en la perspectiva financiera, es necesario dar valor a los clientes, cubriendo sus necesidades. Esta perspectiva también llamada de mercado recoge los objetivos establecidos en relación con los clientes.

c. Perspectiva de procesos internos

Por medio de esta perspectiva se identifican los objetivos e indicadores estratégicos asociados a todos los procesos claves de la organización. Los indicadores planteados para esta perspectiva no deben ser genéricos y deben manifestar la naturaleza misma de los procesos propios de la organización.

d. Perspectiva de aprendizaje

Esta perspectiva se orienta hacia los objetivos e indicadores que sirven como base o motor de desempeño del futuro de las empresas. Refleja la capacidad de adaptación de nuevas realidades, a los cambios y a las mejoras que deben tener las organizaciones.

Figura N° 1 Perspectiva del Balanced Scorecard

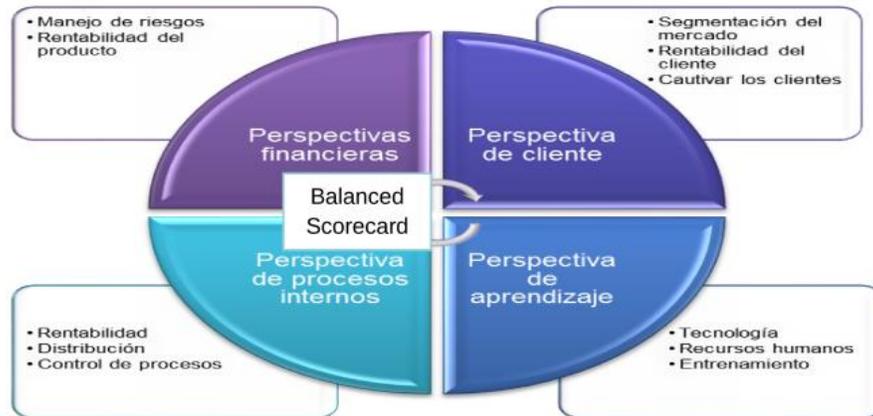


Figura 5. Perspectivas del Balanced Scorecard

Fuente (Montoya, 2011)

2.4.1. Fases para la implementación del Cuadro de mando integral

Entre los tantos propósitos del Balanced Scorecard está el detectar todas aquellas deficiencias que la gestión está llevando a cabo o aquellos aspectos que están siendo gestionados y que indiscutiblemente requieren ser reforzados.

(Montoya, 2011) hace referencia a Robert Kaplan y David Norton quienes plantean que “para el desarrollo del modelo de Balanced Scorecard puede recurrirse a cuatro fases con sus respectivos resultados”.

Fase 1. Definición de estrategia

Las estrategias reflejadas por el Balanced Scorecard, son en síntesis la traducción de la visión en los objetivos estratégicos organizacionales entrelazados en los modelos de causa-efecto.

Fase 2. Objetivos estratégicos

Esta fase tiene como fundamento la consolidación del equipo ejecutivo y el apoyo de la gerencia para el desarrollo de los objetivos estratégicos y los indicadores claves presentados en el Balanced Scorecard.

Fase 3. Mapa estratégico y metas

En esta fase se construye el Balanced Scorecard y se establecen todos los parámetros preliminares para ser utilizados en la organización.

Fase 4. Comunicación, implantación, despliegue y automatización

De nada sirve que la organización haga uso del Balanced Scorecard si no lo potencia, por lo que es de suma importancia añadir esta fase en la agenda estratégica de la organización, y hacer que el Balanced Scorecard sea parte del sistema de gerencia, para lograr con ello claridad del estado de desempeño del negocio.



Figura 6. Fases para la implementación del Balanced Scorecard

Fuente (Montoya, 2011)

2.5. Gestión de activos

(Sola Rosique & Crespo Márquez, 2016) consideran que los activos en ingeniería son los que no varían durante el ciclo de explotación de la empresa, definiendo activo a propiedades físicamente tangibles que son utilizadas por un largo periodo de tiempo en operaciones desarrolladas por la empresa y que su valor se transforma de manera paulatina, a lo largo de su vida útil, en prestación de servicios o generación de bienes.

Existen diversas definiciones para gestión de activos, cada una de estas depende del enfoque que se quiera adoptar en una organización. En algunas organizaciones se entiende gestión de activos como parte de una estrategia de mejora del rendimiento o desempeño organizacional, en otras se entiende como prestación de servicios. Además, los intereses varían según el punto de vista desde el que se analicen, los objetivos con respecto a la gestión de activos pueden variar entre áreas de producción, mantenimiento, recursos humanos y alta gerencia. (Sola Rosique & Crespo Márquez, 2016)

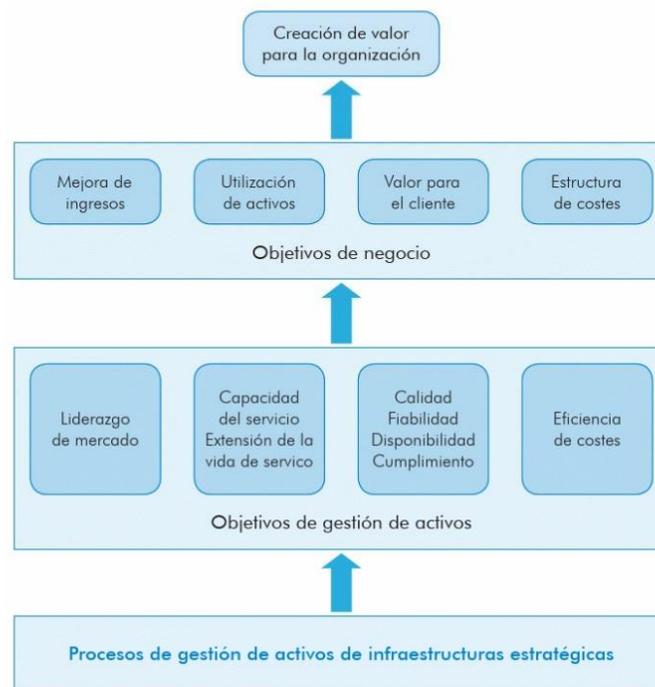


Figura 7. Relación entre objetivos de gestión de activos, objetivos de negocio y procesos de negocio.

Fuente (Sola Rosique & Crespo Márquez, 2016)

En Figura 7, se muestran los principales objetivos en relación con la gestión de activos según un estudio realizado por (Too, 2010).

2.5.1. Información para la gestión de activos

El uso de tecnologías de información (IT) en la gestión de activos se ha mantenido en crecimiento a través del tiempo y se considera como una herramienta que puede aportar beneficios en una organización.

Sin embargo como dice (Sola Rosique & Crespo Márquez, 2016) *“Hay que enfatizar que para gestionar los activos no basta con implantar una solución de IT”*.

En la cita anterior hacen alusión a que en muchas ocasiones empresas contratan tecnologías robustas y generan inversión importante en sistemas de información, mientras se observa que los beneficios son tardíos y difíciles de cuantificar. Además, indica que se debe evitar condicionar los procesos a la operación de los sistemas de información, sino más bien los sistemas deben facilitar y mejorar los procesos de negocio, y mejorar la productividad y eficacia de los activos.

Facilidades	Ventajas	Oportunidades
Computación	Reduce el coste de producción	Automatización de tareas
		Reducción de fases en el proceso de información
		Eliminación de actividades
Comunicación	Reduce el coste de coordinación	Reducción de tiempos y distancias
		Integración de tareas y procesos
		Recopilación y distribución de información
Almacenamiento y sistemas	Reduce el coste de la información	Monitorización de procesos y tareas
		Análisis de información y toma de decisiones
		Archivo y desarrollo de habilidades y experiencia
		Modelado y visualización de procesos

Figura 8. Oportunidades de las tecnologías de la información en la ingeniería de procesos de negocios

Fuente (Sola Rosique & Crespo Márquez, 2016)

2.6. Análisis de Equipos

Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares. (Garrido, 2010).

2.6.1. Listas de equipos

El primer paso para un análisis de equipos es realizar una lista de equipos, Garrido recomienda hacerla de forma de estructura arbórea contemplando 6 niveles que se deben incluir:

1. **Planta:** Es el centro de trabajo en la organización.
2. **Área:** zona de una planta que tiene características en común.
3. **Equipo:** cada una de las unidades productivas que componen un área.
4. **Sistema:** conjunto de elementos que tienen una función común dentro del equipo.
5. **Elemento:** Cada una de las partes que integran un sistema.
6. **Componentes:** partes en las que pueden subdividirse un elemento.

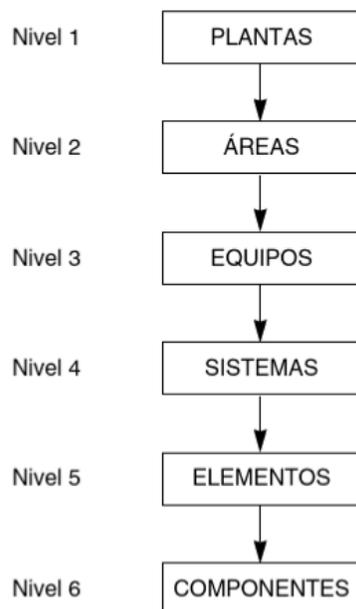


Figura 9. Niveles de la estructura arbórea

Fuente (Garrido, 2010)

2.6.2. Codificación de equipos

Cuando se ha definido una lista de equipos es importante asignar un código a cada equipo, lo cual ayuda a la localización, referencia en órdenes de trabajo, en planos, la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, así como el cálculo de indicadores.

La información que debe tener el código de un ítem es la siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Área a la que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.

Además, los elementos que conforman un equipo deben contener información adicional:

- Tipo de elemento.
- Equipo al que pertenecen.
- Dentro de ese equipo sistema en el en el cual se incluyen.
- Familia a la que pertenece cada elemento.

2.6.3. Análisis de Criticidad

Es importante realizar un análisis de criticidad para poder priorizar las tareas de mantenimiento y así enfocarse en los sistemas más importantes según diferentes criterios que se establecerán aquí.

En la siguiente figura se muestra una matriz donde se ubicarán los equipos luego de realizado el análisis de criticidad, al determinar la frecuencia y consecuencia de fallos según el método de análisis de criticidad AC.



Figura 10. Matriz de criticidad

Fuente: Aprendizaje Virtual PEMEX, 2019

En la Figura 10 se muestra la matriz de criticidad, la cual dispone de tres secciones dividiendo en tres posibles resultados la criticidad: Baja (Zona verde), Media (Zona Amarilla), Alta (Zona roja).

Para calcular la criticidad se realiza el producto de la frecuencia por la consecuencia de los fallos.

Pasos para realizar el análisis de criticidad:

a. Definir el nivel de análisis

Se debe establecer el nivel donde se realizará el análisis ya sea instalación, sistema, equipo o elemento.

b. Definir la Criticidad

Se debe establecer la frecuencia y el impacto total de las fallas, lo cual se hace por medio de valores ya establecidos.

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	TPEF < 1	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq \text{TPEF} < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq \text{TPEF} < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq \text{TPEF} < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	TPEF ≥ 1000	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Figura 11. Criterios para estimar la frecuencia

Fuente: Aprendizaje Virtual PEMEX, 2019

Para determinar las consecuencias o el impacto se utilizarán 5 criterios:

- Daños al personal (propio o de compañía).
- Impacto a la población.
- Impacto al ambiente.
- Daños a las instalaciones.

DI = (Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos)

- Impacto en producción.

IP= (Producción Diferida x TPRR x Costo Unitario del Producto)

TPRR=Tiempo Promedio Para Reparar

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Figura 12. Categoría de impactos

c. Cálculo del nivel de criticidad

El nivel de criticidad se establece según la siguiente fórmula

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{consecuencia}$$



Figura 13. Matriz de criticidad

d. Análisis de resultados

Los resultados se analizarán con el fin de establecer acciones para minimizar los impactos asociados a los modos de falla identificados que causen fallas funcionales.

e. Definir el nivel de análisis

Con el nivel de criticidad obtenido mediante la fórmula de criticidad, es posible jerarquizar los problemas, componentes, equipos, sistemas o procesos, basándose en criticidad.

f. Determinar la criticidad

Cuando en el estudio de algún activo la frecuencia de ocurrencias es alta, las acciones recomendadas para llevar la criticidad a un valor más bajo deben enfocarse en reducir las frecuencias. Si el valor de criticidad es debido al valor de alguna categoría de consecuencias, las acciones deben enfocarse en mitigar los impactos que el evento puede generar.

g. Sistema de seguimiento de control

Una vez que se establecen acciones de mejora, se debe llevar un control de estas para asegurar que se están cumpliendo según lo establecido.

h. Análisis y validación de resultados

Se debe crear un expediente, con los registros y documentos generados en la aplicación del análisis para ser utilizados en el momento deseado.

2.7. Sistema de información

En las actividades de mantenimiento se generan una serie de datos que pueden ser de gran utilidad si se les da un tratamiento adecuado y se convierten en información.

Para comprender que son datos e información se dará una definición de estos conceptos aplicados al mantenimiento según (Garrido, 2010), donde establece que:

- Los datos son un conjunto de números y anotaciones sobre todos los aspectos relacionados con el mantenimiento y que se generan o se pueden obtener a partir de la actividad diaria.
- La información la componen datos, pero ordenados de forma que permitan tomar decisiones.

Los sistemas de información nos permiten organizar los datos para convertirlos en información, mediante el uso de cálculos automáticos predefinidos.

2.7.1. Órdenes de trabajo

Una orden de trabajo es una hoja donde se especifican las tareas de mantenimiento a realizar por el técnico u operario, siendo de gran importancia pues es donde se detallan los pasos a ejecutar para cumplir con las tareas de mantenimiento.

Las consideraciones que se deben tomar en cuenta para generar una orden de trabajo son las siguientes:

- Número de orden correlativo, que permite identificarla de forma única.
- El equipo o instalación que debe intervenir.
- El trabajo que se debe realizar.
- Herramientas y materiales necesarias.
- Los riesgos del trabajo.
- La prioridad del trabajo.
- La fecha y hora de emisión de la orden. (Garrido, 2010)

2.7.2. Bases de datos

Una base de datos es la presentación de una colección de datos estructurada, que define las actividades de una organización. Esta representación incluye variables del mundo real y sus interrelaciones, permitiendo diversas utilidades. (Rodríguez González, 2013)

Mediante la estructuración de una base de datos se pueden organizar los datos que son importantes, para generar información para la organización, por lo que para cualquier organización es fundamental tener una base de datos para acceder a estos y que además el acceso sea simple y se presente información confiable.

2.7.3. Indicadores de clase mundial

Para la gestión del mantenimiento es importante evaluar los resultados con base en indicadores, a continuación, se mencionan los principales indicadores de mantenimiento.

- Tiempo Medio Para Reparación (TMPR o MTTR): Es la relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de equipos con falla y número total de fallas detectadas en esos equipos, en el periodo observado.

$$TMPR = \frac{\text{número de horas de paro por avería}}{\text{número de fallas}}$$

- Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF o MTBF): Es la relación entre el producto los tiempos de operación de los activos o equipos y el número total de fallas detectadas en esos equipos,

en el periodo observado. Este índice debe ser usado en los equipos o activos que son reparados después de la ocurrencia de una falla

$$TMEF = \frac{\text{número de horas en operación}}{\text{numero de averias}}$$

- Tiempo Medio Para la Falla (TMPF): es la relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de elementos no reparables y el número total de fallas detectadas en esos elementos, en el periodo observado. Este índice debe ser usado para activos que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

$$TMPF = \frac{\text{número de horas en operación}}{\text{número de averias}}$$

- Disponibilidad de equipos: para equipos de operación eventual, puede ser calculado como la relación entre el tiempo total de operación de cada equipo y la suma de este tiempo con el respectivo tiempo de mantenimiento en el periodo considerado.

$$DISP = \frac{\text{número de horas en operación}}{\text{\# de horas en operación} + \text{\# de horas en mantenimiento}} \times 100$$

- Costo de Mantenimiento por Facturación (CMFT): Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado.

$$CMFT = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Facturación de la empresa}} \times 100$$

- Costo de mantenimiento por el Valor de Reposición (CMRP): Relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición)

$$CMRP = \frac{\text{Costo total de mantenimiento acumulado}}{\text{valor de compra}} \times 100$$

2.8. Contabilidad de costos

A continuación, se dará la definición de ciertos conceptos asociados a costos según (Colectivo de autores, 2009):

Costo: Valor sacrificado para obtener bienes o servicios. Cuando se obtiene un beneficio los costos se convierten en gastos.

Gasto: Se define gasto como un costo que produce un beneficio que ya ha expirado.

Activo: se refiere a un costo no expirado que pueda generar beneficio en un futuro.

Ingreso: Es el precio de los productos vendidos o servicios prestados.

Actualmente el departamento de plantas potabilizadoras del AyA en la GAM no cuenta con un sistema de gestión del mantenimiento que permita tomar acciones concretas de forma organizada.

Costos variables: Son aquellos en los cuales el valor total cambia en proporción directa a los cambios de volumen de producción, dentro del rango relevante mientras el costo unitario permanece constante.

Costos fijos: Los costos fijos son aquellos en los cuales el costo fijo total permanece constante para un rango relevante de producción, mientras que el costo fijo por unidad varía con la producción.

Costos directos: Aquellos que una empresa es capaz de identificar con sus áreas, o con sus productos o servicios.

Costos indirectos: Son los costos comunes a muchos productos o servicios y por lo tanto no son directamente identificables con estos. La asignación de los costos indirectos implica el uso de una base o índice que refleje la manera en que se utiliza el costo indirecto en secciones distintas.

2.8.1. Gestión de coste por actividades: Método ABC

El método ABC (Activity Based Costing) por sus siglas en inglés, es el método de gestión de costes por actividades más recomendado para el mantenimiento, es un moderno criterio de cálculo y control de costos de los productos o servicios basados en actividades necesarias para producirlos.

Alcance del método ABC en el mantenimiento:

- Identifica claramente la mano de obra, los repuestos y servicios que se usan para cada actividad.
- Ayuda a identificar que actividades agregan valor al producto y servicios y cuáles no, o cuales en menor medida.
- Identifica el coste por separado de dichos productos.

3. Trabajo de campo

3.1. Evaluación del nivel de madurez de la organización

Como se indicó anteriormente, se utilizó la norma venezolana COVENIN 2500-93, como herramienta para recolectar una serie de datos que permitieran conocer el estado de organización del mantenimiento en la Dirección de Plantas Potabilizadoras del AyA en la GAM.

Para realizar la evaluación se creó una plantilla en una hoja de cálculo en *Microsoft Excel 2016*, donde se incluyeron todos los aspectos que toma en cuenta la norma, de forma que fuese fácil organizar los resultados a la hora de aplicar la evaluación. Se determinó que la persona más adecuada para entrevistar era el jefe de mantenimiento a cargo en las plantas potabilizadoras y estaciones de desinfección, ya que, él es el encargado de organizar el mantenimiento por medio de la delegación de instrucciones a los técnicos encargados de las tareas de mantenimiento, pero además está en contacto directo con colaboradores de otras áreas como producción y con la parte administrativa de la institución.

Antes de presentar los resultados de la evaluación es importante mostrar la organización actual del mantenimiento. Como se mostró en la Figura 1. En la Dirección de Plantas Potabilizadoras existe un departamento encargado de velar por el mantenimiento de los sistemas electromecánicos llamada “Unidad de Control Electromecánica”, compuesta por un jefe de Mantenimiento y cuatro técnicos electromecánicos.

Para organizar el mantenimiento de forma que se pueda atender tanto las 19 plantas potabilizadoras como a las estaciones de desinfección que cuentan con equipos electromecánicos, la Unidad de Control Electromecánica dividió en dos sectores la GAM, sector Este y sector Oeste, de tal forma que dos técnicos atiendan un sector y los demás el otro sector. La división se realizó debido a la necesidad de optimizar el tiempo y recursos, principalmente porque para desplazarse de un lugar a otro se requiere viajar distancias importantes.

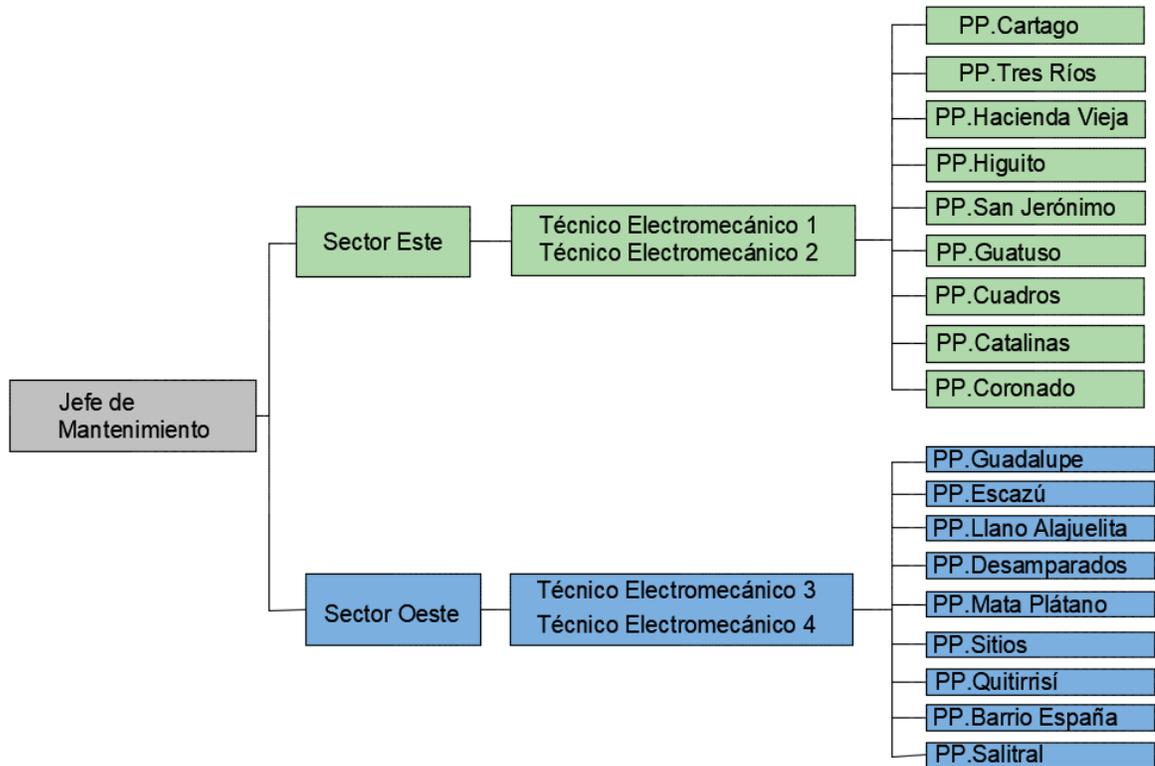


Figura 14. División de Plantas Potabilizadoras por sectores

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14. Se muestra la división de plantas potabilizadoras utilizada en la Unidad de Control Electromecánico para atender las labores de mantenimiento electromecánico. Los técnicos inician labores a las 6:00 am y terminan a las 2:00 pm con una jornada de 8 horas de lunes a viernes, los técnicos del sector este se reúnen en la planta de Cartago y de ahí se desplazan a las demás plantas y estaciones, mientras que los del sector oeste se ubican en la planta de Guadalupe.

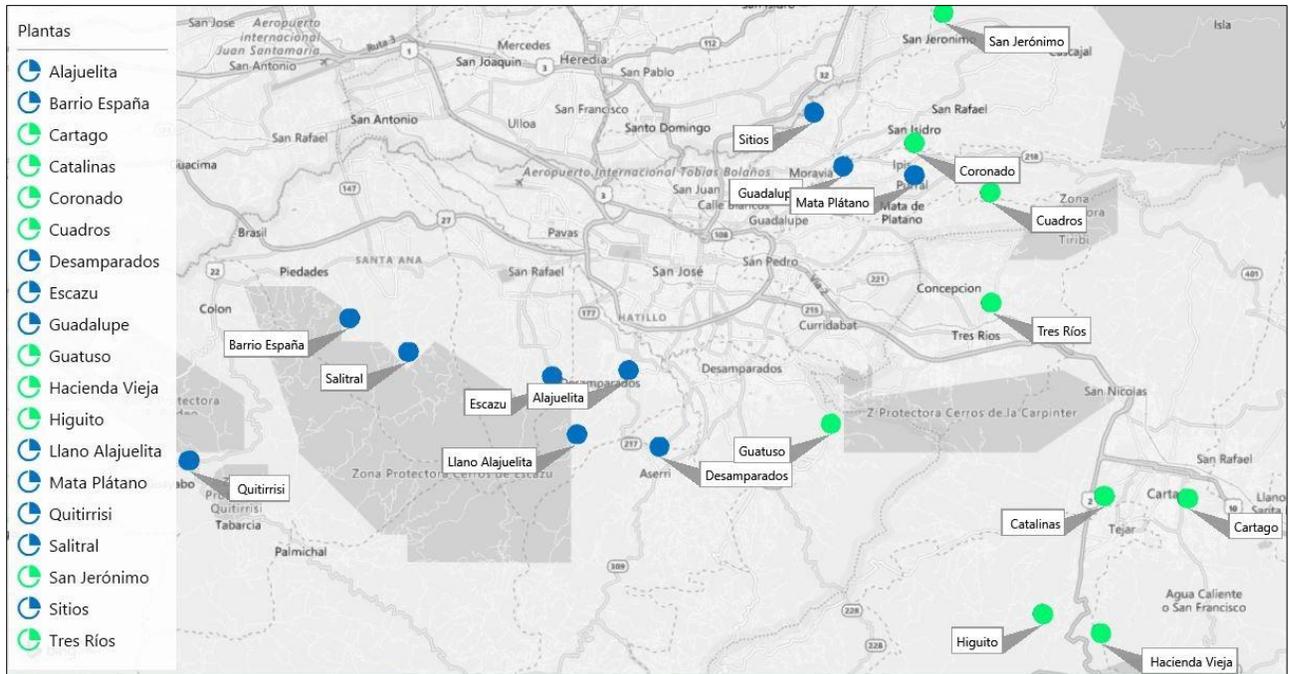


Figura 15. Ubicación de las Plantas Potabilizadoras

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2016)

En la Figura 15. se muestra la ubicación de las plantas potabilizadoras de la GAM, las indicadas en color verde corresponden a las atendidas por los técnicos del sector este, mientras que las de color azul son atendidas por los técnicos del sector oeste. Es importante recalcar que en la mayoría de las ocasiones los técnicos requieren desplazarse largas distancias, lo que representa gastos importantes en movilización, así como en tiempo de la jornada laboral.

3.1.1. Evaluación de la norma Venezolana COVENIN 2500-93

Para analizar los resultados obtenidos por aplicar la norma, se analizarán las áreas por separado. A continuación, se muestra una tabla con los resultados que incluye los principios básicos, los deméritos, la puntuación obtenida por principios básicos y áreas, la brecha correspondiente por área; y el porcentaje de aprobación respecto a los valores deseados establecidos en la norma.

Tabla 3. Resumen de Resultados de la Evaluación de la Norma COVENIN 2500-93

A		B	C	D (D1+D2+, +Dn)										E	F	G (%)
Área		Principio básico	Puntos	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	TOTAL	PTS	Aprobación
1	Organización de la empresa	1. Funciones y responsabilidades	60	0	10	10								20	40	67
		2. Autoridad y autonomía	40	0	0	2	2							4	36	90
		3. Sistemas de información	50	8	5	3	2	10	8					36	14	28
		TOTAL OBTENIBLE	150											90	60	
2	Organización de mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades	80	0	10	0	2	8	12					32	48	60
		2. Autoridad y autonomía	50	0	2	0	2							4	46	92
		3. Sistemas de información	70	12	12	10	7	8	5					54	16	23
		TOTAL OBTENIBLE	200											110	55	
3	Planificación de mantenimiento	1. Objetivos y metas	70	20	20	10	10							60	10	14
		2. Políticas para la planificación	60	20	0	5	0							25	35	58
		3. Control y evaluación	70	10	10	5	10	5	5	5	5			55	15	21
		TOTAL OBTENIBLE	200											60	30	
4	Mantenimiento Rutinario	1. Planificación	100	20	20	20	10	2	8					80	20	20
		2. Programación e implementación	80	15	10	10	0	10	0	2	5			52	28	35
		3. Control y evaluación	70	10	15	5	10	5	5	20				70	0	0
		TOTAL OBTENIBLE	250											48	19	
5	Mantenimiento programado	1. Planificación	100	20	15	12	18	2	6	2				75	25	25
		2. Programación e implementación	80	18	5	15	10	10	12					70	10	13
		3. Control y evaluación	70	5	10	10	2	5	3	20				55	15	21
		TOTAL OBTENIBLE	250											50	20	
6	Mantenimiento circunstancial	1. Planificación	100	0	20	0	20	20						60	40	40
		2. Programación e implementación	80	0	15	0	7	15						37	43	54
		3. Control y evaluación	70	15	15	10	8	20						68	2	3
		TOTAL OBTENIBLE	250											85	34	

7	Mantenimiento correctivo	1. Planificación	100	30	30	10	0							70	30	30	
		2. Programación e implementación	80	15	5	5	0								25	55	69
		3. Control y evaluación	70	15	15	10	20								60	10	14
		TOTAL OBTENIBLE	250												95	38	
8	Mantenimiento preventivo	1. Determinación de los parámetros	80	5	20	20	10	4							59	21	26
		2. Planificación	40	15	20										35	5	13
		3. Programación e implementación	70	0	0	7	2	5							14	56	80
		4. Control y evaluación	60	2	15	10	20								47	13	22
		TOTAL OBTENIBLE	250												95	38	
9	Mantenimiento por avería	1. Atención a fallas	100	5	20	5	12	12	12						66	34	34
		2. Supervisión y ejecución	80	15	12	8	4	3	4	2	2				50	30	38
		3. Información sobre averías	70	18	5	15	20								58	12	17
		TOTAL OBTENIBLE	250												76	30	
10	Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades del personal	70	25	15	18									58	12	17
		2. Selección y formación	80	0	4	4	10	2	0	0	8				28	52	65
		3. Motivación e incentivos	50	5	0	2	8								15	35	70
		TOTAL OBTENIBLE	200												99	50	
11	Apoyo Logístico	1. Apoyo administrativo	40	4	6	4	3	2							19	21	53
		2. Apoyo general	20	2	2										4	16	80
		3. Apoyo gerencial	40	2	4	0	0	0							6	34	85
		TOTAL OBTENIBLE	100												71	71	
12	Recursos	1. Equipos	30	2	3	0	0	3	3						11	19	63
		2. Herramientas	30	4	0	3	2	5							14	16	53
		3. Instrumentos	30	3	1	0	3	3	5						15	15	50
		4. Materiales	30	2	0	2	3	2	1	3	1	2	3		19	11	37
		5. Repuestos	30	2	0	2	3	2	2	3	1	2	3		20	10	33
		TOTAL OBTENIBLE	150												71	47	
												Puntuación Global		41			

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

3.1.2. Organización de la empresa

Al analizar los resultados en esta área se obtuvo que en general existe una brecha de 40% entre el valor deseado según la norma y el valor resultante, ahora bien, al observar la Figura 16 donde se presenta un gráfico con el valor obtenido por cada principio, se puede observar que en funciones y responsabilidades se presenta una brecha de 33% y esto se debe a que actualmente se definen las funciones y responsabilidades para cada funcionario, sin embargo la forma en la cual están establecidas por medio de manuales pueden ser mejorados.

En relación con autoridad y autonomía el nivel de aprobación es de 90% donde el 10% restante representa deméritos por la existencia de duplicidad de algunas tareas entre áreas de la organización y la dependencia de autorización de niveles superiores para la toma de decisiones.

Al analizar el tercer principio de esta área, referente al Sistema de Información, se puede ver que la brecha existente es de 72% lo cual categoriza a la organización en un nivel de inocencia en este principio, para conocer los principales puntos que representan oportunidades de mejora se muestra una lista a continuación:

- Establecer diagramas de flujo para el sistema de información, con los respectivos componentes para la toma de decisiones.
- Realizar un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.
- Incorporar un medio para el procesamiento de la información, para el enfoque en resultados que se deseen obtener.

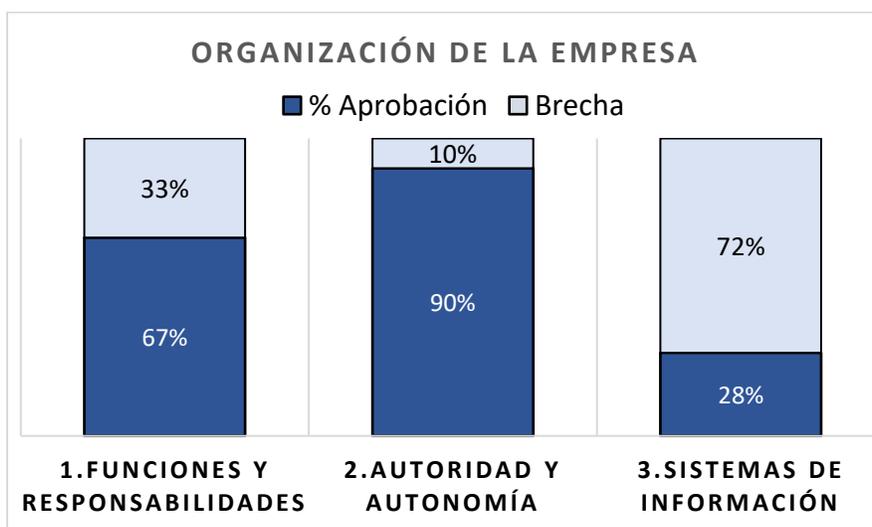


Figura 16. Gráfico de Resultados de Evaluación de la Organización de la Institución

3.1.3. Organización del mantenimiento

Al analizar los resultados en esta área se obtuvo que de forma general el porcentaje de aprobación resultó en un 55% el área se ubica en un nivel de conciencia respecto a los niveles establecidos en la norma.

Haciendo referencia al principio de funciones y responsabilidades y siguiendo el gráfico mostrado en la Figura 17 se observa una brecha de 40% entre el valor resultante y el valor deseado, se tiene como principales deméritos que la empresa no cuenta con personal suficiente acorde con el tamaño de las instalaciones a mantener, principalmente en cantidad. Sin embargo, no existe un estudio que corrobore este supuesto registrado cuando se aplica la evaluación, por lo que sería importante que, mediante algún estudio a fin, se pueda determinar la carga de mantenimiento requerida en la Dirección de Plantas Potabilizadoras para compararlo con el evaluado. Además, la evaluación determinó que la supervisión de las funciones y responsabilidades no alcanza los niveles superiores, lo cual puede representar un punto de mejora para la institución.

Respecto al principio de autoridad y autonomía como se observa, el nivel de aprobación es mayor al 90%, es el resultado principalmente de la capacidad de la Unidad de Control Electromecánico de responder y tomar decisiones de forma autónoma sin afectar los procesos de producción o requerir la excesiva involucración de los niveles superiores.

Al evaluar el principio de sistemas de información, al igual que en el área analizada anteriormente la brecha es superior al 70%, y esto se debe principalmente a la falta de medios para el procesamiento de la información, así como a la normalización de los procesos de recopilación y comunicación de la información entre las secciones o unidades.

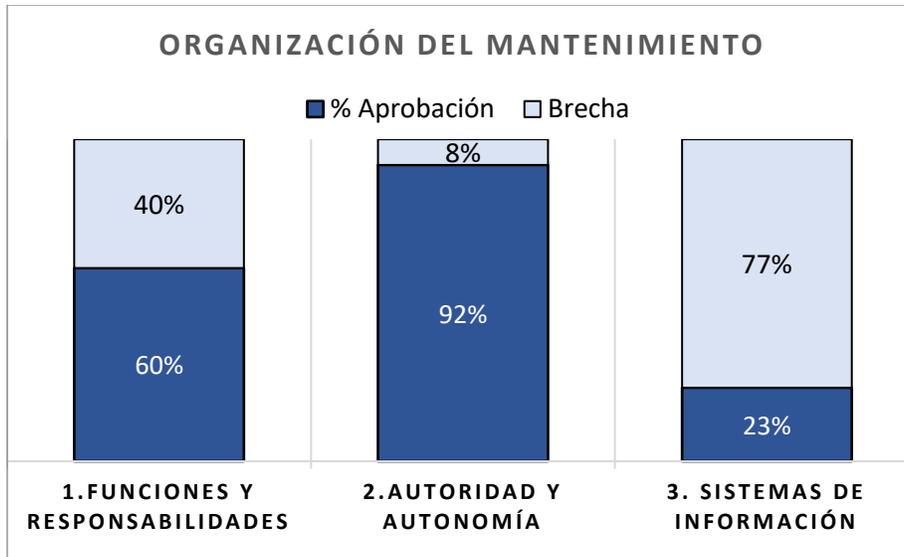


Figura 17. Gráfico de Resultados de Evaluación de la Organización del Mantenimiento

3.1.4. Planificación del Mantenimiento

En la **Figura 18** se presenta un gráfico con los resultados para esta área, donde se obtuvo un porcentaje general de aprobación de un 30%, se ubica a la organización en un nivel de inocencia para el área.

Analizando el principio de objetivos y metas se observa que se obtuvo el menor porcentaje de aprobación dentro de esta área inclusive por debajo del 15%. Al hacer referencia a la plantilla de deméritos de la norma se puede determinar que el bajo nivel de aprobación se debe a que no se tienen definidos objetivos y metas para ser cumplidos por la organización del mantenimiento, lo que conlleva a que las actividades de mantenimiento no se vean enfocadas a satisfacer objetivos, además se carece de un orden de prioridades de las acciones de mantenimiento, así como de un plan que contemple las necesidades reales u objetivas de mantenimiento para los sistemas.

En el principio de políticas para la planificación se observa una brecha del 42%, y el principal problema radica en la falta de un estudio detallado de las necesidades de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento. Además de que hasta el momento muchas de las actividades de mantenimiento se basan en tareas correctivas lo cual representa un peso negativo dentro de la evaluación.

Al analizar el principio de control y evaluación dentro del área, se observa una brecha entre el porcentaje de aprobación obtenido y el deseado según la norma cercano al 80%, el cual se debe a

varios puntos evaluados en la misma, ahora bien, en lugar de nombrar las causas de la brecha se enumeran las oportunidades de mejora para reducir la brecha existente.

- Establecer procedimientos normalizados para recabar, comunicar y almacenar la información para un posterior uso.
- Definir una codificación secuencial que permita la rápida identificación de un objeto dentro del proceso y su respectiva información.
- Reforzar la base de información de manuales de operación y mantenimiento, catálogos de piezas y partes de los objetos por mantener.
- Realizar un inventario técnico normalizado de los objetos de un sistema que permita conocer la función de estos dentro del sistema.
- Archivar y clasificar la información para la elaboración de los planes de mantenimiento.

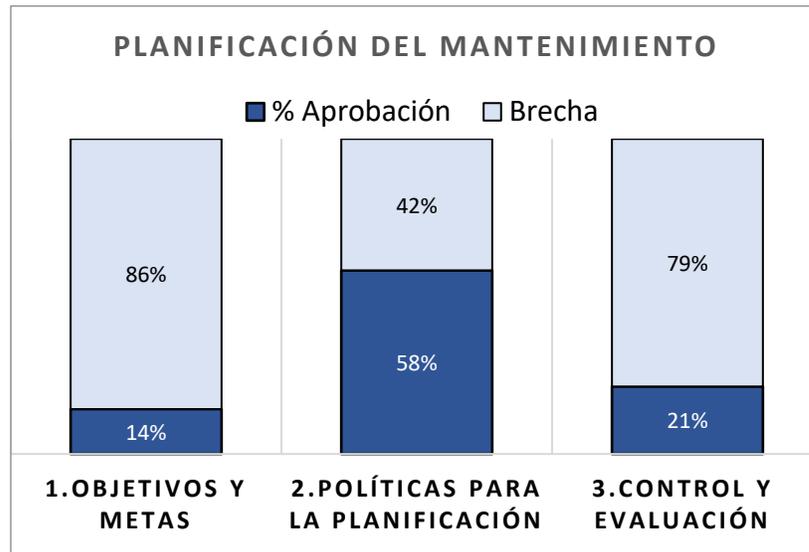


Figura 18. Gráfico de Resultados de Evaluación de la Planificación del Mantenimiento

3.1.5. Mantenimiento Rutinario

Al analizar esta área se debe tomar en cuenta que actualmente no se tienen establecidas acciones de mantenimiento rutinario dentro de la organización, los operarios en las plantas potabilizadoras dedican su tiempo a las tareas de producción, sin embargo, no se tomó toda el área en general como nula, se toman en cuenta ciertos puntos positivos con los que cuenta actualmente la organización y que pueden beneficiar la implementación del mantenimiento rutinario. En la Figura 19 se muestra un gráfico con los valores obtenidos al evaluar el mantenimiento rutinario.

En cuanto a planificación y analizando ciertas tareas de mantenimiento autónomo que pueden ser efectivas dentro de la organización se determinó que el personal existente estaría en capacidad de realizarlas debido a que no representan una mayor dificultad o requieren capacitación.

De igual forma en cuanto a programación e implementación la razón por la cual no se asignó el valor total de los deméritos como se mencionó anteriormente, se deben a que las posibles tareas que se llevarán a cabo, no representarían una demanda excesiva en tiempo o recursos, el personal sería el adecuado para realizarlas y se tiene el conocimiento de cuales sistemas pueden ser incorporados a este modelo.

Analizando el tercer principio referente a control y evaluación se observa que se asignó el valor total de los deméritos, en este caso se obtiene una brecha del 100% esto concuerda con el hecho de que al no aplicarse este mantenimiento, no existe información que permita evaluar resultados para la toma de decisiones.

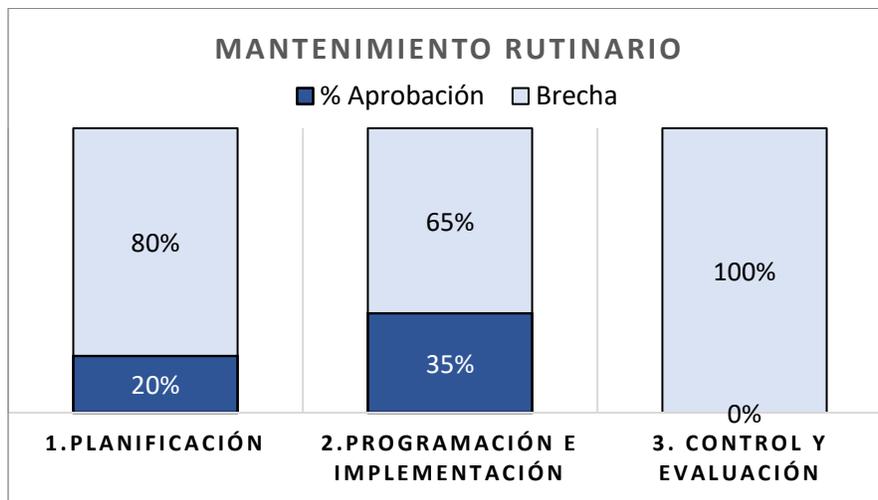


Figura 19. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Rutinario

3.1.6. Mantenimiento programado

Al analizar esta área se obtuvo que el porcentaje de aprobación es de 20% lo cual ubica a la Unidad de control electromecánico en un grado de inocencia según la escala de medición de la norma. En la Figura 20 se muestra el gráfico con los resultados para cada principio.

En cuanto a planificación del mantenimiento programado, actualmente se carece de estudios que permitan conocer las cargas de trabajo de los equipos, ciclos de revisión y necesidades reales u objetivas de los objetos de mantenimiento, no se tienen planificadas las acciones de mantenimiento

programado de los equipos electromecánicos y se carece de información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado.

En el gráfico se observa que el porcentaje de aprobación referente a programación e implementación es de 13%, teniéndose en este principio la mayor brecha de toda el área en general. Este valor se asocia a la falta de un sistema donde se especifique el programa de mantenimiento programado y a la inexistencia del programa en sí, así como de estudios de las condiciones de funcionamiento y necesidades de mantenimiento.

En cuanto al principio de control y evaluación se obtuvo una brecha de 79% y se relaciona directamente con los principios 1 y 2, ya que al no tenerse planificadas ni implementadas las acciones de mantenimiento programado no existe la necesidad de generar fichas de control de mantenimiento, plantillas de programación anual para la acciones de mantenimiento, formatos para el control y verificación del cumplimiento de las tareas, formatos para la recolección de información de consumo de insumos, los cuales son de suma importancia en el principio de control y evaluación para esta área

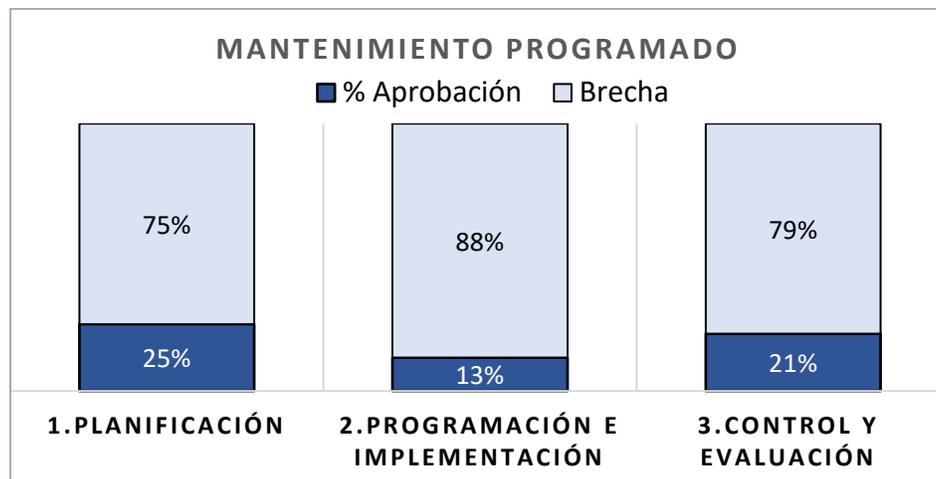


Figura 20. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Programado

3.1.7. Mantenimiento circunstancial

En cuanto al mantenimiento circunstancial, actualmente resulta complejo establecer estrategias o procedimientos de mantenimiento, principalmente porque no existe la disponibilidad de los técnicos electromecánicos en todas las Plantas Potabilizadoras o Estaciones de Desinfección por

lo que aprovechar las oportunidades que se presenten de implementarlo resulta complicado, sin embargo, cuando es posible se aprovechan los espacios generados para atender los sistemas.

En la Figura 21 se muestran los resultados obtenidos al evaluar esta área, se obtiene un porcentaje de aprobación global de 34%, así la organización se posiciona en un nivel de inocencia en esta área.

En cuanto a planificación el porcentaje de aprobación corresponde a la existencia de coordinación y comunicación entre el departamento de producción y el de mantenimiento, lo cual facilita la ejecución de las tareas tanto de mantenimiento circunstancial como de los demás modelos que puedan implementarse y requieran la coordinación entre departamentos. Sin embargo, no existe información referente a los objetos a los cuales se les realiza mantenimiento circunstancial, que pueda ser consultada cuando se requiera.

Respetando el orden, respecto a programación e implementación la brecha entre el valor obtenido y el esperado según la norma es de 46% y se debe principalmente a que las actividades de mantenimiento circunstancial se realizan sin seguir información clara y ordenada sobre cómo deben ejecutarse, además de que no existe holgura en las cargas de mantenimiento para atender los imprevistos.

En evaluación y control al igual que en las áreas anteriores se presenta una brecha debida principalmente a la inexistencia de un sistema de recepción y procesamiento de información, y medios para la evaluación de resultados.

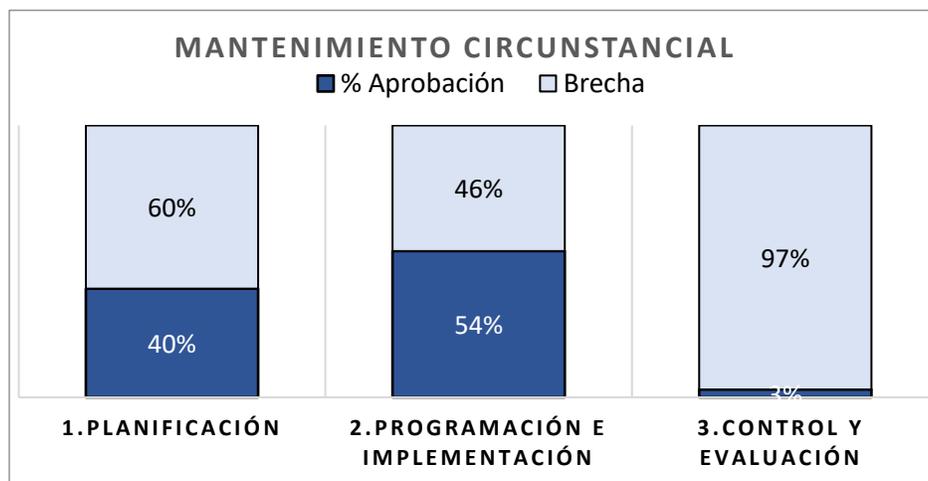


Figura 21. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Programado

3.1.8. Mantenimiento correctivo

En esta área el porcentaje de aprobación en general es de 38%, en la Figura 22 se muestra el gráfico con los resultados obtenidos para cada principio. Actualmente las actividades de mantenimiento corresponden en la gran mayoría a mantenimiento correctivo, sin embargo, estas no se hacen de forma adecuada, en seguida se muestra una lista con los principales puntos de los cuales se carece y que representan una oportunidad de mejora:

- Un registro de fallas.
- Clasificación de las fallas para priorizar la atención de estas.
- Coordinación adecuada con la unidad de producción, para priorizar las labores de mantenimiento.

Analizando el principio de programación e implementación se observa que el departamento alcanza un nivel de conciencia en este, donde la brecha del 31% corresponde a la falta de programación adecuada de las actividades y del tiempo destinado a las mismas.

En cuanto al control y evaluación se observa una brecha ya que no se tiene el correcto control de las actividades de mantenimiento correctivo en cuanto a tiempos de ejecución, registro de insumos utilizados, además, el registro de la información para la evaluación del desempeño es escaso o nulo.

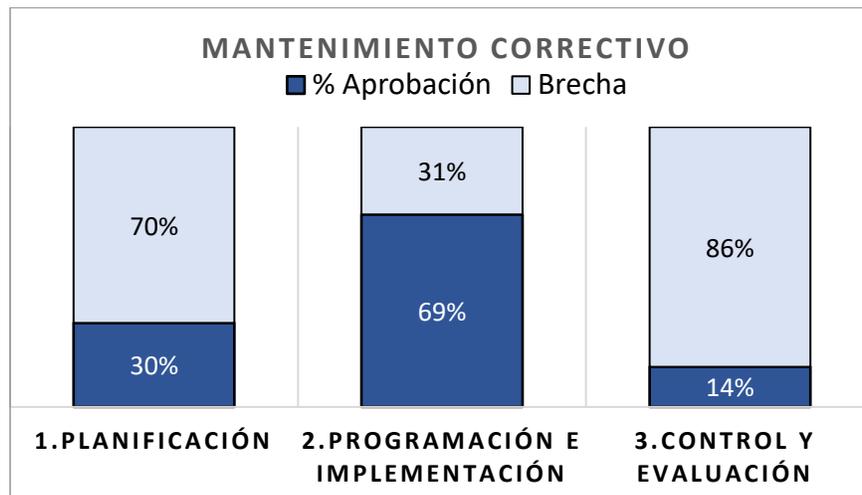


Figura 22. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Correctivo

3.1.9. Mantenimiento preventivo

Actualmente en la Unidad de Control Electromecánico se carece de planes de mantenimiento preventivo, las actividades de este tipo se realizan sin estudios previos y no atienden a cumplir objetivos. En la Figura 23 se observa el gráfico con los resultados para esta área dentro de la organización donde se obtuvo un porcentaje de aprobación de 38%, lo que clasifica a la unidad en un grado de inocencia para esta área.

En cuanto al principio referente a la determinación de parámetros se observa una brecha del 74% respecto al nivel deseado según la norma, este valor se asocia a la inexistencia de estudios que permitan determinar los requerimientos de los sistemas en cuanto a frecuencias de revisiones y la confiabilidad de los objetos a mantener.

En el segundo principio correspondiente a planificación, el porcentaje de aprobación es de solo el 13%, este valor resulta de que actualmente no se ha hecho alguna selección de cuales equipos se clasifican para el mantenimiento preventivo y cuáles no, según sus características, ciclos de trabajo, criticidad dentro de los sistemas, entre otros. Además, actualmente se carece de fichas o tarjetas normalizadas con la información técnica básica de los objetos o equipos registrados.

En el gráfico se puede ver que en programación e implementación se obtuvo un porcentaje de aprobación de 80%, esto debido a que en este principio se toman en cuenta aspectos como el apoyo que se tiene por parte de la organización, por lo tanto este es un punto alto dentro de la Unidad de Control Electromecánico ya que actualmente sí se tiene el apoyo deseado. Además, actualmente la delegación de órdenes de trabajo se da con antelación suficiente y la asignación de días específicos para las tareas de mantenimiento preventivo favorecen al departamento. Sin embargo, como oportunidad de mejora es recomendable que se realice un análisis de fallas que permita orientar los planes y la programación del mantenimiento preventivo a cumplir.

En control y evaluación se observa una brecha de 78%, las causas son: no se mide la eficiencia de los resultados del mantenimiento preventivo, no se tiene la información básica de los equipos y no se registra la información referente al mantenimiento preventivo realizado.

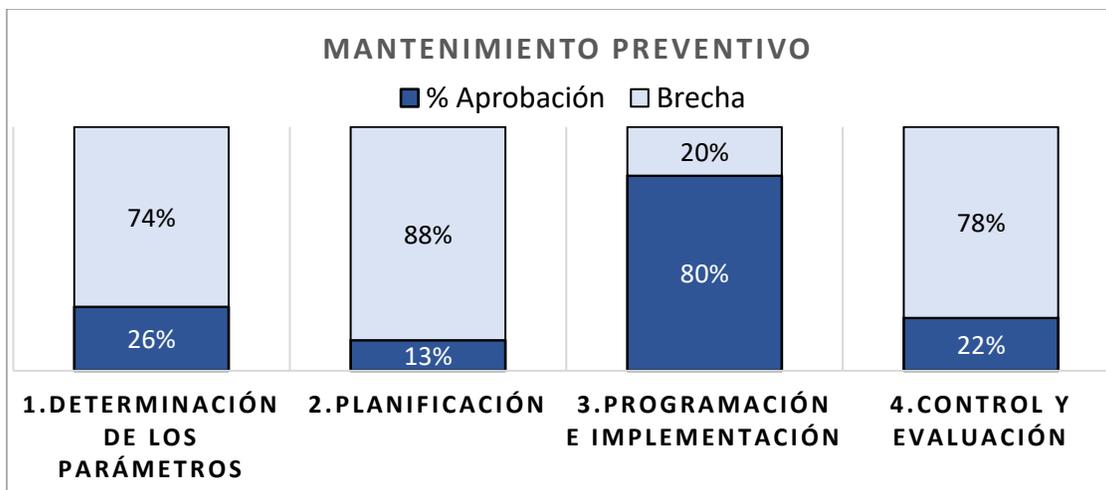


Figura 23. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento Preventivo

3.1.10. Mantenimiento por avería

Cuando se presenta una falla en algún equipo electromecánico, la Unidad de Control Electromecánico trata de resolverla rápidamente, sin embargo, se le da mayor importancia a las averías que afectan directamente la producción y se aplazan aquellas que no inciden directamente en la producción. En Figura 24 se muestra el gráfico con los resultados obtenidos para esta área dentro de la unidad, donde se obtuvo un porcentaje de aprobación general del 30%.

En cuanto a la atención de fallas se observa una brecha del 66% entre el valor obtenido y el deseado según la norma. Actualmente y como se ha mencionado antes no se tienen registros de fallas para el análisis de averías para cierto periodo, no existen procedimientos de ejecución para reducir los tiempos de parada. Muchas veces los tiempos de espera de repuestos y materiales se alargan por la respuesta de la administración.

Respecto al principio de supervisión y ejecución y como se observa en el gráfico el porcentaje de aprobación es de tan solo un 38%. Dentro de las deficiencias en la Unidad de Control Electromecánico referentes a este principio ~~esta que~~ no se tiene un seguimiento adecuado desde la generación de acciones de mantenimiento por avería hasta la ejecución y ~~que~~ no se cuenta con personal idóneo para analizar las fallas inmediatamente después de que suceden. La supervisión durante la ejecución de las tareas de mantenimiento por avería es escasa y se relaciona en gran medida con la dificultad de desplazarse hasta la Plantas Potabilizadoras o Estaciones de Desinfección por parte de los jefes de mantenimiento cuando se atienden fallas.

En el tercer principio se observa una brecha de 83% entre el valor deseado según la norma y el valor obtenido. Esto se debe al igual que en todas las áreas referentes a tipos de mantenimiento, a la inexistencia de un sistema para el registro y control de la información, que permita acceder a historiales para la comparación y la toma de decisiones.

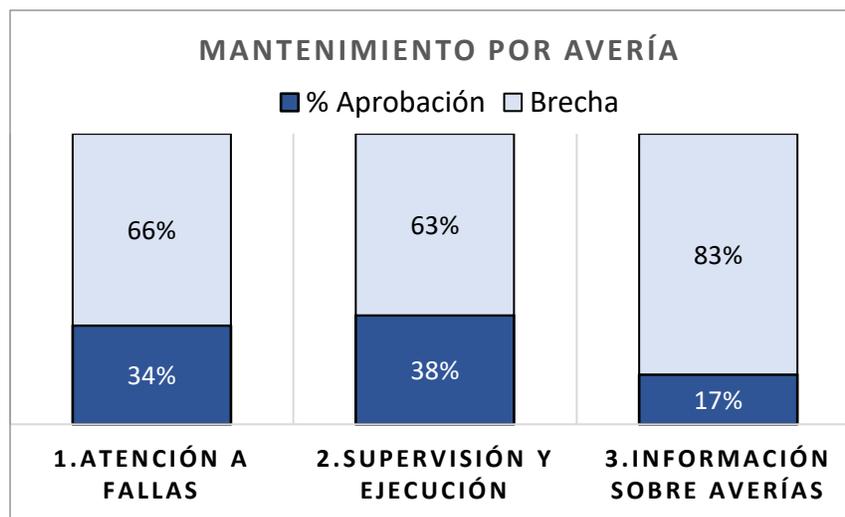


Figura 24. Gráfico de Resultados de Evaluación del Mantenimiento por Avería

3.1.11. Personal de mantenimiento

En esta área dentro de la evaluación se obtuvo un porcentaje de aprobación general de 50%, lo cual ubica a la organización en un nivel de inocencia respecto a la escala de medición de la norma.

En la Figura 25 se presenta el gráfico con los resultados obtenidos para esta área.

En el gráfico se observa una brecha en el primer principio y se debe principalmente a que no se tiene un estimado de la necesidad de personal requerido para planificar y ejecutar las tareas de mantenimiento, así como la información referente al número de encargados por tipos de frecuencias y mantenimiento, para cada semana de programación.

En cuanto a selección y formación se observa una brecha de 35%, entre los valores deseados según la norma y los obtenidos actualmente el proceso de selección del personal se hace mediante el estudio de sus capacidades y se brindan periodos de adaptación, sin embargo, se puede mejorar en cuanto a capacitación, ya que actualmente la inversión en la misma es escasa o nula.

Analizando el tercer principio se observa que el porcentaje de aprobación es de 70% lo cual clasifica a la organización próxima al nivel de entendimiento el porcentaje es aceptable, pero aún

se puede reforzar este principio si se mejora la coordinación entre la administración y la organización de mantenimiento; y por medio del establecimiento de políticas por parte de la administración en cuanto al apoyo a la unidad de mantenimiento.

En cuanto a motivación e incentivos se recalca la necesidad de aumentar la capacitación del personal.

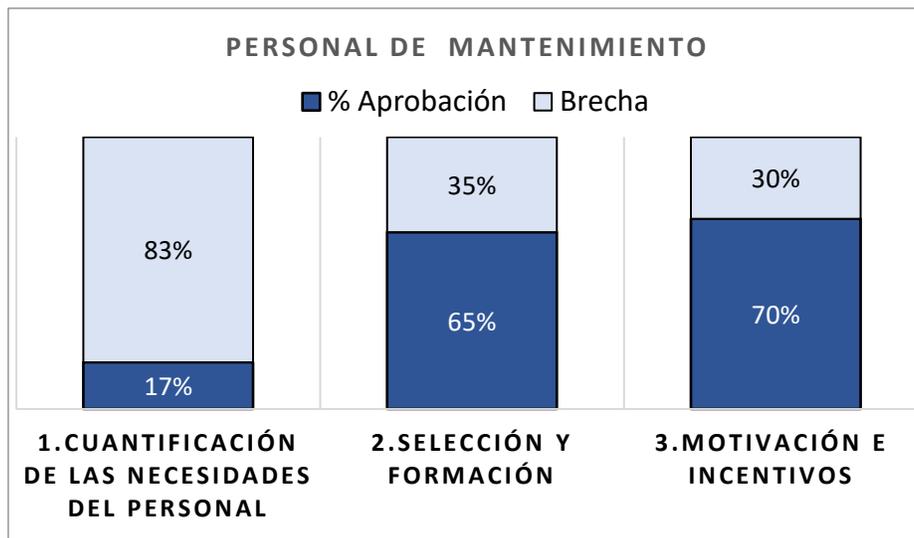


Figura 25. Gráfico de Resultados de Evaluación del Personal de Mantenimiento

3.1.12. Apoyo Logístico

En esta área se obtuvo un porcentaje de aprobación de 71% ubica a la organización en un nivel de entendimiento según las escalas definidas en la norma, representa el valor más positivo dentro del total de áreas evaluadas. En la Figura 26 se muestra el gráfico con los resultados obtenidos por principios que son incluidos en esta área.

En relación con el apoyo administrativo la brecha que existe entre el valor deseado y el obtenido es de 48%. El valor de la brecha es representado por la falta de políticas bien definidas por parte de la administración en cuanto al apoyo que debe prestar a la organización del mantenimiento, la falta de recursos asignados al mantenimiento y la coordinación deseada entre administración y la organización del mantenimiento.

Analizando el principio de apoyo general se observa que el porcentaje de aprobación es muy positivo y de la misma forma para el principio de apoyo gerencial, en ambos casos existe oportunidad de mejora, pero en menor valor en comparación con el apoyo administrativo.

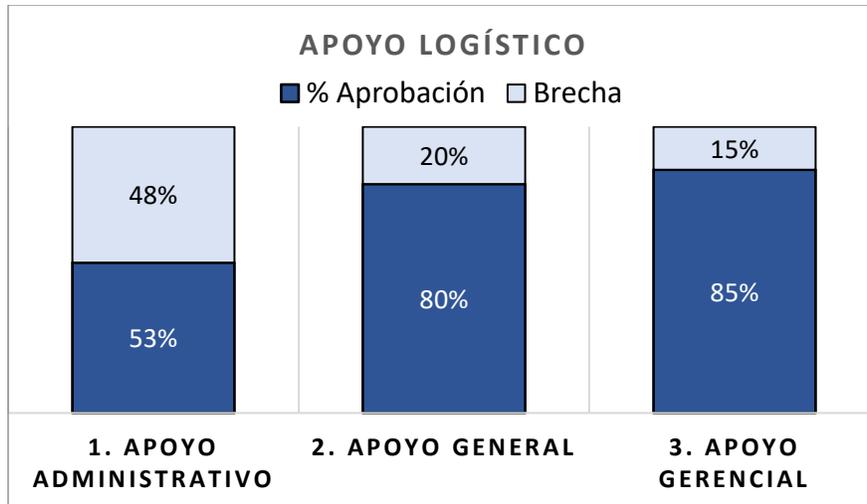


Figura 26. Gráfico de Resultados de Evaluación del Apoyo logístico

3.1.13. Recursos

Analizando esta área se obtuvo un valor general del 47% de aprobación con respecto al valor de 100% obtenible según la norma, se divide en cinco principios que se muestran en la Figura 27 y se analizan a continuación.

En cuanto a equipos actualmente se tiene la cantidad suficiente para mantener las operaciones de forma continua, sin embargo, se puede reforzar mediante la incorporación de equipos de respaldo, para lo cual es recomendable se analice la criticidad de cada equipo dentro de los procesos y la necesidad de incluir un respaldo para disponer en caso de que sea necesario. Actualmente se tiene registrado el activo de cada equipo mas no se tiene un control riguroso de entradas y salidas de unidades.

Al igual que en el principio anterior en relación con las herramientas actualmente se carece de algunas que son necesarias para llevar acabo las tareas de mantenimiento de forma adecuada, e igualmente, aunque en este caso si se registra cuales herramientas son asignadas a cada unidad y técnico, no se tiene un control riguroso de entradas y salidas de estas.

Con respecto a instrumentos se observa una brecha del 50% para alcanzar el máximo según la norma, este valor corresponde a la necesidad de reforzar la instrumentación en la Unidad de Control de Electromecánica, principalmente equipos de medición de parámetros como presostatos y medidores fijos de corriente y voltaje, para el control de parámetros de funcionamiento de los equipos.

En cuanto a materiales y equipos donde se analizan puntos similares puede mencionarse que actualmente se tienen contactos para la provisión, sin embargo, no están documentados, no se ha fundamentado la cuantificación de estos mediante el análisis de mínimo y máximo de insumos requeridos, además debe tomarse en cuenta la falta de control de estos.

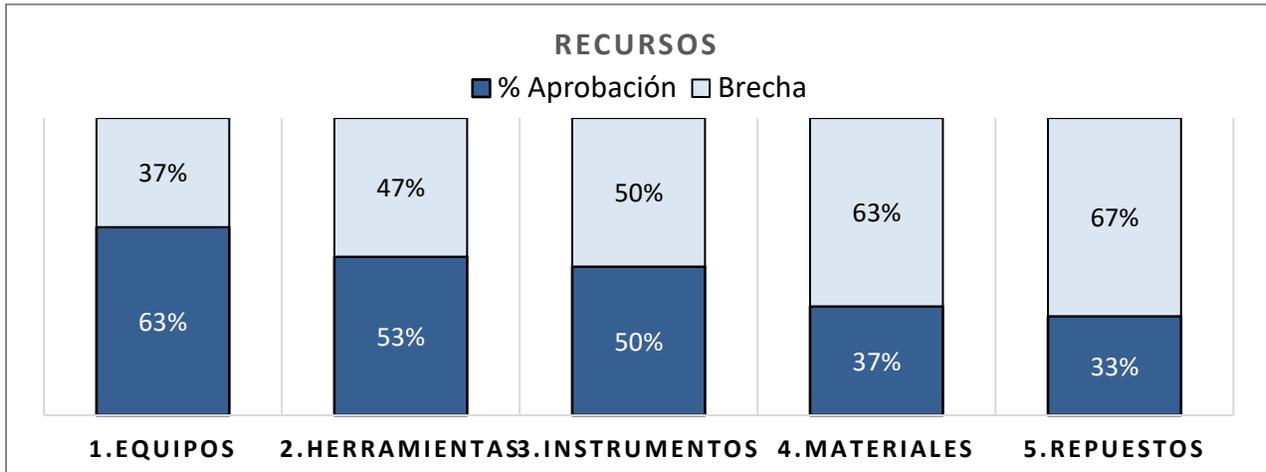


Figura 27. Gráfico de Resultados de Evaluación de Recursos

En el siguiente gráfico radial se muestra el valor de organización deseado o máximo obtenible de acuerdo con la norma, en comparación con el valor que se obtuvo.



Figura 28. Gráfico Radial de Comparación entre Valor Deseado y Valor Obtenido

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

En resumen, el porcentaje de aprobación global al aplicar la evaluación es de 41%, se ubica a la organización en un nivel de inocencia al comparar con las escalas de medición dadas por la norma. Como se puede observar en la Figura 28 la brecha existente entre la puntuación obtenida mediante la evaluación y el valor deseado según la norma es significativo, sin embargo, expresa a la vez gran posibilidad de mejora por cada área. Existen varios principios que se relacionan entre sí por áreas, por lo que el mejoramiento para una de las áreas puede significar en mejoras de las demás.

4. Organización y control de la información

4.1. Levantamiento de Equipos

Para realizar el levantamiento de los equipos atendidos por Unidad de Control Electromecánico, se realizaron visitas a las plantas potabilizadoras y estaciones de desinfección, se tomaron los datos de los equipos y se recopiló información mediante fotografías.

Como resultado del levantamiento de equipos se obtuvo que existe un total de 238 equipos en las plantas potabilizadoras y 24 en las estaciones de desinfección para un total de 262 equipos electromecánicos. A continuación, se muestra la tabla con la cantidad de equipos por planta potabilizadora y estación de desinfección.

Tabla 4. Cantidad de equipos por Plantas Potabilizadoras y Estaciones de Desinfección

PLANTA POTABILIZADORA	EQUIPOS	ESTACIÓN DE DESINFECCIÓN	EQUIPOS
ALAJUELITA	8	ANA LUCÍA	1
BARRIO ESPAÑA	6	CARAZO 4	1
CARTAGO	12	CNP	3
CORONADO	10	DESARENADOR SITIOS	1
CATALINAS	3	LIBERTAD	1
CUADROS	3	MESETA	1
DESAMPARADOS	18	PALERMO	1
ESCAZÚ	15	POTRERILLOS	2
GUADALUPE	51	REGISTRO	1
GUATUSO	7	RINCÓN RICARDO	1
HIGUITO	8	RIVERA	1
HACIENDA VIEJA	10	SILO 1	1
LLANO ALAJUELITA	2	SILO 2 Y 3	1
MATA PLATANO	7	SAN MIGUEL	1
QUITIRRISI	11	SAN RAMÓN	1
SAN JERÓNIMO	13	VILLA FORESTA	1
SALITRAL	17	W2	3
SITIOS	16	W6	1
TRES RÍOS	45	ZOOLÓGICO	1
TOTAL	238	TOTAL	24

4.2. Codificación de equipos

Para la codificación de los equipos se manejará una codificación que se utiliza en el AyA en la GAM, en la Figura 29 se muestra la configuración que se utiliza para dar la codificación, la misma se explica a continuación.

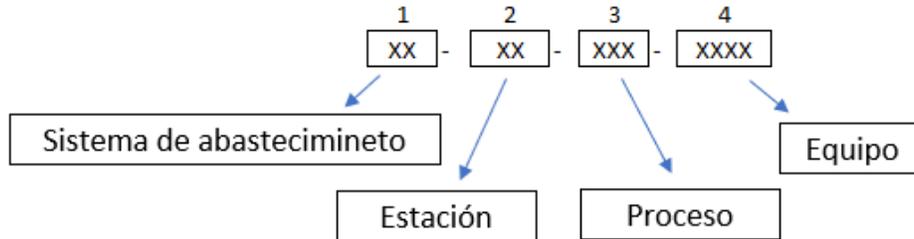


Figura 29. Configuración para la codificación de equipos

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

En el primer nivel del código se asigna un número de sistema, en este caso se hace referencia a los sistemas como conjunto de estaciones que abastecen una zona o población en específico.

Tabla 5. Sistema de abastecimiento y código relacionado

SISTEMA	CÓDIGO	SISTEMA	CÓDIGO
TRES RÍOS	01	SAN JERÓNIMO MORAVIA	16
LA VALENCIA	02	QUITIRRISÍ	17
LOS SITIOS	03	MATA PLATANO	18
PUENTE DE MULAS	04	PADRE CARAZO	19
GUADALUPE	05	CHIVERRALES	20
SAN JUAN DE DIOS	06	VISTA DE MAR	21
POTRERILLOS SAN ANTONIO	07	SUR DE ESCAZÚ	22
SAN PABLO	08	LAJAS	23
LOS CUADROS	09	BARRIO ESPAÑA	24
SAN RAFAEL DE CORONADO	10	EL LLANO DE ALJUELITA	25
ALAJUELITA	11	SUR DE ALAJUELITA	26
SAN ANTONIO DE ESCAZÚ	12	MATINILLA	27
PIZOTE	13	TICUFRES-QUEBRADA HONDA	28
SALITRAL	14	EL GUARCO	29
GUATUSO PATARRÁ	15	CARTAGO	30

En el segundo nivel se debe asignar un dígito correspondiente a una estación, donde “Estación” es un punto o local donde se realiza algún proceso al agua, dentro de las estaciones se encuentran las plantas potabilizadoras. Hasta el momento existen más de 170 estaciones registradas, sin embargo, se mencionarán las estaciones asociadas a los procesos donde se utilicen equipos atendidos por la Unidad de Control Electromecánico de la Dirección de Plantas Potabilizadoras. Cada estación está relacionada a un sistema y presenta una codificación única.

Tabla 6. Estación y respectivo código de identifican

ESTACIÓN	CÓDIGO	ESTACIÓN	CÓDIGO
ESTACIÓN PLANTA ALTA(TRES RÍOS)	01	ESTACIÓN PLANTA LOS CUADROS	01
ESTACIÓN REGISTRO	02	ESTACIÓN PLANTA SAN RAFAEL DE CORONADO	01
ESTACIÓN PERIFÉRICOS	03	ESTACIÓN PLANTA ALAJUELITA	01
ESTACIÓN W2	02	ESTACIÓN PLANTA SAN ANTONIO DE ESCAZÚ	01
ESTACIÓN W6	06	ESTACIÓN PIZOTE (SAN RAMÓN)	01
ESTACIÓN LA LIBERTAD	16	ESTACIÓN PLANTA SALITRAL	01
ESTACIÓN LA URUCA	17	ESTACIÓN PLANTA GUATUSO	01
ESTACIÓN PLANTA LOS SITIOS	01	ESTACIÓN PLANTA SAN JERÓNIMO	01
ESTACIÓN TIBÁS(LA FLORIDA)	02	ESTACIÓN PLANTA QUITIRRISÍ	01
ESTACIÓN SAN MIGUEL	03	ESTACIÓN PLANTA MATA DE PLÁTANO	01
DOÑA LELA	07	ESTACIÓN PADRE CARAZO(4)	01
ESTACIÓN PUENTE MULAS	01	ESTACIÓN CHIVERRALES(LAS NUBES)	01
ESTACIÓN PLANTA GUADALUPE	01	ESTACIÓN PLANTA BARRIO ESPAÑA	01
ESTACIÓN PLANTA SAN JUAN DE DIOS	01	ESTACIÓN PLANTA EL LLANO	01
ESTACIÓN POTRERILLOS	01	ESTACIÓN LÁMPARAS DE ALAJUELITA	01
ESTACIÓN INTEL	03	ESTACIÓN PLANTA LAS CATALINAS	01
ESTACIÓN LA RIBERA	09	ESTACIÓN PLANTA HIGUITO	02
ESTACIÓN ZOOLOGICO	12	ESTACIÓN PLANTA HACIENDA VIEJA	03
ESTACIÓN CNP 1	16	ESTACIÓN SILO 1	04
ESTACIÓN CNP 5	20	ESTACIÓN SILO 2 Y 3	05
ESTACIÓN RINCÓN RICARDO	02	ESTACIÓN VILLA FORESTA	06
ESTACIÓN LA MESETA	04	ANA LUCÍA	07
ESTACIÓN PALERMO	05	ESTACIÓN PLANTA CARTAGO	01

El tercer nivel en el código representa el proceso dentro de una estación, actualmente se tienen registrados 14 procesos diferentes, no en todos estos existen equipos atendidos por la Unidad de Control Electromecánico, sin embargo, en la siguiente tabla se enlistan los procesos y el código asociado a cada uno, para conocer el orden asignado.

Tabla 7. Procesos y código de identificación

PROCESO	CÓDIGO
CAPTACIÓN	010
DESARENACIÓN	020
CÁMARA ENTRADA	030
FLOCULACIÓN	040
SEDIMENTACIÓN	050
FILTRACIÓN	060
DESINFECCIÓN	070
ALMACENAMIENTO	080
VÁLVULAS	090
BOMBEO	100
POZO	110
REBOMBEO	120
BOOSTER	130
FACILIDADES	140

En el cuarto nivel se debe asignar un código asociado a un equipo o sistemas, que estará compuesto por 3 letras y 2 números, las letras identificarán el equipo, mientras que los números el consecutivo para hacer diferencia entre dos equipos con el mismo nombre. En la siguiente tabla se muestra la lista de equipos y la nomenclatura escogida para la identificación.

Tabla 8. Equipos o sistemas electromecánico y nomenclatura para identificación

EQUIPO/SISTEMA ELECTROMECAÁNICO	NOMENCLATURA
BALANZAS DE CONTENEDORES DE CLORO	BCC
BOMBA DE CLORACIÓN	BCL
BANCO DE CAPACITORES	BDC
BOMBA DOSIFICADORA DE POLÍMERO	BDP
BOMBA DOSIFICADORA DE SULFATO	BDS
BOMBA DE LAVADO DE ESTRUCTURAS	BLE
BOMBA DE LAVADO DE FILTROS	BLF
BOMBA DE MUESTREO	BMU
BOMBA SUMINISTRO INTERNO	BSI
CENTRO DE CARGA	CDC
COMPRESOR	COP
DETECTOR DE FUGAS DE CLORO	DFC
ELEVADOR SACOS DE SULFATO	ESS
FLOCULADOR MECÁNICO DE PALETAS	FMP
GENERADOR ELÉCTRICO	GNE

MOTOR AGITADOR DE SULFATO	MAS
REMOVEDOR DE LODOS	RML
SECADORA DE AIRE	SCA
SOPLADORAS DE AIRE	SPA
SISTEMA DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS	SVN
TANQUE HIDRONEUMÁTICO	TAH
TECLE ELÉCTRICO	TCE
TRANSFORMADOR SECO	TRS
UCC	UCC

A continuación, se muestra un ejemplo de código para equipos

Tabla 9. Ejemplos de codificación para los equipos

SISTEMA	ESTACIÓN	PROCESO	EQUIPO	CÓDIGO
TRES RÍOS	PLANTA ALTA	FLOCULACIÓN	BOMBA DOSIFICADORA DE SULFATO 1	01-01-040-BDS01
CARTAGO	PLANTA CARTAGO	DESINFECCIÓN	BOMBA DE CLORACIÓN 2	30-01-070-BCL02
EL GUARCO	PLANTA HACIENDA VIEJA	FILTRACIÓN	COMPRESOR 1	29-03-060-COP01

4.3. Sistema de registro y control de la información

4.3.1. Fichas Técnicas

Para tener acceso a la información de los equipos se crearon fichas técnicas, donde se incluyen parámetros de funcionamiento, listas de partes, código de repuestos entre otras características propias de cada equipo.

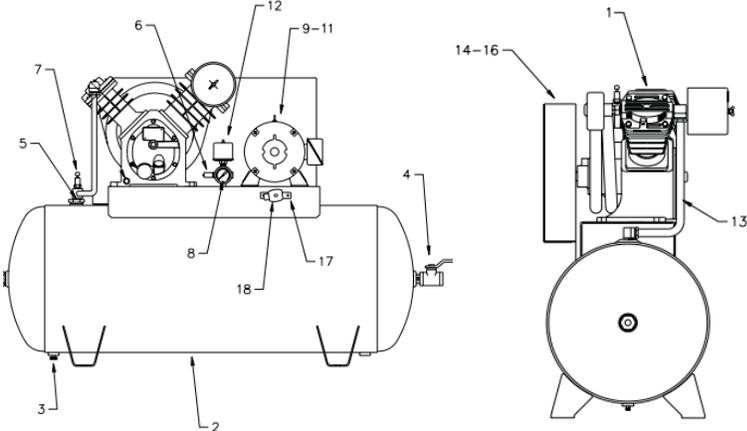
		Ficha Técnica			
		Compresor de Doble Pistón		Código	01-01-140-COP01
Compresor					
Marca	Ingersoll Rand	Modelo	7172-10E3	Condición	modelo Descontinuado
Presión máxima	200 psi	Capacidad	120 GAL		
Motor					
Marca	Baldor	Potencia	10 Hp	Voltage	230/460 V
Catalogo	M3313T	Frecuencia	60 Hz	Velocidad	1725 rpm
				Corriente	28/14 A
				Fases	3
Partes					
			<ol style="list-style-type: none"> 1. Cabezal de pistones 2. Tanque receptor 3. Válvula de drenaje manual 4. Válvula de bola, de servicio 5. Válvula check 6. Válvula, seguridad/ alivio-receptor 7. Válvula, seguridad/ alivio-descarga 8. Presostato- 300psig 9. Motor Eléctrico 220/380-3-60 10. Polea, motor(para motor 220/380-3-60 11. Correa,Conducción-A90(para motor 220/380-3 12. Interruptor de presión 13. Ensamblaje Tubo-compresor al receptor 14,15. Protector delantero, protector trasero 17,18. Válvula solenoide 		
Mantenimiento		Código de Respuestas		Observaciones	
Preventivo		Lubricante		Debe ser Clase A	



Figura 30. Ejemplo de ficha técnica de compresor de pistones, Planta Potabilizadora Tres Ríos

Fuente: Elaboración Propia

Las fichas fueron creadas en formato de documento portátil (pdf) para que exista posibilidad de acceder a estas de forma fácil en algún dispositivo móvil, también pueden ser impresas para tener la información de forma física.

4.3.2. Órdenes de trabajo

Para informar sobre las tareas de mantenimiento a realizar ya sea mantenimiento programado o acciones de mantenimiento correctivo se propone una hoja para órdenes de trabajo donde se especifique la prioridad, el/los equipos a mantener, información sobre repuestos o equipos requeridos entre otros que permitan al encargado planificar las tareas.

Orden de Trabajo de Mantenimiento				
	Dirección de Plantas Potabilizadoras			
	Unidad de Control Electromecánico			
Información de la Orden				
Fecha de Emisión				Tipo de Mantenimiento
Solicitante				Preventivo Programado
Responsable				
Fecha pragamada				Preventivo No Programado
Fecha límite				
Registro de Orden				Correctivo
Prioridad	Alta	Media	Baja	
Información del Equipo				
Descripción				Ubicación:
Código de Equipo				
Reouesto o insumios requeridos				
Descripción del Trabajo a Realizar				
Control del Registro				
_____		_____		
Firma Solicitante		Firma encargado		

Figura 31. Orden de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3. Listas de chequeo

Las listas de chequeo o listas de control son utilizadas para el control de las actividades planificadas a ser ejecutadas con cierta periodicidad, y sirven de guía a los técnicos en el momento de realizarlas, se emplean también para llevar el control de mantenimiento de los equipos. Las listas de chequeo se crearon siguiendo el plan de mantenimiento preventivo propuesto para la Dirección de Plantas Potabilizadoras. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de lista de chequeo en este caso para un compresor de pistones, esta debe ser actualizada cada 4 meses.

Lista de chequeo mantenimiento semanal compresor 01-01-140-COP01																	
Encargado:	Año:	Mes															
		1				2				3				4			
Actividades	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1 Verifique que hay escapes de aceite																	
2 Revise el nivel del lubricante. Rellene según sea necesario																	
3 Pruebe la válvula de drenaje para verificar que funcione correctamente.Limpiar si es necesario																	
4 Vacíe el condensado del tanque receptor (si no hay un dispositivo de drenaje automático). Abra la válvula de drenaje manual, recoja y disponga del líquido condensado según corresponda.																	
5 Inspeccione el o los elementos del filtro de aire. Limpie si es necesario																	
6 Asegúrese de que las guardabandas y las cubiertas estén bien sujetas en su lugar.																	
7 Compruebe que el área alrededor del compresor esté libre de trapos,herramientas, escombros y materiales inflamables o explosivos																	
8 Observe la operación de las válvulas de seguridad/desahogo mientras el compresor está funcionando. Reemplace las válvulas de seguridad/desahogo que no funcionen libremente.																	
9 Verifique si hay vibraciones y ruidos inusuales																	
Observaciones																	

Figura 32. Lista de chequeo de mantenimiento semanal, Compresor 05-01-140-COP01

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. Base de Datos

Para organizar la información referente a los equipos se creó una base de datos Microsoft Access, en la base de datos se divide la información de equipos en Plantas Potabilizadoras y equipos en Estaciones de Desinfección.

A continuación, se describen las partes dentro de la base de datos creada:

- a) **Listas:** Se crearon listas para Sistemas, Estaciones, Procesos y Equipos, con integridad referencial. Listas de tipo de mantenimiento, técnicos y jefes de mantenimiento.
- b) **Control de Registro de equipos en Plantas y Estaciones:** se tiene la posibilidad de guardar nuevos registros o actualizar los existentes, incluyendo la información referente al equipo como marca, modelo, catálogos. Se creo una codificación que coinciden con la indicada anteriormente, de forma que cada equipo sea único.

- c) **Registrar órdenes de Trabajo:** se creó un formulario para almacenar la información de las órdenes de trabajo, en la aplicación se incluyeron los mismos puntos de la orden de trabajo mostrada en la Figura 31. La información de ciertos campos como solicitante o encargado se obtiene de las listas creadas. Además, se debe seleccionar el equipo perteneciente a la base de datos al cual se le desea generar la orden.
- d) **Registro de mantenimientos:** En esta sección se puede registrar el historial de mantenimiento, se hace referencia directa con los equipos registrados y se pueden guardar los reportes de mantenimiento generados en línea, en la sección 4.3.6 se podrán ver detalladamente.
- e) **Consulta de Registros:** Se puede consultar la información sobre equipos en plantas y estaciones, existe la posibilidad de abrir fichas técnicas y hoja de mantenimiento creadas en formato pdf. Consultar sobre registros de mantenimiento y órdenes de trabajo.
- f) **Colaboradores:** Sección para consultar y actualizar la información de jefes de mantenimiento y técnicos.
- g) **Informes:** En la base esta la opción de generar informes sobre los registros.



Figura 33. Panel de Control de la base de datos

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Access)

4.3.5. Mapa de ubicación de equipos

Como ayuda para la ubicación de los equipos se creó un mapa con la ubicación de estos dentro de las plantas potabilizadoras, este puede ser de gran utilidad para hacer referencia a los equipos en el momento de establecer rutinas de mantenimiento o para los encargados de producción. En caso de que se incorpore personal nuevo en alguna de las unidades estos pueden hacer uso del mapa para ubicarse dentro de las instalaciones, especialmente en las plantas de mayor dimensión.

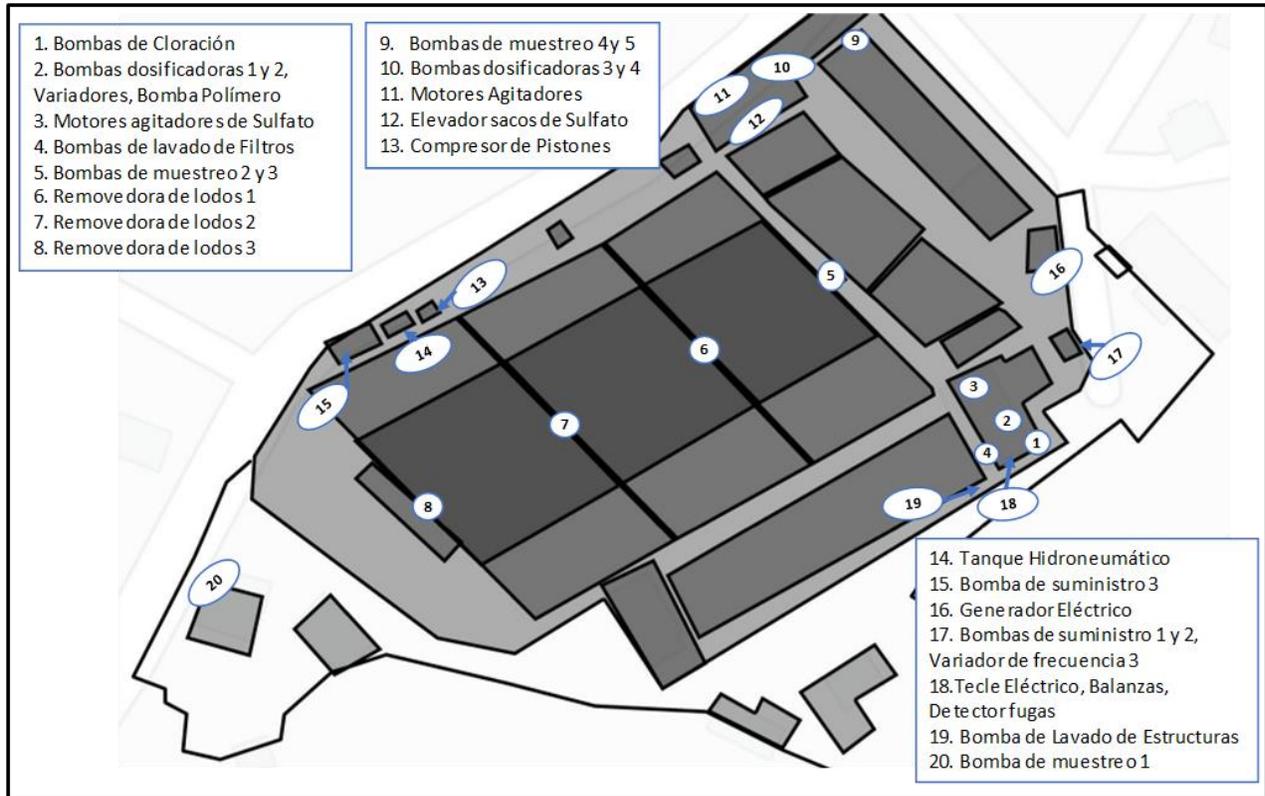


Figura 34. Mapa de Ubicación de Equipos Planta Potabilizadora Tres Ríos

Fuente: Elaboración Propia (Google Maps)

4.3.6. Aplicaciones de conexión por internet

- **Calcomanías y códigos QR**

Como los técnicos deben desplazarse a diferentes lugares para atender los equipos en Plantas Potabilizadoras y Estaciones de desinfección, y resulta incómodo llevar la información, se propone la utilización de una aplicación para acceder a la información de forma digital por medio de dispositivos móviles como celulares o tabletas, para lo cual se utilizan códigos QR que permiten vincular al usuario con la información almacenada en la nube en Google Drive.

Para el acceso a los códigos se propone un sticker para colocar en los equipos, donde se incluye código QR, Código del equipo y logo de la institución, esta calcomanía también ayudaría al control de activos.



Figura 35. Ejemplo de calcomanía propuesta para Bomba Dosificadora 01-01-040-BDS01

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

Las calcomanías deberán ser colocados en un lugar visible y de fácil acceso por los usuarios, además deberán mantenerse limpias para evitar el deterioro.

- **Reportes de Mantenimiento**

La institución cuenta con licencias pagas de Microsoft office 365 donde se incluyen plataformas de trabajo que permiten conectividad en red. Dentro de las plataformas se encuentra SharePoint la cual permite el almacenamiento de información y trabajo de varios colaboradores a la vez.

Desde la plataforma se puede conectar con listas creadas en Microsoft Access en la aplicación de escritorio, para ser consultadas o modificadas en la nube. Ante la posibilidad de utilizar la plataforma se propone crear una aplicación para el reporte de mantenimientos realizados.

Para crear la aplicación de reportes de mantenimiento se utilizaron otras herramientas de Microsoft office 365 como Microsoft Forms y Microsoft Flow, con Microsoft Forms se pueden generar formularios en línea, en esta plataforma se creó un formulario donde el usuario llena la información solicitada. Una vez que se envía la respuesta la información puede ser consultada por quien la creó, en este caso con ayuda de Microsoft Flow se puede acceder a la información del formulario y crear flujos a otras plataformas.

En la aplicación con ayuda de Microsoft Flow se toma la información del formulario y mediante enlaces entre plataformas se envía a una lista creada previamente en SharePoint para ese fin, asimismo la lista se conecta con la base generada en Microsoft Access, de esta forma cada vez que se genera un reporte de mantenimiento este se refleja en la base de datos en el computador de escritorio con solo que se disponga de internet, y si no se está conectado a internet, la base se actualizará al conectarse.

The screenshot shows a Microsoft Forms interface for a maintenance registration form. The title is 'Registro de Mantenimiento'. It includes several fields: 1. 'Fecha *' (Date) with a date picker icon and a placeholder 'Escriba la fecha en el formato dd/MM/yyyy'. 2. 'Encargado de Mantenimiento *' (Maintenance Person) with a text input field and placeholder 'Escriba su respuesta'. 3. 'Código de Equipo *' (Equipment Code) with a text input field and placeholder 'Escriba su respuesta'. 4. 'Tipo de mantenimiento *' (Maintenance Type) with three radio button options: 'Preventivo Programado', 'Preventivo no Programado', and 'Correctivo'. The 'Preventivo Programado' option is selected. 5. 'Descripción del Mantenimiento *' (Maintenance Description) with a text input field and placeholder 'Escriba su respuesta'. At the bottom, there is a green 'Enviar' (Send) button.

Figura 36. Formulario creado para el reporte de Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Forms)

The screenshot shows a SharePoint list view titled 'Reporte Mantenimientos'. The top navigation bar includes options: '+ Nuevo', 'Edición rápida', 'Exportar a Excel', 'PowerApps', 'Automatizar', and 'Todos los elementos*'. Below the title, there are six columns with dropdown arrows: 'Tipo de Mantenimiento', 'Encargado', 'Código de Equipo', 'Fecha de registro', 'Descripción', and 'Consumibles'. The list area below the columns is currently empty.

Figura 37. Lista creada para almacenar el reporte de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft SharePoint)

En la siguiente figura se muestra el flujo de trabajo creado en Microsoft Flow donde se conectan las plataformas de SharePoint y Forms.

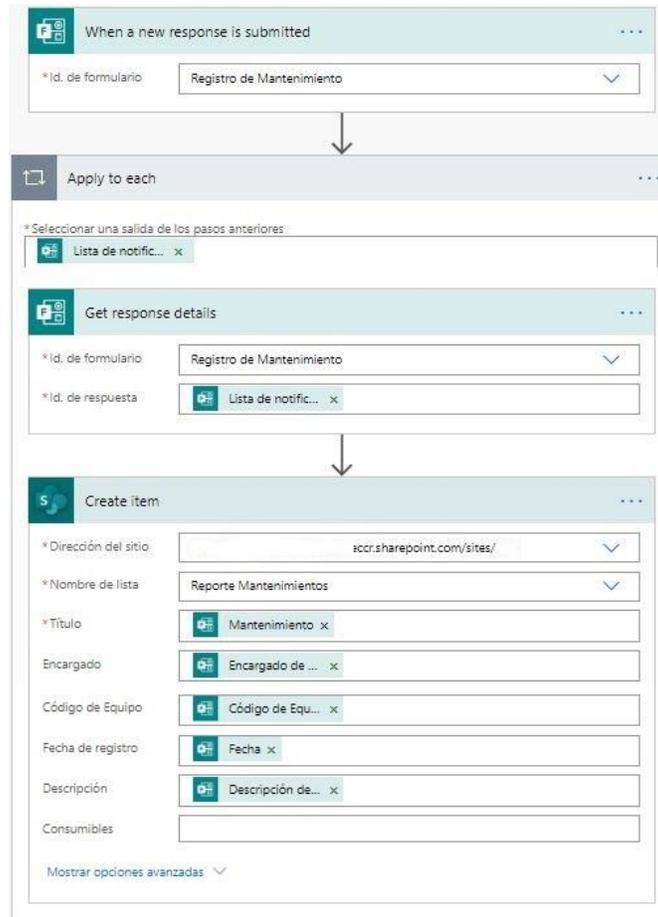


Figura 38. Flujo de información de la aplicación

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Flow)

A continuación, se muestra la tabla conectada desde Microsoft Access de escritorio a SharePoint, en la siguiente figura se representa de color anaranjado que indica conexión a SharePoint.

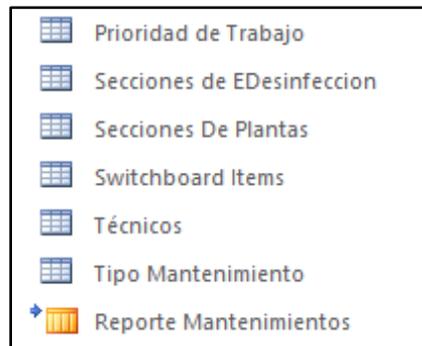


Figura 39. Tabla de Reporte de Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Access)

4.4. Análisis del alcance del software de Mantenimiento TRICOM

El AyA cuenta con el software de mantenimiento Tricom por lo que se analizara la posibilidad de utilizar este en la Dirección de Plantas Potabilizadoras en la GAM, específicamente en la Unidad de Control Electromecánico.

El software cuenta con diferentes módulos que se mencionaran a continuación:

- a. **Mantenimiento preventivo:** Tiene la capacidad de almacenar mantenimientos preventivos, referentes a lubricación, mantenimiento eléctrico, inspecciones. Se puede hacer una división de secciones y áreas, equipos y partes de mantenimiento. El software permite la programación del mantenimiento a partir de establecer frecuencias de mantenimiento, duración de las tareas y fecha de último mantenimiento.
- b. **Mantenimiento correctivo:** Permite registrar los fallos, además se pueden solicitar órdenes de trabajo las cuales se pueden asignar inmediatamente, borrar o modificar por los encargados de mantenimiento.
- c. **Registros de datos técnicos:** permite registrar los datos referentes a los equipos y componentes, para ser consultados individualmente o de manera filtrada para un componente en específico.
- d. **Historial de Equipo:** Módulo para almacenar todo lo referente al historial de mantenimiento, incluye tiempos de reparación y costos asociados. Permite generar reportes de los trabajos realizados, para el análisis de la información.
- e. **Manejo de bodega:** El software permite el registro de repuestos, mediante control de ubicaciones, máximos, mínimos, consumos anuales.
- f. **Índices de Mantenimiento de clase mundial:** Se pueden generar reportes con índices como Tiempo medio entre fallos, Tiempo medio de reparación, disponibilidad de equipos, costos versus producción, tiempos improductivos, no planeados vs. improductivos.

Como se mencionó anteriormente el software posee múltiples módulos para el registro y el manejo de información referente al mantenimiento, sin embargo por razón interna en la Dirección de Plantas Potabilizadoras no le fue posible a la Unidad de Control Electromecánico obtener a tiempo los permisos para la generación de la base de datos del programa, por esta razón el software no se implementa como parte de este proyecto, sin embargo, toda la información referente a los equipos así como a los planes de mantenimiento quedarán listos para que cuando decidan utilizar el programa se tenga acceso y se facilite la labor.

5. Plan Piloto de Mantenimiento

5.1. Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad se realizó siguiendo la metodología mostrada en el marco teórico, sin embargo, se modificaron algunos aspectos para hacer el análisis más congruente con los procesos que se realizan en la Dirección de Plantas Potabilizadoras del AyA en la GAM.

5.1.1. Definición del análisis

Se define un análisis que incluye los equipos de la Planta Potabilizadora de Tres Ríos, ya que es la planta de mayor producción actualmente y con gran cantidad de equipos. Se pretende estudiar esta y que sirva como base para el estudio de las demás plantas y de las estaciones de desinfección. En todas las plantas se desarrollan procesos de potabilización similares, los cuales incluyen equipos similares en funcionamiento, pero con diferencias en capacidad.

El nivel de análisis llega hasta equipos, puesto que la mayoría de estos no cuentan con subsistemas o elementos que deban estudiarse por separado, el estudio general del equipo es suficiente para determinar el impacto total en los procesos que permiten la potabilización del agua.

5.1.2. Definir Criticidad

Según el método de criticidad consultado, la criticidad se mide como el producto de la frecuencia de ocurrencia de fallos y la consecuencia de los fallos. Se realizó una modificación en las frecuencias de fallos y en dos de las seis áreas que miden las consecuencias, en el área de pérdidas de producción la cual inicialmente medía el impacto según costos por pérdidas de producción, se cambió por la medición según porcentajes de pérdidas en la producción, mientras que, en el área de impacto en instalaciones, la cual estaba basada en rangos de costos, incluyendo costos de reparación y reposición, se cambió a medir cualitativamente el costo.

Los cambios se realizaron debido a que no se tiene un registro que permita establecer cuantitativamente los impactos antes descritos.

Frecuencias		
Frecuencia de fallos	Frecuencia de fallos por año	
	Categoría	Interpretación
	5	Mas de 3 veces al año
	4	Entre 1 y 3 veces al año
	3	Una vez en 3 años,
	2	Una vez en 5 años
1	Menos de 1 vez en 5 años	
Consecuencias		
Daños al personal	Categoría	Interpretación
	5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o mas miembros de la empresa
	4	Incapacidad parcial, permanernte, heridas severas o enfermedades o enfermedades en uno o mas miembros de la empresa
	3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación, requieren suspensión laboral.
	2	El personal de la empresa requiere tratamientos médico o primeros auxilios
	1	Sin impacto en el personal de la empresa
Efecto en la población	Categoría	Interpretación
	5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o mas miembros de la comunidad
	4	Incapacidad parcial, permanernte, dños o enfermedades en por lo menos un miembro de la población
	3	Puede resultar en la hospitalización de por lo menos 3 personas
	2	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios
	1	Sin efecto en la población
Impacto Ambiental	Categoría	Interpretación
	5	Daños irreversibles en el ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales
	4	Daños irreversibles en el ambiente, peor que no violen regulaciones y leyes ambientales
	3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones, la restauración puede ser acumulada
	2	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones
	1	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones
Pérdida de producción	Categoría	Interpretación
	5	Pérdida de producción superiores al 75%
	4	Pérdida de producción entre el 50% y el 74%
	3	Pérdida de producción entre el 25% y el 49%
	2	Pérdida de producción entre el 10% y el 24%
	1	Perdida de producción menor a 10%
Daños a la instalación	Categoría	Interpretación
	5	Costos de reparación Muy Elevados
	4	Costos de repacion Elevados
	3	Costos de reparación Medios
	2	Costos de repación Bajos
	1	Costos de reparación Muy Bajos

Figura 40. Criterios para el análisis de criticidad de equipos

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2016)

5.1.3. Cálculo de criticidad

Tomando en cuenta los cambios antes mencionados se procedió a establecer los valores en las áreas de análisis, para esto se consultó al jefe de mantenimiento y a los técnicos, con el fin de tener un criterio más amplio sobre los puntos que deben analizarse.

Para facilitar los cálculos se creó una hoja en Excel 2016 donde se colocaron los valores correspondientes para cada equipo de la planta potabilizadora. A continuación, se muestra una imagen con la aplicación del análisis para la planta potabilizadora de Tres Ríos.

Equipo	Código	Proceso	Frecuencia	Impacto al personal	Impacto en la población	Impacto ambiental	Impacto en la producción	Impacto en la Instalación	Impacto total	Criticidad
BOMBA DE CLORACIÓN 1	01-01-070-BCL01	Desinfección	4	1	3	2	5	3	14	56
BOMBA DE CLORACIÓN 2	01-01-0700-BCL02	Desinfección	4	1	3	2	5	3	14	56
BOMBA DE CLORACIÓN 3	01-01-0700-BCL03	Desinfección	4	1	3	2	5	3	14	56
BOMBA DOSIFICADORA POLÍFERO	01-01-040-BDP01	Dosificación	4	1	1	2	5	5	14	56
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO OROSI 1	01-01-040-BDS01	Dosificación	4	1	1	2	3	5	12	48
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO OROSI 2	01-01-040-BDS02	Dosificación	4	1	1	2	3	5	12	48
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO TIRIBÍ 1	01-01-040-BDS03	Dosificación	4	1	1	2	3	5	12	48
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO TIRIBÍ 2	01-01-040-BDS05	Dosificación	4	1	1	2	3	5	12	48
GENERADOR ELÉCTRICO	01-01-140-GNE01	Control eléctrico	3	2	1	1	3	5	12	36
BOMBA LAVADO DE ESTRUCTURAS	01-01-050-BLE01	Filtración	3	1	1	1	3	4	10	30
BOMBA LIMPIEZA FILTRO 1	01-01-060-BLF01	Filtración	3	1	1	1	3	4	10	30
BOMBA LIMPIEZA FILTRO 2	01-01-060-BLF02	Filtración	3	1	1	1	3	4	10	30
VARIADOR BOMBA SULFATO	01-01-040-VFD01	Dosificación	3	1	1	1	3	3	9	27
VARIADOR BOMBA SULFATO 2	01-01-040-VFD02	Dosificación	3	1	1	1	3	3	9	27
VARIADOR MOTORES BOMBEO A TANQUE	01-01-140-VFD03	Suministro	3	1	1	1	3	3	9	27
TECLE ELÉCTRICO	01-01-070-TCE01	Desinfección	3	2	1	1	2	3	9	27
ELEVADOR SACOS DE SULFATO	01-01-040-ESS01	Desinfección	3	2	1	1	2	3	9	27
BOMBA DE SUMINISTRO TH	01-01-140-BSI03	Suministro	3	1	1	1	2	3	8	24
MOTOR REMOVEDORA DE LODOS 1	01-01-050-RML01	Sedimentación	3	1	1	1	2	3	8	24
MOTOR REMOVEDORA DE LODOS 2	01-01-050-RML02	Sedimentación	3	1	1	1	2	3	8	24
MOTOR REMOVEDORA DE LODOS 3	01-01-050-RML03	Sedimentación	3	1	1	1	2	3	8	24
BOMBA MUESTREO SALIDA	01-01-070-BMU01	Desinfección	3	1	1	1	2	3	8	24
BOMBA MUESTREO OROSI 1	01-01-030-BMU02	Desinfección	3	1	1	1	2	3	8	24
BOMBA MUESTREO OROSI 2	01-01-030-BMU03	Desinfección	3	1	1	1	2	3	8	24
BOMBA MUESTREO TIRIBÍ 1	01-01-030-BMU04	Desinfección	3	1	1	1	2	3	8	24
BOMBA MUESTREO TIRIBÍ 2	01-01-030-BMU05	Desinfección	3	1	1	1	2	3	8	24
COMPRESOR TANQUE HIDRONEUMÁTICO	01-01-140-COP01	Suministro	2	1	1	1	2	3	8	16
TANQUE HIDRONEUMÁTICO	01-01-140-TAH01	Suministro	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 1	01-01-040-MAS01	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 2	01-01-040-MAS02	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 3	01-01-040-MAS03	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 4	01-01-040-MAS04	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 5	01-01-040-MAS05	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 6	01-01-040-MAS06	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 7	01-01-040-MAS07	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 8	01-01-040-MAS08	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 9	01-01-040-MAS09	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
MOTOR AGITADOR SULFATO 10	01-01-040-MAS10	Dosificación	2	1	1	1	2	3	8	16
BOMBA TANQUE ELEVADO 1	01-01-140-BSI01	Suministro	2	1	1	1	2	3	8	16
BOMBA TANQUE ELEVADO 2	01-01-140-BSI02	Suministro	2	1	1	1	2	3	8	16

Figura 41. Cálculo de criticidad de equipos, Planta Potabilizadora Tres Ríos

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

5.1.4. Análisis de resultados

Una vez realizado el análisis se concluyó que existen equipos clasificados en las tres categorías de criticidad baja, media y alta. Se obtuvo que la mayoría de los equipos pertenecen a la categoría baja, varios a la categoría media y unos cuantos a la categoría alta. Será importante enfocarse en los equipos de criticidad media y alta a la hora de establecer acciones o planes de mantenimiento.

En la Figura 42 se muestran los resultados del Análisis de Criticidad de equipos de forma gráfica.

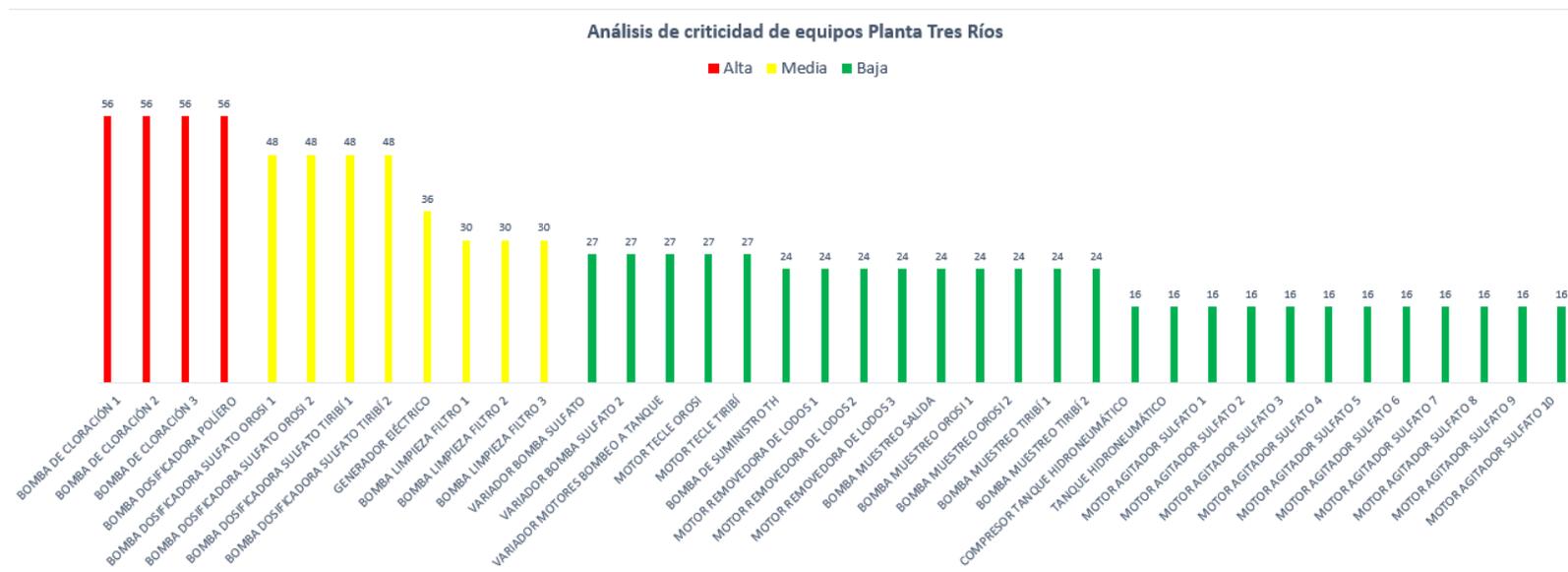


Figura 42. Resultados del análisis de criticidad Planta Potabilizadora Tres Ríos

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

5.1.4.1. Bombas de cloración

Las bombas utilizadas para la cloración en el proceso de desinfección del agua son los equipos que representan una criticidad mayor, esto debido principalmente a que tienen ciclos de trabajo muy altos, más de 500 horas al mes, lo cual provoca que las frecuencias de fallos aumenten, además en la mayoría de plantas y estaciones de desinfección no se cuenta con un respaldo de estos equipos por lo tanto en relación con el impacto a la producción se clasifica en categoría 5 por presentarse pérdidas mayores al 75%, finalmente los equipos analizados estos son los que representan más riesgo para la población, porque de no realizarse la desinfección del agua, se expondría la población al consumo de agua con una serie de microorganismos perjudiciales para la salud.

5.1.4.2. Bombas Dosificadoras de Polímero

Las bombas dosificadoras de polímero se utilizan en algunas de las plantas de potabilización, el polímero es utilizado cuando los niveles de turbiedad son muy altos, ayudan a la floculación. Las bombas son utilizadas principalmente en invierno donde las aguas crudas ingresan a las plantas con alto grado de suciedad, por esta razón existen periodos en los que no se utilizan. El principio de funcionamiento de estos equipos es igual que el de las bombas dosificadoras de Sulfato de Aluminio y en el AyA se utilizan Bombas de membrana en este caso la criticidad resulta alta debido principalmente a que no se tiene un equipo de respaldo para este equipo por lo tanto un paro puede afectar la producción considerablemente.

5.1.4.3. Bombas de limpieza de Filtros

La limpieza de filtros es una actividad que se realiza con cierta periodicidad para asegurar que los filtros trabajen de forma correcta. Para esta actividad se utilizan Bombas que hacen pasar agua en dirección contraria al flujo de filtración. En el análisis se obtuvo que estas bombas alcanzan una clasificación de criticidad media.

5.1.4.4. Generador Eléctrico

En la Planta Potabilizadora de Tres Ríos y en algunas de las plantas de mayor producción se tiene como respaldo un generador eléctrico en caso de un corte en el fluido eléctrico de la red, este equipo se clasificó en criticidad media.

5.1.4.5. Variadores de frecuencia

A pesar de que un fallo en los variadores de frecuencia utilizados para las bombas de suministro de agua a las instalaciones y a las bombas dosificadoras de Sulfato de aluminio causarían un paro del funcionamiento de estos, se clasifican en medio según el análisis, esto debido a que en ambos procesos se tienen equipos de respaldo, además, la frecuencia de fallos no es alta en este tipo de equipos; y el impacto en la instalación no se considera alto.

5.1.4.6. Tecles Eléctricos

La criticidad para estos equipos resulta baja sin embargo, se le debe dar seguimiento a su estado de funcionamiento, debido a que un fallo en los mismos podría causar daños a las instalaciones o al personal.

5.1.4.7. Bombas de Suministro y Muestreo

Las bombas utilizadas para el suministro de agua a las instalaciones representan alta importancia para mantener la higiene y salubridad en las instalaciones, mientras que las bombas de muestreo se utilizan para tomar muestras del agua procesada y verificar que cumple con los parámetros establecidos. A pesar de lo mencionado estos equipos se clasifican en criticidad baja, principalmente porque su frecuencia de fallos es baja y el impacto en la producción mínimo.

5.1.4.8. Motores para Remover lodos

En la Planta Tres Ríos a diferencia de las otras Plantas se utiliza un sistema de remoción de lodos, los sistemas consisten en un motor acoplado a una caja reductora de velocidad y por medio de una transmisión por cadena mueve unas palas en el fondo de los tanques para remover el lodo depositado en el fondo de estos por el proceso sedimentación. Con el análisis de criticidad se clasificó estos sistemas en baja criticidad.

5.1.4.9. Motores agitadores de Sulfato de Aluminio

Los motores agitadores se utilizan para asegurar y agilizar la disolución del sulfato de Aluminio que se suministra al agua para la floculación, estos cuentan con paletas que permiten la agitación. Los motores no representan un impacto alto en producción y la frecuencia de fallos es muy baja, por esto se clasifican en criticidad baja.

5.2. Impacto en la Producción

A continuación, se muestra una tabla donde se refleja el impacto en la producción que tienen los equipos se clasifican como bajo, medio y alto impacto. En la tabla se muestran los resultados para los equipos de la Planta Potabilizadora Tres Ríos.

Tabla 10. Impacto en producción de equipos, Planta Potabilizadora Tres Ríos

Equipo	Impacto en Producción	Equipo	Impacto en Producción
BOMBA DE CLORACIÓN 1	Alto	MOTOR AGITADOR SULFATO 5	Bajo
BOMBA DE CLORACIÓN 2	Alto	MOTOR AGITADOR SULFATO 6	Bajo
BOMBA DE CLORACIÓN 3	Alto	MOTOR AGITADOR SULFATO 7	Bajo
BOMBA DOSIFICADORA POLÍERO	Alto	MOTOR AGITADOR SULFATO 8	Bajo
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO OROSI 1	Medio	MOTOR AGITADOR SULFATO 9	Bajo
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO OROSI 2	Medio	MOTOR AGITADOR SULFATO 10	Bajo
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO TIRIBÍ 1	Medio	MOTOR REMOVEDORA DE LODOS 1	Bajo
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO TIRIBÍ 2	Medio	MOTOR REMOVEDORA DE LODOS 2	Bajo
BOMBA LIMPIEZA FILTRO 1	Medio	MOTOR REMOVEDORA DE LODOS 3	Bajo
BOMBA LIMPIEZA FILTRO 2	Medio	VARIADOR BOMBA SULFATO 1	Bajo
BOMBA LIMPIEZA FILTRO 3	Medio	COMPRESOR TANQUE HIDRONEUMÁTICO	Bajo
GENERADOR ELÉCTRICO	Medio	BOMBA DE SUMINISTRO TH	Bajo
VARIADOR BOMBA SULFATO 1	Medio	BOMBA TANQUE ELEVADO 1	Bajo
VARIADOR BOMBA SULFATO 2	Medio	BOMBA MUESTREO OROSI 1	Bajo
VARIADOR MOTORES BOMBEO A TANQUE	Medio	BOMBA MUESTREO OROSI 2	Bajo
MOTOR AGITADOR SULFATO 1	Bajo	BOMBA MUESTREO TIRIBÍ 1	Bajo
MOTOR AGITADOR SULFATO 2	Bajo	BOMBA MUESTREO TIRIBÍ 2	Bajo
MOTOR AGITADOR SULFATO 3	Bajo	TECLE OROSI	Bajo
MOTOR AGITADOR SULFATO 4	Bajo	ELEVADOR SACOS DE SULFATO	Bajo

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10. se muestra el impacto en producción que puede causar el fallo de los equipos, en este caso se muestra para la Planta Potabilizadora Tres Ríos, pero debido a la similitud en procesos este análisis se puede extender a las demás plantas. Se puede observar que en muchos de los equipos el impacto en producción coincide con la criticidad total del equipo al aplicar el cálculo anterior.

5.3. Estrategias de mantenimiento

5.3.1. Antecedentes

Hasta el momento en la Unidad de Control Electromecánico de la Dirección de plantas Potabilizadoras, no se tiene una estrategia definida para el mantenimiento, la mayoría de las tareas de mantenimiento son de carácter correctivo, destinando tan solo un 20% de la carga de trabajo de los técnicos de la unidad, donde las actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo son muy básicas.

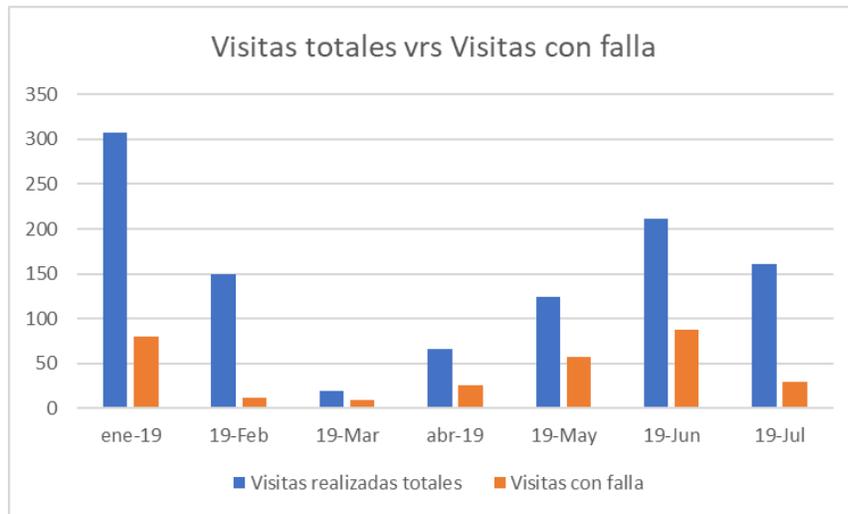


Figura 43. Comparación de visitas realizadas y visitas con fallos, I semestre 2019

Fuente: Unidad de Control Electromecánico, Dirección de Plantas Potabilizadoras AyA GAM

En la Figura 43 se muestra el total de visitas realizadas y la cantidad de visitas con fallos en los sistemas, analizando los valores se obtiene que la disponibilidad promedio de los sistemas para el periodo mostrado fue de 68%.

Según información brindada por la Unidad de Control Electromecánico el promedio de visitas realizadas según la programación para el mismo periodo fue de 20%, debido principalmente a que se utilizó el tiempo para atender imprevistos que impidieron realizar las visitas en las fechas establecidas.

5.3.2. Mantenimientos Previos

A pesar de que se lleva el registro de fallos, estos no se tienen clasificados, por lo que para implantar una estrategia se deberá partir de cero en cuanto al análisis de fallas presentadas. El uso

de reportes de mantenimiento y solicitudes de órdenes de trabajo ayudará a la Unidad a llevar un registro más riguroso, que pueda servir en el futuro para implementar algún estudio de fallas.

5.3.3. Selección de la Estrategia

En la Tabla 11 se muestran las estrategias seleccionadas para atender los sistemas y equipos en la Planta Potabilizadora de Tres Ríos. Las estrategias fueron seleccionadas luego de establecer el análisis de criticidad de los equipos.

Tabla 11. Estrategia de mantenimiento

Equipo	Estrategia		
	Preventiva	De alta disponibilidad	Predictiva
Bombas de cloración	✓	✓	
Bombas dosificadoras de sulfato	✓		✓
Bombas dosificadoras de Polímero	✓		✓
Bomba de limpieza de filtros 1	✓		
Bomba de suministro a TH	✓		
Compresores	✓		
Removedores de lodo	✓		
Motores Agitadores	✓		
Bombas para muestro	✓		
Tecles	✓		
Tanques Hidroneumáticos	✓		
Paneles de Control	✓		
Generador Eléctrico	✓		
Variadores de Frecuencia	✓		

Fuente: Elaboración propia

5.3.3.1. Estrategia preventiva

Esta fue seleccionada para la mayoría de los equipos y consistirá en el planeamiento de actividades destinadas a prevenir y reducir las incidencias de fallos en los equipos, para seguir esta estrategia deberá establecerse un plan de mantenimiento preventivo.

5.3.3.2. Estrategia de alta disponibilidad

En el caso de las bombas de cloración, además de mantenimiento preventivo se escogió esta categoría debido a que fueron determinados como los equipos con mayor criticidad en los procesos productivos, porque impactan en más del 75% la producción. La estrategia consistirá en realizar recambios de piezas con cierta periodicidad sin importar la condición de estas, esto para garantizar el funcionamiento continuo, para lograr una disponibilidad mayor al 90%.

5.3.3.3. Estrategia predictiva

Para las bombas dosificadoras de sulfato y las de Polímero se incluyó además de la estrategia preventiva, la estrategia predictiva. La determinación de esta clasificación se basa principalmente en actividades como el cambio de aceites, actividad perteneciente a la estrategia preventiva sin embargo, en este caso puede resultar de gran utilidad incluir la estrategia predictiva mediante el análisis del aceite, con el fin de que sirva para reducir o incrementar los periodos de los cambios. El análisis de aceites permite ahorrar dinero en caso de que se determine que las frecuencias de recambios pueden disminuir o aumentar la confiabilidad de los equipos en caso de que se determine que las frecuencias de recambios deban incrementarse. Además, mediante esta técnica se puede detectar problemas en los sistemas de transmisión de los equipos y prevenir posibles fallas.

5.3.4. Revisión de la estrategia

Una vez que se implementa la estrategia seleccionada, será de gran importancia revisarla luego de transcurrido cierto tiempo apropiado, con el fin de evaluar el desempeño de esta y determinar cambios o mejoras. El encargado deberá analizar el desempeño de los sistemas y determinar si las estrategias seleccionadas han sido efectivas o no.

6. Plan de mantenimiento Preventivo

Debido a que no se tenían procedimientos para ejecutar tareas de mantenimiento preventivo, no se pudo obtener información referente a tareas de mantenimiento realizadas a los sistemas por parte de los colaboradores, a excepción de algunas labores básicas como inspecciones y medición de parámetros de operación. Por lo que para el establecimiento del plan de mantenimiento se partió de recuperar información por medio de hojas de datos y manuales de equipos con el fin de obtener recomendaciones de fabricantes.

6.1. Alcance del Plan

En el plan se incluye a la mayoría de los equipos presentados en el análisis de criticidad de la sección anterior, sin embargo, se da prioridad a los equipos en los que la criticidad es alta. Dependiendo de la criticidad se asignan tareas y frecuencias que deban seguirse para cumplir con los requerimientos según especificaciones de fabricantes a determinadas condiciones de operación.

6.2. Encargados del Mantenimiento

La mayoría de las tareas son encargadas a los técnicos de la Unidad de Control Electromecánico sin embargo, en el plan se asignan ciertas tareas a los operarios de algunos de los equipos, con el objetivo de que se implemente mantenimiento autónomo. Esto debido a que es conveniente que los operarios realicen frecuentemente inspecciones de funcionamiento y limpiezas, asignarlas a los técnicos de mantenimiento no resulta viable, además se toman en cuenta los costos en movilidad que resultan de las visitas a las plantas potabilizadoras.

6.3. Presupuesto de mantenimiento

En la sección 9 se presenta el análisis de costos asociados al plan de mantenimiento preventivo a partir de la cuantificación de costos por actividades referentes a tiempo de mano de obra, costos de insumos y repuestos, capacitación, entre otros que se incluyen. En base a este análisis se puede estimar el presupuesto requerido por planta potabilizadora para atender el mantenimiento.

6.4. Actividades y Tareas Establecidas

A partir de información de manuales de operación y mantenimiento, así como la opinión tomada a los técnicos y el jefe de mantenimiento se establecieron las tareas que deban realizarse. Se analizó cada caso en particular con el objetivo de que las actividades atendieran de forma justa a cada equipo y conforme a su criticidad, de forma que no incurriera en sobre mantenimiento de los equipos.

Para las tareas se generó una hoja de mantenimiento que consiste en un documento con una lista de actividades que deban realizarse, incluyendo inspecciones periódicas y sus frecuencias, además de información visual por medio de ilustraciones para facilitar la ejecución de las tareas.

En algunas de las hojas se indica incluso medidas de seguridad, para asegurar la integridad física de los encargados, se indica los equipos de protección requeridos y equipo especial según las actividades que van a realizarse. Las hojas se incluyeron en la información a la que puede acceder el usuario por medio del scanner de códigos QR.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Compresor Ingersoll Rand 01-01-140-COP01 	
SEMANALMENTE	
ACTIVIDAD	
1	Verifique que hay escapes de aceite
2	Revise el nivel del lubricante. Rellene según sea necesario (Apagado)
3	Pruebe la válvula de drenaje para verificar que funcione correctamente. Limpiar si es necesario (Apagado)
4	Vacíe el condensado del tanque receptor (si no hay un dispositivo de drenaje automático). Abra la válvula de drenaje manual, recoja y disponga del líquido condensado según corresponda. (Apagado)
5	Inspeccione el o los elementos del filtro de aire. Limpie si es necesario (Apagado)
6	Asegúrese de que las guardabandas y las cubiertas estén bien sujetas en su lugar. (Apagado)
7	Compruebe que el área alrededor del compresor esté libre de trapos, herramientas, escombros y materiales inflamables o explosivos (Apagado)
8	Observe la operación de las válvulas de seguridad/desahogo mientras el compresor está funcionando. Reemplace las válvulas de seguridad/desahogo que no funcionen libremente. (Encendido)
9	Verifique si hay vibraciones y ruidos inusuales (Encendido)
MENSUALMENTE	
ASEGURESE DE QUE EL EQUIPO ESTA APAGADO Y DESENERGIZADO	
ACTIVIDAD	
1	Revise el apriete de los tornillos y pernos. Vuelva a apretar si es necesario.
2	Limpie la válvula de drenaje
3	Revise las correas de transmisión. Ajuste si es necesario
4	Limpie el exterior
5	Verificar si existen fugas
CADA 500 HORAS DE OPERACIÓN (SEGÚN EL TRABAJO ACTUAL APOXIMADAMENTE CADA 6 MESES)	
ACTIVIDAD	
1	Cambie el lubricante de petróleo mientras el cárter esté tibio
2	Vacíe el aceite del compresor y limpie el visor del aceite
3	Reemplace el elemento de filtro

Figura 44. Hoja de Mantenimiento Preventivo Compresor 01-01-140-COP01

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

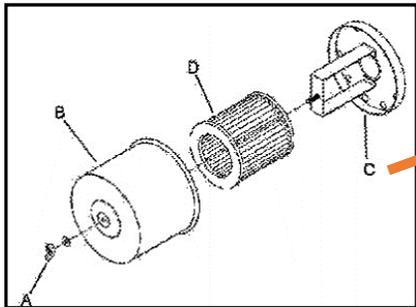
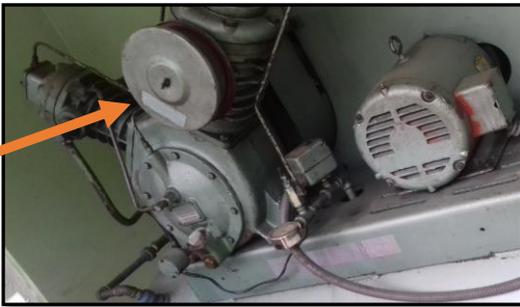
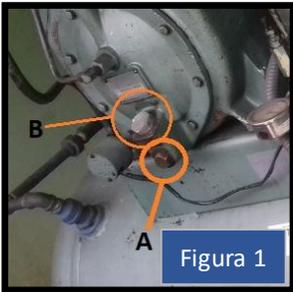
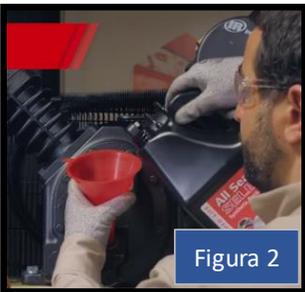
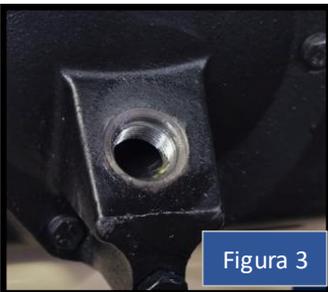
Compresor Ingersoll Rand 01-01-140-COP01	
INSTRUCCIONES PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	
Equipo requerido para las tareas de mantenimiento	
1. Llave ajustable 2. Alicates 3. Embudo (Para cambio de aceite) 4. Recipiente colector (Para cambio de aceite)	5. Lentes de seguridad 6. Guantes a prueba de cortes 7. Zapatos con punta de acero
INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DEL FILTRO	
ACTIVIDAD	
1	Destornille y saque la tuerca mariposa (A) que fija la caja del filtro (B) a su base (C).
2	Saque la caja del filtro y retire el elemento de filtro antiguo (D). Limpie el elemento con un chorro de aire o un aspirador.
3	Reinstale el elemento de filtro y la caja apretando la tuerca mariposa
 	
Antes de realizar mantenimiento asegúrese de aliviar la presión de aire y de que el equipo está desenergizado	
CAMBIO DEL LUBRICANTE	
ACTIVIDAD	
1	Saque el tapón (B) y el de drenaje de aceite (A) y deje que el lubricante se vacíe en un contenedor adecuado (Figura 1)
2	Coloque el tapón (A). Llene la cámara con aceite adecuado, utilizando un embudo (Figura 2), hasta que el nivel llegue a la base del tapón de llenado. (Figura 3)
3	Coloque el tapón (B). Limpie las superficies. Disponga el aceite retirado de forma segura siguiendo normas locales
  	

Figura 45. Hoja de Mantenimiento Preventivo Compresor 01-01-140-COP01 (continuación)

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

Equipo	Código	Frecuencia	Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Bomba de cloración 1	01-01-070-BCL01	Díaria	verificación de presiones y correcto funcio	[Orange]															
		Mensual	Inspección mensual / limpieza	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Anual	Inspección Anual	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Bianual	Desarme y Cambio de sello mecánico	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		3 años	Cambio de rodamientos	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
Bomba de cloración 2	01-01-070-BCL02	Díaria	verificación de presiones y correcto	[Orange]															
		Mensual	Inspección mensual / limpieza	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Anual	Inspección Anual	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Bianual	Desarme y Cambio de sello mecánico	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		3 años	Cambio de rodamientos	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
Bomba de cloración 3	01-01-070-BCL03	Díaria	verificación de presiones y correcto	[Orange]															
		Mensual	Inspección mensual / limpieza	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Anual	Inspección Anual	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Bianual	Desarme y Cambio de sello mecánico	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		3 años	Cambio de rodamientos	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS01	Díaria	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		1,5 Años	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Bianual	Limpieza o reparación de las Válvulas	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS02	Díaria	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										
		Bianual	Limpieza o reparación de las Válvulas	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]										

Figura 46. Sección del Plan Anual de Mantenimiento Preventivo, Planta Potabilizadora Tres Ríos

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

En la Figura 46 se muestra el plan de mantenimiento anual para las bombas de cloración, bombas dosificadoras de sulfato y la bomba dosificadora de polímero, de la misma forma se programó para los demás equipos incluidos en el plan, para ver refiérase al apéndice 5. Las tareas marcadas con color celeste son propuestas para ser ejecutadas por los operarios como incorporación de mantenimiento autónomo.

6.5. Requisitos para implementar el plan

6.5.1. Instrumentos, Consumibles y Repuestos

Una vez establecido el plan se elaboró la lista con los materiales y repuestos necesarios para las actividades asignadas. En la Figura 47, se muestra una tabla con los repuestos requeridos para el plan propuesto en la Planta Potabilizadora Tres Ríos, así como las frecuencias con la que serán utilizados.

Para cumplir con las actividades propuestas en el plan de mantenimiento preventivo se requieren algunos instrumentos que actualmente no se tienen en la Unidad de Control Electromecánico. En la siguiente tabla se indica los instrumentos requeridos.

Tabla 12. Instrumentos y Equipos Requeridos por Adquirir

Instrumento o equipo	Cantidad	Proceso
Pistolas Engrasadoras	2	Lubricación con grasa
Medidor de Aislamiento	1	Verificación del estado de aislamiento
Llave de Gancho	2	Inspección de válvulas en bombas dosificadoras
Embudos flexibles	2	Lubricación por cambio de aceite
Galgas de Calibración	2	Ajuste de frenos en teclas
Torquímetro	2	Control de par de Apriete

Fuente: Elaboración Propia

6.5.1. Capacitación

Entre los puntos importantes que deben tomarse en cuenta dentro del plan se encuentran: la capacitación, la cual debe estar enfocada en que las actividades de mantenimiento se realicen de forma segura para el personal y el ambiente, además de que estas se desarrollen con prácticas de calidad para asegurar la funcionalidad de los equipos. El jefe de mantenimiento deberá revisar el plan y establecer la capacitación requerida para las actividades, un ejemplo de capacitación a ~~incluir~~ es el uso de medidores de aislamiento, para cumplir con las actividades establecidas en el plan para el mantenimiento de las bombas de cloración .

Equipo	Marca	Modelo	sistema	Parte	código de Repuesto	Cantidad	Frecuencia de uso
Bombas de cloración	Goulds	SSH	Bomba	Sello Mecánico	10K13	3	CADA AÑO
			Motor	Rodamiento	6207	3	CADA 3 AÑOS
				Rodamiento	6203	3	CADA 3 AÑOS
Bombas de membrana ProMinent	Prominent	Makro 5	Membrana	Juego de recambios: 1 membrana 1 válvula aspiración 1 válvula de impulsión 2 placas de válvula y resorte	cód referencia 108174	4	CADA 2 AÑOS
			válvulas				
			lubricación				
Bomba de membrana Mill Roy	Milton Roy	MilRoyal C	lubricación	Aceite	Tipo A	20 Litros	6 MESES
				Filtro	--	1	
			válvulas	junta tórica	pieza 230	2	
				Anillo de respaldo	pieza 240	2	
			Diafragma	junta tórica	pieza 360	1	
				Anillo de respaldo	Pieza 400	1	
				junta tórica	pieza 410	1	
				junta tórica	pieza 430	1	
				Membrana	pieza 380	2	
	pieza 390	1					
Bomba de limpieza de filtros 1	Goulds	SSH	Bomba	Sello Mecánico	10K13	1	CADA 1,5 AÑOS
Bomba de suministro a TH	Goulds	SSH	Bomba	Sello Mecánico	10K13	1	CADA 1,5 AÑOS
Compresor	Ingersoll Rand	7172-10E3	Compresión	Aceite	Aceite base de petróleo	1 litros	6 MESES
			Filtración	Filtro	--	1	
Removedoras de lodo	regal	CBN	Reducción	Aceite	mobilgear	5 litros	CADA 1,5 AÑOS
			Transmisión	Grasa	grasa para rodamiento	600 gramos	6 MESES
Motores Agitadores	Leeson	C6T17FC210C	Motor	Pintura	Anticorrosiva	1/4 galon	CADA AÑO
				Disolvente	Thinner	1 galon	
Bomba muestreo 1	Goulds	GT10	Bomba	Sello Mecánico	10K10	1	CADA 1,5 AÑOS
Bomba muestreo 3	Goulds	JRS	Bomba	Sello Mecánico	10K10	1	CADA 1,5 AÑOS
Bomba muestreo 4 y 5	Pedrollo	PKm 60	Bomba	Sello Mecánico	--	1	CADA 1,5 AÑOS
Teclé	Lodestar	635	Interruptor	Aceite	Aceite de máquina	5 ml	CADA AÑO

Figura 47. Stock mínimo para implementar el plan de mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia Microsoft Excel 2016

7. Modelo de gestión

El modelo de gestión propuesto está basado en sistemas de gestión de calidad según la Norma ISO 9001-2000, se compone de 6 bloques y se muestra en la Figura 51. A continuación, se describe cada bloque y su función dentro del modelo, pero antes en la siguiente imagen se muestra la simbología utilizada.

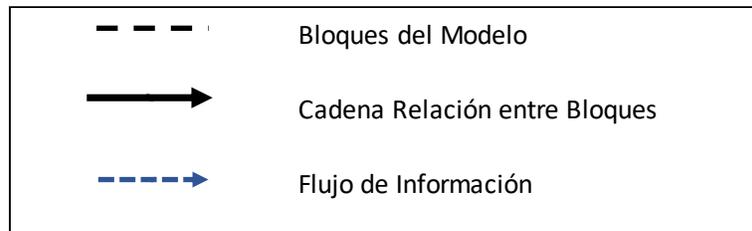


Figura 48. Simbología del Modelo de Gestión

7.1. Bloque 1: Planificación y Programación

Este bloque hace referencia a los métodos o estrategias que se adopten para la búsqueda de mantener los sistemas funcionando de la mejor manera y toma en cuenta los tipos de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, que se deben establecer a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de asegurar la confiabilidad de los sistemas.

Para cumplir con este bloque dentro de la Unidad de Control Electromecánico se debe estandarizar el proceso de programación de actividades para la respectiva revisión y aprobación del presupuesto solicitado por parte de la gerencia, en la siguiente figura se muestra un diagrama de flujo propuesto a seguir para la programación del mantenimiento preventivo.

En el diagrama se toma en cuenta a la unidad de producción como punto de partida, debido a que las actividades deberán establecerse tomando en cuenta los planes de producción, para que no exista inconvenientes entre unidades a la hora de ejecutar las labores de mantenimiento.

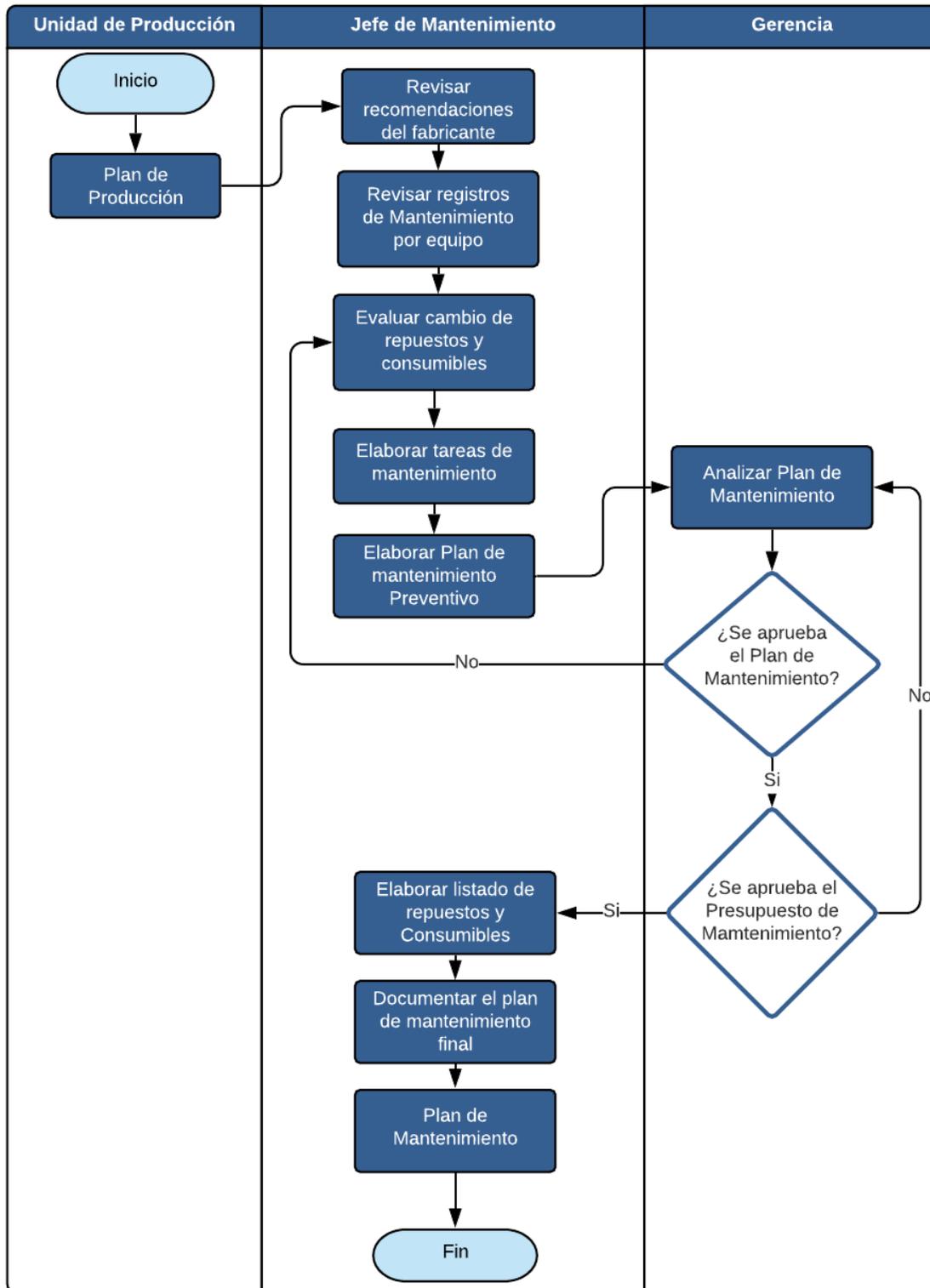


Figura 49. Diagrama de Flujo para Establecer el Plan de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia (Lucidchart)

7.2. Bloque 2: Soportes

El bloque 2 está directamente relacionado con el 1 y está compuesto por el departamento de Recursos Humanos y Soporte Técnico, además incluyendo gerencia general, técnicos electromecánicos, gestión administrativa, siendo estos indispensables para la ejecución de las estrategias de mantenimiento propuestas, y deben tener una comunicación efectiva. Como se observa en el diagrama de la Figura 49 uno de los apartados corresponde a la gerencia, quienes son parte de los soportes y se encargarán de dar o no el visto bueno a los planes y el presupuesto solicitado.

7.3. Bloque 3: Instrumentos

En este bloque se ubican los medios o instrumentos que permitirán la recolección de la información referente a las revisiones y registros de fallas y el encargado debe ser el Jefe de Mantenimiento de la Unidad de Control Electromecánico, dentro de los instrumentos se encontrarán las listas de chequeo y las bases de datos donde deben ser incluidos los documentos e información. Se proyecta que el software TRICOM sea parte de este bloque y ayude al almacenamiento de los datos referentes a las tareas de mantenimiento, así como que permita la evaluación de resultados directamente.

7.4. Bloque 4: Evaluación

Este bloque comprende un apartado importante dentro del modelo, debido a que la forma de conocer los resultados es mediante la utilización de alguna herramienta o método de evaluación, en la siguiente sección de este documento, se presenta un Cuadro de Mando Integral donde se establecen indicadores para evaluar el desempeño de la Unidad de Control Electromecánico a partir del establecimiento de objetivos que deben cumplirse.

En este bloque se deben incluir las tareas de mantenimiento y el seguimiento de estas mediante el registro de la información correspondiente a los resultados obtenidos, si no se tiene el registro correcto de los datos no será posible la evaluación del desempeño. Dentro de este proceso se verán involucrados los técnicos electromecánicos y operarios quienes deberán registrar los resultados mediante el uso de herramientas como listas de chequeo y reportes de mantenimiento, además el Jefe de Mantenimiento deberá realizar un seguimiento riguroso de las actividades con el fin de que no se pierda información durante el proceso.

7.5. Bloque 5: Control y Seguimiento

Como se mencionó anteriormente es importante dar seguimiento al modelo y este bloque depende del trabajo realizado en los bloques 3 y 4, mediante instrumentos de medición y la evaluación se podrá llevar un control y seguimiento de los datos para convertirlos en información y así comparar resultados obtenidos con los deseados.

Este bloque es de suma importancia dentro del modelo y permitirá la modificación o eliminación de aquellas herramientas o metodologías que no estén dando los mejores resultados dentro del modelo, es la base del mejoramiento continuo.

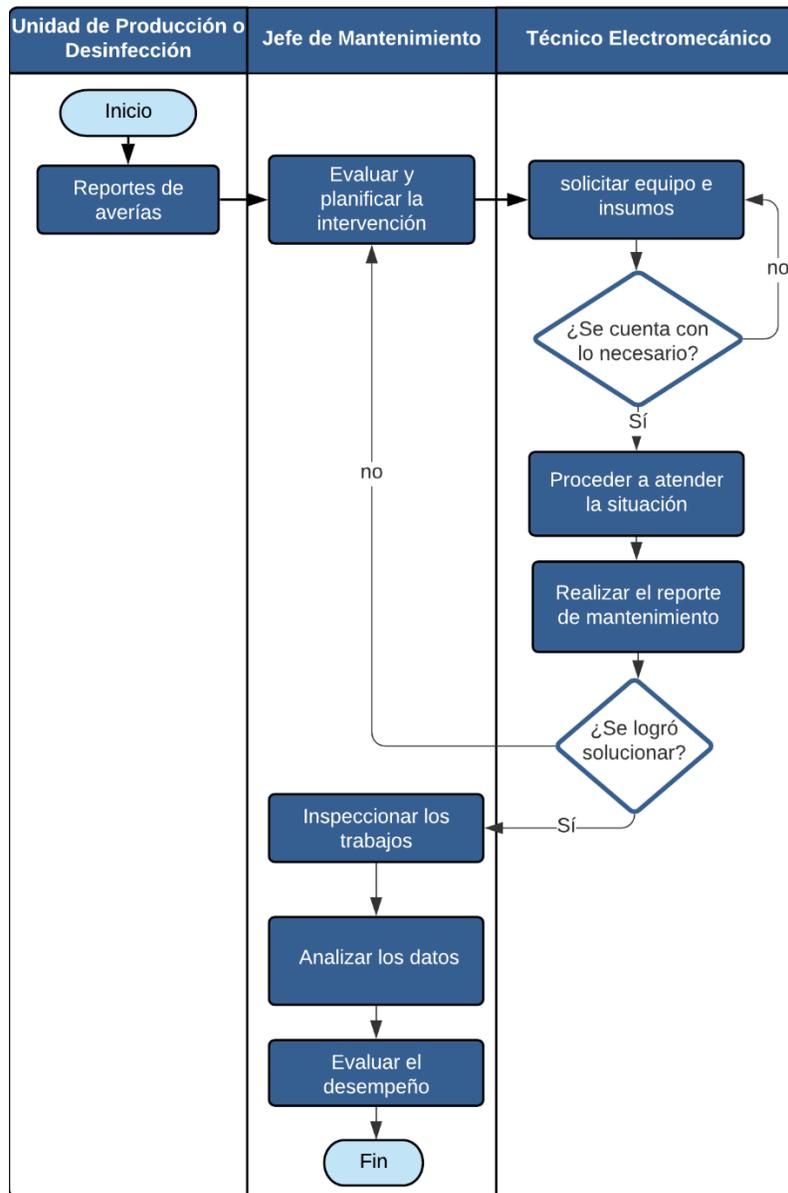


Figura 50. Diagrama de Flujo para Atención de Averías

Fuente: Elaboración Propia (Lucidchart)

En la figura anterior se muestra el diagrama que debe seguir la Unidad de Control Electromecánica como propuesta para atender las solicitudes de tareas de mantenimiento, puede observarse que dentro de los procesos se encuentra el reporte de las actividades, ya sea que se logre o no dar solución a lo solicitado, este proceso es de gran importancia para poder controlar el mantenimiento, sin una correcta recopilación de datos no es posible establecer indicadores de mantenimiento y la evaluación del desempeño se vería limitada.

7.6. Bloque 6: Comunicación

Este bloque al igual que los anteriores es de suma importancia y representa la comunicación entre los involucrados en el proceso, la cual se desea sea la mejor en pro de agilizar los procesos entre departamentos de la institución.

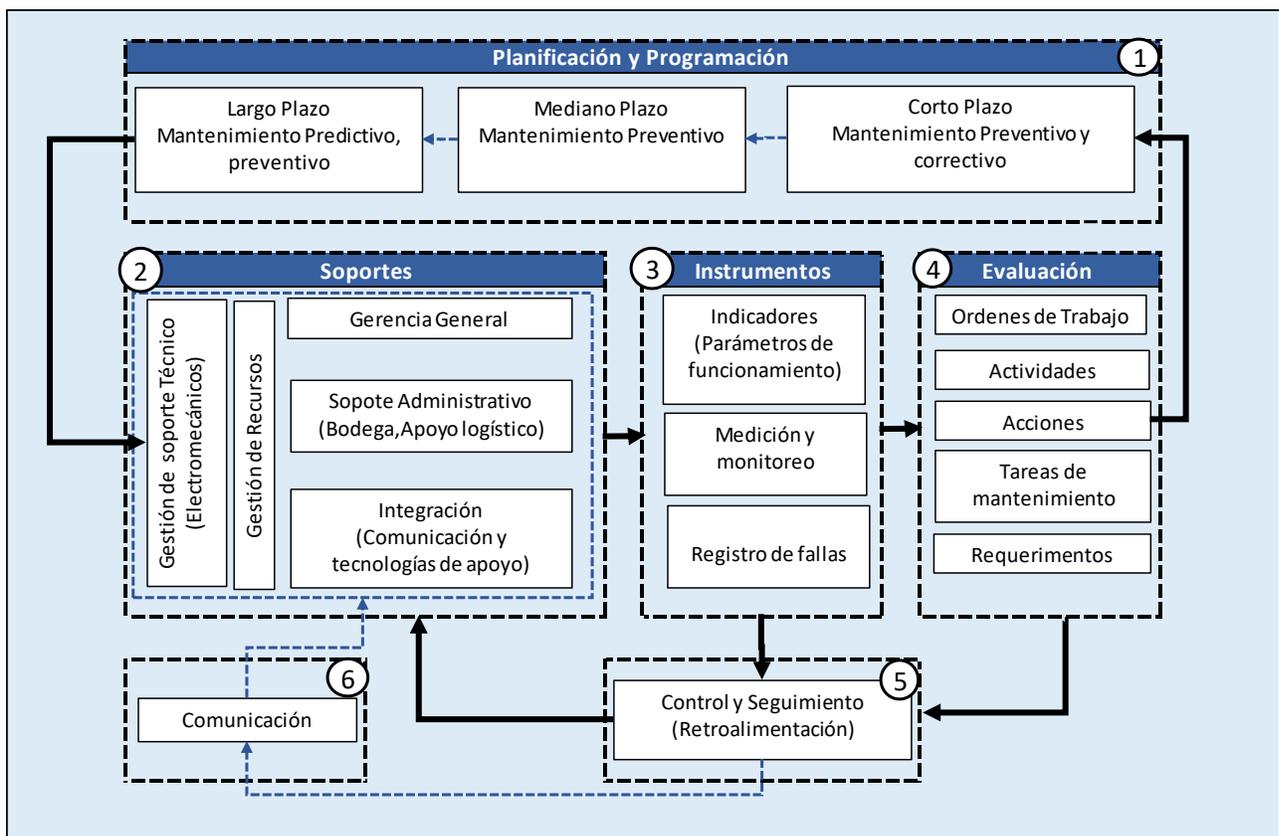


Figura 51. Modelo de Gestión

Fuente: Adaptado de (MERCADO & PEÑA, 2016)

8. Establecimiento del Cuadro de Mando Integral

Para el establecimiento del Cuadro de Mando Integral se debe tomar en cuenta la naturaleza de la organización y de las actividades desarrolladas por la misma. En este caso como se trata de una organización pública se debe establecer un análisis diferente al que se utiliza para las organizaciones del sector privado.

Para efectos de este proyecto se seguirán las modificaciones presentadas por (Bastidas & Feliu, 2003) y se harán ciertas variaciones convenientes, que permitan adaptar el CMI a la institución.

En el modelo que ellos presentan es más importante el modelo de los “stakeholders” presentados por Kaplan y Norton, hace referencia a las personas involucradas dentro de la organización y cuya participación dentro de la misma es influyente y de suma importancia. A diferencia de las organizaciones del sector privado que están enfocadas en la perspectiva financiera, las organizaciones del sector público deben enfocarse en la comunidad como usuario, su satisfacción debe ser lo más importante.

A continuación, se muestra el esquema planteado en el modelo de (Bastidas & Feliu, 2003) y que permitirá establecer el Cuadro de Mando Integral en La dirección de Plantas Potabilizadoras.

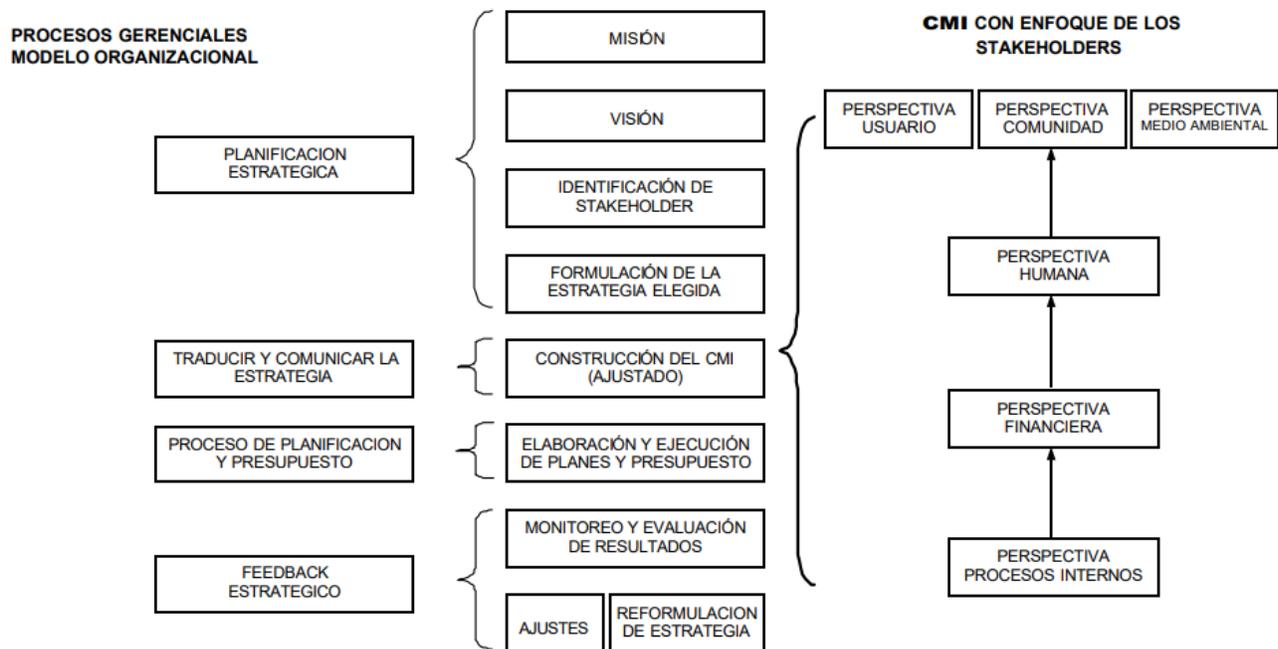


Figura 52. Ajustes propuestos al modelo de CMI para las entidades Públicas

Fuente: (Bastidas & Feliu, 2003)

8.1. Perspectivas

8.1.1. Perspectiva de procesos internos

En relación con esta perspectiva no se presentan cambios significativos respecto al modelo mostrado en la Figura 52 y los modelos presentados originalmente en el establecimiento de CMI. Esta será enfocada en satisfacer los indicadores estratégicos, asociados a los indicadores claves de la organización.

8.1.2. Perspectiva Financiera

Como se mencionó anteriormente esta perspectiva no será ubicada en el primer lugar de importancia puesto que se considera que la perspectiva de la comunidad es la más representativa al establecerse un modelo para instituciones públicas. En el modelo la perspectiva financiera representa el medio para alcanzar las demás perspectivas.

8.1.3. Perspectiva Humana

En el modelo presentado por (Bastidas & Feliu, 2003), esta representa la perspectiva de “Aprendizaje y Crecimiento” presentada en el modelo original del CMI y se enfoca en dar valor a los recursos humanos dentro de la organización.

8.1.4. Perspectiva de comunidad, Medio Ambiente y Usuario

Como se muestra en la Figura 52, en las adaptaciones del modelo se colocan tres perspectivas en paralelo que deben satisfacerse según los autores, sin embargo en este proyecto solo se tomará la perspectiva de comunidad, ya que como dicen (da Silva Filho, João Batista Barros & González, 2004) a pesar de que el usuario es diferente a la comunidad y que los intereses de cada uno pueden diferir, no es necesario crear una perspectiva individual, además ellos consideran que el medio ambiente y su preservación debe estar incluido entre los objetivos y valores dentro de la comunidad.

De forma interna en la organización para la Unidad de Control Electromecánico la comunidad o el cliente en sí, es directamente la Unidad de Producción, por lo tanto, se cambiará el nombre de la perspectiva a “Perspectiva de Producción” y los objetivos planteados se enfocarán en satisfacer las necesidades de esta unidad.

En la siguiente figura se muestra el esquema de perspectivas adaptado del modelo presentado por (Bastidas & Feliu, 2003).



Figura 53. Relación Causa efecto entre perspectivas y la misión

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

8.2. Misión y Visión

Actualmente en la Unidad de Control Electromecánico no se tiene definida una misión y visión exclusivas del departamento, para establecerlas se seguirán los objetivos generales del AyA en busca de alinear las estrategias del departamento con la institución.

Misión

Proporcionar a la Dirección de Plantas Potabilizadoras las utilidades y facilidades que permitan garantizar el funcionamiento de los sistemas electromecánicos, con el fin de asegurar a la población el acceso al agua potable.

Visión

Ser una unidad comprometida con la institución, basada en la mejora continua, que garantice la operación de los sistemas en excelentes condiciones, a través del manejo correcto de los recursos.

8.3. Determinación de los stakeholders

Los stakeholders son todas aquellas personas que influyen directamente en el desarrollo de una organización o departamento y su participación es de gran importancia dentro de la misma. También son llamados grupos de interés y pueden ser internos o externos, en la Figura 54 se

muestra un esquema que contiene los grupos de interés que pueden estar involucrados con la institución.

Específicamente hablando de la Unidad de Control electromecánico se identifican los principales grupos de interés:

- **Empleados:** Se hace referencia a los técnicos electromecánicos y operarios, quienes cumplen un papel muy importante al fiscalizar e influir directamente en las condiciones de los equipos y sistemas electromecánicos.
- **Directivos:** En la Unidad de Control Electromecánico se tiene un jefe de mantenimiento quien está a cargo de los técnicos Electromecánicos y sobre él un supervisor, ambos deben velar por el cumplimiento de las estrategias de mantenimiento.
- **Propietarios:** El AyA al ser una institución estatal no tiene un propietario como tal, sin embargo, debe rendir cuentas al gobierno y sociedad.
- **Proveedores:** Dentro de la Unidad de Control Electromecánico cumplen un papel importante y se refiere a las empresas u organizaciones que suministran algún servicio o insumos básicos a la unidad. Su importancia reside de los servicios ofrecidos y como estos influyen en la calidad de ejecución de las labores de mantenimiento.
- **Sociedad y Gobierno:** Como se mencionó anteriormente el AyA como ente gubernamental se ve en la obligación de rendir cuentas ante el gobierno local, así como ante la sociedad, quienes se encargan de fiscalizar y evaluar el desempeño de la institución, y la Unidad de Control Electromecánico no está exenta de su juicio, puesto que debe velar por el correcto funcionamiento de los sistemas electromecánicos. De no cumplir con su deber puede afectar directamente los procesos de producción y en general afectar a la institución y su imagen.
- **Clientes:** La unidad de Control Electromecánico tiene como cliente directo al departamento de producción y la comunicación asertiva entre ambos departamentos es de suma importancia, ya que, la correcta coordinación entre ambas unidades puede ayudar a agilizar los procesos de mantenimiento y producción para evitar inconvenientes.

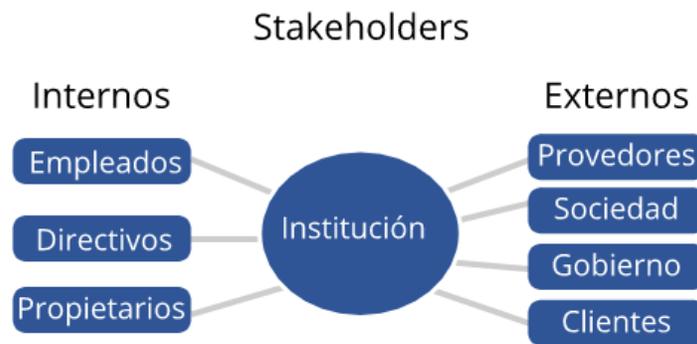


Figura 54. Stakeholders o Grupos de Interés

Fuente: Elaboración Propia (Gravit Designer)

8.4. Análisis FODA

Para realizar el análisis FODA se tomó como base los resultados obtenidos en la evaluación de la Norma COVENIN 2500-93 y se incorporan en este los resultados más significativos, a los cuales se debe dar un mayor seguimiento.



Figura 55. Análisis FODA de la Unidad de Control Electromecánico

Fuente: Elaboración propia (Gravit Designe)

El análisis FODA es una herramienta que permite una evaluación progresiva, por esta razón deberá ser revisada con cierta frecuencia. Se recomienda sea actualizado cada año dentro de la Unidad de Control Electromecánico.

8.5. Establecimiento de objetivos estratégicos

Para establecer los objetivos se partió de las necesidades actuales de la institución, así como las oportunidades de mejora que se tienen, en la Tabla 13 se muestran los objetivos propuestos a cumplir por cada perspectiva dentro del CMI.

Tabla 13. Objetivos planteados

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2
Humana	Brindar al menos 24 horas de capacitación anual a los técnicos electromecánicos y operarios	Mantener el compromiso de los colaboradores en un nivel superior al 75%
Financiera	Optimizar la utilización de los recursos	Reducir el mantenimiento correctivo entre 5% y 10% para reducir los costos variables
Procesos Internos	Aumentar el Mantenimiento Preventivo en 10% a 15 %	Reducir los tiempos de respuesta ante fallas en un 20%
Producción	Mantener la disponibilidad de los sistemas en un 90%	Cumplir con más del 95% de las ordenes de trabajo solicitadas en los periodos establecidos

8.6. Establecimiento de indicadores de rendimiento

A partir de los objetivos planteados se procede a seleccionar los indicadores que permitan evaluar el cumplimiento de estos y poder tomar decisiones sobre los alcances obtenidos, los indicadores permitirán evaluar las estrategias planteadas y la necesidad de modificar o cambiar los procedimientos para cumplirlas y por ende los objetivos.

8.6.1. Indicadores para la perspectiva Humana

Tabla 14. Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva Humana

Objetivo	Indicadores	Medición	Frecuencia
Brindar al menos 24 horas de capacitación anual a los técnicos electromecánicos y operarios	1.Horas anuales destinadas a capacitación	Conteo directo de horas de capacitación	Anual
Mantener el compromiso de los colaboradores en un nivel superior al 75%	2.Evaluación Gallup	Resultados de cuestionario de evaluación Gallup	Semestral

Como se muestra en la tabla anterior para cumplir con los objetivos en la perspectiva humana se han establecido dos indicadores o métodos de evaluación.

En el caso de la capacitación la forma de medir el cumplimiento es contabilizando las horas laborales que se han utilizado para capacitar al personal durante el año. Se planteo este objetivo con el fin de que los jefes de mantenimiento, técnicos electromecánicos y operarios tengan la oportunidad de crecer y mejorar tanto intelectual como personalmente, lo cual es importante para el adecuado cumplimiento de sus labores. Este objetivo deberá ser comunicado a recursos humanos y serán ellos en coordinación con los supervisores quienes organicen y den seguimiento a la estrategia.

El segundo objetivo planteado hace referencia al compromiso de los colaboradores en la Unidad de Control Electromecánico y la forma de evaluación es mediante la encuesta Gallup, la misma consiste en 12 preguntas sencillas enfocadas en cuatro aspectos, en la Figura 56 se puede ver una pirámide con los aspectos incluidos en la evaluación, así como la distribución de preguntas. Mediante esta encuesta se puede medir el compromiso y satisfacción de las personas dentro de la organización, para cada pregunta se debe establecer un valor, en el anexo 1 se puede encontrar el cuestionario y la ponderación de las preguntas para evaluar.



Figura 56. Jerarquía Evaluación Gallup

Fuente: Elaboración Propia (Gravit Designer)

A partir de la evaluación es probable que surjan oportunidades de mejoras en la unidad, que deben ser atendidas con el fin de cumplir con el objetivo. Se ha comprobado que mantener los niveles de compromiso y satisfacción altos aumenta la productividad de los empleados.

8.6.2. Indicadores para la Perspectiva de Producción

En esta perspectiva los objetivos se enfocan en brindar facilidades de mantenimiento de sistemas para mantener los procesos de producción en niveles altos. El encargado de evaluar el desempeño debe ser el jefe o supervisor de mantenimiento y se debe revisar semestralmente, para lo cual se debe acudir a la información debidamente registrada. En la Tabla 15 se muestran los indicadores propuestos para evaluar el desempeño.

Tabla 15. Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva de Producción

Objetivo	Indicadores	Medición	Frecuencia
Mantener la disponibilidad de los sistemas en un 90%	1. Tiempo medio entre fallas (TMEF)	$TMEF = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{número de fallas}}$	Semestral
	2. Disponibilidad	$Disp = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Horas de operación} + \text{Horas mantenimiento}}$	Semestral
Cumplir con más del 95% de las ordenes de trabajo	1. Tiempo medio para reparar (TMPR)	$TMPR = \frac{\text{número de horas de paro por avería}}{\text{número de Fallas}}$	Semestral

solicitadas en los periodos establecidos	2.Porcentaje de cumplimiento de Mantenimiento solicitado	$\%MC = \frac{\text{número de ordenes de trabajo solicitadas} \times 100}{\text{número de ordenes ejecutadas a tiempo}}$	Semestral
--	--	--	-----------

8.6.3. Indicadores para la Perspectiva de Procesos Internos

En esta perspectiva los indicadores se orientan a mejorar el desempeño de la Unidad de Control Electromecánico, la frecuencia de medición será semestral y el encargado el jefe o supervisor de mantenimiento. En la siguiente tabla se muestran los indicadores planteados.

Tabla 16.Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva de Procesos Internos

Objetivo	Indicadores	Medición	Frecuencia
Aumentar el Mantenimiento Preventivo en 10% a 15 %	1.Indice de mantenimiento Preventivo (IMP)	$IMP = \frac{\text{Horas de mantenimiento Preventivo}}{\text{Total de horas de mantenimiento}} \times 100$	Semestral
	2.Cumplimiento de mantenimiento preventivo	$MP = \frac{\text{Ordenes preventivas ejecutadas}}{\text{Total de Ordenes preventivas programadas}} \times 100$	Semestral
Reducir los tiempos de respuesta ante fallas en un 20%	1.Tiempo de Respuesta (TR)	$TR = \frac{\text{tiempo real de respuesta a la solicitud}}{\text{tiempo teórico de respuesta a la solicitud}}$	Semestral

8.6.4. Indicadores para la Perspectiva Financiera

Con los objetivos planteados en esta perspectiva se espera obtener beneficios económicos para la institución, y que parte del presupuesto pueda ser destinada a capacitación y mejora de procesos de mantenimiento, y obtener un crecimiento integro para cada perspectiva.

Tabla 17.Indicadores, medición y frecuencia, Perspectiva Financiera

Objetivo	Indicadores	Medición	Frecuencia
Optimizar la utilización de los recursos	1.Utilización de Recursos	$UR = \frac{\text{Recursos totales utilizados}}{\text{Presupuesto planificado para recursos a utilizar}}$	Anual
Reducir el mantenimiento correctivo entre 5% y 10% para reducir los costos variables	2.indice de eficiencia de mantenimiento	$EM = \frac{\text{Costo de mantenimiento planeado}}{\text{Costo de mantenimiento actual}}$	Anual
	3.Aprovechamiento de la jornada laboral	$AJ = \frac{\text{Horas hombre trabajadas en mantenimiento}}{\text{Hora hombre Planificads en mantenimiento}} \times 100$	Anual

En el apéndice 6. se muestra el cuadro de mando integral para la Unidad de Control Electromecánico.

8.7. Mapa estratégico para la Unidad de Control Electromecánico

El mapa estratégico permite la visualización de los objetivos, su relación entre las perspectivas y la interdependencia entre cada objetivo dentro del Cuadro de Mando Integral. En la Figura 57 se muestra el mapa estratégico resultante para la unidad de Control Electromecánico.

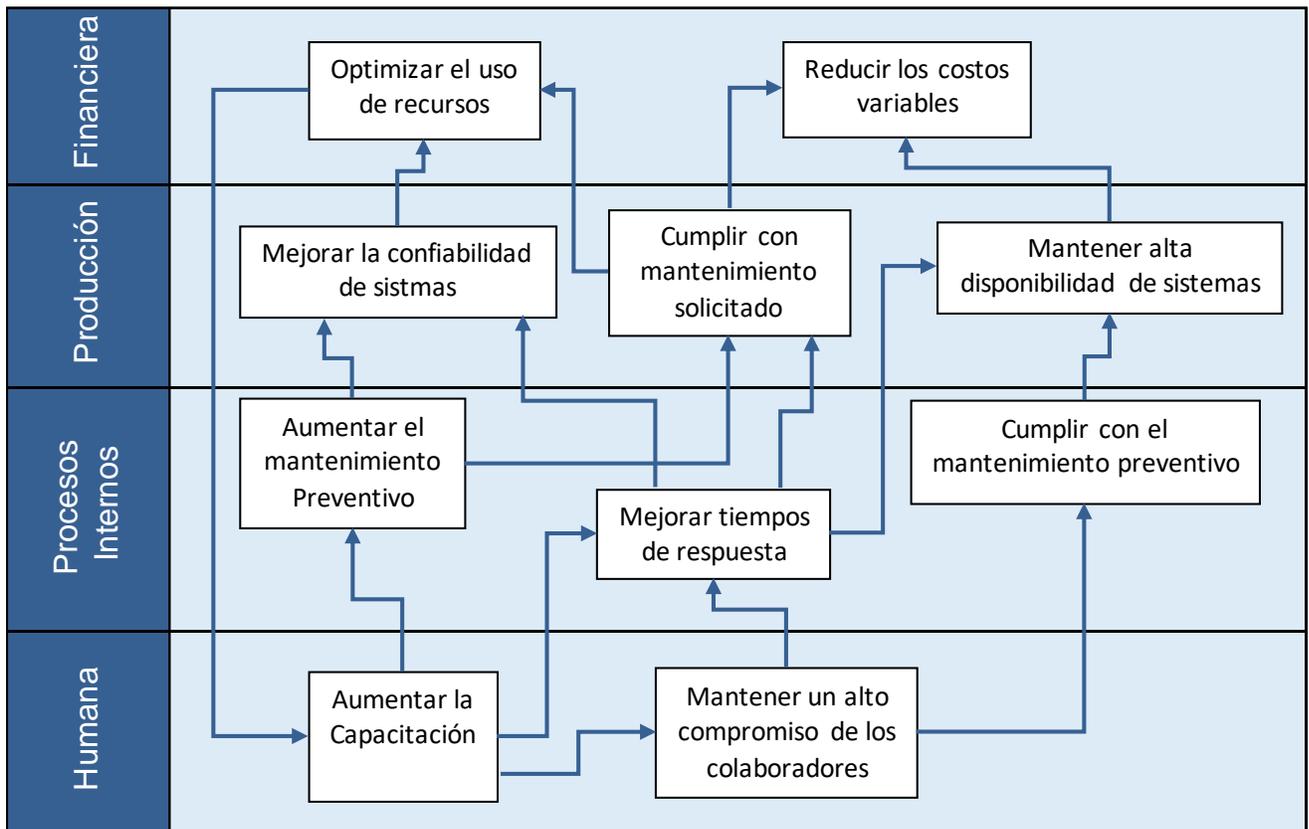


Figura 57. Mapa Estratégico

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

9. Modelo de cuantificación de costos de mantenimiento

En la presente sección se analizarán los costos asociados a las actividades de mantenimiento generados por la Unidad de Control Electromecánico en la Dirección de Plantas Potabilizadoras, con el fin de obtener una aproximación del costo de mantenimiento por metro cúbico de agua en las plantas potabilizadoras.

9.1. Caracterización de los sistemas

Antes de proponer el modelo de cuantificación, se darán a conocer las características y principales diferencias en los procesos productivos de las plantas potabilizadoras, la capacidad y cantidad de equipos requeridos para la producción depende de las dimensiones de las instalaciones, asociado a la capacidad de producción, además de las tecnologías implementadas en cada planta.

Para dar una idea de las características de las plantas se presenta una explicación por procesos o secciones dentro del sistema de producción.

- **Desarenado:** Este proceso consiste en eliminar o disminuir en la medida de lo posible el contenido de arena que se presenta en el agua y se realiza en estaciones ubicadas previo al ingreso a las plantas potabilizadoras. Actualmente se cuenta con dos de estas estaciones, desarenador Sitios y desarenador Tiribí, los cuales se encuentran a una elevación superior en comparación con las plantas potabilizadoras lo que permite el flujo de agua por acción de la gravedad. En ambas estaciones se cuenta con una bomba de agua utilizada para el lavado de las estructuras.
- **Cámara de entrada:** Esta sección como su nombre lo indica consiste en el proceso de entrada del flujo de agua sin tratar que presenta suciedad y no esta desinfectada, asociándolo a la unidad de control electromecánico en algunas de las plantas se tienen bombas de muestreo del agua que ingresa y se utilizan para enviar el agua al laboratorio donde se analiza el contenido de suciedad del agua. Con base en este proceso se establece la dosificación de sulfato de aluminio y polímero al agua.

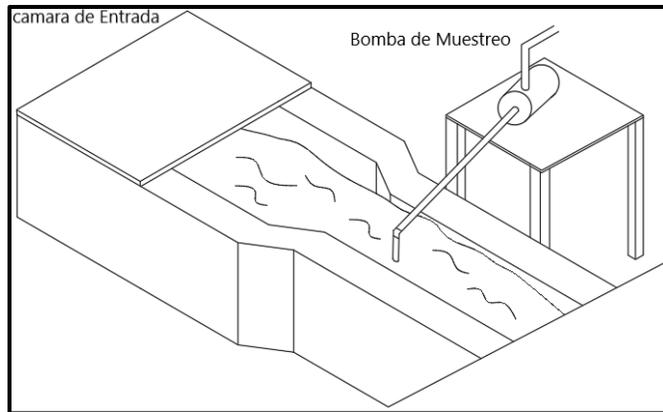


Figura 58. Representación Proceso de Muestreo

Fuente: Elaboración Propia

- Floculación:** Este proceso se resume en tratar químicamente el agua para formar “Flocs” que consiste en la agrupación de partículas de suciedad y permitir que se sedimenten, los equipos utilizados en este proceso son bombas dosificadoras, motores agitadores, UCC y los respectivos dispositivos de control como variadores de frecuencia. Actualmente no se utilizan bombas dosificadoras en todas las plantas potabilizadoras, ya que por las capacidades bajas de producción en algunas se realiza de forma manual por un operario. Por otra parte, las dimensiones de estas bombas varían con la capacidad de producción de cada planta, a mayor producción mayor capacidad de dosificación tienen los equipos, mayor consumo energético, costos de adquisición y mantenimiento. El uso de motores agitadores de Sulfato de Aluminio es similar en cuanto a potencia para cada planta, pero al igual que con las bombas dosificadoras varían en cantidad según la capacidad de producción de cada planta.

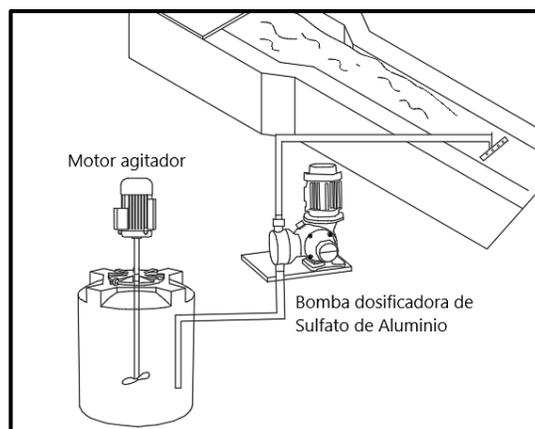


Figura 59. Representación Proceso de Dosificación

- Sedimentación:** Los equipos electromecánicos que se asocian a este proceso son las bombas de lavado de estructuras y se tienen en casi todas las plantas potabilizadoras, son requeridas para elevar la presión para poder limpiar los tanques de sedimentación. Un caso particular se tiene en Tres Ríos donde a diferencia de las demás plantas potabilizadoras se tienen sistemas de remoción de lodos que permite el barrido de estos de forma mecánica por medio de un motor reductor y sistemas de transmisión.

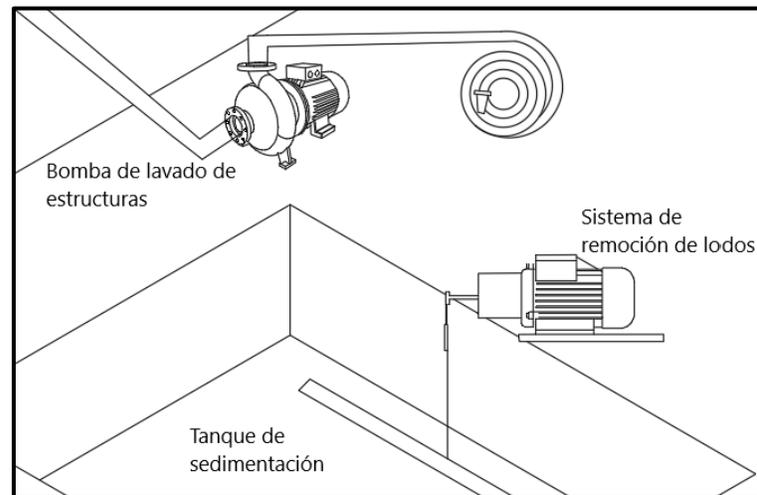


Figura 60. Representación de equipos en proceso de Sedimentación

- Filtración:** En las Plantas Potabilizadoras de Guadalupe y Tres Ríos se cuenta con bombas para limpieza de filtros, las cuales son de gran capacidad volumétrica y generan un flujo contrario al de filtración que permite remover la suciedad en los filtros, en Guadalupe el sistema de limpieza de filtros está acompañado por sopladoras de aire que ayudan a la limpieza de los filtros, estos son de gran capacidad, además se tiene un sistema automatizado de válvulas neumáticas para el control del flujo de agua a los tanques de filtración que son 8. En las plantas potabilizadoras Hacienda Vieja y Catalinas se utilizan compresores de forma similar, en Catalinas donde se realiza tratamiento de hierro en el agua el compresor se utiliza para alimentar un sistema en forma de hongo utilizado en los tanques de tratamiento.

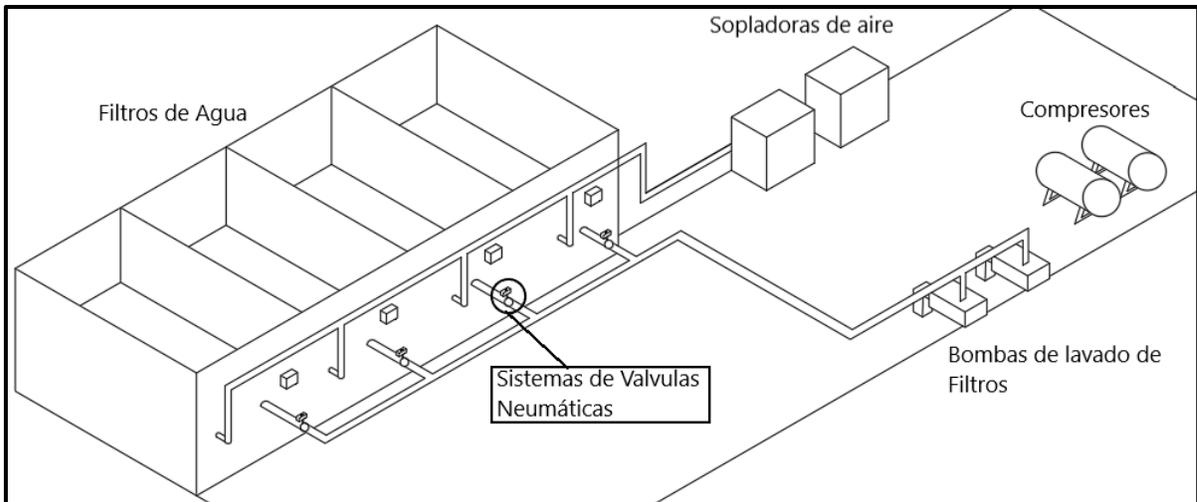


Figura 61. Representación de sistema de lavado de filtros, Planta Potabilizadora Guadalupe

- Desinfección:** En la mayoría de las plantas se utilizan bombas de cloración para elevar la presión del agua mezclada con cloro e igualarla a la de la red asegurando que la dosificación sea correcta, en algunas plantas la presión de salida del agua es suficiente y no se requiere bombas para elevarlas, por lo que la cloración se hace por acción de la gravedad. En las plantas de mayor producción se utilizan tecles para movilizar tanques de almacenamiento de gas cloro que es utilizado para la desinfección, generalmente con peso de 1 tonelada, en estos casos se utilizan además balanzas para el control de volumen contenido de gas cloro en los tanques y prever el cambio para garantizar la desinfección continua.

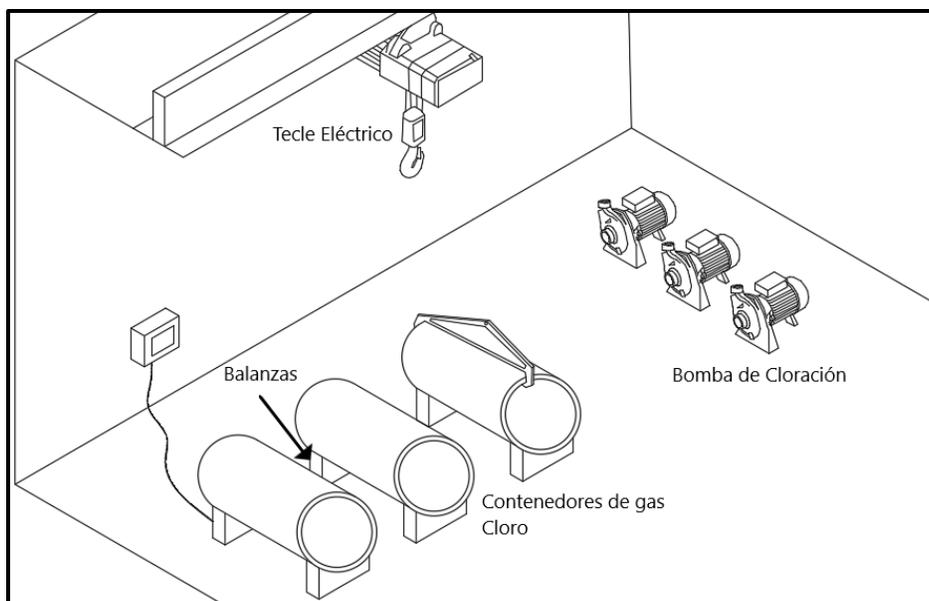


Figura 62. Representación de Equipos en Proceso de Cloración

- **Facilidades:** Esta sección se agregó para incluir aquellos equipos utilizados en las plantas potabilizadoras y que no pertenecen a ninguno de los procesos anteriores, entre ellos están sistemas de compresores, sistema de bombas y tanques hidroneumáticos utilizados para el suministro de agua interno en las instalaciones. No en todas las plantas se utilizan estos sistemas en algunas se utiliza el agua de la red para estos fines. Los generadores eléctricos se ubican en esta sección y actualmente no se tiene en todas las plantas, solamente en las cuales su utilización es indispensable.

En la Figura 63 se muestra una tabla donde las casillas con marcas de chequeado corresponden a los sistemas que se encuentran en cada una de las plantas, esto permite una visualización general de los equipos que se requieren en cada una, así mismo se puede tener una idea de los requerimientos y costos asociados al mantenimiento. En el caso de las estaciones de desinfección al igual que en el proceso de desinfección en las plantas potabilizadoras se cuenta con bombas y también en las que se requiere tecles y balanzas.

Planta Potabilizadora	Bombas para Dosificación de Sulfato de Aluminio	Bombas para Dosificación de Polímero	Sistema de Remoción de lodos	Sistema de Limpieza de Filtros	Bombas para doración Agua	Bomba para muestreo del agua a instalaciones	Bombas para agua de limpieza de estructuras	Tanque Hidroneumático	Generador Eléctrico	Compresor	Sopladoras de Aire	Secadoras de Aire	Electroválvulas	Tede Eléctrico	Motores Agitadores	Variadores de Frecuencia	UCC
ALAJUELITA	✓					✓		✓						✓	✓		
BARRIO ESPAÑA						✓	✓	✓							✓		
CARTAGO	✓	✓		✓	✓		✓		✓					✓	✓	✓	
CORONADO	✓			✓	✓		✓								✓	✓	
CATALINAS				✓						✓							
CUADROS										✓					✓		
DESAMPARADOS	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓
ESCAZÚ	✓			✓		✓		✓	✓						✓		
GUADALUPE	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
GUATUSO	✓					✓	✓	✓							✓		
HIGUITO	✓			✓			✓		✓						✓		
HACIENDA VIEJA	✓			✓	✓		✓		✓	✓					✓		
LLANO ALAJUELITA						✓		✓									
MATA PLATANO	✓			✓			✓	✓							✓		
QUITIRISI	✓			✓		✓	✓	✓	✓						✓		
SAN JERÓNIMO	✓			✓	✓		✓	✓							✓	✓	
SALITRAL	✓			✓	✓		✓	✓	✓					✓	✓		
SITIOS	✓				✓		✓		✓					✓	✓		✓
TRES RÍOS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓

Figura 63. Sistemas por planta potabilizadora

Fuente: Elaboración propia

9.2. Propuesta de modelo de cuantificación de costos

Debido a la limitación de tiempo se propone el análisis para las Plantas Potabilizadoras de Tres Ríos, Guadalupe, Cartago y El Llano de Alajuelita, para comparar y que sirva de base para estudios futuros. Para el modelo se analizarán los costos de operación asociados a los equipos electromecánicos, dejando de lado costos por insumos y personal de los procesos de producción. Es decir, los costos de operación que se analizarán son los asociados al consumo de energía de los equipos electromecánicos.

A continuación, se muestra un esquema con las secciones que se analizarán en el modelo:

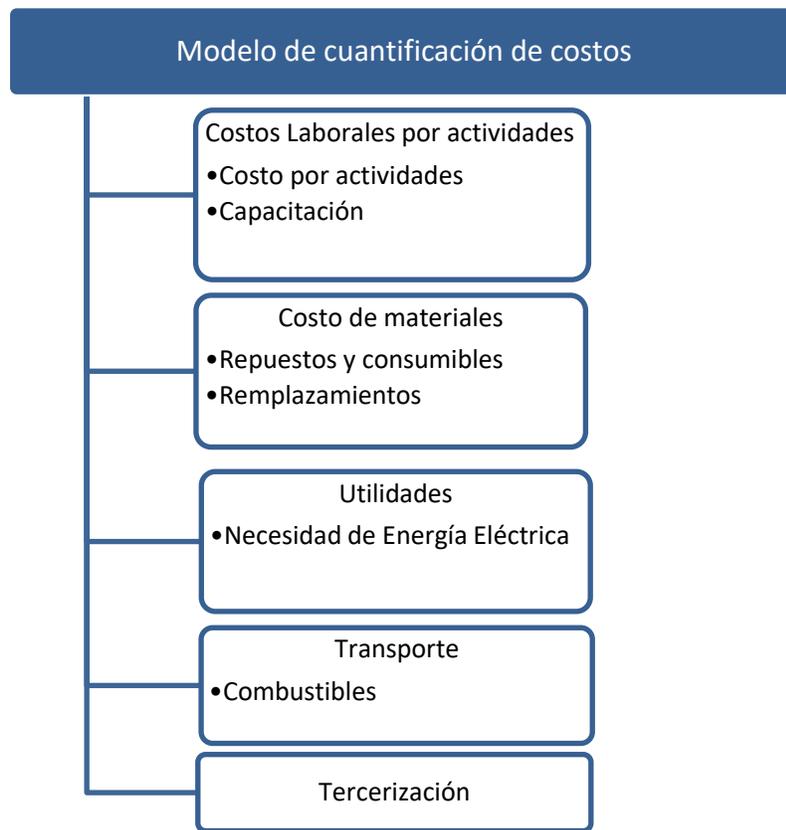


Figura 64. Esquema planteado para el análisis de costos

Fuente: Elaboración Propia

9.3. Costos laborales

Los costos laborales que se incluyeron están asociados a los encargados en la unidad de control electromecánico. Para determinar esta cifra se estableció cuanto es el costo promedio por el personal encargado de las actividades de mantenimiento de sistemas electromecánicos. A continuación, se muestran los puntos que se determinaron para establecer los costos de esta sección:

- Clasificación según trabajo.
- Número de personas según trabajo.
- Salarios promedio.

Para el cálculo de los costos laborales se proponen las siguientes fórmulas

Costo Por Tiempo Regular

$$\text{Costo Regular} = CP \times SH \times H \quad (9.1)$$

CP= Cantidad de personal

SH=Salario por hora

H=Horas requeridas

Costo total por Personal por Año

$$\text{Coto total de personal por Año} = (\text{Costo Regular}) \times 12 \quad (9.2)$$

Se agregará además el costo referente a capacitaciones del personal de la unidad de control electromecánico de la siguiente manera

$$\text{Costo Total laboral} = \text{Cotos total de personal por Año} + \text{Costo de capacitación} \quad (9.3)$$

9.3.1. Determinación de Tiempos por actividad

Para determinar el tiempo requerido para realizar las actividades referentes al mantenimiento preventivo se procedió a establecer tiempos de ejecución de cada paso en las tareas de mantenimiento preventivo, según el plan de mantenimiento preventivo, en la Tabla 18 se muestra las actividades programadas para el mantenimiento preventivo de las bombas de cloración en la Planta Potabilizadora Tres Ríos.

Tabla 18. Actividades y Frecuencias de Mantenimiento para las Bombas de Cloración, Planta Potabilizadora Tres Ríos

Bombas de Cloración TR-BB-BC01/TR-BB-BC02/TR-BB-BC01			
Actividad	Frecuencia		
	Mensual	Anual	Bianual
Mida la presión de salida de la bomba	X		
Limpie las superficies de la bomba	x		
Mida la corriente por cada fase y compárela con el valor nominal	X		
Revise que no existan vibraciones o sonidos anormales	X		
Comprobación del sistema			
Compruebe que no haya fugas		X	
Compruebe el apriete de tornillos y pernos		X	
Comprobación de la bomba			
Mida la presión con caudal nulo y compárela con la presión medida durante el primer arranque; si ha disminuido más del 15% Compruebe la condición del impulsor, del cuerpo de la bomba y de los tornillos de desgaste		X	
Compruebe que no estén presentes ruidos y Vibraciones		X	
Comprobación del motor			
Compruebe que en el tablero de bornes no haya signos de recalentamiento y arcos eléctricos		X	
Compruebe las condiciones del ventilador de enfriamiento y límpiolo		X	
Compruebe que la resistencia del aislamiento sea mayor a 500 MΩ, con una tensión de prueba de 500 Vdc por 1 minuto		X	
Cambio del sello Mecánico			
Sustituya el sello mecánico			X
Cambio de los rodamientos del motor			
Revise los rodamientos si se determina daño cámbielos			CADA TRES AÑOS

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se muestran los tiempos establecidos para cada actividad mencionada en la Tabla 18, referentes al plan de mantenimiento preventivo, los mismos se establecieron siguiendo los manuales del fabricante, así como la experiencia de los técnicos electromecánicos.

Tabla 19. Tiempos Establecidos para las Actividades de Mantenimiento de las bombas de cloración

Actividad	TIEMPO (min)
Mida la presión de salida de la bomba	5
Limpie las superficies de la bomba	5
Mida la corriente por cada fase y compárela con el valor nominal	5
Revise que no existan vibraciones o sonidos anormales	5
Comprobación del sistema	
Compruebe que no haya fugas	5
Compruebe el apriete de tornillos y pernos	5
Comprobación de la bomba	

Mida la presión con caudal nulo y compárela con la presión medida durante el primer arranque; si ha disminuido más del 15% Compruebe la condición del impulsor, del cuerpo de la bomba y de los tornillos de desgaste	15
Compruebe que no estén presentes ruidos y Vibraciones	2
Comprobación del motor	
Compruebe que en el tablero de bornes no haya signos de recalentamiento y arcos eléctricos	5
Compruebe las condiciones del ventilador de enfriamiento y límpielo	5
Compruebe que la resistencia del aislamiento sea mayor a 500 MΩ, con una tensión de prueba de 500 Vdc por 1 minuto	25
Cambio del sello Mecánico	
Sustituya el sello mecánico	60
Cambio de los rodamientos del motor	
Revise los rodamientos si se determina daño cámbielos	60
TOTAL	202

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra una tabla donde se resumen los tiempos requeridos por actividad para el seguimiento del plan de mantenimiento preventivo. Utilizando las frecuencias establecidas en el plan de mantenimiento, se determinó el peso en tiempo requerido mensual y anualmente por actividad.

Tabla 20. Tiempos por Actividades de Mantenimiento preventivo, Planta Potabilizadora Tres Ríos

Equipo	Código	Actividad	Encargado	Tiempo Mensual (horas)	Tiempo Anual (horas)
Bomba de cloración 1	01-01-070-BCL01	verificación de presiones y correcto funcionamiento	Operario	0.17	2.00
		Inspección mensual/limpieza	Técnico	0.33	4.00
		Inspección Anual	Técnico	0.09	1.03
		Desarme y Cambio de sello mecánico	Técnico	0.08	1.00
		Cambio de rodamientos	Técnico	0.03	0.33
Bomba de cloración 2	01-01-070-BCL02	Verificación de presiones y correcto funcionamiento	Operario	0.17	2.00
		Inspección mensual/limpieza	Técnico	0.33	4.00
		Inspección Anual	Técnico	0.09	1.03
		Desarme y Cambio de sello mecánico	Técnico	0.08	1.00
		Cambio de rodamientos	Técnico	0.03	0.33

Equipo	Código	Actividad	Encargado	Tiempo Mensual (horas)	Tiempo Anual (horas)
Bomba de cloración 3	01-01-070-BCL03	Verificación de presiones y correcto funcionamiento	Operario	0.17	2.00
		Inspección mensual / limpieza	Técnico	0.33	4.00
		Inspección Anual	Técnico	0.09	1.03
		Desarme y Cambio de sello mecánico	Técnico	0.08	1.00
		Cambio de rodamientos	Técnico	0.03	0.33
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS01	Inspección de funcionamiento Correcto	Operario	0.50	6.00
		Revisar el nivel de Aceite	Operario	0.05	0.60
		Acciones de mantenimiento preventivo	Técnico	0.11	1.33
		Cambio de Aceite de engranaje	Técnico	0.02	0.27
		Cambio de la membrana	Técnico	0.03	0.34
		Limpieza o reparación de las Válvulas	Técnico	0.01	0.15
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS02	Inspección de funcionamiento Correcto	Operario	0.50	6.00
		Revisar el nivel de Aceite	Operario	0.05	0.60
		Acciones de mantenimiento preventivo	Técnico	0.11	1.33
		Cambio de Aceite de engranaje	Técnico	0.02	0.27
		Cambio de la membrana	Técnico	0.03	0.34
		Limpieza o reparación de las válvulas	Técnico	0.01	0.15
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS03	Inspección de funcionamiento correcto	Operario	0.50	6.00
		Revisar el nivel de aceite	Operario	0.05	0.60
		Acciones de mantenimiento preventivo	Técnico	0.11	1.33
		Cambio de aceite de engranaje	Técnico	0.02	0.27
		Cambio de la membrana	Técnico	0.03	0.34
		Limpieza o reparación de las válvulas	Técnico	0.01	0.15

(continuación)

Equipo	Código	Actividad	Encargado	Tiempo Mensual (horas)	Tiempo Anual (horas)
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS04	Inspección de funcionamiento correcto	Operario	0.50	6.00
		Revisar el nivel de aceite	Operario	0.05	0.60
		Acciones de mantenimiento preventivo	Técnico	0.11	1.33
		Cambio de aceite de engranaje	Técnico	0.02	0.27
		Cambio de la membrana	Técnico	0.03	0.34
		Limpieza o reparación de las válvulas	Técnico	0.01	0.15
Bomba de membrana Mill Roy	01-01-040-BDP01	Inspección de funcionamiento Correcto	Operario	0.00	0.00
		Cambio de aceite de engranaje	Técnico	0.07	0.83
		Cambio del filtro de aceite	Técnico	0.12	1.43
		Mantenimiento de válvulas de retención	Técnico	0.11	1.33
		Reemplazo de diafragma y sello	Técnico	0.13	1.50
Bomba de limpieza de filtros 1	01-01-050-BLE01	Medición de parámetros de Funcionamiento	Técnico	0.17	2.00
		Limpieza	Técnico	0.08	1.00
		Cambio de Sello Mecánico	Técnico	0.04	0.50
Bomba de limpieza de filtros 2	01-01-060-BLF01	Medición de parámetros de funcionamiento	Técnico	0.17	2.00
		Limpieza	Técnico	0.08	1.00
Bomba de limpieza de filtros 3	01-01-060-BLF02	Medición de parámetros de funcionamiento	Técnico	0.17	2.00
		Limpieza	Técnico	0.08	1.00
Bomba de suministro a TH	01-01-140-BSI01	Inspección visual / muestro de parámetros	Técnico	0.25	3.00
		Limpieza de la bomba	Técnico	0.17	2.00
		Desarme y Cambio de sello mecánico	Técnico	0.04	0.50
Compresor de Pistones	01-01-140-COP01	Inspección semanal	Técnico	1.67	20.00
		Tareas mensuales	Técnico	0.25	3.00
		Cambio de aceite	Técnico	0.04	0.50
		Cambio del filtro de aceite	Técnico	0.03	0.33
Tanque hidroneumático	01-01-140-TAH01	Inspección, limpieza y pintura	Técnico	0.08	1.00

(continuación)

Equipo	Código	Actividad	Encargado	Tiempo Mensual (horas)	Tiempo Anual (horas)
Motor removedor de lodos 1	01-01-050-RML01	Medición de parámetros de funcionamiento	Técnico	0.17	2.00
		Preventivo semestral	Técnico	0.03	0.33
		Cambio de aceite de los engranajes	Técnico	0.02	0.22
		Lubricación de cadena de transmisión	Técnico	0.01	0.17
Motor removedor de lodos 2	01-01-050-RML02	Medición de parámetros de funcionamiento	Técnico	0.17	2.00
		Preventivo semestral	Técnico	0.03	0.33
		Cambio de aceite de los engranajes	Técnico	0.02	0.22
		Lubricación de cadena de transmisión	Técnico	0.01	0.17
Motor removedor de lodos 3	01-01-050-RML03	Medición de parámetros de funcionamiento	Técnico	0.17	2.00
		Preventivo semestral	Técnico	0.03	0.33
		Cambio de aceite de los engranajes	Técnico	0.02	0.22
		Lubricación de cadena de transmisión	Técnico	0.01	0.17
Motor Agitador de sulfato 1	01-01-040-MAS01	Limpieza / medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 2	01-01-040-MAS02	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 3	01-01-040-MAS03	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 4	01-01-040-MAS04	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 5	01-01-040-MAS05	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 6	01-01-040-MAS06	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 7	01-01-040-MAS07	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 8	01-01-040-MAS08	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Motor Agitador de sulfato 9	01-01-040-MAS09	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33

(continuación)

Equipo	Código	Actividad	Encargado	Tiempo Mensual (horas)	Tiempo Anual (horas)
Motor Agitador de sulfato 10	01-01-040-MAS10	Limpieza/medición de parámetros	Operario	0.17	2.00
		Pintura	Técnico	0.03	0.33
Bomba Tanque Elevado 1	01-01-140-BSI01	Medición de parámetros de funcionamiento	Técnico	0.08	1.00
		Inspección del panel de control	Técnico	0.08	1.00
		Limpieza	Técnico	0.08	1.00
Bomba Tanque Elevado 2	01-01-140-BSI02	Medición de parámetros de funcionamiento	Técnico	0.08	1.00
		Inspección del panel de control	Técnico	0.08	1.00
		Limpieza	Técnico	0.08	1.00
Variador Bomba Sulfato 1	01-01-040-VFD01	Limpieza y revisión de conexiones	Técnico	0.03	0.33
Variador Bomba Sulfato 2	01-01-040-VFD02	Limpieza y revisión de conexiones	Técnico	0.03	0.33
Bomba de muestreo salida	01-01-070-BMU01	Medición de parámetros de Funcionamiento/Limpieza	Técnico	0.17	2.00
		Cambio de Sello mecánico	Técnico	0.07	0.83
Bomba de muestreo Orosi 1	01-01-030-BMU02	Medición de parámetros de Funcionamiento/Limpieza	Técnico	0.17	2.00
		Cambio de Sello mecánico	Técnico	0.05	0.56
Bomba de muestreo Orosi 2	01-01-030-BMU03	Medición de parámetros de Funcionamiento/Limpieza	Técnico	0.17	2.00
		Cambio de Sello mecánico	Técnico	0.05	0.56
Bomba de muestreo Tiribí 1	01-01-030-BMU04	Medición de parámetros /Limpieza /Inspección	Técnico	0.17	2.00
		Cambio de sello mecánico	Técnico	0.05	0.56
Bomba de muestreo Tiribí 2	01-01-030-BMU05	Medición de parámetros /Limpieza /Inspección	Técnico	0.17	2.00
		Cambio de sello mecánico	Técnico	0.05	0.56
Tacle Orosi	01-01-070-TCE01	Inspección Mensual	Técnico	0.27	3.20
		Inspección Anual	Técnico	0.08	1.00
		Inspección del gancho	Técnico	0.02	0.20
		Ajuste del Freno	Técnico	0.03	0.37
		Ajuste del interruptor límite	Técnico	0.06	0.72
Elevador sacos de sulfato	01-01-040-ESS01	Inspección Mensual	Técnico	0.27	3.20
		Inspección Anual	Técnico	0.08	1.00
		Inspección del gancho	Técnico	0.02	0.20
		Ajuste del Freno	Técnico	0.03	0.37
		Ajuste del interruptor límite	Técnico	0.06	0.72
Total				15.62	187.44

Fuente: Elaboración Propia

Es importante establecer un porcentaje del tiempo utilizado en las tareas de mantenimiento, para atender situaciones de emergencia que puedan surgir de forma inesperada. (Duffua et al., 2005) indica que es recomendable conceder del 10% al 15% de la carga de las labores de mantenimiento al mantenimiento de emergencia. Por esta razón en el total de tiempo mostrado en la Tabla 20 se incorporó un 15% extra a los tiempos establecidos en el plan de mantenimiento preventivo, con el fin de que la Unidad de Control Electromecánico pueda responder ante los contratiempos por situaciones no esperadas.

De la misma manera se calculó la cantidad de horas hombre requeridas con base en el plan de mantenimiento para atender los sistemas en todas las plantas potabilizadoras y estaciones de desinfección, en la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 21. Tiempo en Horas Requerido mensualmente para atender el plan de mantenimiento preventivo

Planta	Tiempo mensual	Tiempo Anual
Guadalupe	17.04	204.50
Tres Ríos	13.67	163.99
Estaciones de Desinfección	12.34	148.05
Salitral	11.09	133.04
San Juan de Dios	9.73	116.78
Escazú	9.61	115.36
San Jerónimo	8.87	106.39
Quitirrisí	8.60	103.17
Hacienda Vieja	8.08	97.00
Cartago	6.33	75.93
Higuito	5.88	70.61
Coronado	5.62	67.47
Mata Plátano	5.16	61.92
Sitios	4.83	57.97
Alajuelita	3.03	36.41
Catalinas	4.50	54.03
Guatuso	2.34	28.11
Barrio España	2.10	25.25
Cuadros	0.39	4.67
El Llano de Alajuelita	0.21	2.56
Total	139.22	1670.66
+ 15%	160	1921

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior las Plantas Potabilizadoras de Guadalupe y Tres Ríos son las que requieren de mayor tiempo para atender las actividades de mantenimiento preventivo, mientras que la Planta Potabilizadora El llano de Alajuelita es la requiere menor tiempo del total de plantas y la Planta Potabilizadora de Cartago se encuentra en un valor medio dentro de la tabla. Por esta razón se seleccionaron estas plantas para el estudio, que permita obtener un estimado desde la planta con mayor demanda en mantenimiento hasta la de menor demanda.

9.3.2. Costos de Mano de Obra

Para establecer los costos por horas y mensuales que representan los salarios de los encargados de mantenimiento, tanto a nivel de jefe de mantenimiento como técnicos electromecánicos, se consultó la información brindada por la Dirección de Gestión del Capital Humano del AyA quienes establecen los salarios según una clasificación institucional.

En la siguiente tabla se muestran los valores en colones correspondientes a los salarios mínimos.

Tabla 22. Salarios Mínimos

Clasificación Institucional Ay A	Salario Base	Anualidad
Técnico especialista sistemas de agua potable	₡446,350.00	₡10,944.00
Ejecutivo especialista sistema de aguas	₡ 895,400.00	₡17,080.00

Fuente: Dirección gestión del capital humano AyA

Resulta difícil establecerle un monto directamente a la necesidad de mantenimiento para cada planta, siguiendo el plan de mantenimiento se obtiene un mínimo de horas requeridas mensualmente para la ejecución de las tareas, sin embargo, debido a que los tiempos de movilización entre plantas y estaciones de desinfección son significativos se establecerá un mínimo de tres horas requerido para trasladarse de una planta a otra y regresar, para lograr que el tiempo efectivo sea de 5 de las 8 horas disponibles en la jornada.

Para estimar el costo diario se tomará el monto bruto del salario base y se dividirá en 22 días de trabajo mensuales. No se incluirá el costo por incentivos ni viáticos.

Tomando como ejemplo la Planta potabilizadora de Tres Ríos se tiene que:

Días de trabajo requeridos = $(13.67 * 1.15)$ horas mensuales / 5 horas efectivas por día ≈ 3.5 días

Costo diario Técnico= $₡446,350.00/22 = ₡ 20,288.00$

Costo mensual por Técnico = ₡ 20,288.00 x 3.5 = ₡ 71,008.00

Para ejecutar las tareas definidas en el plan en los tiempos establecidos es necesario el trabajo de dos técnicos por lo que se sumara el valor implicado, así como el valor del costo diario del ejecutivo especialista en este caso el jefe de mantenimiento correspondiente a los 3.5 días determinados como necesarios mensualmente.

Costo diario Ejecutivo= ₡ 895,400.00/22 = ₡ 40,700.00

Costo mensual por Ejecutivo = ₡ 40,700.00 x 3.5 = ₡ 142,450.00

Costo mensual total = ₡ 71,008.00 x 2 + ₡ 142,450.00

Costo mensual total= ₡ 284,466.00

Realizándolo de la misma forma para las demás plantas se obtuvieron los valores mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 23. Costo por mano de obra con base en el plan de mantenimiento preventivo

Planta	Días Requeridos	Costo total
Guadalupe	4.00	₡325,104.00
Tres Ríos	3.50	₡284,466.00
Cartago	1.50	₡121,914.00
El Llano	0.50	₡40,638.00

9.3.3. Capacitación

Actualmente no se tiene contemplada la capacitación dentro de la unidad de Control Electromecánico, sin embargo, dentro de los objetivos a cumplir en el cuadro de Mando integral se propone un mínimo de 24 horas de capacitación anuales para los técnicos y jefes, lo que representa 2 horas al mes de capacitación, por lo tanto de la misma forma que se evaluó en la sección anterior se toma el costo por día en este caso se asumirá que se requiere una jornada al mes para capacitación.

El costo por mes de capacitación asociados a tiempos no laborados tomando en cuenta a los cuatro técnicos de la unidad y el jefe de mantenimiento, resultaría de la siguiente forma:

Costo capacitación= 4*₡ 20,288.00 + ₡ 40,700.00 = ₡121,852.00

Es importante mencionar que se está tomando el costo por concepto de tiempos no trabajados, sin embargo, se debe tomar en cuenta, además, otros costos como el pago de los cursos recibidos, el

material didáctico y equipo utilizado; alimentación, entre otros. Estos costos adicionales es difícil cuantificarlos en este momento, por lo que se deben cuantificar a la hora de planificar la capacitación para que se puedan agregar en evaluaciones futuras.

Para obtener un valor representativo del costo por planta se divide el valor obtenido entre 20 tomando en cuenta las 19 plantas potabilizadoras y las estaciones de desinfección como un conjunto, el costo mensual por planta es de aproximadamente ¢ 6092.00 el cual se incluirá a la estimación final.

9.4. Costo de Materiales y Reposición de Equipos

Los costos asociados a materiales son difíciles de cuantificar, para ello se debe tener información relevante a las necesidades de stock de repuestos y consumibles, así como recambios, que se utilizan en la Unidad de Control Electromecánico, es necesario tener la frecuencia con la que se utilizan los materiales y las cantidades requeridas por año.

En la Unidad de Control Electromecánico actualmente no se conoce con detalle la necesidad de stock de repuesto y consumibles. Para desarrollar este análisis se usó como base el plan de mantenimiento preventivo establecido, del cual se obtienen las necesidades de repuestos y consumibles de los equipos.

Una vez conocidas las necesidades se procedió a cotizar los insumos con el fin de obtener los costos por unidades y totales. En el caso de reposición de equipos, fue necesario evaluar el periodo de vida estimado de los equipos, además de los costos de compra y reemplazo. Para calcular los costos anualizados se utilizará la fórmula de capital de recuperación.

A continuación, se muestra la fórmula utilizada.

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (9,4)$$

A =Costo Anualizado

P = Valor presente

i = Tasa de Descuento

n = Año proyectado para la reposición

Para la proyección de reposición de los equipos se utiliza una tasa de descuento anual del 10%, en el caso de equipos de bombeo se utiliza un ciclo de vida de 10 años y se tomó como referencia el estudio de (Hennecke, 2006) donde se utiliza este promedio de años para estimar el costo de ciclo de vida de diferentes bombas.

Ejemplo

Para obtener el costo anualizado de una bomba dosificadora de Sulfato ProMInent con un costo actual de ₡11,005,506.16, utilizando una tasa de descuento de 10% anual y estimando un periodo de vida del equipo de 10 años se tiene:

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$A = ₡11,005,506.16 \times \frac{0.1(1+0.1)^{10}}{(1+0.1)^{10} - 1}$$

$$A = ₡1,791,095.45$$

Ahora bien, el valor calculado representa el valor anual que se debe guardar para proyectar un cambio en 10 años, el valor mensual corresponde en este caso a ₡149,257.95.

En la siguiente tabla se muestra el resumen del cálculo de costo de reposición de los equipos más relevantes dentro de la Planta Potabilizadora Tres Ríos, para el valor de costo actual se utilizaron cotizaciones de diferentes proveedores, así como información brindada por la Unidad de Control Electromecánica.

Tabla 24. Costos mensuales por reposición de equipos, Planta Potabilizadora Tres Ríos

Tres Ríos					
Equipo	Valor actual	Ciclo de Vida	Valor mensual	Cantidad	Total
Bomba ProMInent Makro M5	₡11,005,506.16	10	₡149,257.95	4	₡597,031.82
Motor Agitador LEESON 1/3 Hp	₡1,243,000.00	15	₡13,618.49	10	₡136,184.92
Bomba de centrifuga 10 Hp / 3Ph	₡1,243,164.98	10	₡16,859.95	5	₡84,299.74
Compresor de pistones	₡5,304,086.38	15	₡58,112.36	1	₡58,112.36
Variador de Frecuencia ATV630	₡4,473,692.00	15	₡49,014.43	1	₡49,014.43
Teclé Eléctrico CM Iodestar	₡1,964,689.19	15	₡21,525.43	2	₡43,050.85
bombas de Suministro interno	₡1,243,164.98	10	₡16,859.95	2	₡33,719.90
Bomba centrífuga Gt10	₡164,941.57	10	₡2,236.96	3	₡6,710.87
Variador de Frecuencia Altivar 212	₡259,561.00	15	₡2,843.79	2	₡5,687.58
Tanque Hidroneumático	₡206,117.64	15	₡2,258.26	1	₡2,258.26
Bomba Pedrollo PKm60	₡65,082.53	10	₡882.66	2	₡1,765.31
				Total	₡1,017,836.03

De la misma forma mostrada anteriormente se calculó para las plantas incluidas en modelo, en la siguiente imagen se muestra el resultado.

Planta	Costo Mensual
Tres Ríos	₡1,017,836.03
Guadalupe	₡653,300.86
Cartago	₡180,847.32
El llano	₡4,237.86

Figura 65. Costo mensual por concepto de reposición de equipos

En cuanto al costo de materiales se toma como base el plan de mantenimiento elaborado y se establece un costo a partir de diferentes cotizaciones realizadas, utilizando las frecuencias de uso y cantidades de cada material o repuesto se obtuvo un valor asociado de gasto mensual en las plantas potabilizadoras. En la siguiente figura se muestra el cálculo realizado para la Planta Potabilizadora de Tres Ríos.

Equipo	Parte	código de Repuesto	Cantidad	Frecuencia de uso	Costo Total	Costo Mensual
Bombas de cloración	Sello Mecánico	10K13	3	CADA AÑO	₡ 207,550.85	₡ 17,295.90
	Rodamiento	6207	3	CADA 3 AÑOS	₡ 31,079.00	₡ 863.31
	Rodamiento	6203	3	CADA 3 AÑOS	₡ 16,145.00	₡ 448.47
Bombas de membrana ProMinent	Juego de recambios: 1 membrana 1 válvula aspiración 1 válvula de impulsión 2 placas de válvula y resorte	cód referencia 108174	4	CADA 2 AÑOS	₡2,200,000.00	₡ 91,666.67
	Aceite	mobilgear # ref 1006509	68 Litros	CADA 1,5 AÑOS	₡ 748,000.00	₡ 41,555.56
Bomba de membrana Mill Roy	Aceite	Tipo A	20 Litros	CADA 1,5 AÑOS	₡ 220,000.00	₡ 12,222.22
Bomba de suministro a TH	Sello Mecánico	10K13	1	CADA 1,5 AÑOS	₡ 69,183.62	₡ 3,843.53
Bomba de lavado de estructuras	Sello Mecánico	10K13	1	CADA 1,5 AÑOS	₡ 69,183.62	₡ 3,843.53
Compresor	Aceite	Aceite base de petróleo	1 litros	6 MESES	₡ 14,983.80	₡ 2,497.30
	Filtro	--	1		₡ 36,000.00	₡ 6,000.00
Removedoras de lodo	Aceite	mobilgear	5 litros	CADA 1,5 AÑOS	₡ 55,000.00	₡ 3,055.56
	Grasa	grasa para rodamiento	400 gramos	6 MESES	₡ 3,243.10	₡ 180.17
Motores Agitadores	Pintura	Anticorrosiva	1/2 galon	CADA AÑO	₡ 5,311.00	₡ 442.58
	Disolvente	Thinner	1 galon		₡ 9,096.50	₡ 758.04
	Brocha	Brocha	1		₡ 3,932.00	₡ 327.67
Bomba muestreo 1	Sello Mecánico	10K10	1	CADA 1,5 AÑOS	₡ 16,472.29	₡ 915.13
Bomba muestreo 3	Sello Mecánico	10K10	1	CADA 1,5 AÑOS	₡ 16,472.29	₡ 915.13
Bomba muestreo 4 y 5	Sello Mecánico	R-12	2	CADA 1,5 AÑOS	₡ 32,944.59	₡ 1,830.25
Teclé	Aceite	Aceite de máquina	5 ml	CADA AÑO	₡ 1,115.00	₡ 92.92
					Total	₡ 188,753.94

Figura 66. Costo mensual por concepto de consumibles, Planta Potabilizadora Tres Ríos

En la siguiente figura se muestra el costo mensual estimado de la misma forma mostrada anteriormente para las demás Plantas Potabilizadoras

Planta	Costo mensual
Tres Ríos	₡ 188,753.94
Guadalupe	₡ 110,674.79
Cartago	₡ 17,785.98
El llano	₡ 915.13

Figura 67. Costo mensual por concepto de insumos y repuestos

9.5. Costos en energía Eléctrica

El costo de energía eléctrica en las plantas representa un costo variable, el cual depende en gran medida de la producción de cada planta, ya que el uso de los equipos varía según el requerimiento en producción.

Cuando se realizó el levantamiento de equipos se recopiló información sobre un estimado de uso diario de los equipos, que será utilizado para calcular el costo asociado a los diferentes equipos atendidos por la Unidad de Control Electromecánica y que se encuentran en las plantas.

Para la estimación se utilizará la información de placas de datos de los equipos para establecer consumos de corriente y voltajes de operación nominales, y se calculará la Potencia consumida. Además, se realizaron mediciones de campo para identificar el consumo real de los equipos y comparar con los datos aportados en la placa, esto además de brindar información más real sobre el funcionamiento actual, permite entre otras cosas conocer el estado de funcionamiento de los equipos.

Para calcular la potencia consumida de utilizaran las siguientes formulas:

Para equipos monofásicos

$$P = \frac{I * V * FP}{1000} \quad (9.5)$$

Para equipos trifásicos

$$P = \frac{I * V * \sqrt{3} * xFP}{1000} \quad (9.6)$$

P=Potencia (kilovatio)

I=Corriente (Amperio)

V= Voltaje (Voltio)

FP= Factor de Potencia

Razón de carga

Para determinar la razón de carga se midió la corriente de operación de los equipos y con la corriente de placa de los equipos se procedió a realizar el cálculo según la ecuación (9.7). En caso de equipos trifásicos se calculó un promedio de las mediciones tomadas en las tres líneas.

$$R_{Carga} = \frac{I_{Medida}}{I_{Nominal}} \quad (9.7)$$

R_c = Razón de carga.

$I_{Nominal}$ = Corriente en Amperios dada en la placa de datos del motor.

I_{Medida} = Corriente en Amperios medida en las líneas del equipo.

Para el cálculo de la energía se usará la siguiente fórmula

$$Energía = Potencia (kw) * horas de operación \quad (9.8)$$

En la Tabla 25 se muestra el resumen de los costos de energía. Para realizar los cálculos se midieron las corrientes en las líneas para los equipos y se calculó la razón de carga según la fórmula (9.7), se obtuvo el valor de potencia de cada equipo a partir de la potencia del motor y se aplicó la fórmula (9.8), para esto se estimó previamente la cantidad de horas de trabajo de los equipos. El costo de la energía se calculó según las tarifas vigentes del CNFL.

En el apéndice 7 se muestra una plantilla de cálculos con los resultados por equipo y procesos.

Tabla 25. Costo Mensual de energía eléctrica en Planta potabilizadora Tres Ríos

Proceso	Costo de Energía
Cámara de Entrada	₡ 118,259.02
Floculación	₡ 324,256.71
Sedimentación	₡ 2,782.02
Filtración	₡ 231,895.83
Desinfección	₡ 371,844.30
Facilidades	₡ 56,758.23
Total	₡ 1,105,796.09

Consumo de potencia

Dentro del costo energético las compañías eléctricas incluyen un costo por consumo de potencia y este resulta del máximo consumo simultáneo entre equipos en el mes, además establecen un monto fijo y un valor adicional en función del consumo.

Para estimar el valor máximo de potencia consumida se analizó el funcionamiento de los sistemas y se incluyó los que mantienen periodos de funcionamiento constantes durante el día. Una vez obtenido el valor máximo de potencia se consultó en el ARESEP las tarifas y costo según el consumo, el valor obteniendo se muestra en la siguiente figura.

Tres Ríos																										
Equipo	Cantidad	Hora																							Consumo de potencia (kW)	Consumo Total (kW)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
bombas dosificadora	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3.00	6
Motor agitador	4				✓								✓								✓				1.49	5.96
Bomba muestreo 1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0.746	0.746
Bomba muestreo 2	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0.37	0.37
Bomba de lavado de filtros	1			✓	✓	✓							✓	✓	✓					✓	✓	✓			29.84	29.84
Bomba lavado de estructuras	1			✓	✓	✓							✓	✓	✓					✓	✓	✓			3.73	3.73
Bomba de suministro	1				✓	✓						✓	✓					✓	✓				✓	✓	7.46	7.46
Bomba de cloración	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3.73	7.46
Compresor	1				✓	✓	✓						✓	✓	✓						✓	✓	✓		7.46	7.46
																									Total	69.026
																									Costo	₡ 556,355.77

Figura 68. Costo por consumo de potencia Planta Potabilizadora de Tres Ríos

Fuente: Elaboración propia

El costo total se obtuvo sumando el valor de costo de consumo energía más el consumo de potencia estimados. En el caso de la Planta Potabilizadora de Tres Ríos al valor se le agrega el impuesto IVA de 13% y además el costo variable para alumbrado público más el impuesto de bomberos, los cuales están en función del consumo de energía y son definidos por la ARESEP. Con lo anterior se tiene:

$$\text{Costo Eléctrico} = (\text{₡ } 1,105,796.09 + \text{₡ } 556,355.77) \times 1.13 + \text{₡ } 77,288.02 + \text{₡ } 2,292.00$$

$$\text{Costo Eléctrico} = \text{₡ } 1,957,811.62$$

En la siguiente figura se muestran los resultados para las demás plantas analizadas

Planta	Total
Tres Ríos	₡ 1,957,811.62
Guadalupe	₡ 917,632.12
Cartago	₡ 407,070.38
El llano	₡ 83,591.68

Figura 69. Costo por concepto de energía consumida por equipos electromecánicos

9.6. Costos de transporte

Para el cálculo de costos asociado a movilización se deben tomar en cuenta aspectos como la distancia recorrida mensual o anualmente y con base en este cálculo estimar costos asociados al mantenimiento.

Actualmente en la Unidad de Control Electromecánico se utilizan 3 vehículos para el desplazamiento de los técnicos y el jefe de mantenimiento a las diferentes plantas y estaciones de desinfección.

9.6.1. Costos de Combustible

Para estimar el costo asociado a consumo de combustible de los vehículos se solicitó el registro de los pagos realizados por concepto de combustible.

Tabla 26. Costos de consumo de combustible

Mes	Placa del Vehículo	Monto	Kilometraje
Enero	1614	₡ 160,000.00	2230
Febrero		₡ 135,000.00	1642
Marzo		₡ 75,000.00	1074
Abril		₡ 50,000.00	752
Enero	1693	₡ 85,000.00	1496
Febrero		₡ 65,000.00	1110
Marzo		₡ 109,153.00	1696
Abril		₡ 37,000.00	1074
Enero	2030	₡ 30,000.00	419
Febrero		₡ 25,000.00	1161
Marzo		₡ 15,000.00	164

Fuente: Unidad de Control Electromecánico AyA

Para estimar un costo representativo para cada planta potabilizadora se analizó el porcentaje de visitas a las plantas y se asoció igualmente un porcentaje de consumo mensual de combustible según el porcentaje de visitas. En el caso de la planta potabilizadora Tres Ríos se incluye dos de los vehículos, el utilizado por los técnicos del sector este y el utilizado por el jefe de mantenimiento. El costo de combustible del vehículo matrícula 1693 no se incluye debido a que ese es utilizado por los técnicos en el sector oeste quienes no realizan visitas a Tres Ríos.

Tabla 27. Costos mensuales de combustibles asociados a visita a Planta Potabilizadora Tres Ríos

Mes	Placa del Vehículo	Tres Ríos	Costo Promedio
Enero	1614	₡ 40,000.00	₡ 26,250.00
Febrero		₡ 33,750.00	
Marzo		₡ 18,750.00	
Abril		₡ 12,500.00	
Enero	2030	₡ 2,400.00	₡ 1,866.67
Febrero		₡ 2,000.00	
Marzo		₡ 1,200.00	
		Total	₡ 28,116.67

En la siguiente figura se muestra el estimado para las demás plantas potabilizadoras

Planta	Costo mensual
Tres Rios	₡ 28,116.67
Guadalupe	₡ 38,500.00
Cartago	₡ 700.00
El llano	₡ 8,337.16

Figura 70. Costos por concepto de combustible de vehículos

9.7. Tercerización

En la Unidad de Control Electromecánico actualmente se terceriza parte del mantenimiento referente principalmente a los sistemas electrógenos, sin embargo, no se tiene incluido el gasto como de la Unidad, por lo que no se incluirá en la cuantificación. Con el nuevo plan se pretende incluir los sistemas cuyo mantenimiento es tercerizado, esto con el fin de llevar control de los trabajos realizados, ya que a pesar de que se tiene tercerizado no hay certeza de que el mantenimiento recibido sea el requerido.

9.8. Suma de costos

Una vez calculados los costos anteriores se procede a realizar la suma de los costos por cada concepto analizado para cada una de las plantas potabilizadoras incluidas en el análisis. En la siguiente tabla se muestra el estimado en costos obtenidos para cada planta potabilizadora.

Tabla 28. Suma de costos mensuales por planta potabilizadora

Concepto	Planta Tres Ríos	Planta Guadalupe	Planta Cartago	Planta El llano
Mano de obra	₡ 325,104.00	₡ 284,466.00	₡ 121,914.00	₡ 40,638.00
Capacitación	₡ 6,092.00	₡ 6,092.00	₡ 6,092.00	₡ 6,092.00
Reposición de Equipos	₡ 1,017,836.03	₡ 653,300.86	₡ 180,847.32	₡ 4,237.86

Repuestos e Insumos	₺ 160,110.46	₺ 110,674.79	₺ 17,785.98	₺ 915.13
Energía Eléctrica	₺ 1,957,811.62	₺ 917,632.12	₺ 407,070.38	₺ 83,591.68
Combustibles	₺ 28,116.67	₺ 38,500.00	₺ 700.00	₺ 8,337.16
Total	₺ 3,495,070.77	₺ 2,010,665.78	₺ 734,409.68	₺ 143,811.83

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente grafico tipo pastel se muestra la distribución de costos mensuales según el modelo planteado, en este caso para la Planta Potabilizadora Tres Ríos

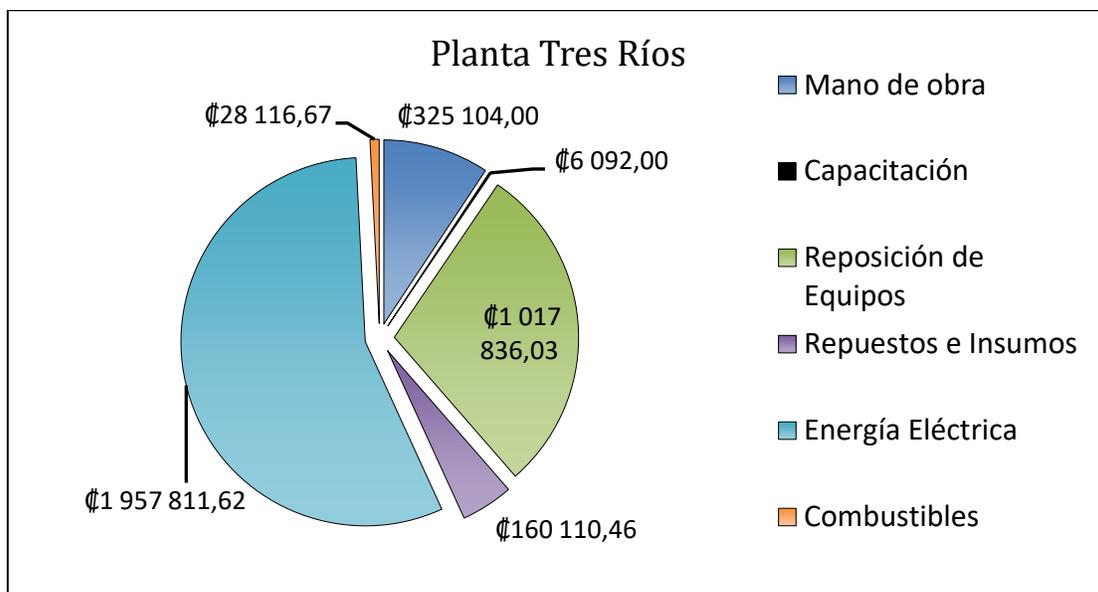


Figura 71. Grafico tipo pastel, distribución de costos en Planta Potabilizadora Tres Ríos

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente gráfico se muestra la comparación de costos mensuales por cada concepto y entre las plantas analizadas, como se puede observar los costos de mayor relevancia son representados por el consumo eléctrico de los equipos en cada planta.

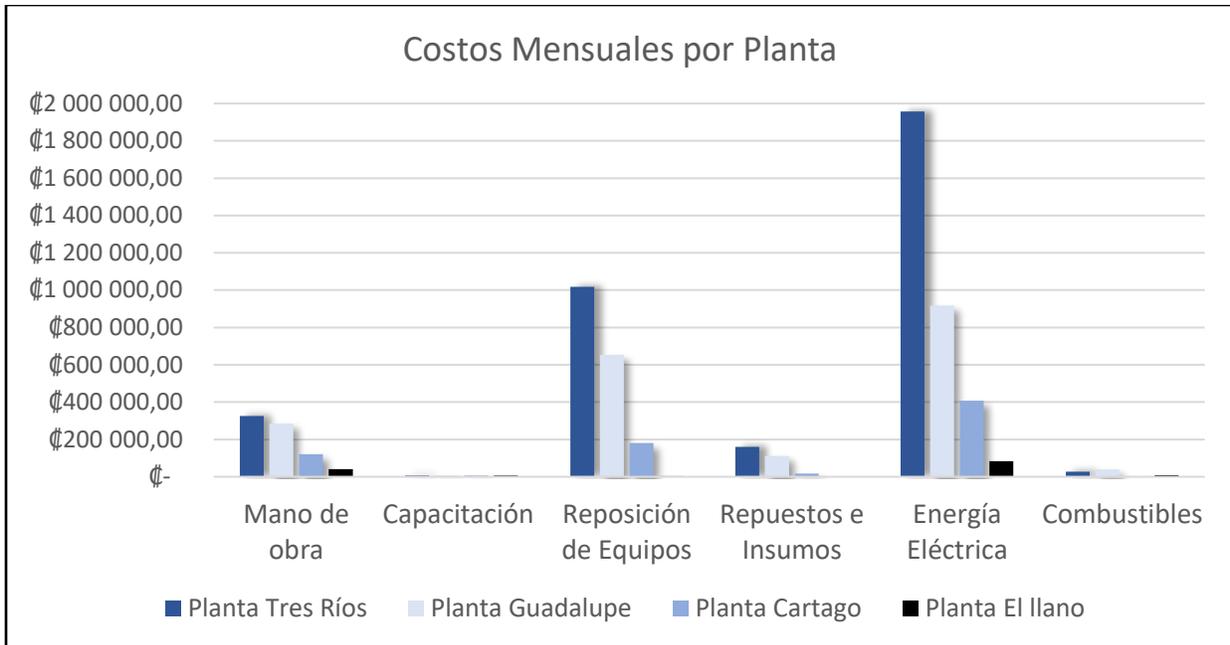


Figura 72. Gráfico comparativo de costos mensuales por planta

9.9. Relación costos de mantenimiento-producción

En esta sección se presenta una estimación del costo que representa el mantenimiento por metro cúbico de agua producido en cada una de las plantas potabilizadoras analizadas en el modelo, para esto se solicitaron los datos de producción de las plantas para los últimos seis meses. En el siguiente gráfico se muestra la producción de agua de los últimos seis meses en la Planta Potabilizadora de Tres Ríos.

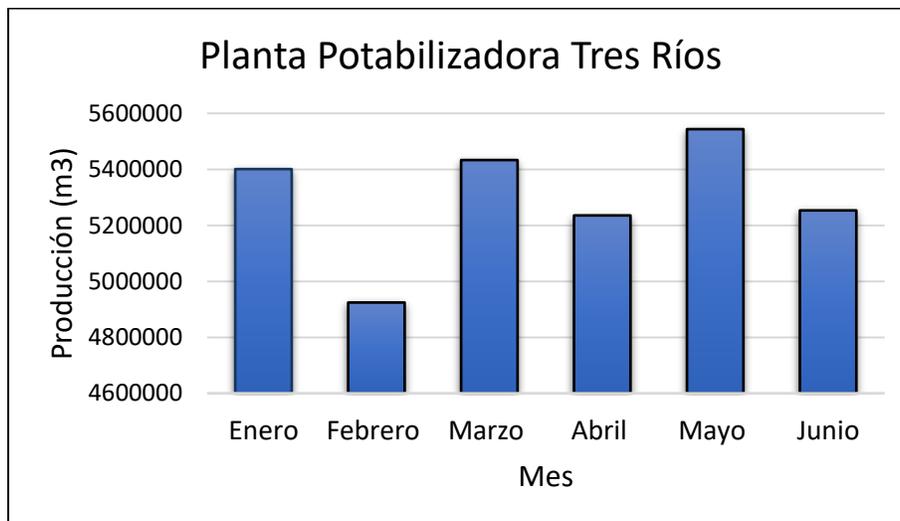


Figura 73. Producción de agua en Planta Potabilizadora Tres Ríos

Fuente: UEN Producción y Distribución AyA.

A continuación, se muestra la producción de agua de las demás plantas potabilizadoras para los últimos seis meses.

Producción en m3							
Planta Potabilizadora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
Tres Ríos	5,400,925	4,924,237	5,433,289	5,235,425	5,543,634	5,253,310	5,298,470
Guadalupe	792,130	662,327	601,377	521,358	644,500	717,588	656,547
Cartago	717,588	796,428	819,202	764,779	790,086	760,444	774,755
El Llano de Alajuelita	16,441	13,180	10,800	10,426	12,802	18,436	13,681

Figura 74. Datos de producción mensual en plantas potabilizadoras de enero-junio 2020

Fuente: UEN Producción y Distribución AyA

Utilizando el valor promedio de producción y el costo de mantenimiento obtenido previamente, se estimó el costo mensual de mantenimiento por metro cúbico para las plantas potabilizadoras estudiadas, en la siguiente figura se muestran los resultados.

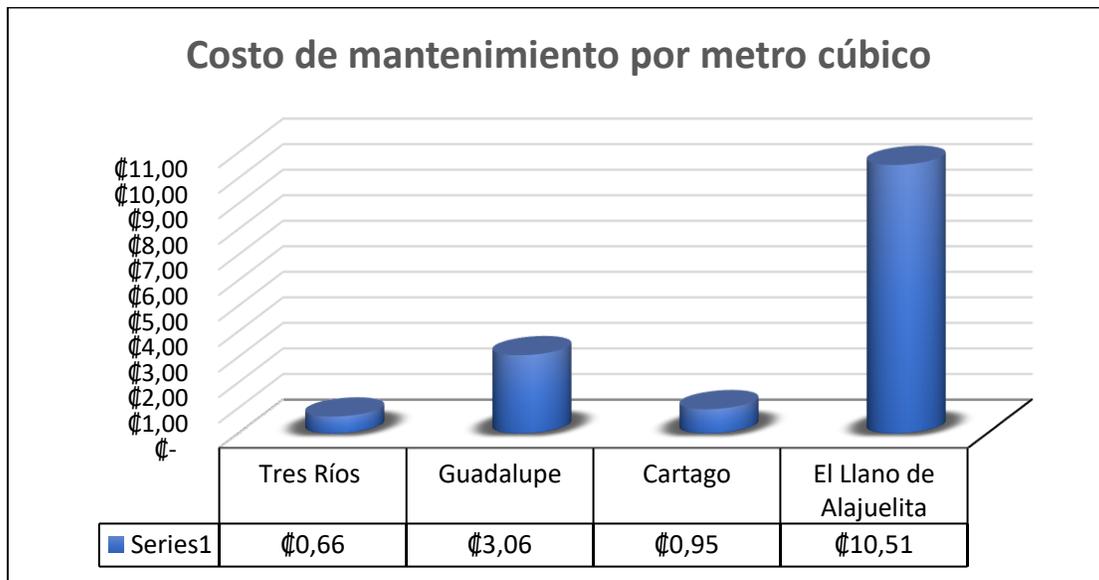


Figura 75. Costo de mantenimiento mensual por metro cubico de agua producido

Fuente: Elaboración Propia

10. Conclusiones y Recomendaciones

10.1. Conclusiones

1. Se evaluó la madurez del mantenimiento en la Unidad de Control Electromecánico mediante la norma COVENIN 2500-93, se obtiene un valor de 41% de aprobación que ubica a la Unidad en un nivel de inocencia respecto a la escala presentada por la norma.
2. Mediante la aplicación de la metodología de Cuadro de Mando Integral se definieron objetivos a cumplir por la Unidad de Control Electromecánico para la mejora en el desempeño del mantenimiento en la Dirección de Plantas Potabilizadoras, por medio del uso de indicadores.
3. Se presentó un modelo de gestión de mantenimiento que incorpora la planificación del mantenimiento y el seguimiento de tareas como indispensables para la mejora continua de la Unidad de Control Electromecánico.
4. Se planteó un modelo de cuantificación de costos de con base en el plan de mantenimiento preventivo definido, y se logró obtener un valor promedio de costos mensuales esperados para cuatro plantas potabilizadoras seleccionadas como muestra.
5. Se presentó un sistema de organización de la información que incluye herramientas para el seguimiento de los datos y de las actividades de mantenimiento, con el fin de organizarlos y tener acceso a estos de forma local y en la nube usando Google Drive.

10.2. Recomendaciones

1. Incorporar el Software de mantenimiento TRICOM para reforzar el seguimiento de las labores de mantenimiento y facilitar el análisis de resultados.
2. Dar seguimiento al cuadro de mando integral propuesto para verificar el cumplimiento de los objetivos y establecer modificaciones o mejoras periódicamente.
3. Incorporar el plan mantenimiento preventivo y dar seguimiento para ajustar de forma paulatina las estrategias planteadas para los diferentes sistemas.
4. Se recomienda organizar la información e incorporar los códigos QR conforme se establezca el plan de mantenimiento preventivo para los diferentes equipos en plantas potabilizadoras y estaciones de desinfección.
5. Para cuantificar los costos de mantenimiento mediante modelo propuesto se recomienda realizar una auditoria energética en las plantas potabilizadoras para conocer en detalle el consumo de energía de los equipos electromecánicos, incorporar el detalle de los costos de capacitación y tercerización, y agregar los costos de mantenimiento de los vehículos utilizados por la Unidad de Control Electromecánico.
6. Incorporar el modelo de cuantificación de costos a las demás plantas potabilizadoras y estaciones de desinfección, para establecer el presupuesto de mantenimiento requerido anualmente, obtener el costo de mantenimiento por metro cúbico y comparar entre plantas y estaciones para la orientación en la adquisición de equipos y la incorporación de sistemas electromecánicos.

11. Bibliografía

Bastidas, E. L., & Feliu, V. M. R. (2003). Una aproximación a las implicaciones del cuadro de mando integral en las organizaciones del sector público. *Compendium: Revista De Investigación Científica*, (11), 23-41.

Colectivo de autores. (2009). Contabilidad de costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones (2a. ed.). Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3194226>

da Silva Filho, João Batista Barros, & González, R. R. (2004). Una nueva visión del cuadro de mando integral para el sector público. *Revista Iberoamericana De Contabilidad De Gestión*, 4, 117-148.

Duffua, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2005). *Planeación y control* ISBN.

Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento* Ediciones Diaz de santos.

Hennecke, F. (2006). A comparative study of pump life cycle costs. *Paper Technology*, 47(7), 20.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2002). *Cuadro de mando integral: The balanced scorecard* Gestión 2000,.

Martínez Pedrós, D., & Milla Gutiérrez, A. (2005). *Introducción al cuadro de mando integral*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3228580>

- MERCADO, V., & PEÑA, J. B. (2016). Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica. *Saber*, 28(1), 99-105.
- Montoya, C. A. (2011). El balanced scorecard como herramienta de evaluación en la gestión administrativa. *Revista Científica " Visión De Futuro"*, 15(2)
- Navarro Elola, L., Pastor Tejedor, A. C., & Mugaburu Lacabrera, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona: Marcombo. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3185475>
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos* INGECON.
- Pozuelo Díaz, F. J. (2013). *Mantenimiento eficiente de las instalaciones de suministro de agua y saneamiento en edificios: UF0573*. Málaga: IC Editorial. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=5308653>
- Rodríguez González, M. E. (2013). *Gestión de datos: bases de datos y sistemas gestores de bases de datos*. Barcelona: Editorial UOC. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3219201>
- Sola Rosique, A., & Crespo Márquez, A. (2016). *Principios y marcos de referencia de la gestión de activos*. Madrid: AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=4570016>
- Too, E. G. (2010). A framework for strategic infrastructure asset management. *Definitions, concepts and scope of engineering asset management* (pp. 31-62) Springer.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare.Revista Chilena De Ingeniería*, 21(1), 125-138.

12. Apéndices

Apéndice 1. Fichas Técnicas

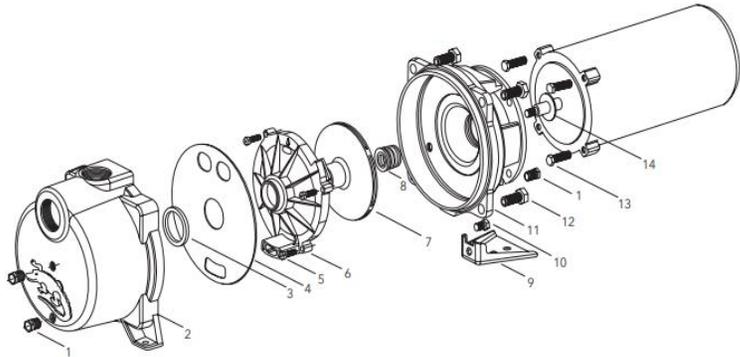
		Ficha Técnica			
		Bomba Muestreo salida	Código	01-01-070-BMU01	
Bomba Centrifuga					
Marca	<i>Goulds</i>	Modelo	<i>GT10</i>	Catálogo	GT-IRRIGATOR
Máxima presión trabajo	<i>125 PSIG</i>	Capacidad de Operación	<i>Continua</i>	Capacidad	<i>110 GPM</i>
Motor					
Potencia	<i>1 HP</i>	Voltage	<i>115/230 V</i>	Corriente	<i>16/8 A</i>
Frecuencia	<i>60 HZ</i>	Velocidad	<i>3500 rpm</i>	Fases	<i>1</i>
Partes					
				<ol style="list-style-type: none"> 1. Tapón de tuba NPT de 1/4 pulgada 2. Carcasa 3. Anillo del sello del álabe guía 4. Diafragma 5. Tornillo para metales de cabeza cilíndrica ranurada 6. Álabe guía 7. Impulsor 8. Sello mecánico 9. Base de la bomba 10. Perno de la base de la bomba 11. Adaptador del motor 12. Perno de la carcasa 13. Perno del adaptador del motor 14. Deflector 	
Código principales Repuestos					
3. Anillo sello álabe guía	5K231	8. Sello mecánico			10K10
4. Diafragma	5K256	5. Tornillo para metales de cabeza cilíndrica ranurada			13K4
6. Álabe guía	3K71	7. Impulsor			2K716
Mantenimiento			Observaciones		
Preventivo					

Figura 76. Ficha Técnica Bomba Goulds GT10

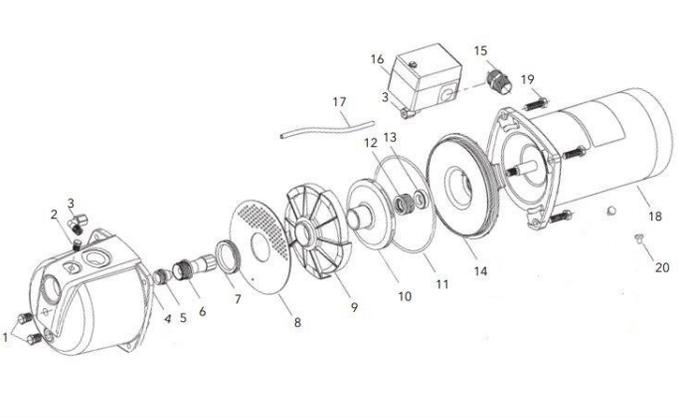
		Ficha Técnica				
		Bomba Muestreo Orosí	Código	01-01-030-BMU02		
Bomba Centrífuga						
Marca	<i>Goulds</i>	Modelo	<i>JRS</i>	Catálogo	<i>BJRS.pdf</i>	
Máxima presión trabajo	<i>74 psi a 25 ft de succión</i>	Capacidad de Operación	<i>Continua</i>	Capacidad	<i>6.7 gpm a 20 psi y 5ft succión</i>	
Motor						
Potencia	<i>1/2 HP</i>	Voltage	<i>115/230 V</i>	Corriente	<i>12.6/6.3 A</i>	
Frecuencia	<i>60 HZ</i>	Velocidad	<i>3500 rpm</i>	Fases	<i>1</i>	
Partes						
			1. Tapón de drenaje 1/4 "NPT 2. Tapón de ventilación 1/8 "NPT 3.Codo conector - tubo 4. Carcasa 5.Boquilla 6.Tubo Venturi 7. Anillo separador de placa de separación 8. Placa separadora 9. Difusor (paleta) 10. Impulsor	11.O-ring 12.Sello mecánico - Rotativo 13.Sello mecánico - estacionario 14.carcasa del sello 15.Conector con contratuerca 17.Presostato Tubo - Interruptor de presión 18.Motor 19.Tornillo de cabeza hexagonal		
Código principales Repuestos						
5.Boquilla	AN018	9. Difusor	3K64	12,13. Sello mecánico	10K10	
6.Tubo Venturi	AD3330	10. Impulsor	2K900	16.Interruptor de presión	AS4	
		11.O-ring	5K230	18. Motor	SFJ04860	
Mantenimiento			Observaciones			
Preventivo			Se le acopló un motor diferente al original			

Figura 77.Ficha Técnica Bomba Goulds JRS

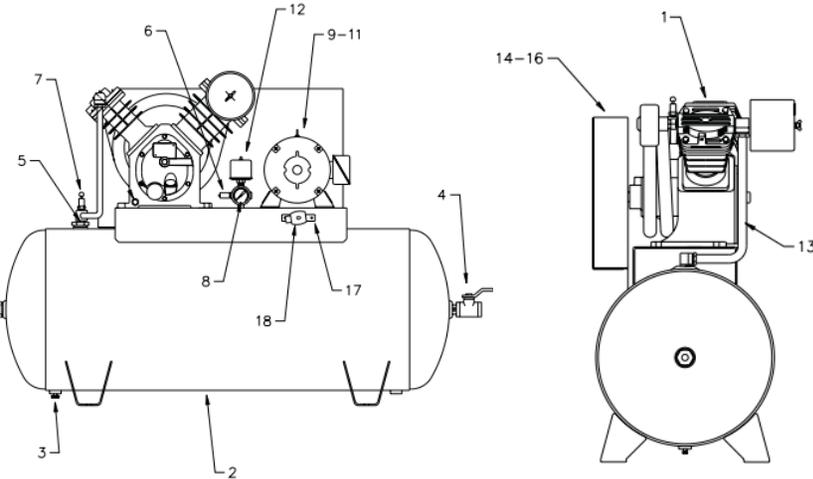
		Ficha Técnica		
		Compresor de Doble Pistón	Código	01-01-140-COP01
Compresor				
Marca	<i>Ingersoll Rand</i>	Modelo	<i>7172-10E3</i>	Condición
		<i>modelo Descontinuado</i>		
Presión máxima	<i>200 psi</i>	Capacidad	<i>120 GAL</i>	
Motor				
Marca	<i>Baldor</i>	Potencia	<i>10 Hp</i>	Voltage
		<i>230/460 V</i>	Corriente	
		<i>28/14 A</i>		
Catalogo	<i>M3313T</i>	Frecuencia	<i>60 Hz</i>	Velocidad
		<i>1725 rpm</i>	Fases	
		<i>3</i>		
Partes				
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Cabezal de pistones 2. Tanque receptor 3. Válvula de drenaje manual 4. Válvula de bola, de servicio 5. Válvula check 6. Válvula, seguridad/ alivio-receptor 7. Válvula, seguridad/ alivio-descarga 8. Presostato- 300psig 9. Motor Eléctrico 220/380-3-60 10. Polea, motor(para motor 220/380-3-60 11. Correa,Conducción-A90(para motor 220/380-3 12. Interruptor de presión 13. Ensamblaje Tubo-compresor al receptor 14,15. Protector delantero, protector trasero 17,18. Válvula solenoide 		
Mantenimiento		Código de Respuestas		Observaciones
Preventivo		Lubricante		
		Debe ser Clase A		



Figura 78. Ficha Técnica Compresor de Pistones Ingersoll Rand T30

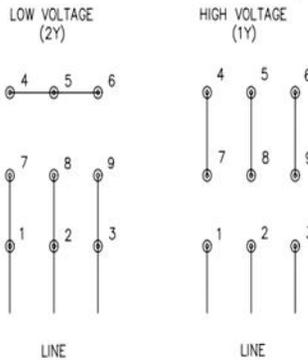
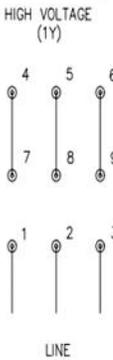
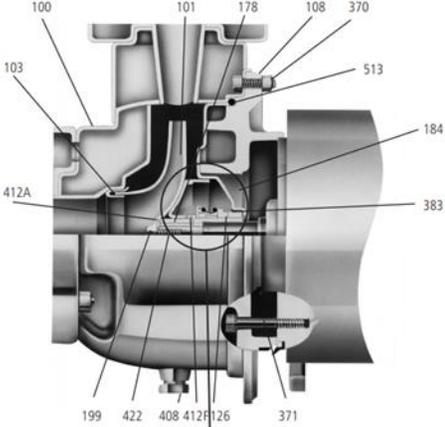
A y A		Ficha Técnica							
		Bomba cloración tres Ríos	Código	01-01-070-BCL02					
Bomba Centrifuga									
Marca	<i>Goulds</i>	Modelo	<i>SST</i>	Condición	<i>Modelo discontinuado</i>				
Capacidad de Operación	<i>Continua</i>	Capacidad de	<i>160 GPM</i>						
Motor									
Marca	<i>Baldor</i>	Potencia	<i>5 HP</i>	Voltage	<i>230/460 V</i>	Corriente	<i>12.2/6.1 A</i>	Rodamient	<i>DE 6207</i>
Catalogo	<i>JMM32</i>	Frecuencia	<i>60 Hz</i>	Velocidad	<i>3450 rpm</i>	Fases	<i>3</i>	os	<i>ODE 6203</i>
Conexión Motor			Partes						
<p>LOW VOLTAGE (2Y)</p>  <p>HIGH VOLTAGE (1Y)</p> 						<p>100. Carcasa</p> <p>101. Impulsor</p> <p>103. Anillo de desgaste</p> <p>184. Alojamiento del sello</p> <p>370. Tornillo de casquete de cabeza</p> <p>408. Tapón de drenaje -- 3/8 NPT</p> <p>126. Camisa del eje</p> <p>178. Chaveta del impulsor</p> <p>422. Perno del impulsor</p> <p>199. Arandela del impulsor</p> <p>371. Tornillo de casquete de cabeza</p> <p>412A. Anillo en O, impulsor</p> <p>412F. Anillo en O, camisa del eje</p> <p>513. Anillo en O</p> <p>383. Sello mecánico, Pieza No. 10K13</p>			
Mantenimiento		Código de Respuestas			Observaciones				
Importancia Alta		Sello mecánico	10K13	Tornillo impulsor					
		Impeller	2L101	13K43					
		Anillo de desgaste	4L101	Arandela impulsor					
		Alojamiento sello	1L104	13L39					

Figura 79. Ficha Técnica Bomba Goulds SSH/SST



Ficha Técnica

Bomba Dosificadora de Sulfato Código 01-01-040-BDS04

Bomba de Membrana

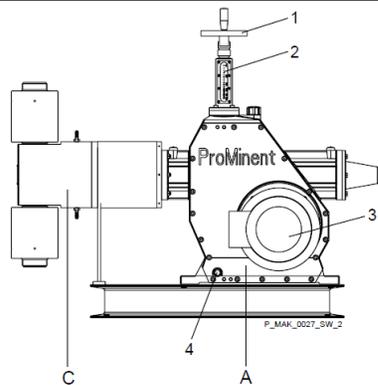
Marca	ProMinent	Modelo	M5MA H 062880 SS TT 14 M50	serie	20030T3671
Máxima presión trabajo	58 psi	Capacidad de Operación	Continua	peso	320 kg

Motor

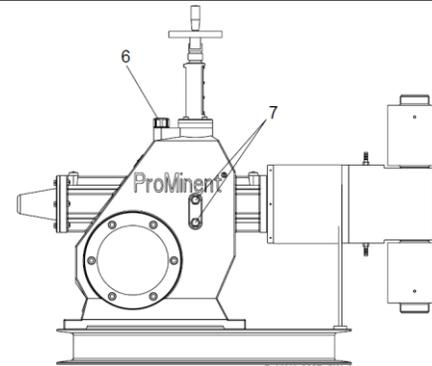
Potencia	1 HP	Voltage	Y/ Δ 380-460/220-265V	Corriente	3,40/5,90A
Frecuencia	60 HZ	Velocidad	1690 rpm	Fases	3



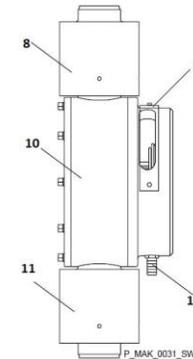
Partes



Vista lado del motor



Vista lado opuesto al motor



Unidad de Bombeo

A. Accionamiento	4. Tornillo de purga de aceite	10. Cabezal dosificador
C. Unidad de bombeo	6. Tornillo de purga de aire	11. Válvula de aspiración
1. Rueda de ajuste de la longitud de la carrera	7. Mirilla de aceite	12. Boquilla portatubo para fuga
2. Escala circular	8. Válvula de impulsión	
3. Motor	9. Cubierta protectora	

Mantenimiento

Preventivo/Predictivo

Consumibles

Aceite 17 LITROS (mobilgear # ref 1006509) **Juego de Recambios** FM 4000

Figura 80. Ficha Técnica Bomba ProMinent Makro M5Ma

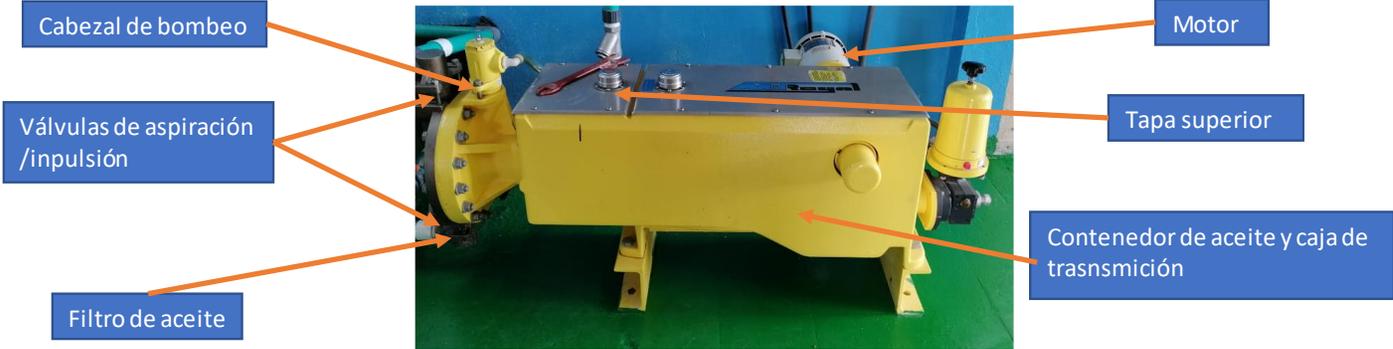
		Ficha Técnica				
		Bomba Dosificadora Polímero		Código	01-01-040-BDP01	
Bomba de Membrana						
Marca	<i>Milton Roy</i>	Modelo	<i>MilRoyal C</i>	Manual	54270	
Capacidad de Operación	780 GPH	Presión	50 PSI	Peso	386-635 kg	
Motor						
Marca	<i>Leeson</i>	Modelo	<i>C6T17WC12G</i>	Catalogo	114616.00	
Potencia	2HP	Voltage	208/230- 480 V	Corriente	6.2-3.1 A	
Frecuencia	60 Hz	Velocidad	1725 rpm	Fases	3	
					Rodamientos	ODE 6203 DE 6205
Partes						
						
Mantenimiento		Consumibles				
Preventivo	Aceite	Zurnpreen 15A	Kit Reparación	RPM-0011-021	Diafragma parte	2980074099

Figura 81. Ficha Técnica Bomba Milton Roy Mill Royal C

		Ficha Técnica	
		Bombas Limpieza filtros	Código
Bomba Centrífuga			
Marca	<i>Goulds</i>	Modelo	3656 Catálogo 3656/3756 M & L-Group
Máxima presión trabajo	90 psi	Capacidad de Operación	continua Capacidad 1500 gpm
Motor			
Potencia	40 HP	Voltage	230 /460 V
Frecuencia	60 HZ	Velocidad	3550 rpm
		Corriente	98/48 A
		Fases	3
Partes Motor			
		<ul style="list-style-type: none"> 2. Caja de conductores 3. Tornillo de sujeción de la tapa 4. Parte superior de la caja 5. Tornillo de sujeción interior 6. Rodamiento de bolas O.P.E 7. Muelle de precarga 8. Tapa interna de rodamiento 9. Tapon de grasa 10. Tornillo de tapa de rodamiento 11. Soporte del rodamiento O.P.E 12. Placa deflectora 13. Núcleo del rotor 14. Cáncamo de elevación 15. Núcleo del estator 16. Carcasa 17. Devanado del estator 18. Tornillo placa deflectora 19. Placa deflectora P.E 20. Soporte rodamiento P.E 21. Perno de sujeción del soporte 22. Tapa interna de rodamiento P.E 23. Perno de la tapa interna rodamiento 24. Tapon de grasa 25. Rodamiento de bolas P.E 26. Chaveta del eje de salida 27. Eje 28. Tapón de drenaje de grasa 	
Mantenimiento		Observaciones	
Preventivo			



Figura 82. Ficha Técnica Goulds Modelo 3656

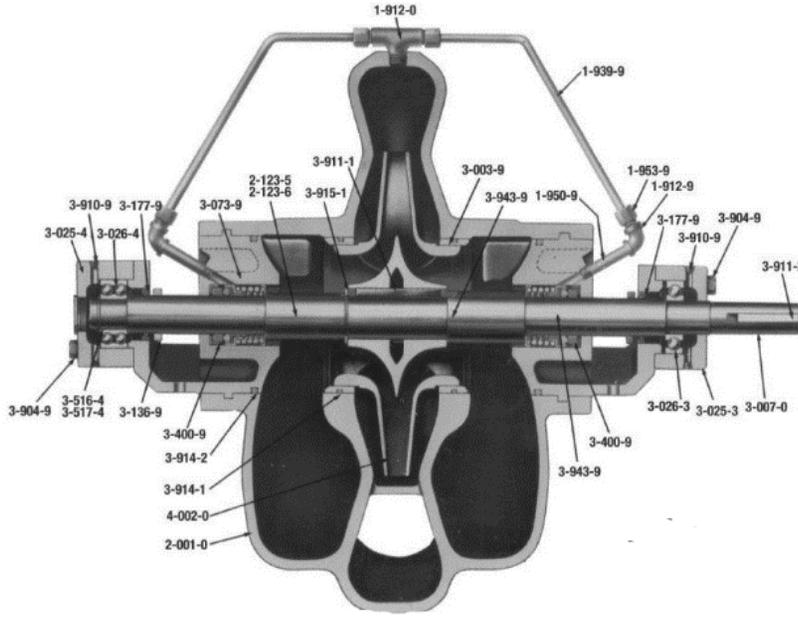
		Ficha Técnica			
		Bomba a Tanque Elevado	Código	01-01-140-BSI01	
Bomba Centrífuga					
Marca	<i>Goulds</i>	Modelo	<i>A-C 8100</i>	Catálogo	--
Máxima presión trabajo	<i>175 psig</i>	Capacidad de Operación	--	Capacidad	--
Motor					
Modelo	<i>114</i>	Potencia	<i>10 HP</i>	Voltage	<i>230/460 V</i>
		Frecuencia	<i>60 HZ</i>	Velocidad	<i>3500 rpm</i>
		Corriente		Fases	<i>27,4 /13,7 A</i>
					<i>3</i>
Partes de la Bomba					
			<ul style="list-style-type: none"> 3-007-0 Eje 3-026-3 Rodamiento (interior) Bola 3-026-4 Bola de rodamiento (fuera de borda) 3-136-9 Deflector 3-177-9 Sello (rodamiento) 3-400-9 Sello mecánico (Ver copia a la derecha) 3-914-1 Junta tórica (anillo de la carcasa) 3-914-2 Junta tórica (caja de relleno) 3-915-1 Anillo de retención (impulsor) 4-002-0 Impulsor 3-516-4 Contratuerca (Cojinete) 3-517-4 Arandela de seguridad (rodamiento) 		
Mantenimiento		Observaciones			
Preventivo					

Figura 83. Ficha Técnica Bomba Goulds Modelo A-C8100

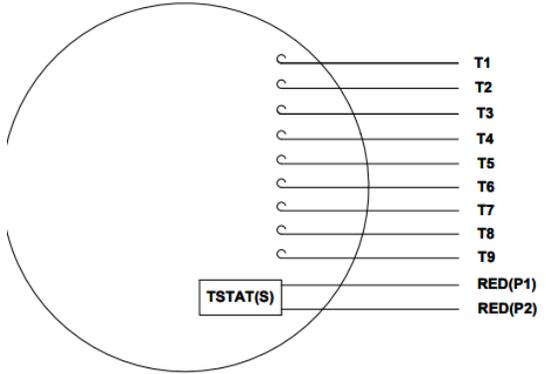
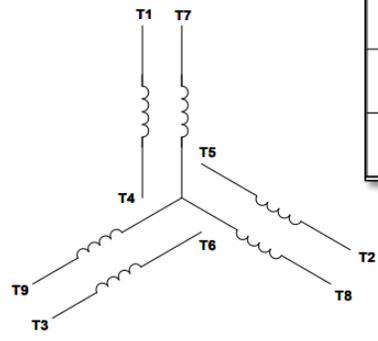
		Ficha Técnica																		
		Motor Agitador		Código 01-01-040-MAS01																
Motor																				
Marca		Modelo	C6T17FC210C	Catálogo		116744														
Potencia	2 HP	Voltage	230/460 V	Corriente		5.8/2.9 A														
Frecuencia	60 HZ	Velocidad	1800 rpm	Fases	1															
Dimensiones																				
largo total	10,69" / 28 cm	Carcasa	6" / 15.24 cm	Rodamientos																
Diámetro del eje	5/8"/1.5875cm	Largo del eje	1.88"/4.77 cm	ODE 6203 DE 6203																
Conexiones																				
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>VOLTAGE</th> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L3</th> <th>JOIN & INSULATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HIGH</td> <td>T1</td> <td>T2</td> <td>T3</td> <td>(T4, T7) (T5, T8) (T6, T9)</td> </tr> <tr> <td>LOW</td> <td>T1, T7</td> <td>T2, T8</td> <td>T3, T9</td> <td>T4, T5, T6</td> </tr> </tbody> </table>		VOLTAGE	L1	L2	L3	JOIN & INSULATE	HIGH	T1	T2	T3	(T4, T7) (T5, T8) (T6, T9)	LOW	T1, T7	T2, T8	T3, T9	T4, T5, T6
				VOLTAGE	L1	L2	L3	JOIN & INSULATE												
HIGH	T1	T2	T3	(T4, T7) (T5, T8) (T6, T9)																
LOW	T1, T7	T2, T8	T3, T9	T4, T5, T6																
Mantenimiento		Consumibles		observaciones																
Preventivo		CAPACITOR No PROTECCIÓN TERMICA No																		

Figura 84. Ficha Técnica Motor Agitador Leeson

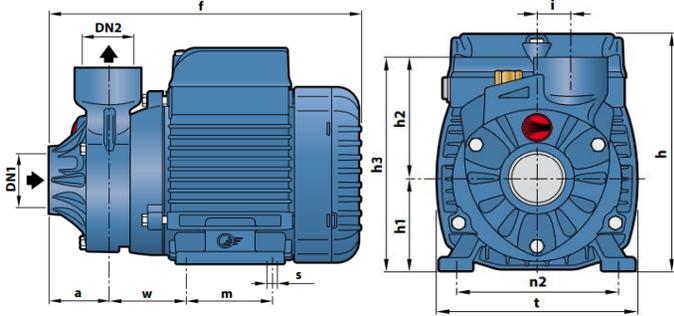
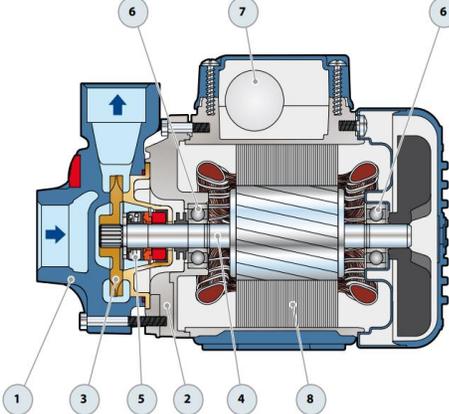
		Ficha Técnica				
		Bomba Muestreo Tiribí		Código	01-01-030-BMU04	
Bomba Centrífuga						
Marca	PEDROLLO	Modelo	PKm 60®	Catálogo	PK_ES_60Hz.pdf	
Máxima presión trabajo	6 bar	Capacidad de Operación	Continúa	Capacidad	10 GPM	
Motor						
Potencia	1 HP	Voltage	120 V / 220V	Corriente	5.3 A / 2.6 A	
Frecuencia	60 HZ	Velocidad	3500 rpm	Fases	1	
					Rodamientos	6201 ZZ 6201 ZZ
Dimensiones			Partes			
						
<p>DN1 1" DN2 1"</p> <p>Medidas en mm</p> <p>a=38 f=208 h=199 h1=56 h2=75 h3=135 i=20 m=55 n=118 n1=94 w=53 s=7</p>			<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuerpo de la bomba 2. Soporte 3. Rodete 4. Eje de motor 5. Sello Mecánico 6. Rodamientos 7. Condensador 8. Motor 			
Mantenimiento		Repuestos		Observaciones		
Preventivo		Sello modelo AR-12 Condensador 10 µF-450VL(220V) / 25 µF-250VL(127V)				

Figura 85. Ficha Técnica Bomba Pedrollo modelo PKm60

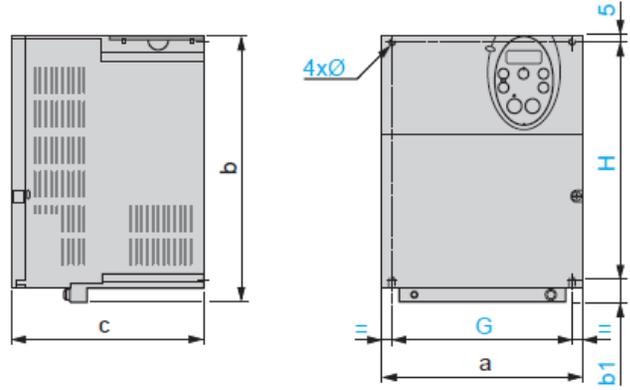
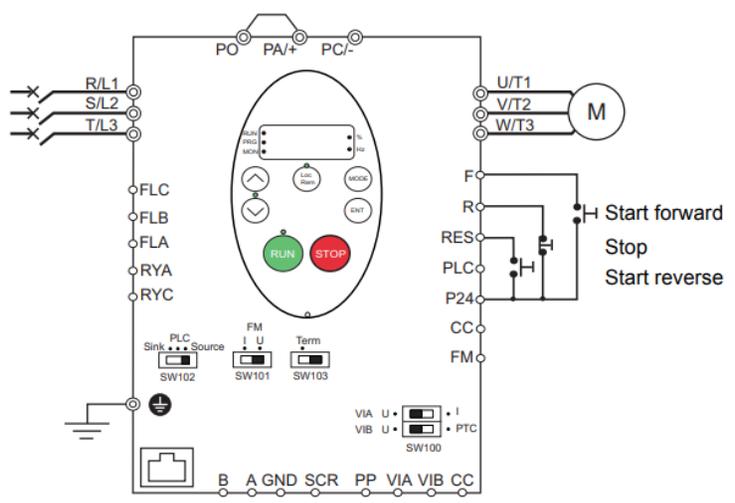
		Ficha Técnica		
		Variador de Bomba Dosificadora de sulfato 2		
Características				
Marca	Schneider Electric	Modelo	ATV212HUJ0M3X	Catálogo Altivar 212 manual
Capacidad	5.5 a 11 kW	Rango trifásico	208-230 V	
Dimensiones			Conexión 3-Fases	
				
Unidade en mm				
a=180	b=232	b1=17	c=170	
G=160	H=210	Ø=5		
Mantenimiento	Repuestos		Observaciones	
Preventivo				

Figura 86. Ficha Técnica Variador de Frecuencia Altivar ATV212

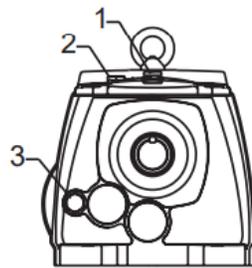
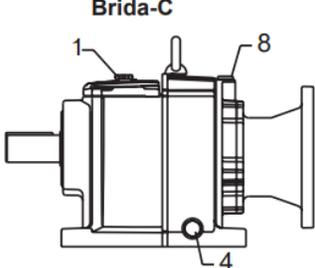
		Ficha Técnica			
		Motor-Caja Reductora Removedora de lodos		Código	01-01-050-RML01
Motor					
Marca	<i>Leeson</i>	Modelo	C42D17FK1C	Catálogo	98000
Potencia	<i>1/2 HP</i>	Voltage	<i>90 V</i>	Corriente	5.0 A
Frecuencia	<i>60 HZ</i>	Velocidad	<i>1750 rpm</i>	Torque	18 in lbs
Caja Reductora					
Marca	<i>Regal</i>	Modelo	CBN		
Torque	18 In Lbs	Serie	3000		
					
					
					
Posición de montaje	Función del tapón	Tipo de unidad Brida-C			
B3	Respiradero	1,2 u 8			
	Nivel	3			
	Drenaje	4			
	Llenado	1 o 2			

Figura 87. Ficha Técnica Removedora de Lodos

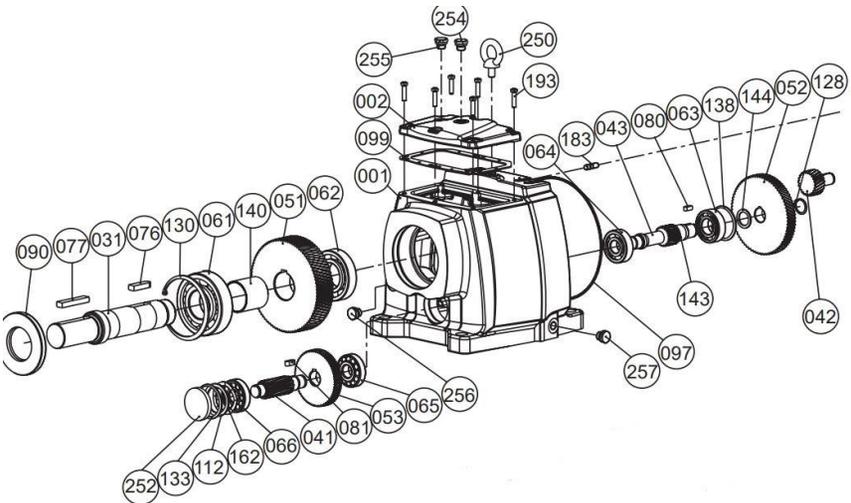
Ficha Técnica		
	Motor-Caja Reductora Removedora de lodos	
Código	01-01-050-RML01	
Partes		
	Rodamientos	
	061	6309 ZZ BHT C3
	062	6208
	063	6304
	064	6205
	065	30304
	066	30304
	Sello	
	090	52 x 100 x 10 DL, nitrilo
	001	Carcasa
	002	Cubierta
	009	Anillo de la brida desalida
	031	Eje de salida
	041	Eje piñón 3
	042	Piñón (primario)
	043	Eje piñón 2
	051	Eje del engrane 4
	052	Eje del engrane 2
	053	Eje del engrane 3
	076	Cuña del engrane
077	Cuña del eje de salida	
090	Sello del aceite	
092	Sello del aceite de labrida (opc.)	
097	Junta de la entrada(opc.)	
099	Junta de la cubierta	
080	Cuña del engrane	
081	Eje de la cuña del engrane 3	
111	Eje del espaciador del rodamiento 2	

Figura 88. Ficha Técnica Removedora de Lodos (Continuación)

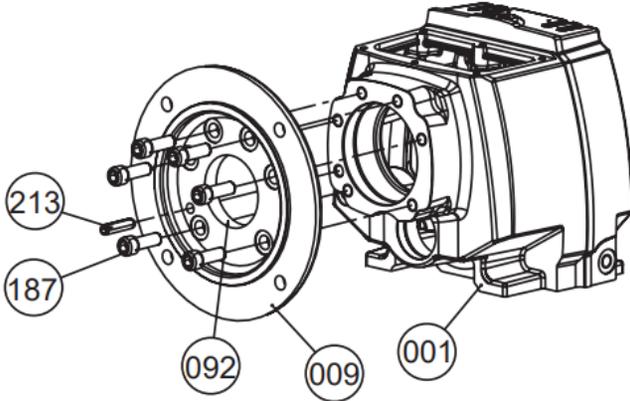
		Ficha Técnica					
		Motor-Caja Reductora Removedora de lodos	Código	01-01-050-RML01			
Partes							
112	Eje del espaciador del rodamiento 3						
128	Anillo de retención del engrane						
130	Anillo de retención del rodamiento						
133	Anillo de retención del rodamiento						
138	Anillo de retención del rodamiento						
140	Eje del espaciador del engrane 4						
143	Espaciador del rodamiento						
144	Espaciador del engrane (primario)						
161	Rondana ondulada flexible						
162	Rondana ondulada flexible						
183	Espárrago de la cubierta de la entrada						
187	Tornillos de fijación						
193	Tornillo de fijación de la cubierta						
213	Pasador guía de la brida						
250	Anillo de elevación						
252	Tapón de la caja de engranes				256	Tapón indicador de nivel	
254	Tapón de drenaje				257	Tapón de drenaje	
255	Tapón del respiradero				282	Placa de identificación	
Mantenimiento					Consumibles		observaciones
Preventivo					Aceite=mobilgear SHC 150 o equivalente (1.6 L aprox) Grasa para rodamientos		Sistema Motor-Caja Reductora utilizado para remover lodos, transmisión por medio de cadena

Figura 89.Ficha Técnica Removedora de Lodos (Continuación)

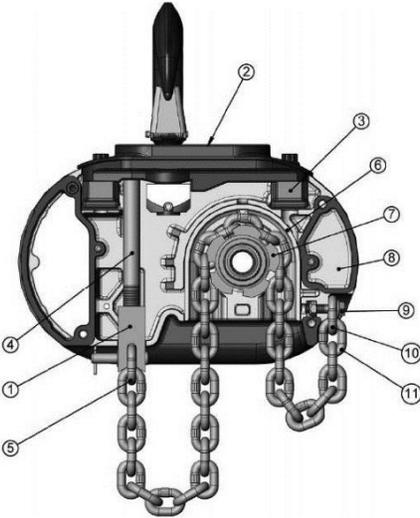
		Ficha Técnica	
		Tecele Eléctrico Lodestar	
Tecele			
Marca	Lodestar	Modelo	CM 635 L Catálogo 10001970 Lodestar
Capacidad	1Ton/ 1000Kg	velocidad Elevación	4.88 m/min Peso 56 Kg
Motor			
Bajo Voltage	230 V	Frecuencia	60 Hz Corriente 10,2 A
Alto voltage	400/460 V	Velocidad de elevación	4.88 m/min
Partes			
			<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloque de salida fijo 2. Conjunto de Suspensión 3. Auto tuerca de bloqueo 4. Perno de salida fijo 5. Conector de salida fijo 6. Cadena guía 7. Rueda elevadora 8. Alojamiento de engranaje 9. Tornillo de extremo Libre 10. Enlace final libre 11. Conector libre
Mantenimiento		Observaciones	
Preventivo			

Figura 90. Ficha Técnica Tecele Eléctrico CM Lodestar

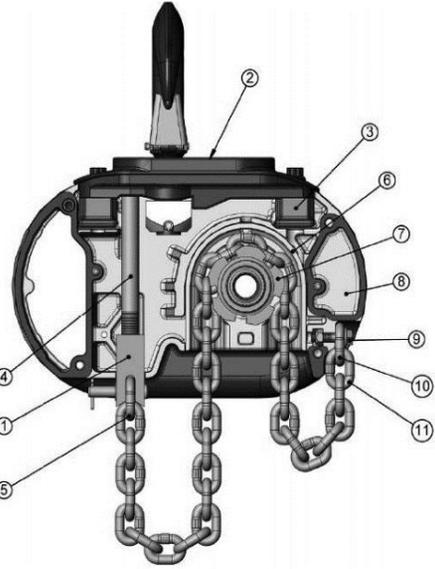
		Ficha Técnica		
		Elevador Sacos de Sulfato	Código 01-01-040-ESS01	
Tecele				
Marca Lodestar	Modelo CM 635 L	Catálogo 10001970 Lodestar		
Capacidad 1Ton/ 1000Kg	velocidad Elevación 4.88 m/min	Peso 56 Kg		
Motor				
Bajo Voltage 230 V	Frecuencia 60 Hz	Corriente 10,2 A		
Alto voltage 400/460 V	Velocidad de elevación 4.88 m/min			
Partes				
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloque de salida fijo 2. Conjunto de Suspensión 3. Auto tuerca de bloqueo 4. Perno de salida fijo 5. Conector de salida fijo 6. Cadena guía 7. Rueda elevadora 8. Alojamiento de engranaje 9. Tornillo de extremo Libre 10. Enlace final libre 11. Conector libre 		
Mantenimiento	Consumibles	Observaciones		
Preventivo	Lubricante (Grasa)			

Figura 91. Ficha Técnica Elevador de Sacos de Sulfato

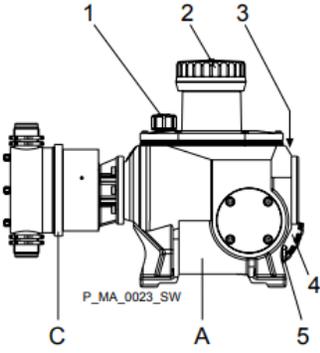
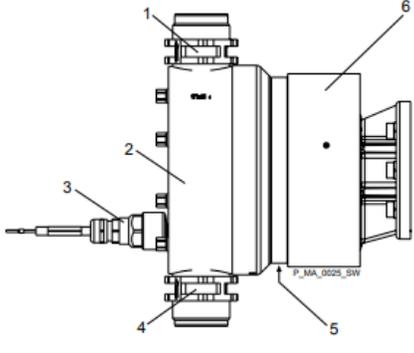
		Ficha Técnica			
		Bomba Dosificadora de Sulfato	Código	05-01-040-BDS01	
Bomba de Membrana					
Marca	ProMinent	Modelo	TZMBH070720SST114AZ0000	serie	2015138795
Máxima presión trabajo	7 bar	Capacidad de bombeo	720 l/h	peso	64 kg
Motor					
Potencia	1 HP	Voltage	$\Delta / Y 400/230 \pm 10\% V$	Corriente	1,71 / 2,96 A
Frecuencia	60 HZ	Velocidad	1750 rpm	Fases	3
FP	0,78	Eficiencia	76%		
Partes					
 <p style="text-align: center;">Vista lateral</p>		 <p style="text-align: center;">Vista de la unidad de transporte</p>			
A. Accionamiento C. Unidad de transporte 1. Tornillo de purgado de aire 2. Rueda de ajuste de la longitud de la carrera 3. Mirilla para el aceite		4. Motor 6. Tornillo de purga de 1. Válvula de impulsión 2. Cabezal dosificador 3. Sensor de rotura de membrana 4. Válvula de aspiración 5. Boquilla portatubo para fuga 6. Cubierta protectora			
Mantenimiento		Consumibles			
preventivo	Aceite	3,2 L	(mobilgear # ref 1004542)	Conjunto dosificador	código ref 1022917
				Membrana	código ref 1022900



Figura 92. Ficha Técnica Bomba ProMinent Makro TZ

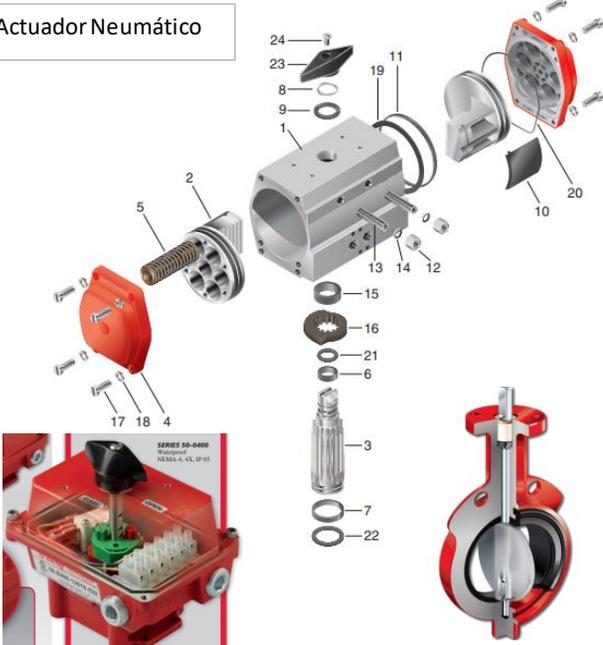
Ficha Técnica	
	Sistema Válvulas Neumáticas Código 05-01-060-SVN01
Actuador	
Marca	<i>Bray</i>
serie	92
Presión Máxima	<i>140 psig</i>
Monitor de estado de válvula	
Bray	Serie
50	20
Válvula de Mariposa	
Bray	serie
50	20
Partes	
	<ol style="list-style-type: none"> 1.Cuerpo 2.Pistón 3.Piñón 4.Tapa de extremo 5.Cartucho de resorte 6.Cojinete del piñón superior 7.Cojinete del piñón inferior 8.Anillo de retención 9.Arandela, acetal 10.Almohadilla del cojinete, acetal 11.Anillo guía, acetal 12.Contratuerca 13.Tornillo de tope de desplazamiento 14.Junta tórica, tope de desplazamiento 15.Espaciador, tope de desplazamiento interno 16.Leva, tope de desplazamiento interno 17.Perno de cabeza hexagonal 18.Arandela, acero inoxidable 19.Junta tórica, pistón 20.Junta tórica, tapa de extremo 21.Junta tórica, piñón superior 22.Junta tórica, piñón inferior 23.Puntero indicador de posición 24.Tornillo de cabeza plana
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Actuador Neumático</div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Monitor de Estado de la válvula</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Válvula de Mariposa</div>
Mantenimiento	Consumibles
Preventivo	Aceite para lubricación
Observaciones	

Figura 93. Ficha Técnica Sistema de Válvulas Neumáticas

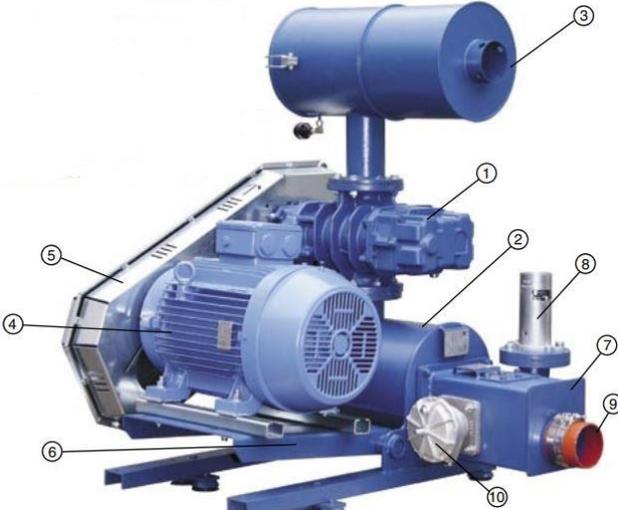
		Ficha Técnica							
		Soplador	Código	05-01-060-SPA01					
Marca	Aerzen	Modelo	Delta Blower	Presión Máxima	140 psig				
Presión diferencial	-500 mbar	Caudal Volumétrico	1410 m3/h	Potencia del motor	30 kw				
Dimensiones y peso									
Ancho	1250 mm	Profundidad	1350 mm	Altura	1500 mm	Peso	567 kg		
Motor									
Marca	Weg	Voltage	230/460	Corriente	57/28,5	Potencia	25 HP	Fases	3
Partes									
				<ol style="list-style-type: none"> 1. Soplante eje libre 2. Bastidor con silenciador de presión integrado 3. Sistema de aspiración con filtro y silenciador 4. Motor eléctrico Trifásico 5. Correas trapezoidales 6. Báscula del motor 7. Carcasa de Conexión 8. Válvula de presión 9. Manguito elástico con abrazaderas 10. Compensador de arranque 					
Mantenimiento	Consumibles			Observaciones					
Preventivo	Aceite para lubricación 1,2 L								

Figura 94. Ficha Técnica Sopladora de Aire Aerzen

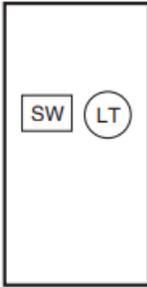
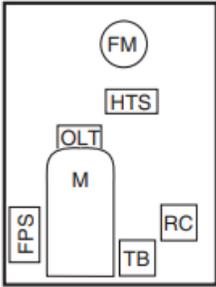
		Ficha Técnica			
		Secadora	Código	05-01-060-SCA01	
Condiciones de operación					
Mínimo/Máximo presión de aire	20/250 psig	Máxima temperatura de entrada de aire	82 °C	Capacidad nominal	20 scfm
Presión Máx	250psig				
Sistema de refrigeración					
Tipo de compresor	Hermetico /rotatorio	Capacidad	8720 BTU/HR	Refrigerante	R-407C
				Presión de Succión	67 psig
Datos Eléctricos					
Unidad			Motor del abanico condensador		
Voltage	110V	Fases	1	Frecuencia	60 Hz
corriente nominal	8,7 A	potencia	853 w	Voltage	115V
				Frecuencia	60 Hz
				Fases	1
				Corriente	1,2 A
Dimensiones y Peso					
Altura	718 mm	Ancho	327 mm	Profundidad	257 mm
				Peso	36 kg
Ubicación de Componentes					
				SW- Boton Arranque/Paro OLT- Sobrecarga térmica M- Motor del Compresor RC- Capacitor de Arranque HTS- Interruptor de alta temperatura LT- Luz de falla FPS- Interruptor de presión del ventilador FM- Motor del ventilador TB- Bloque de terminales CT- Contactor con bobina de 115V	
Frente del secador		Lado derecho del secador			
Mantenimiento		Consumibles		Observaciones	
Preventivo		Kit de Manterimiento HITFMK1			

Figura 95. Ficha Técnica Secadora de Aire Hankison

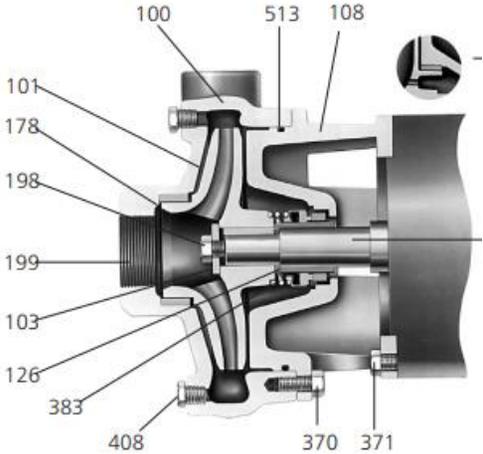
		Ficha Técnica							
		Bomba Lavado de Estructuras		Código	05-01-050-BLF01				
Bomba Centrifuga									
Marca	<i>Goulds</i>	Modelo	3656	Tamaño	8 x 10-13				
Capacidad de Operación	<i>Continúa</i>	Capacidad de Bombeo	3000 gpm	Presión máxima	200 PSI				
Motor									
Marca	<i>Baldor</i>	Potencia	40 HP	Voltage	230/460 V	Corriente	104/52 A	Rodamientos	DE 6313
Especificación	42H078W177G1	Frecuencia	60 Hz	Velocidad	1160 rpm	Fases	3		ODE 6311
Partes									
				100	Carcasa				
				101	Impulsor				
				103	Anillo de desgaste de la carcasa				
				108	Adaptador				
				184	Cubierta del sello				
				126	Camisa del eje				
				198	Perno del impulsor				
				199	Arandela del impulsor				
				178	Chaveta del impulsor				
				370	Tornillo hexagonal				
				371	Tornillo hexagonal				
				383	Sello mecánico				
				408	Tapón de tubos de ¼ de pulgada				
				513	Anillo en O				
Mantenimiento	Código de Respuestas		Observaciones						
Preventivo	sello mecánico	10K112							
	Impeller	2K890							
	Anillo de desgaste	4K476							
	Sello en O	5K209							

Figura 96. Ficha Técnica Bomba Goulds modelo 3656

		Ficha Técnica	
		Tanque Hidroneumático	Código 05-01-140-TAH01
Bomba Centrífuga			
Marca <i>Goulds</i> Capacidad <i>84,9 gal</i>	Modelo <i>V260</i> Precarga <i>38 psi</i>	Diámetro <i>22 pulg</i> Altura <i>60 11/16 pulg</i>	
Partes			
<ol style="list-style-type: none"> 1 <i>Revestimientos exteriores</i> 2 <i>Válvula de Aire</i> 3 <i>Carcasa de acero</i> 4 <i>Carcasa interno</i> 5 <i>Diafragma parabólico</i> 6 <i>Forro rígido de polipropileno</i> 7 <i>Sistema patentado de retención χ</i> 8 <i>Conexión del sistema de acero inc</i> 9 <i>Base a prueba de corrosión</i> 			
Mantenimiento	Código de Respuestas	Observaciones	
Preventivo			

Figura 97. Ficha Técnica Tanque Hidroneumático Goulds V260

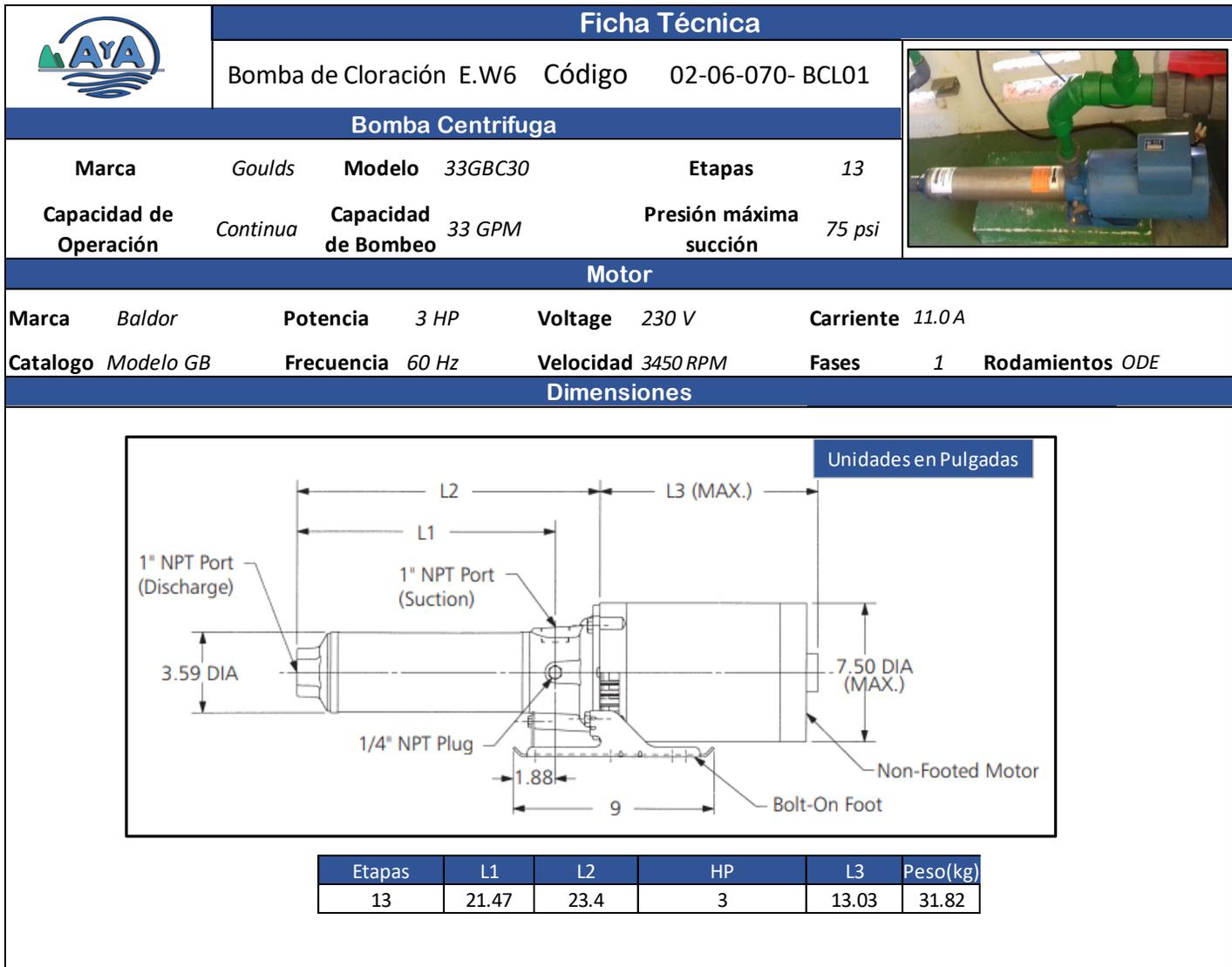


Figura 98. Ficha Técnica Bomba Booster Goulds 33GB

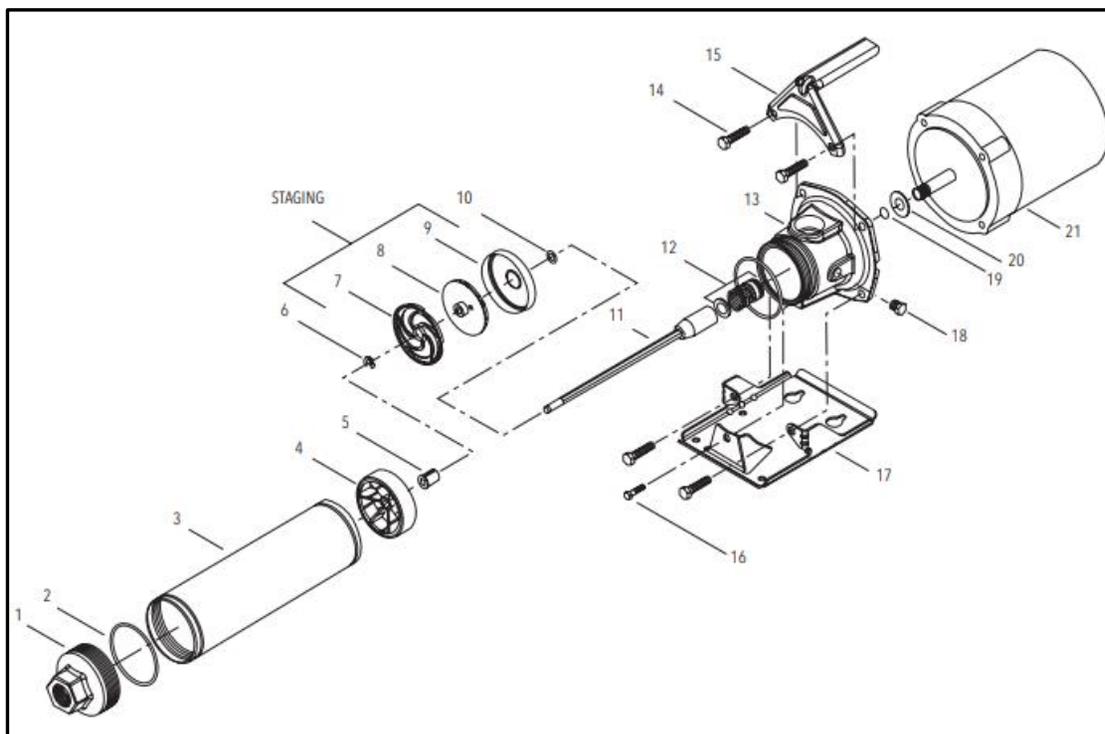


Ficha Técnica

Bomba de Cloración E.W6

Código 02-06-070- BCL01

Partes



- 1.Cabezal de descarga
- 2.O-Ring Carcasa
3. Carcasa
- 4.Cruceta del cojinete
- 5.Cojinete
- 6.Anillo de retención
- 7.Difusor
- 8.Impulsor
- 9.Recipiente
- 10.Cuña
- 11.Eje Hexagonal
- 12.Sello Mecánico
- 13.Adaptador del Motor
- 14.Tornillo adaptador
- 15.Manija-opcional
- 16.Tornillo de base
- 17.Base
- 18.Tapón de tubo
- 19.Oring-Eje motor
- 20.Deflector
- 21.Motor

Mantenimiento	Código de Principales Respuestas		Observaciones
	Sello Mecánico	10K10	O-Ring Carcasa 5K225
	Cruceta del cojinete	7K2676	O-Ring Eje motor 5K283
	Cojinete	7K1740	Impulsor 7K1739
	Motor	E08854BBS	Difusor 7K1590

Figura 99.Ficha Técnica Bomba Booster Goulds 33GB (Continuación)

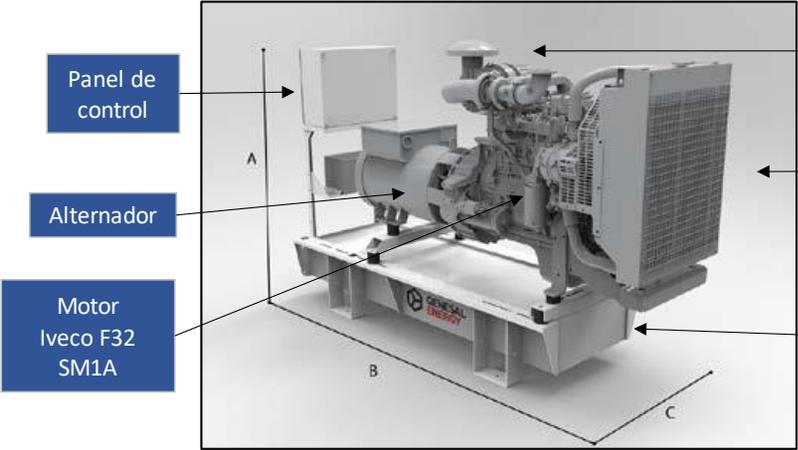
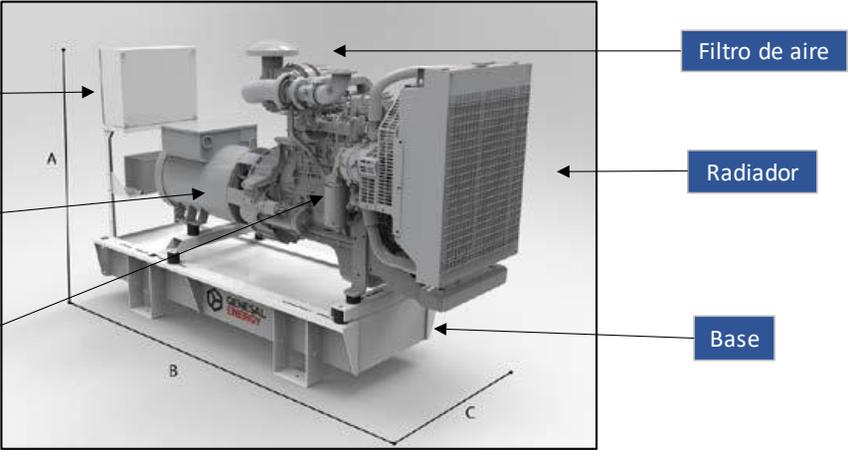
		Ficha Técnica			
		Generador Eléctrico	Código	06-01-140- GNE01	
Generador Eléctrico					
Marca	<i>Genesal</i>	Modelo	<i>GEN50FC</i>	Peso	1025 kg
Capacidad de combustible	250 L	Consumo de combustible	12 l/h al 100% 10,5 l/h al 75%	Número de cilindros	4
Voltajes	208 – 220 – 380 400 – 415 – 440 V	Factor Potencia	0.8	Potencia STP	50 kVA
Frecuencia	60 Hz	Velocidad	1800 RPM	Potencia PRP	45 kVA
				Contra presión aceptable	5 kPa
				Caudal refrigeración del motor	7200 m ³ /h
Dimensiones y partes					
					
A= 1627 mm B= 2250 mm C= 930 mm					



Figura 100. Ficha Técnica Generador Genesal GEN50

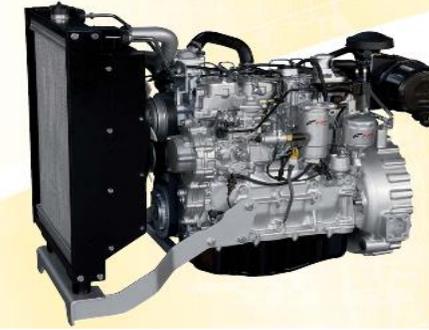
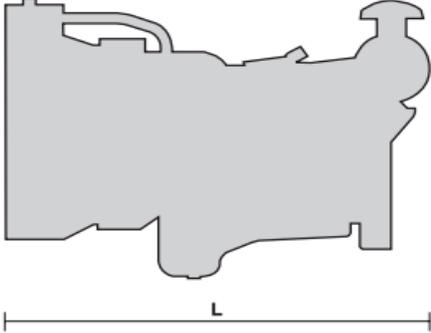
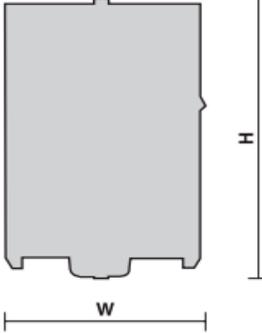
Ficha Técnica																						
	Generador Eléctrico	Código																				
		06-01-140- GNE01																				
Motor Iveco F32 SM1A																						
																						
	L	W																				
		H																				
		L = 1200 mm W = 600 mm H = 930 mm Dry weight 380 kg																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Sistema de inyección</td> <td style="text-align: center;">IDI</td> </tr> <tr> <td>Cilindros</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Especificación Combustible</td> <td style="text-align: center;">EN 590</td> </tr> <tr> <td>Torque máx</td> <td style="text-align: center;">39.2 @3000</td> </tr> <tr> <td>Peso en seco</td> <td style="text-align: center;">380 kg</td> </tr> <tr> <td>Lubricación</td> <td style="text-align: center;">ACEA E3-E5</td> </tr> <tr> <td>Capacidad de aceite</td> <td style="text-align: center;">10.5 l</td> </tr> <tr> <td>Consumo de aceite</td> <td style="text-align: center;"><0.1% del consumo combustib</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Intervalo de cambio de aceite</td> <td style="text-align: center;">600 h</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Intervalo de cambio de filtro</td> <td style="text-align: center;">600 h</td> </tr> </tbody> </table>			Sistema de inyección	IDI	Cilindros	3	Especificación Combustible	EN 590	Torque máx	39.2 @3000	Peso en seco	380 kg	Lubricación	ACEA E3-E5	Capacidad de aceite	10.5 l	Consumo de aceite	<0.1% del consumo combustib	Intervalo de cambio de aceite	600 h	Intervalo de cambio de filtro	600 h
Sistema de inyección	IDI																					
Cilindros	3																					
Especificación Combustible	EN 590																					
Torque máx	39.2 @3000																					
Peso en seco	380 kg																					
Lubricación	ACEA E3-E5																					
Capacidad de aceite	10.5 l																					
Consumo de aceite	<0.1% del consumo combustib																					
Intervalo de cambio de aceite	600 h																					
Intervalo de cambio de filtro	600 h																					
Mantenimiento	Consumibles	Observaciones																				
Preventivo	12 l/h al 100%																					

Figura 101. Ficha Técnica Generador Genesal GEN50 (Continuación)

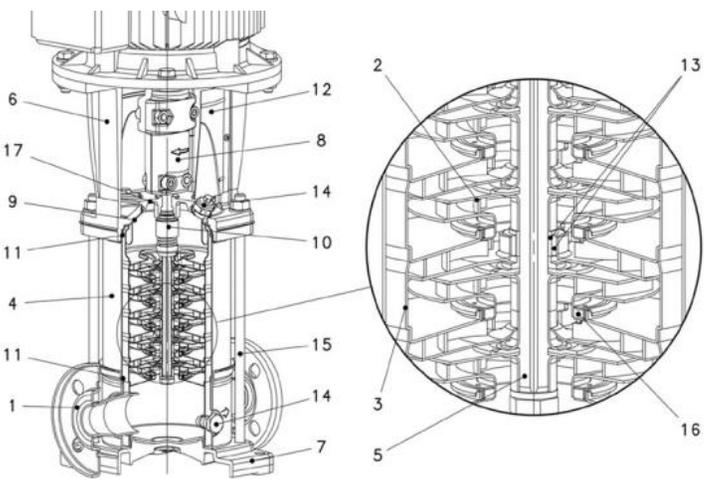
		Ficha Técnica				
		Bomba de cloración	Código			
Bomba Multietapas						
Marca	<i>Goulds</i>	Modelo	<i>e-sv / 55V17NG4F60</i>	Capacidad		<i>26 GPM</i>
Máxima presión trabajo	<i>360 PSI</i>	Capacidad de Operación	<i>Continúa</i>	Peso con motor		<i>56 Kg</i>
Motor						
Potencia	<i>5 HP</i>	Voltage	<i>208-230/460</i>	Corriente	<i>12.8-11.8/5.9 A</i>	
Frecuencia	<i>60 HZ</i>	Velocidad	<i>3500 rpm</i>	Fases	<i>3</i>	
Arranques/hora	<i>8 Máximos</i>	Tiempo entre arranques	<i>83 s Mínimo</i>	F.S	<i>1.15</i>	
Partes						
			1. Carcasa	10. Sello mecánico		
			2. Impulsor	11. Elastómeros		
			3. Difusor	12. Protección de acoplamiento		
			4. Caja	13. Casquillo del eje y buje		
			5. Eje	14. Tapones de llenado/drenaje		
			6. Adaptador	15. Tirantes		
			7. Base	16. Anillo de desgaste		
			8. Acoplamiento	17. Glándula del sello		
			9. Placa del sello			
Código principales Repuestos						
			3. Anillo sello álabe guía	5K231		
			4. Diafragma	5K256		
			5. Tornillo para metales de cabeza cilíndric	13K4		
			6. Álabe guía	3K71		
			7. Impulsor	2K716		
			8. Sello mecánico	10K168		
Mantenimiento		Consumibles		Observaciones		
Importancia Alta						

Figura 102. Ficha Técnica Bomba Goulds E-sv

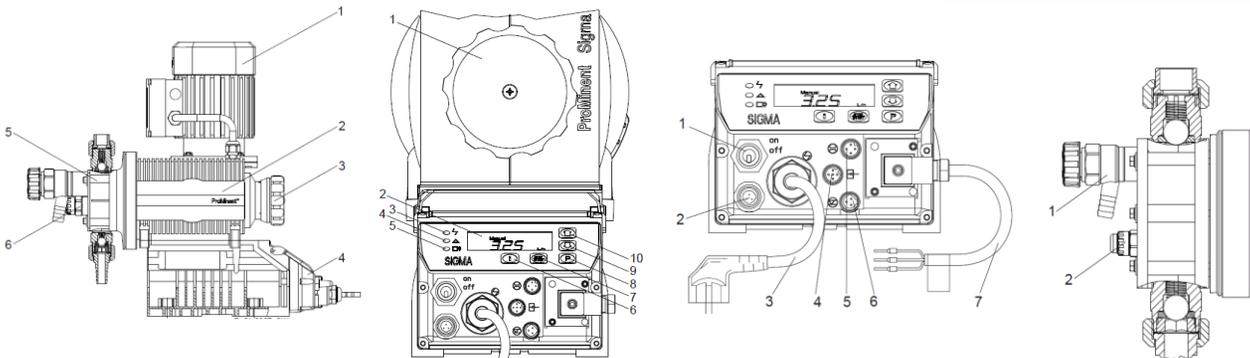
		Ficha Técnica		
		Bomba Dosificadora	Código	15-01-040-BDS01
Bomba de Membrana				
Marca	<i>ProMinent</i>	Modelo	<i>Sigma / 1 S1Ca</i>	Capacidad 53 L/h- 14 gph
Máxima presión trabajo	10bar- 145 psi	Capacidad de Operación	Continua	
Motor				
Potencia	1 HP	Voltage	100/230V	Corriente nominal 2,2 / 1,2A
Frecuencia	60 HZ	Velocidad	1650 rpm	Fases 3
Partes				
				
1. Motor de accionamiento 2.Unidad de accionamiento 3. Unidad de mando 4.Unidad de transporte	1 Botón de ajuste de carrera 2. Pantalla LCD 3. Indicador de funcionamiento(verde) 4. Indicador de Advertencias(Amarillo) 5. Indicador de fallos 6.Tecla [i] 7.Tecla [Start/Stop]	8.Tecla [P] 9. Tecla[ABAJO] 10.Tecla[ARRIBA]	1. Interruptor de red 2.Clavija "Rotura de membrana" 3. Cable de red 4. Clavija"Control externo" 5.Clavija"Control de dosificación" 6. Clavija"Interruptor de nivel" 7.Cable de relé	rebose 2.Sensor de rotura la membrana (
Mantenimiento	Código de Respuestas			Observaciones
Preventivo	Kit de reparación ref. 1035967			

Figura 103.Ficha Técnica Bomba ProMinent Sigma 1

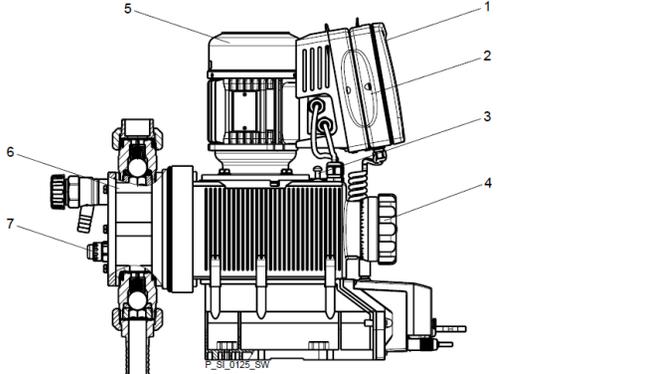
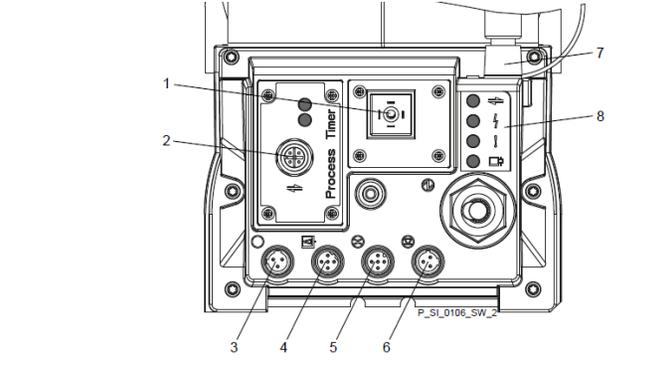
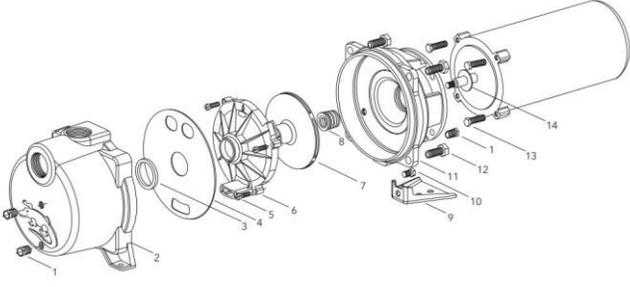
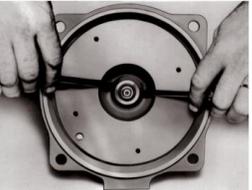
		Ficha Técnica		
		Bomba Dosificadora	Código	14-01-040-BDS01
Bomba de Membrana				
Marca	ProMinent	Modelo	Sigma / 2 S2Cb Capacidad 109 L/h- 28 gph	
Máxima presión trabajo	10bar- 145 psi	Capacidad de Operación	Continua	
Motor				
Potencia	1 HP	Voltage	230V	Corriente nominal 1,5 A
Frecuencia	60 HZ	Velocidad	1690 rpm	Fases 3
Partes				
				
1.Unidad de mando HMI	6.Unidad de bombeo	1. Salida de relé y mA	6. Conexión "Interruptor de nivel"	
2.Convertidor de frecuencia	7. Sensor de rotura de la membrana	2. Ranura para módulos opcionales	7. Conexión "Bus CAN"	
3.Unidad de accionamiento		3. Conexión "Rotura de membrana"	8. LED (igual que Fig. 4) y LED de estado de bus CAN	
4.Rueda de ajuste longitud de carrera		4. Conexión "Control externo"		
5.Motor de accionamiento		5. Conexión "Control de dosificación"		
Mantenimiento		Código de Respuestas		Observaciones
Preventivo		Lubricante	MobilGear 634 viscosidad VG 460	
		Clase deviscosidad(ISO3442)	Referencia.1004542	
		cantidad 0.5 L		

Figura 104. Ficha Técnica Bomba ProMinent Sigma 2

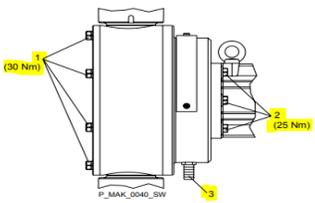
Apéndice 2. Hojas de Mantenimiento

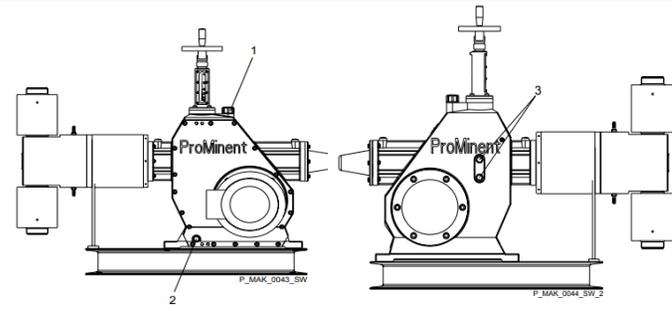
Mantenimiento preventivo cambio de sello mecánico bombas Goulds GT

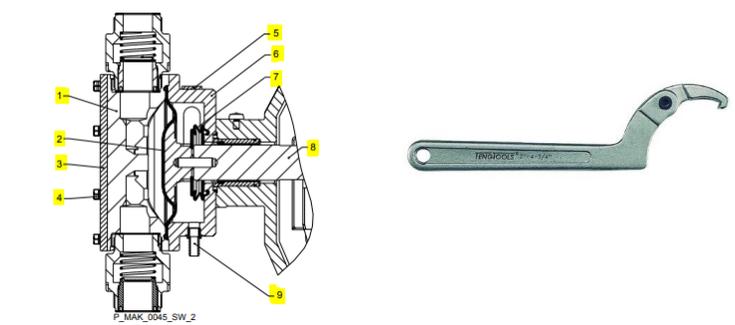
MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Bomba Goulds GT Irrigator							
FRECUENCIA: Según Plan de Mantenimiento Preventivo							
Cambio del sello mecánico		GT-Irrigator					
							
Repuesto según modelo							
Art. N°.	Descripción	Material	GT07/ GT073	GT10/ GT103	GT15/ GT153	GT20/ GT203	GT30/ GT303
1	Tapón de tubo NPT de 1/4 pulg.	Acero enchapado			6K2		
2	Carcasa	Hierro fundido			1K324		
3	Anillo de sello del álabe guía	BUNA			5K231		
4	Diafragma	Neopreno			5K256		
5	Tornillo para metales de cabeza cilíndrica ranurada	Acero inoxidable	13K4	13K4	13K2	13K2	13K2
6	Álabe guía	Lexan	3K72	3K71	3K70	3K70	3K69
7	Impulsor	Noryl	2K715	2K716	2K714	2K713	2K712
8	Sello mecánico	Carbón/Cerámica/ BUNA			10K10		
9	Base de la bomba	Acero			4K408		
10	Perno de la base de la bomba	Acero			13K252		
11	Adaptador del motor	Hierro fundido			1K310		
12	Perno de la carcasa	Acero			13K102		
13	Perno del adaptador del motor	Acero			13K89		
14	Deflector	BUNA			5K7		
							
Figura.1. Desmonte del sello mecánico							

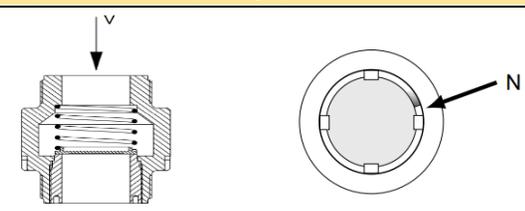
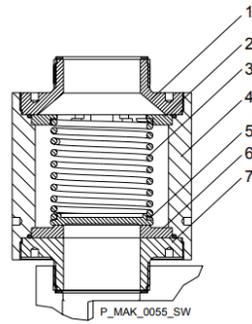
Cambio del sello mecánico	GT-Irrigator
Atividades a realizar (DESENSAMBLAJE)	
• Antes de desarmar asegúrese de que la alimentación eléctrica esta desconectada	
1	Quite el perno de la base (10).
2	Quite los pernos de la carcasa (12).
3	Retire el conjunto de desmontaje trasero de la carcasa (2).
4	Retire el anillo de sello (3) y el diafragma (4) del difusor.
5	Quite los tornillos (5) del adaptador (11) del difusor.
6	Quite el tapón o la cubierta del extremo del motor.
7	Utilice la ranura para destornillador o las secciones planas del eje de 7-16 pulg. accesibles en el extremo del eje del motor para restringir la rotación de dicho eje.
8	Retire el impulsor (7) girando en SENTIDO CONTRARIO A LAS AGUJAS DEL RELOJ.
9	Con dos destornilladores retire la sección giratoria del sello mecánico (8). Si es necesario Deséchela y cambíela. Ver la figura.1
10	Quite los pernos del adaptador del motor (12) y retire el adaptador.
11	Empuje el asiento estacionario del sello mecánico fuera del adaptador del motor. Si es necesario Deseche el asiento del sello.
Atividades a realizar (REENSAMBLAJE)	
• Limpie e inspeccione todas las partes antes de reensamblar.	
1	1. Inspeccione el agujero del asiento del sello para ver si está gastado o sucio, límpielo si es necesario.
2	Si es necesario, el anillo del asiento puede lubricarse con agua o glicerina para facilitar la instalación. NO contamine la cara del sello. Instale el asiento estacionario en forma completa y encuadrada en el adaptador. Con un paño limpio y sin pelusas, quite CUIDADOSAMENTE todos los residuos de la cara del asiento. NO dañe la cara del asiento del sello.
3	Reinstale el adaptador del motor sobre el motor, asegurándose de que el eje del motor no desplace o dañe el asiento del sello estacionario.
4	Instale el conjunto giratorio del sello en forma completa y encuadrada contra el asiento estacionario. Asegúrese de que la cara del sello giratorio no se caiga fuera del collar de retención y NO dañe la cara del sello.
5	En las unidades trifásicas, el impulsor DEBE instalarse con LOCTITE® "Purple". Sujete el eje para que no gire, tal como se explicó en la sección de "DESMONTAJE" del manual, e instale el impulsor girándolo en SENTIDO DE LAS AGUJAS DEL RELOJ hasta que quede ajustado contra el reborde del eje del motor.
6	Reinstale el difusor. Alinéelo para evitar que roce con el impulsor.
7	Instale el nuevo diafragma y el nuevo anillo del sello del difusor.
8	Instale el motor y el extremo del líquido en la carcasa.
9	Revise el impulsor para ver si roza girando el eje del motor. Si hay roce, afloje los pernos de la carcasa, reajuste el difusor hasta que el cubo del impulsor gire libremente. Apriete nuevamente los pernos de la carcasa en configuración cruzada.
10	Reinstale todos los tapones de drenaje y los componentes del extremo del motor.
11	Debe nuevamente y opere de acuerdo con las instrucciones.

Mantenimiento preventivo bomba ProMinent Makro 5HMA

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Bomba dosificadora de Sulfato ProMinent Makro M5MA	
	
TRIMESTRAL	
ACTIVIDAD	
1	Compruebe los pares de apriete de los tornillos del cabezal dosificador (1) y de los tornillos de la brida del accionamiento (2) (Figura 1)
2	Compruebe que las tuberías de dosificación en los lados de impulsión y de aspiración estén bien apretadas y en buen estado
3	Compruebe que la válvula de impulsión y la válvula de aspiración estén bien apretadas
4	Compruebe que el bombeo se realiza correctamente: Deje que la bomba realice un breve cebado
5	Compruebe la estanqueidad de toda la unidad de bombeo, en especial del orificio de fugas En caso de aplicaciones críticas, se recomienda inspeccionar o sustituir la membrana de dosificación a intervalos regulares
6	Solo en las versiones de un cabezal: Compruebe que la perforación de la cubierta metálica de la brida de accionamiento esté libre.
7	Compruebe la integridad de las conexiones eléctricas
8	Compruebe que la conexión de las tomas de tierra es eléctricamente correcta y estable
9	Compruebe que la conexión de los cables de conexión equipotencial es eléctricamente correcta y estable
10	Compruebe el nivel de aceite del accionamiento y del reductor de engranajes rectos.
11	Compruebe si se puede detectar humedad en la boquilla porta tubo (3); en tal caso es probable que se haya producido una rotura de membrana. Si desea realizar un mantenimiento preventivo, puede sustituir todas las demás piezas del juego de recambios junto con la membrana
	
<p>Figura 1. Pares de la unidad de bombeo</p>	

CAMBIO DE ACEITE DEL ENGRANAJE	
Bomba dosificadora de sulfato ProMinent Makro M5MA	
<ul style="list-style-type: none"> CADA 5000 HORAS (SEGÚN EL TRABAJO ACTUAL APOXIMADAMENTE CADA 1.5 AÑOS) 	
ACTIVIDAD	
PURGAR EL ACEITE DE ENGRANAJE	
1	Desenrosque el tornillo de purgado de aire (1)
2	Coloque una cubeta de recogida de aceite por debajo del tornillo de purga de aceite (2). Cantidad de aceite esperada (aproximadamente 17 litros)
3	Desenrosque el tornillo de purga de aceite (2) de la carcasa del accionamiento
4	Deje que el aceite de engranaje salga del accionamiento
5	Enrosque el tornillo de purga de aceite (2) con una nueva junta
INTRODUCIR ACEITE DE ENGRANAJE	
1	Ponga en marcha la bomba
2	Rellene aceite de engranaje lentamente a través del orificio del tornillo de purgado de aire (1) hasta que la mirilla de aceite superior (3) quede cubierta en cierta medida
3	Deje funcionar la bomba de 1 a 2 minutos
4	Vuelva a enroscar el tornillo de purga de aire (1)
	
<p>Cambio de aceite 1 Cambio de aceite 2</p>	
CAMBIO DE LA MENBRANA	
Bomba dosificadora de sulfato ProMinent Makro M5MA	
<ul style="list-style-type: none"> CADA 10000 HORAS (SEGÚN EL TRABAJO ACTUAL APOXIMADAMENTE CADA 2 AÑOS) 	
ACTIVIDAD	
1	Lave la tubería de aspiración, la tubería de impulsión y la unidad de bombeo (accione el dispositivo de lavado o sumerja la lanza de aspiración en un medio adecuado y bombee durante un rato (¡tenga en cuenta previamente el efecto del medio en su instalación!) o proceda como se describe a continuación
2	Ajuste la longitud de la carrera con la bomba en marcha a una velocidad del 0 %

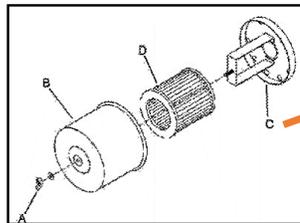
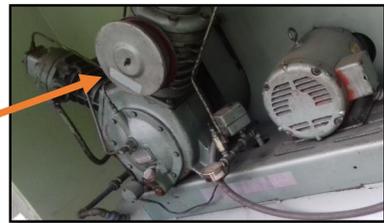
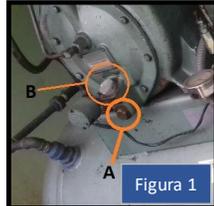
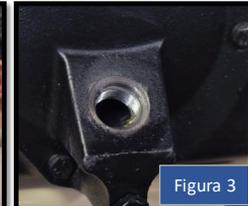
3	Desconecte la bomba
4	Asegure la bomba contra una reconexión accidental
5	En caso de que la unidad de bombeo no se haya lavado según el procedimiento arriba indicado, protéjase contra el medio de dosificación (ropa de protección, gafas de protección, etc.) Tras el desmontaje, coloque inmediatamente las piezas humedecidas por el medio para lavarlas en una cubeta con un producto de limpieza adecuado (lave a fondo en caso de medios peligrosos)
6	Desenrosque las conexiones hidráulicas de los lados de impulsión y de aspiración
7	Aflove los tornillos (4) de la placa de blindaje
8	Extraiga del cabezal de disco (6) el cabezal dosificador (1) con los tornillos
No dañe ahora el fuelle negro (7) de la biela de	
9	Extraiga del cabezal de disco (6) la cubierta protectora (5)
10	Desenrosque de la biela de empuje (8) la membrana (2) por la ranura de su vástago y retírela (trabaje para ello con una llave de gancho a través de las ranuras del cabezal de disco (6))
11	Limpie las superficies de junta
12	Compruebe el estado del fuelle (7)
13	Enrosque hasta el tope la nueva membrana (5) en la biela de empuje (8). De lo contrario, la bomba no dosificará posteriormente con precisión
14	Coloque el cabezal dosificador (1) y la placa de blindaje (3) en el cabezal de disco (6)
15	Coloque los tornillos.
16	Arranque la bomba y apriete los tornillos en cruz en el 100 % de la carrera.
17	Coloque en el cabezal de disco (6) la cubierta protectora (5).
Transcurridas 24 horas de funcionamiento, compruebe el par de apriete de los tornillos	
 <p>Sección de la unidad de bombeo</p> <p>Llave de gancho</p>	

LIMPIEZA O REPARACIÓN DE VÁLVULAS Bomba dosificadora de sulfato ProMinent Makro M5MA	
• REVISÉ LAS VÁLVULAS SI SE PRESENTAN LOS SIGUIENTES PROBLEMAS :	
1	La bomba no aspira a pesar del movimiento de carrera completo y de la desaireación.
2	La bomba no alcanza una presión alta. NOTA: ESTE FALLO TAMBIÉN SE PUEDE DEBER A OTRAS CAUSAS (CONSULTE CAP 12 DEL MANUAL DE LA BOMBA)
ACTIVIDAD	
No arañe nunca las superficies de sellado, dotadas de acabado de precisión, en las placas de válvula (5) y las piezas intercaladas de válvula (6)	
1	Enrosque la tapa de la válvula (7) en el lado de aspiración (consulte Fig. 24).
2	Retire con cuidado las piezas del cuerpo de la válvula (4)
3	Sustituya las piezas desgastadas
4	Limpie el resto de las piezas
5	Compruebe todas las piezas
6	Solo DN 65: Inserte el disco perforado (2) en el cuerpo de la válvula (4)
7	Coloque el resorte de compresión (3) en el cuerpo de la válvula (4)
Coloque el resorte de compresión con el extremo (consulte la figura: flecha N, abajo) sobre uno de los salientes del cuerpo de la válvula, tal como se muestra en la figura.	
De lo contrario, la placa de la válvula puede golpear durante el funcionamiento.	
 <p>Inserción del resorte de compresión</p>	
8	Coloque la placa de la válvula (5) y el asiento de la válvula (6)
9	Enrosque la tapa de la válvula (7)
Al montar la válvula, compruebe la dirección de flujo de las conexiones de impulsión y de aspiración.	
<p>1 Tapa de la válvula II (solo DN 65) 2 Disco perforado (solo DN 65) 3 Resorte de compresión 4 Cuerpo de la válvula 5 Placa de la válvula 6 Pieza intercalada de la válvula 7 Tapa de la válvula</p> 	

Mantenimiento preventivo compresor de pistones

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Compresor Ingersoll Rand	01-01-140-COP01
SEMANALMENTE	
ACTIVIDAD	
1	Verifique que hay escapes de aceite
2	Revise el nivel del lubricante. Rellene según sea necesario (Apagado)
3	Pruebe la válvula de drenaje para verificar que funcione correctamente. Limpiar si es necesario (Apagado)
4	Vacíe el condensado del tanque receptor (si no hay un dispositivo de drenaje automático). Abra la válvula de drenaje manual, recoja y disponga del líquido condensado según corresponda. (Apagado)
5	Inspeccione el o los elementos del filtro de aire. Limpie si es necesario (Apagado)
6	Asegúrese de que las guardabandas y las cubiertas estén bien sujetas en su lugar. (Apagado)
7	Compruebe que el área alrededor del compresor esté libre de trapos, herramientas, escombros y materiales inflamables o explosivos (Apagado)
8	Observe la operación de las válvulas de seguridad/desahogo mientras el compresor está funcionando. Reemplace las válvulas de seguridad/desahogo que no funcionen libremente. (Encendido)
9	Verifique si hay vibraciones y ruidos inusuales (Encendido)
MENSUALMENTE	
ASEGURESE DE QUE EL EQUIPO ESTA APAGADO Y DESENERGIZADO	
ACTIVIDAD	
1	Revise el apriete de los tornillos y pernos. Vuelva a apretar si es necesario.
2	Limpie la válvula de drenaje
3	Revise las correas de transmisión. Ajuste si es necesario
4	Limpie el exterior
5	Verificar si existen fugas
CADA 500 HORAS DE OPERACIÓN (SEGÚN EL TRABAJO ACTUAL APOXIMADAMENTE CADA 6 MESES)	
ACTIVIDAD	
1	Cambie el lubricante de petróleo mientras el cárter esté tibio
2	Vacíe el aceite del compresor y limpie el visor del aceite
3	Reemplace el elemento de filtro

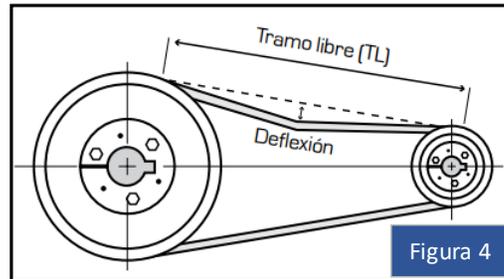


Compresor Ingersoll Rand 01-01-140-COP01	
INSTRUCCIONES PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	
Equipo requerido para las tareas de mantenimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Llave ajustable 2. Alicates 3. Embudo (Para cambio de aceite) 4. Recipiente colector (Para cambio de aceite) 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Lentes de seguridad 6. Guantes a prueba de cortes 7. Zapatos con punta de acero
INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DEL FILTRO	
ACTIVIDAD	
1	Destornille y saque la tuerca mariposa (A) que fija la caja del filtro (B) a su base (C).
2	Saque la caja del filtro y retire el elemento de filtro antiguo (D). Limpie el elemento con un chorro de aire o un aspirador.
3	Reinstale el elemento de filtro y la caja apretando la tuerca mariposa
 	
Antes de realizar mantenimiento asegúrese de aliviar la presión de aire y de que el equipo esta desenergizado	
CAMBIO DEL LUBRICANTE	
ACTIVIDAD	
1	Saque el tapón (B) y el de drenaje de aceite (A) y deje que el lubricante se vacíe en un contenedor adecuado (Figura 1)
2	Coloque el tapón (A). Llene la cámara con aceite adecuado, utilizando un embudo (Figura 2), hasta que el nivel llegue a la base del tapon de llenado. (Figura 3)
3	Coloque el tapón (B). Limpie las superficies. Disponga el aceite retirado de forma segura siguiendo normas locales
  	

AJUSTE DE LA CORREA

ACTIVIDAD

- 1 Quite el protector de la correa
- 2 Afloje los tornillos que sujetan el motor del compresor
- 3 Tense la correa , mida el tramo libre y calcule la deflexión para establecer cuanto es permisible (Figura4)
- 4 Ajuste a la deflexión calculada y soque los tornillos de sujeción del motor



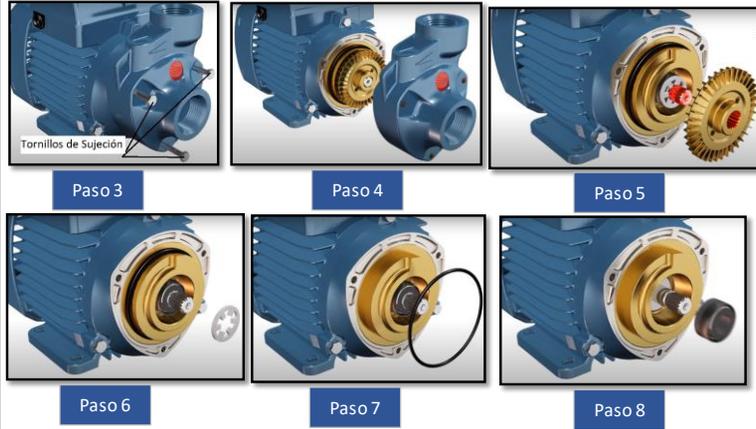
Deflexión :16mm
por cada 1 mts
de longitud del
tramo libre (TL).

Mantenimiento preventivo Removedores de lodos

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Motor-Reductor Removedora de Lodos	01-01-05-RML	
CADA 5000 HORAS (CADA SEIS MESES)		
ACTIVIDAD		
1	Con el motor desenergizado, quite el protector del equipo	
2	Revise los pernos de fijación, ajústelos si es necesario	
3	Revise el nivel de aceite y añada aceite si es necesario	
4	Asegúrese de que el perno de ventilación en el respiradero esté limpio	
INSTRUCCIONES PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		
CAMBIO DE ACEITE (CADA 1.5 AÑOS)		
Si se trata de aceite sintético, no es necesario cambiar el lubricante pero se recomienda		
Selección de aceite		
Sin freno de contravuelta		
Fabricante	-25°F a 125°F (-30°C a 50°C)	
Fuchs *	Sintogear 125	
Mobil *	Mobilgear SHC 150	
Shell *	Omala Fluids HD 150	
Con freno de contravuelta (1)		
Fabricante	-25°F a 125°F (-30°C a 50°C)	
Shell *	Omala RL 100	
Mobil *	SHC 629	
Utilice uno de los aceites indicados anteriormente o alguno de las mismas características,		
ACTIVIDAD		
1	Con el motor desenergizado, quite el protector del equipo	
2	para recolectar y disponer el aceite	
3	el tapón 3 de nivel de aceite	
4	llene la cámara de engranes con nuevo aceite de propiedades adecuadas, hasta que comience a salir por el orificio en el nivel de llenado 3. Hagalo de	
5	coloque los tapones 1, 2 y 3 de la caja reductora	
Posición de montaje	Función del tapón	Tipo de unidad Brida-C
B3	Respiradero	1, 2 u 8
	Nivel	3
	Drenaje	4
	Llenado	1 o 2

LUBRICACIÓN DE LA CADENA DE TRANSMISIÓN Y UNIDADES EXTERIORES (CADA SEIS MESES)	
ACTIVIDAD	
1	Con el motor desenergizado, quite el protector del equipo
2	Con la ayuda de una engrasadora, suministre grasa a la cadena de transmisión, asegurándose de que sea la cantidad suficiente
3	Con la ayuda de una engrasadora, suministre grasa a cada muñonera. Para esto encienda brevemente el motor con cuidado de no tocar la cadena de transmisión. Engrase hasta que comience a salir excedente de grasa en el rodamiento. Utilice un recipiente debajo para evitar que el lubricante caiga y contamine el agua
<p>Figura 1. Ubicación de Cadena y muñoneras</p>	

Mantenimiento preventivo bomba Pedrollo PKm60

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Bomba de Muestreo	PKm60
	
MANTENIMIENTO MENSUAL	
ACTIVIDAD	
1	Mida los parametros de funcionamiento de la bomba
2	Limpe las superficies de la bomba con un trapo humedo
3	Compruebe que no existen sonidos extraños o vibraciones anormales
Cambio de Sello Mecánico	
ACTIVIDAD	
1	Retire las tuberías de succión e impulsión conectadas a la bomba
2	Retire los pernos de sujeción de la base de la bomba
3	Extraiga los 3 tornillos de la tapa de la bomba
4	Retire cuidadosamente la tapa de la bomba
5	Con el uso de destornilladores planos, quite cuidadosamente el impulsor de la bomba
6	Retie el separador entre impulsor y sello mecánico
7	Retire e inspeccione la junta torica de la bomba, si es necesario cambiala
8	Retire y cambie el sello mecáico
	
9	Coloque el nuevo sello de forma correcta. Coloque la junta torica
10	Inserte el espaciador y seguidamente el impulsor de la bomba
11	Coloque la tapa de la bomba. limpiela si existe suciedad en el interior
12	Inserte los tres tornillos de la tapa y ajuselos de forma adecuada
13	Fije la bomba a la base usando los pernos, lubriquelos para facilitar la instalación
14	Reinstale las tuberias de succión e impulsión

Mantenimiento preventivo tecele CM Lodestar

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Tecele Lodestar	01-01-070-TCE01
MANTENIMIENTO MENSUAL	
ACTIVIDAD	
1	Revisar funcionamiento del freno
2	Revisar ganchos y aditamentos de montaje, revisar que no existan daños, grietas o aperturas excesivas en la garganta
3	Revisar la cadena de carga, lubricación adecuada. Revise que no existan signos de desgaste, eslabones dañados, corrosión o materias extrañas
4	Revise que la cadena de carga enrrola y tuerce de forma adecuada
5	si existe interruptor de límite, revise que funciona adecuadamente
6	Revise que la arandela de empuje del gancho inferior esta lubricada
MANTENIMIENTO ANUAL	
ACTIVIDAD	
1	Realice todas las actividades del mantenimiento mensual
2	Revise evidencia de tornillos, pernos o tuercas flojos
3	Revise si hay evidencia de desgaste en el cuerpo de bloque de gancho, si esta corroído, agrietado o distorsionado, tornillos de suspensión, engranajes, rodamientos, punto muerto de cadena y pasador de cadena
4	Evidencia de daños o desgaste excesivo de la rueda de elevación y los bolsillos de la cadena de la polea del bloque de gancho (Equipo apagado)
5	Inspeccione evidencia de desgaste excesivo y / o daño de las piezas del freno. Ajuste adecuado del freno (Equipo apagado)
6	Aplique una película ligera de aceite de máquina a las roscas del eje del interruptor de límite (Equipo apagado)
7	inspeccione evidencia de desgaste o daño de la guía de la cadena donde la cadena ingresa al polipasto
8	Revise Cables eléctricos, arandelas, conectores, cables y gabinete de la estación de control (si corresponde) para daño o desgaste
9	Revise componentes de suspensión por daños, grietas, desgaste y funcionamiento correcto
10	Inspeccione todas las tuercas y pasadores de retención del gancho inferior en busca de daños y ajuste seguro
11	Evidencia de fuga de lubricante
12	Inspeccione enlace por enlace de la cadena en busca de evidencia de desgaste y daño excesivo del enlace

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Tecele Lodestar	01-01-070-TCE01
ANUAL	
Inspección del gancho	
ACTIVIDAD	
1	Revise que no exista desgaste superior al 10% en el gancho o pasador de carga
2	Revise que no exista una deformación inadecuada en el gancho
3	Si el gancho es de auto-bloqueo revise que funcione correctamente el bloqueo
4	Evidencia de exposición excesiva al calor o soldadura no autorizada
5	Revise la apertura del gancho según el tipo, siguiendo la figura y tabla adjuntos

Modelo	Gancho tipo pestillo		Gancho auto-bloqueado	
	A "MAX"	B "MAX"	A "MAX"	B "MAX"
B, C & F	30.2 mm	23.1 mm	37.7 mm	18.8 mm
J, J, L & LL	33.3 mm	27.5 mm	37.7 mm	18.8 mm
R & RR	38.1 mm	36.2 mm	48.8 mm	23.9 mm

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Tecele Lodestar	01-01-070-TCE01
INSTRUCCIONES PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	
Ajuste del entre hierro del Freno	
ACTIVIDAD	
Antes de abrir el tecele asegurese de que esta desenergizado	
1	Abra la tapa del tecele
2	Revise que los resortes de la bobina se encuentren en buen estado
3	Con una galga o una lamina delgada de entre 0.635 a 1.15 mm(ver Figura 1) mida el entre hierro de que existe(Ver Figura 2), no puede ser mayo a 1.15mm
4	verifique que las cuatro esquinas tienen el mismo espacio(ver Figura 3)
5	Si el espacio no es el correcto ajuste los tres tornillos de los resortes hasta que queden del tamaño requerido y sean iguales en todos los extremos(ver Figura 4)
6	Una vez ajustado arme el equipo energize y pruebe el funcionamiento



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4

Vínculo de video demostrativo
<https://youtu.be/AlIvmX86DII>

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Tecele Lodestar	01-01-070-TCE01
INSTRUCCIONES PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	
ACTIVIDAD	
Ajuste del nivel superior	
1	Con el equipo energizado suba el gancho hasta que la cadena quede a una distancia de 3 eslabones del final (Figura 5)
Antes de abrir el tecele asegurese de que esta desenergizado	
2	Remueva la tapa del tecele (Figura 6)
3	Ubique el interruptor límite inferior y el interruptor límite superior (Figura 7)
4	Remueva los tornillos (Figura 8) y quite la placa que bloquea las tuercas de ajuste
5	Gire la tuerca de ajuste superior hasta que se escuche un "click" del interruptor (Figura 9)
6	Para realizar una prueba reinstale la placa, tape y energize el tecele. Haga descender el gancho aproximadamente 50cm y luego subalo para comprobar que se detiene en el lugar ajustado
7	Si desea ajustar el interruptor inferior baje el gancho hasta el lugar deseado, asegurese de que queden entre 8 y 11 eslabones libres en la parte superior de la cadena
8	Desenergize el equipo y repita los pasos para ajustar la tuerca, arme y pruebe el funcionamiento



Figura 5



Figura 6



Figura 7

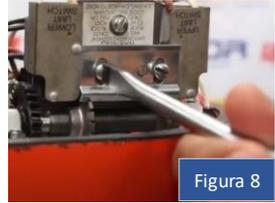


Figura 8



Figura 9

Vínculo de video demostrativo
<https://youtu.be/xIHtz8QkVe4>

Mantenimiento preventivo motores Agitadores

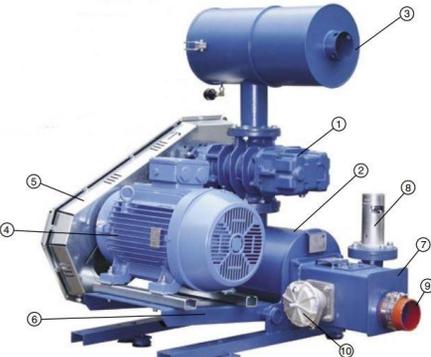
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Motores Agitadores	
MANTENIMIENTO MENSUAL (OPERARIO)	
ACTIVIDAD	
1	Con el equipo detenido y ayuda de un trapo mojado limpie la superficie del motor, eliminando el sulfato que exista y que puede causar corrosión
2	Con el equipo en funcionamiento, inspeccione cualquier Vibración excesiva (con respecto a funcionamiento normal), verifique que no exista algún sonido extraño o que el motor no trabaje bien. Si detecta cualquiera de las anomalías indicadas reportelo a la Unidad de Control Eléctromecánica
MANTENIMIENTO ANUAL (Técnico electromecánico)	
ACTIVIDAD	
Limpieza y Pintura	
Antes del mantenimiento asegúrese de que el equipo está desenergizado	
Nota: para la limpieza y preparación para pintar el equipo, utilice equipo de protección personal, en caso de que el motor se encuentre en un lugar de difícil acceso prepare con escaleras o bancos de trabajo, además utilice cartón para tapar las piletas y evitar la contaminación del agua con pintura o cualquier otro contaminante	
1	Abra la tapa del ventilador y limpie con un trapo mojado de forma que las superficies de la tapa y del ventilador queden libres de sulfato de Aluminio o cualquier otro contaminante
2	coloque la tapa y proceda a limpiar el exterior del motor de forma rigurosa, dejando las superficies libres de polvo, aceites y grasa o cualquier contaminante, si es necesario con ayuda de papel lija remueva la corrosión del motor
3	Una vez que la superficie está seca proceda a pintarla, para esto prepare la pintura anticorrosiva con el disolvente adecuado, utilice una brocha para aplicar la pintura
4	Pinte las superficies del motor con cuidado de no tapar la placa de datos o sticker de codificación

Mantenimiento preventivo Bombas De Cloración SSH/ SST

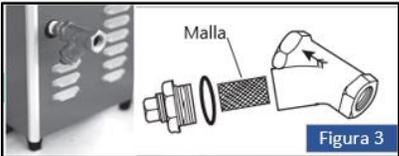
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Bombas de Cloración	
MANTENIMIENTO MENSUAL	
ACTIVIDAD	
1	Mida la presión de salida de la bomba
2	Mida la corriente por cada fase y compárela con el valor nominal
3	Revise que no existan vibraciones o sonidos anormales
4	Limpie las superficies de la bomba
MANTENIMIENTO ANUAL	
ACTIVIDAD	
Comprobación del Sistema	
1	Compruebe que no haya fugas
2	Compruebe el apriete de tornillos y pernos
Comprobación de la bomba	
1	Mida la presión con caudal nulo y compárela con la presión medida durante el primer arranque; si ha disminuido más del 15% Compruebe la condición del impulsor, del cuerpo de la bomba y de los tornillos de desgaste
2	Compruebe que no estén presentes ruidos y Vibraciones
Comprobación del motor	
1	Compruebe que en el tablero de bornes no haya signos de recalentamiento y arcos eléctricos
2	Compruebe las condiciones del ventilador de enfriamiento y límpielo
3	Compruebe que la resistencia del aislamiento sea mayor a 500 MΩ , con una tensión de prueba de 500 Vdc por 1 minuto

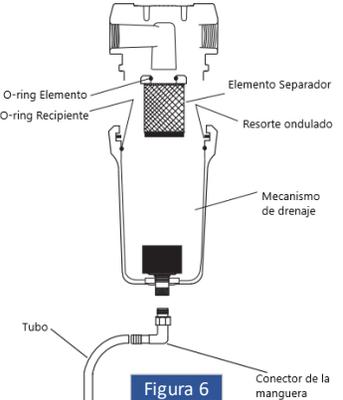


Mantenimiento preventivo Sopladoras de aire Aerzen

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Sopladores de Aire	05-01-040-SPA
MANTENIMIENTO SEMESTRAL	
ACTIVIDAD	
1	Revise el estado de la correa trapezoidal, si es necesario sustituya
2	Revise el alineamiento de la correa trapezoidal si es necesario corregir
3	Compruebe el funcionamiento de la válvula de presión
4	Compruebe el nivel de aceite
5	Revise las aberturas de ventilación en la tapa insonorizada limpie si es necesario
MANTENIMIENTO ANUAL	
ACTIVIDAD	
1	Sustituya el filtro de aspiración
2	Revise el estado de la correa trapezoidal, si es necesario sustituya
3	Revise el alineamiento de la correa trapezoidal si es necesario corregir
4	Cambio del aceite de lubricación
5	Compruebe el desgaste y aislamiento en la válvula de retención
Para conocer las intrucciones de mantenimiento refierase al manual del fabricante	
	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Soplante eje libre 2. Bastidor con silenciador de presión integrado 3. Sistema de aspiración con filtro y silenciador 4. Motor eléctrico Trifásico 5. Correas trapezoidales 6. Báscula del motor 7. Carcasa de Conexión 8. Válvula de presión 9. Manguito elástico con abrazaderas 10. Compensador de arranque 	

Mantenimiento preventivo secadora de aire Hakinson

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Secador de Aire	GD-CP-SP01
MANTENIMIENTO MENSUAL	
Limpieza del filtro de aire externo	
ACTIVIDAD	
Antes de dar mantenimiento despresurize y desenergize el equipo	
1	Remueva la cubierta superior (ver Figura 1)
2	Remueva el filtro exterior deslizando hacia arriba (ver Figura 2)
3	Lavar con agua y jabon, dejar secar antes de instalarlo
Nota: no use solventes para limpiar el filtro exterior	
4	Reinstale el filtro y la cubierta superior
 	
Limpieza del filtro de aire interno	
ACTIVIDAD	
1	Cierre el suministro de aire comprimido al filtro y despresurize
2	Retire la malla y limpie o reemplace (Ver Figura 3)
3	Reinstalelo
	
MANTENIMIENTO ANUAL	
Remplazo del elemento separador/filtro	
ACTIVIDAD	
1	Cierre el suministro de aire comprimido al filtro y despresurize
2	Remueva la cubierta superior (Ver figura 1)
3	Retire los dos tornillos que sujetan el panel lateral y retire panel lateral deslizando hacia arriba (Ver Figura 4)
4	Desconecte el tubo de drenaje de la conexión del mamparo en la base del gabinete. Para quitar, presione el plástico collarín hacia el accesorio, mientras se extrae el tubo del accesorio (Ver figura 5)
5	Retire el recipiente - empuje el recipiente hacia arriba, gire el recipiente 1/8 de vuelta hacia a la izquierda y tire hacia abajo
6	Limpie el recipiente del filtro

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Secador de Aire	GD-CP-SP01
MANTENIMIENTO ANUAL	
Remplazo del elemento separador/filtro	
7	Reemplace el elemento
Remplazo del elemento	
a)	Retire el elemento viejo y deséchelo
b)	Asegúrese de que la junta tórica se encuentre dentro de la parte superior y el elemento de reemplazo está en su lugar, empuje el elemento sobre la cabeza del filtro
8	Después de asegurarse de que la junta tórica y resorte están adentro de la parte superior del recipiente en su lugar, vuelva a montar el recipiente en la base
Nota: Asegúrese de que la junta tórica esté generosamente lubricada	
Nota: los extremos del resorte ondulado deben estar apuntando hacia abajo para evitar que este interfiera con la conexión	
9	Vuelva a conectar el tubo de drenaje al accesorio del tabique presionando el tubo en el accesorio hasta que encaje en su posición
10	Reinstale las cubiertas lateral y superior
11	Vuelva a presurizar la secadora y reanude la operación
 	
	

Mantenimiento preventivo bomba ProMinent Makro TZ

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Bomba dosificadora de Sulfato ProMinent Makro TZ Mb	
TRIMESTRAL	
ACTIVIDAD	
1	Compruebe los pares de apriete de los tornillos del cabezal dosificador (1) y de los tornillos de la brida del accionamiento (2) (Figura 1)
2	Compruebe que las tuberías de dosificación en los lados de impulsión y de aspiración están bien apretadas y en buen estado
3	Compruebe que la válvula de impulsión y la válvula de aspiración están bien apretadas
4	Compruebe que el bombeo se realiza correctamente: Deje que la bomba realice un breve cebado
5	Compruebe la estanqueidad de toda la unidad de bombeo, en especial del orificio de fugas
6	Compruebe la integridad de las conexiones eléctricas
7	Compruebe que la conexión de las tomas de tierra es eléctricamente correcta y estable
8	Compruebe que la conexión de los cables de conexión equipotencial es eléctricamente correcta y estable
9	Compruebe el nivel de aceite del accionamiento y del reductor de engranajes rectos.
10	Compruebe si se puede detectar humedad en la boquilla porta tubo (3); en tal caso es probable que se haya producido una rotura de membrana. Si desea realizar un mantenimiento preventivo, puede sustituir todas las demás piezas del juego de recambios junto con la membrana

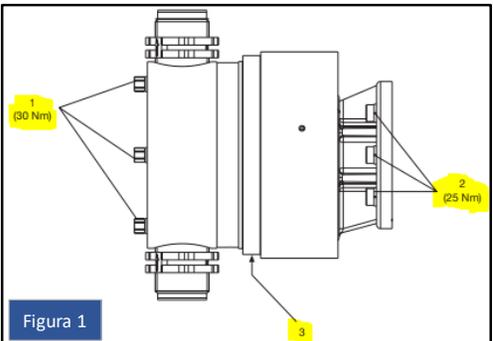


Figura 1

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
CAMBIO DE ACEITE DEL ENGRANAJE Bomba dosificadora de sulfato ProMinent Makro TZ Mb	
Bomba dosificadora de Sulfato ProMinent Makro TZ Mb	
<ul style="list-style-type: none"> CADA 5000 HORAS (SEGÚN EL TRABAJO ACTUAL APOXIMADAMENTE CADA 1.5 AÑOS) Aceite de la transmisión Mobilgear 634 VG 460, ProMinent nº de artículo 1004542 Cantidad de aceite necesaria: 3,5 l	
ACTIVIDAD	
Vaciado del aceite	
1	Desenroscar el tornillo para el purgado el aire (1)
2	Colocar un recipiente para el aceite debajo del tornillo para el vaciado del aceite (2)
3	Retirar el tornillo para el vaciado del aceite (2) de la carcasa de la propulsión
4	Dejar salir el aceite de la transmisión de la propulsión (aprox. 3,5 l aceite)
5	Volver a enroscar el tornillo para el vaciado del aceite (2) con una junta nueva
llenado del aceite	
1	Arrancar la bomba
2	verter el aceite de la transmisión lentamente a través de la apertura para el tornillo para el purgado el aire (1) hasta que la mirilla para el nivel del aceite (3) quede casi cubierta
3	Dejar la bomba funcionando 1-2 min
4	Volver a enroscar el tornillo para el purgado el aire (1)

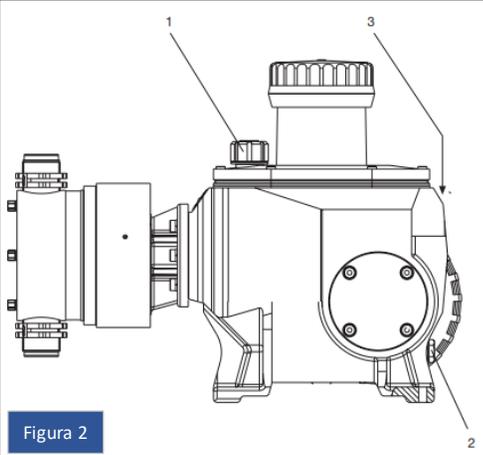
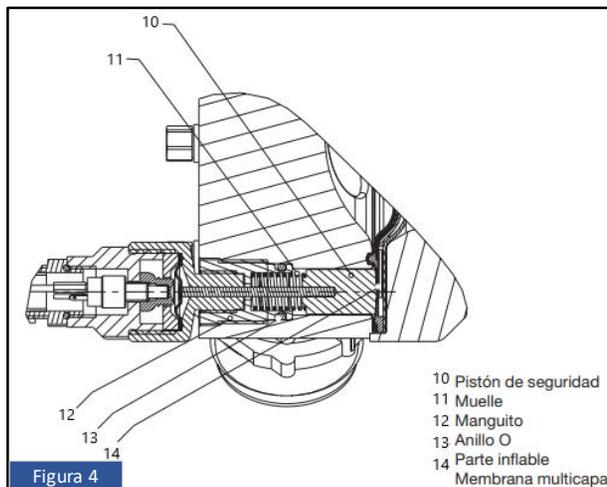
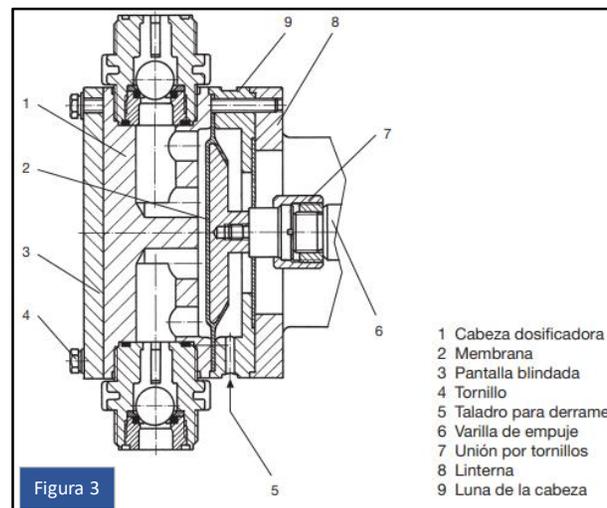


Figura 2

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
CAMBIO DE LA MEMBRANA	Bomba dosificadora de sulfato ProMinent Makro TZ Mb
Bomba dosificadora de Sulfato ProMinent Makro TZ Mb	
<ul style="list-style-type: none"> CADA 5000 HORAS (SEGÚN EL TRABAJO ACTUAL APOXIMADAMENTE CADA 1.5 AÑOS) 	
SEGURIDAD	
<ul style="list-style-type: none"> -Antes de dar mantenimiento elimine la presión de las tuberías de impulsión y aspiración -Vacíe y enjuague la unidad -Utilice equipo de protección personal -Asegure el equipo para evitar que accidentalmente pongan a trabajar el equipo -Desenergice el equipo 	
ACTIVIDAD	
1	Ajuste la longitud de la carrera con la bomba en funcionamiento a 0 %
2	Desconecte la bomba
3	Destornillar las conexiones hidráulicas del lado de impulsión y del lado de admisión
4	Destornillar el tornillo de fijación y retirar el recubrimiento de protección de la linterna (8)
5	Destornillar el señalizador de rotura de membrana del cabezal dosificador
6	Destornillar el manguito (12) del cabezal dosificador
7	Sacar el pistón de seguridad (10) con el muelle (11) del cabezal dosificador
8	Quitar los tornillos (4) de la placa acorazada
9	Quitar el cabezal dosificador (1) con los tornillos de la linterna (8)
10	Destornillar la membrana (2) de la barra de empuje (6) y quitarla
11	Limpiar las superficies herméticas
12	Poner algo de gel de seguridad para tornillos en la rosca de la atornilladura entre membrana y barra de empuje
13	Atornillar la nueva membrana (2) a la barra de empuje (6) hasta el tope – esto debe conseguir, de lo contrario la bomba no dosificará con exactitud
14	Montar en la linterna (8) el cabezal dosificador (1), la placa acorazada (3) y la placa de cabeza (9)
15	Colocar los tornillos
16	Empujar el pistón de seguridad (10) con el muelle (11) en el canal del cabezal dosificador
17	Atornillar el manguito al cabezal dosificador (anillo O (13)) y apretar a mano
18	Atornillar a mano el señalizador de rotura de membrana al cabezal dosificador
Asegurar que el pistón de seguridad (10) y su espiga se muevan fácilmente, de lo contrario puede que después no funcione la señalización de rotura de membrana	
19	Poner en marcha la bomba y apretar los tornillos en cruz a 100% de carrera (momento de apriete 30 Nm)
20	Colocar el recubrimiento de protección en la linterna (8) y atornillar el tornillo de retención
Controlar el momento de apriete de los tornillos después de 24 horas de servicio	



Apéndice 3. Listas de Chequeo

Lista de chequeo compresor de pistones Ingersoll Rand

Lista de chequeo mantenimiento semanal compresor 01-01-140-COP01																			
Encargado:		Año:		Mes															
				1				2				3				4			
Actividades		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Verifique que hay escapes de aceite																		
2	Revise el nivel del lubricante. Rellene según sea necesario																		
3	Pruebe la válvula de drenaje para verificar que funcione correctamente.Limpiar si es necesario																		
4	Vacíe el condensado del tanque receptor (si no hay un dispositivo de drenaje automático). Abra la válvula de drenaje manual, recoja y disponga del líquido condensado según corresponda.																		
5	Inspeccione el o los elementos del filtro de aire. Limpie si es necesario																		
6	Asegúrese de que las guardabandas y las cubiertas estén bien sujetas en su lugar.																		
7	Compruebe que el área alrededor del compresor esté libre de trapos,herramientas, escombros y materiales inflamables o explosivos																		
8	Observe la operación de las válvulas de seguridad/desahogo mientras el compresor está funcionando. Reemplace las válvulas de seguridad/desahogo que no funcionen libremente.																		
9	Verifique si hay vibraciones y ruidos inusuales																		
Observaciones																			

Lista de chequeo bombas Pedrollo PKm60

Lista de chequeo								
mantenimiento mensual				Bombas Pedrollo PKm 60				
Encargado:			Mes					
Actividades			1	2	3	4	5	6
1	Mida los parámetros de funcionamiento de la bomba	Voltage (V)						
		Corriente (A)						
		Presión (psig)						
2	Limpie las superficies de la bomba con un trapo húmedo							
3	Compruebe que no existen sonidos extraños o vibraciones anormales							
Actividades			7	8	9	10	11	12
1	Mida los parámetros de funcionamiento de la bomba	Voltage (V)						
		Corriente (A)						
		Presión (psig)						
2	Limpie las superficies de la bomba con un trapo húmedo							
3	Compruebe que no existen sonidos extraños							
Observaciones								

Lista de chequeo tecla CM Lodestar

LISTA DE CHEQUEO																		
Mantenimiento Mensual						Tecla Lodestar												
Encargado:						Mes												
Actividades						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Revisar funcionamiento del freno																	
2	Revisar ganchos y aditamentos de montaje, revisar que no existan daños, grietas o aperturas excesivas en la garganta																	
3	Revisar la cadena de carga, lubricación adecuada. Revise que no existan signos de desgaste, eslabones dañados, corrosión o materias extrañas																	
4	Revise que la cadena de carga enrolla y tuerce de forma adecuada																	
5	si existe interruptor de límite, revise que funciona adecuadamente																	
6	Revise que la arandela de empuje del gancho inferior esta lubricada																	
Mantenimiento Anual						Tecla Lodestar												
Encargado:						Fecha:												
Actividades																		
1	Realice todas las actividades del mantenimiento mensual																	
2	Revise evidencia de tornillos, pernos o tuercas flojos																	
3	Revise si hay evidencia de desgaste en el cuerpo de bloque de gancho, si esta corroído, agrietado o distorsionado, tornillos de suspensión, engranajes,																	
4	Evidencia de daños o desgaste excesivo de la rueda de elevación y los bolsillos de la cadena de la polea del bloque de gancho(Equipo apagado)																	
5	Inspeccione evidencia de desgaste excesivo y / o daño de las piezas del freno. Ajuste adecuado del freno (Equipo apagado)																	
6	Aplique una película ligera de aceite de máquina a las roscas del eje del interruptor de límite (Equipo apagado)																	
7	inspeccione evidencia de desgaste o daño de la guía de la cadena donde la cadena ingresa al polipasto																	
8	Revise Cables eléctricos, arandelas, conectores, cables y gabinete de la estación de control (si corresponde) para daño o desgaste																	
9	Revise componentes de suspensión por daños, grietas, desgaste y funcionamiento correcto																	
10	Inspeccione todas las tuercas y pasadores de retención del gancho inferior en busca de daños y ajuste seguro																	
11	Evidencia de fuga de lubricante																	
12	Inspeccione enlace por enlace de la cadena en busca de evidencia de desgaste y daño excesivo del enlace																	

Listas de chequeo de bomba Prominent Makro 5 / Sistema de remoción de lodos

LISTA DE CHEQUEO				
Mantenimiento trimestral Bomba dosificadora Makro 5 M5MA				
Encargado:		Código de Equipo:		TRIMESTRE
Actividades		I	II	III
1	Compruebe los pares de apriete de los tornillos del cabezal dosificador (1) y de los tornillos de la brida del accionamiento (2) (Figura 1)			
2	Compruebe que las tuberías de dosificación en los lados de impulsión y de aspiración están bien apretadas y en buen estado			
3	Compruebe que la válvula de impulsión y la válvula de aspiración están bien apretadas			
4	Compruebe que el bombeo se realiza correctamente: Deje que la bomba realice un breve cebado			
5	Compruebe la estanqueidad de toda la unidad de bombeo, en especial del orificio de fugas. En caso de aplicaciones críticas, se recomienda inspeccionar o sustituir la membrana de dosificación a intervalos regulares.			
6	Solo en las versiones de un cabezal: Compruebe que la perforación de la cubierta metálica de la brida de accionamiento está libre			
7	Compruebe la integridad de las conexiones eléctricas			
8	Compruebe que la conexión de las tomas de tierra es eléctricamente correcta y estable			
9	Compruebe que la conexión de los cables de conexión equipotencial es eléctricamente correcta y estable			
10	Compruebe el nivel de aceite del accionamiento y del reductor de engranajes rectos.			
11	Compruebe si se puede detectar humedad en la boquilla porta tubo (3); en tal caso es probable que se haya producido una rotura de membrana. Si requiere realizar un mantenimiento preventivo, puede sustituir todas las demás piezas del juego de recambios junto con la membrana			
Observaciones				

REMOVEDORAS DE LODO			
Lista de chequeo mantenimiento semestral			
Encargado:		Fecha:	Fecha:
Actividades		I Semestre	II Semestre
REMOVEDORA 1			
1	Con el motor desenergizado, quite el protector del equipo		
2	Revise los pernos de fijación, ajustelos si es necesario		
3	Revise el nivel de aceite y añada aceite si es necesario		
4	Asegúrese de que el perno de ventilación en el respiradero esté limpio		
5	Lubrique la cadena de Transmisión		
Encargado:		Fecha:	Fecha:
Actividades		I Semestre	II Semestre
REMOVEDORA 2			
1	Con el motor desenergizado, quite el protector del equipo		
2	Revise los pernos de fijación, ajustelos si es necesario		
3	Revise el nivel de aceite y añada aceite si es necesario		
4	Asegúrese de que el perno de ventilación en el respiradero esté limpio		
5	Lubrique la cadena de Transmisión		
Encargado:		Fecha:	Fecha:
Actividades		I Semestre	II Semestre
REMOVEDORA 3			
1	Con el motor desenergizado, quite el protector del equipo		
2	Revise los pernos de fijación, ajustelos si es necesario		
3	Revise el nivel de aceite y añada aceite si es necesario		
4	Asegúrese de que el perno de ventilación en el respiradero esté limpio		
5	Lubrique la cadena de Transmisión		
Lista de Chequeo Mantenimiento Cada 1.5 años			
Encargado:		Removedora 1	Removedora 2
Actividad		Fecha:	Fecha:
1	Cambio de Aceite	Fecha:	Fecha:
		Fecha:	Fecha:
		Fecha:	Fecha:
Observaciones			

Lista de chequeo bomba dosificadora de Polímero MilRoyal C

LISTA DE CHEQUEO			
Mantenimiento Semestral Bomba dosificadora MilRoyal C 01-01-040-BDP01			
Encargado:		SEMESTRE	
		I	II
Actividad		Fecha	
1	Cambio de Aceite del Sistema de Engranés		
2	Cambio del Filtro de Aceite		
3	Inspección y limpie las válvulas de retención		
4	Inspección del apriete del cabezal de bombeo		
	Limpieza general		
5	Inspección de Las Conexiones Eléctricas		
Observaciones			

Lista de chequeo bombas de cloración goulds SST

LISTA DE CHEQUEO								
Mantenimiento Mensual				Bombas de Cloración Goulds SST				
Encargado:				Mes				
Actividades		1	2	3	4	5	6	
1	Mida la presión de salida de la bomba	Presión (psig)						
2	Mida la corriente por cada fase y compárela con el valor nominal	Corriente(A)						
3	Limpie las superficies de la bomba							
4	Revise que no existan vibraciones o sonidos anormales							
Encargado:				Mes				
Actividades		7	8	9	10	11	12	
1	Mida la presión de salida de la bomba	Presión (psig)						
2	Mida la corriente por cada fase y compárela con el valor nominal	Corriente(A)						
3	Limpie las superficies de la bomba							
4	Revise que no existan vibraciones o sonidos anormales							
Mantenimiento Anual				Bombas de Cloración Goulds HSS				
Encargado:				Fecha:				
Actividades								
Comprobación del sistema								
1	Compruebe que no hayan fugas							
2	Compruebe el apriete de tornillos y pernos							
Comprobación de la bomba								
3	Mida la presión con caudal nulo y compárela con la presión medida durante el primer arranque; si	Presión (psig)						
4	Compruebe que no esten presentes ruidos y Vibraciones							
Comprobación del motor								
5	Comruebe que en el tablero de bornes no haya signos de recalentamiento y arcos eléctricos							
6	Compruebe las condicioones del ventilador de enfriamiento y límpielo							
7	Compruebe que la resistencia del aislamiento sea mayor a 500 MΩ , con una tensión de prueba de 500 Vdc por 1 minuto							
Observaciones								

Lista de chequeo bomba ProMinet Makro TZ / Secadora de Aire Hankison

Lista de chequeo						
Bomba dosificadora de Sulfato ProMinet Makro TZ Mb						
CHEQUEO TRIMESTRAL			Trimestre			
ACTIVIDAD			I	II	III	IV
1	Compruebe los pares de apriete de los tornillos del cabezal dosificador (1) y de los tornillos de la brida del accionamiento (2) (Figura 1)					
2	Compruebe que las tuberías de dosificación en los lados de impulsión y de aspiración están bien apretadas y en buen estado					
3	Compruebe que la válvula de impulsión y la válvula de aspiración están bien apretadas					
4	Compruebe que el bombeo se realiza correctamente: Deje que la bomba realice un breve cebado					
5	Compruebe la estanqueidad de toda la unidad de bombeo, en especial del orificio de fugas					
6	Compruebe la integridad de las conexiones eléctricas					
7	Compruebe que la conexión de las tomas de tierra es eléctricamente correcta y estable					
8	Compruebe que la conexión de los cables de conexión equipotencial es eléctricamente correcta y estable					
9	Compruebe el nivel de aceite del accionamiento y del reductor de engranajes rectos.					
10	Compruebe si se puede detectar humedad en la boquilla porta tubo (3); en tal caso es probable que se haya producido una rotura de membrana. Si desea realizar un mantenimiento preventivo, puede sustituir todas las demás piezas del juego de recambios junto con la membrana					

Figura 1

Lista de chequeo											
SECADORA DE AIRE		05-01-040-SCA				Mes					
CHEQUEO MANTENIMIENTO SEMESTRAL		1	2	3	4	5	6				
ACTIVIDAD											
1	Limpieza del filtro de aire externo										
2	Limpieza del filtro de aire interno										
ACTIVIDAD		7	8	9	10	11	12				
1	Limpieza del filtro de aire externo										
2	Limpieza del filtro de aire interno										
CHEQUEO MANTENIMIENTO ANUAL		Fecha									
ACTIVIDAD											
1	Reemplazo del elemento separador/filtro										
OBSERVACIONES											

Lista de chequeo Sopladoras de Aire Aerzen

Listas de Chequeo			
SOPLADORAS DE AIRE		05-01-040-SPA	
CHEQUEO MANTENIMIENTO SEMESTRAL		FECHA	
ACTIVIDAD		I Semestre	II Semestre
1	Revise el estado de la correa trapezoidal, si es necesario sustituya		
2	Revise el alineamiento de la correa trapezoidal si es necesario		
3	Compruebe el funcionamiento de la válvula de presión		
4	Compruebe el nivel de aceite		
5	Revise las aberturas de ventilación en la tapa insonorizada limpie si es necesario		
CHEQUEO MANTENIMIENTO ANUAL		FECHA	
ACTIVIDAD			
1	Sustituya el filtro de aspiración		
2	Revise el estado de la correa trapezoidal, si es necesario sustituya		
3	corregir		
4	Cambio del aceite de lubricación		
5	Compruebe el desgaste y aislamiento en la válvula de retención		
OBSERVACIONES			

Apéndice 4. Mapas de Ubicación de Equipos

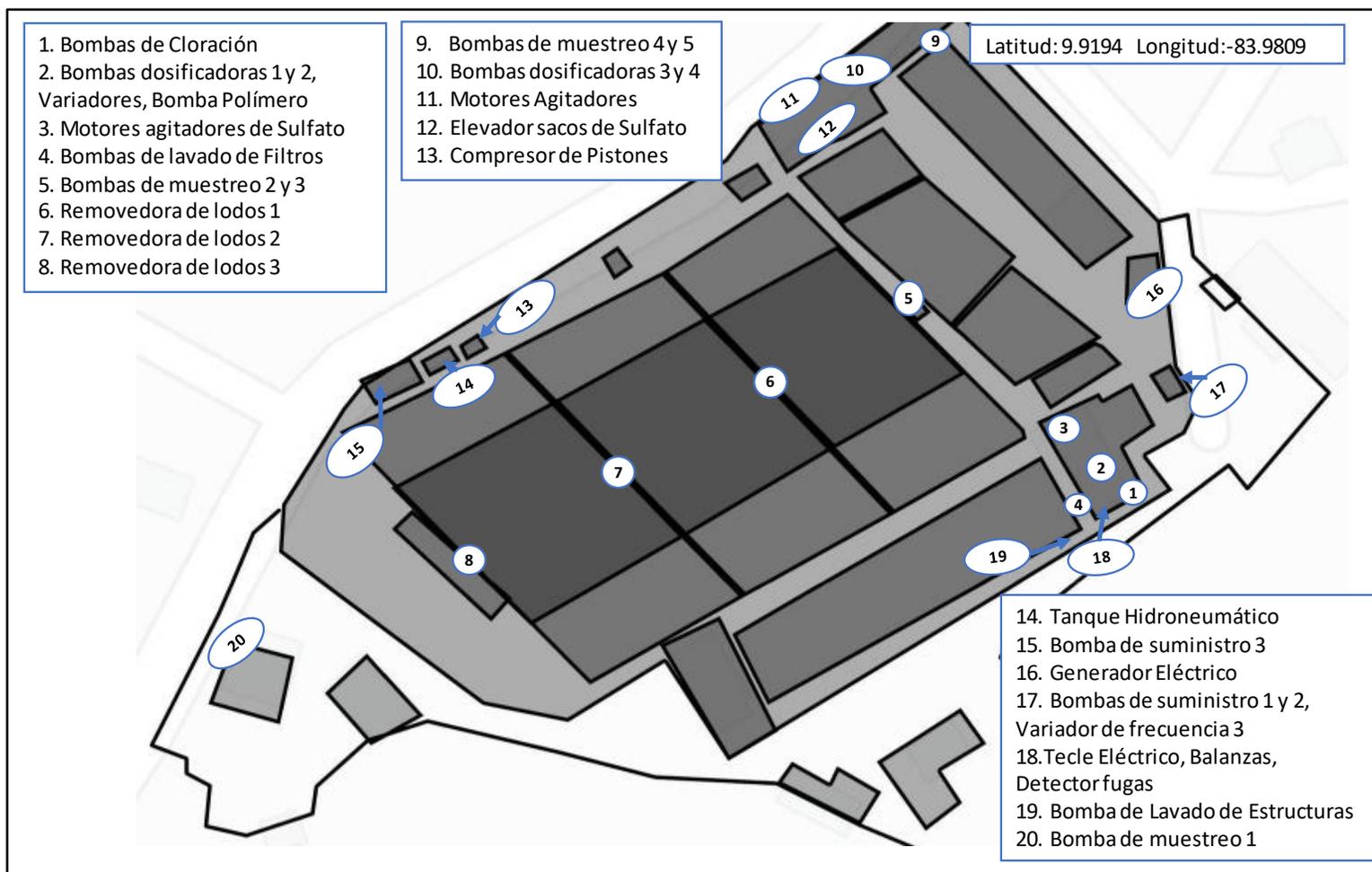


Figura 105. Mapa de ubicación de equipos Planta potabilizadora Tres Ríos

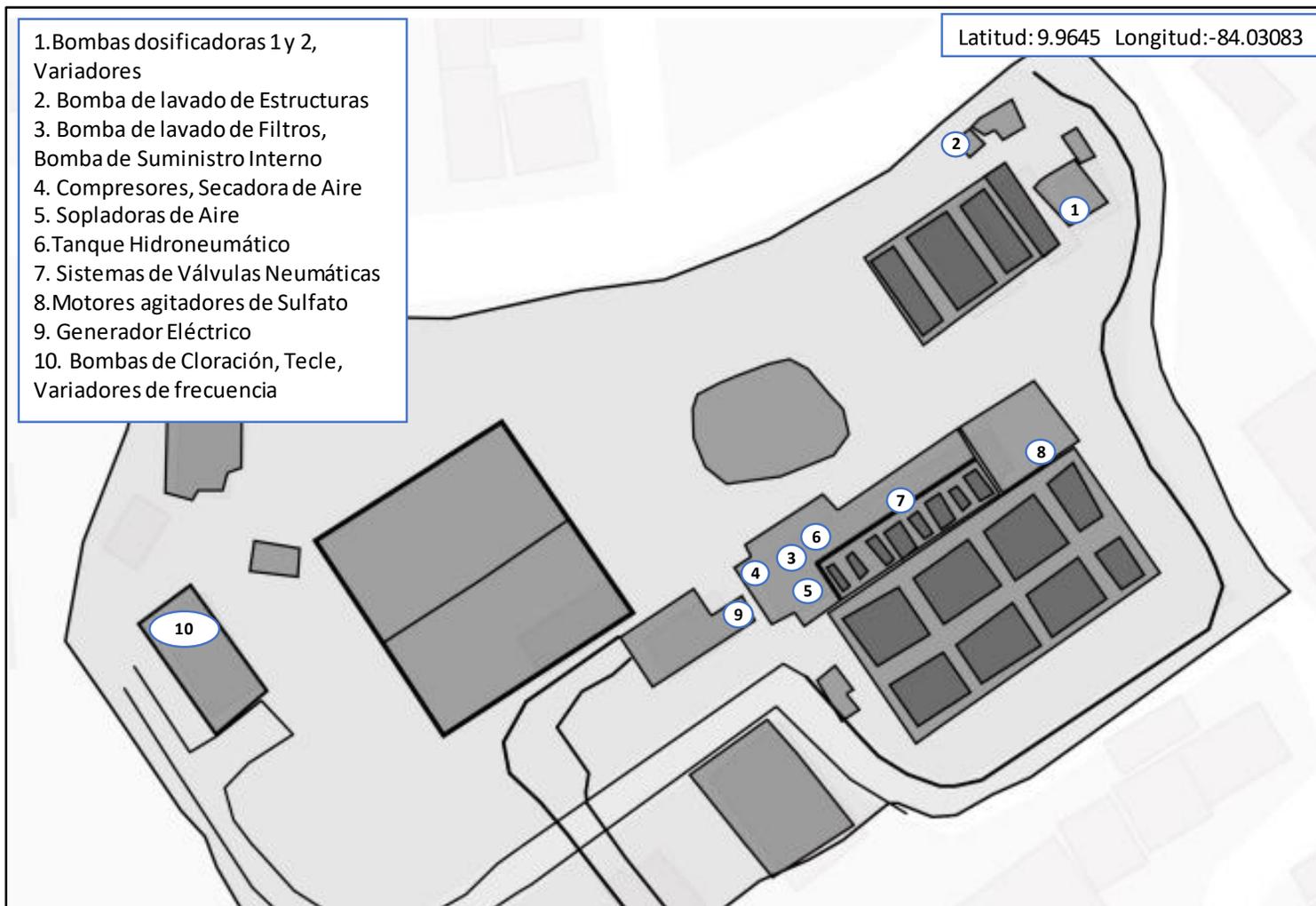


Figura 106. Mapa de ubicación de equipos Planta Potabilizadora Guadalupe

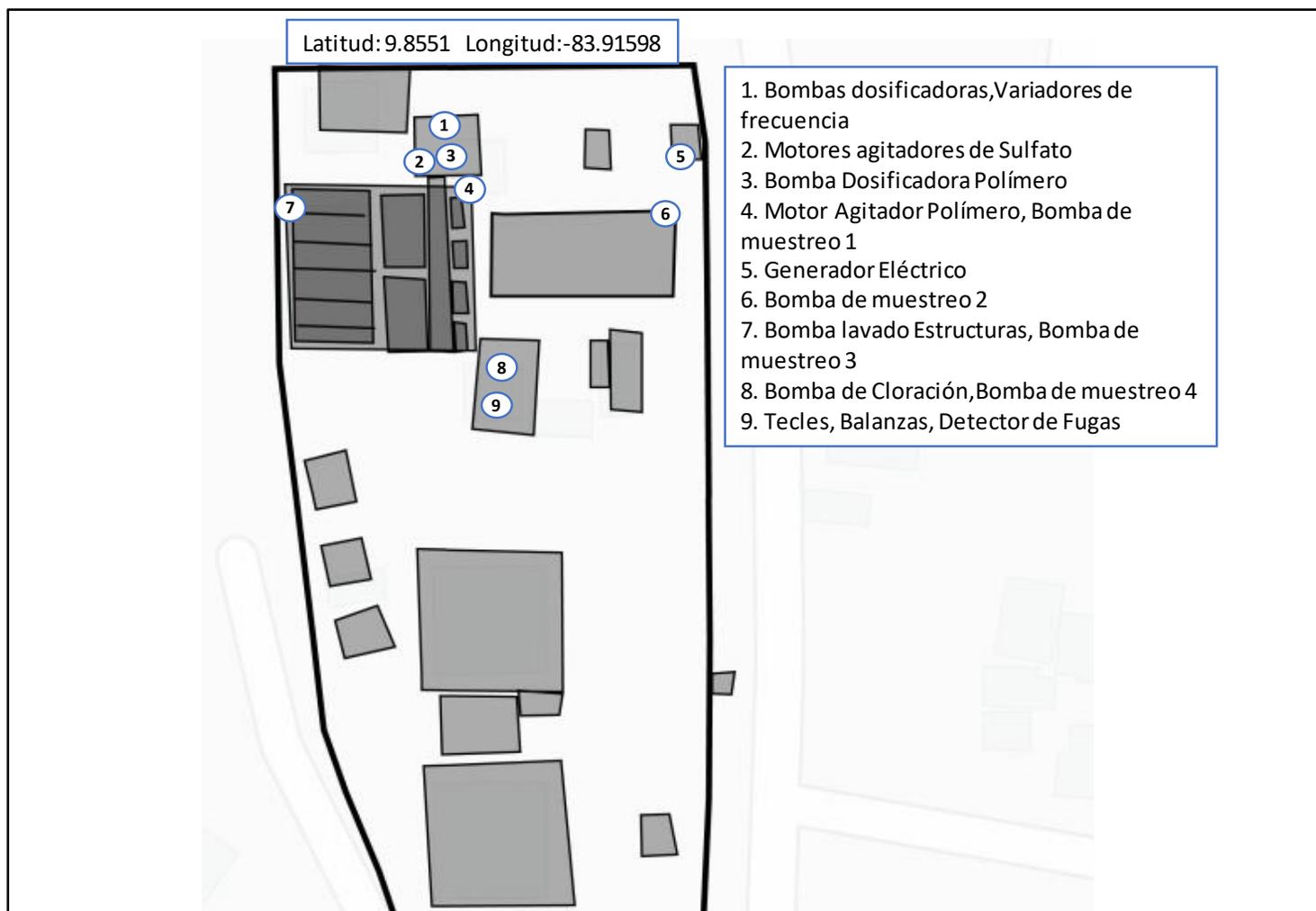


Figura 107. Mapa de ubicación de equipos Planta Potabilizadora Cartago

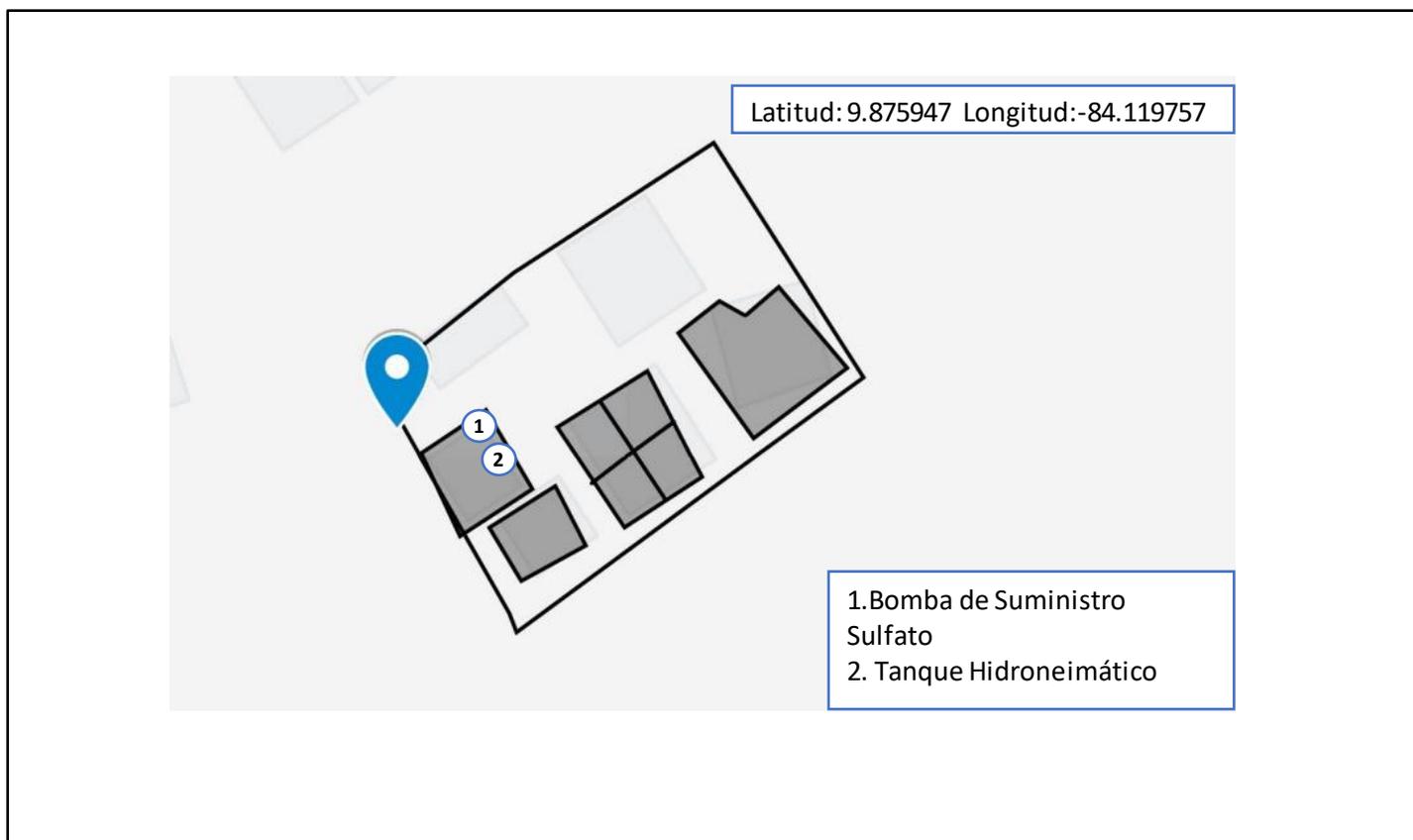


Figura 108. Mapa de ubicación de Equipos Planta Potabilizadora El Llano de Alajuelita

Apéndice 5. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos

Equipo	Código	Frecuencia	Actividad	Enero																																															
				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre							
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Bomba de cloración 1	01-01-070-BCL01	Día	verificación de presiones y correcto funcio	[Orange]																																															
		Mensual	Inspección mensual / limpieza	[Orange]																																															
		Anual	Inspección Anual	[Orange]																																															
		Bianual	Desarme y Cambio de sello mecánico	[Orange]																																															
		3 años	Cambio de rodamientos	[Orange]																																															
Bomba de cloración 2	01-01-070-BCL02	Día	verificación de presiones y correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Inspección mensual / limpieza	[Orange]																																															
		Anual	Inspección Anual	[Orange]																																															
		Bianual	Desarme y Cambio de sello mecánico	[Orange]																																															
		3 años	Cambio de rodamientos	[Orange]																																															
Bomba de cloración 3	01-01-070-BCL03	Día	verificación de presiones y correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Inspección mensual / limpieza	[Orange]																																															
		Anual	Inspección Anual	[Orange]																																															
		Bianual	Desarme y Cambio de sello mecánico	[Orange]																																															
		3 años	Cambio de rodamientos	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS01	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		1,5 Años	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS02	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS03	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS04	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS04	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS04	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS04	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS04	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															
Bomba de membrana ProMinent	01-01-040-BDS04	Día	Inspección de funcionamiento Correcto	[Orange]																																															
		Mensual	Revisar el nivel de Aceite	[Orange]																																															
		Trimestral	Acciones de mantenimiento preventivo	[Orange]																																															
		Año y Medio	Cambio de Aceite de engranaje	[Orange]																																															
		Bianual	Cambio de la membrana	[Orange]																																															

Figura 109. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos

Equipo	Código	Frecuencia	Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
				1				2				3				4			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Bomba de limpieza de filtros 1	01-01-050-BLE01	Mensual	Medición de parametros de Funcionamiento																
		Mensual	Limpieza																
		Año y Medic	Cambio de Sello Mecánico																
Bomba de limpieza de filtros 2	01-01-060-BLF01	Mensual	Medición de parametros de Funcionamiento																
		Mensual	Limpieza																
Bomba de limpieza de filtros 3	01-01-060-BLF02	Mensual	Medición de parametros de Funcionamiento																
		Mensual	Limpieza																
Bomba de suministro a TH	01-01-140-BSI01	Mensual	Inspección visual / muestro de parametros																
		Mensual	Limpieza de la bomba																
		Año y Medic	Desarme y Cambio de sello mecánico																
Compresor de Pistones	01-01-140-COP01	Semanal	Inspección semanal																
		Mensual	Tareas mensuales																
		Semestral	Cambio de aceite																
		Semestral	Cambio del filtro de aceite																
Tanque hidroneumático	01-01-140-TAH01	Bianual	Inspección , Limpieza y Pintura																
Motor removedora de lodos 1	01-01-050-RML01	Mensual	Medición de parametros de funcionamiento																
		Semestral	Preventivo semestral																
		Anual	Cambio de aceite de los engranajes																
		Semestral	Lubricación de cadena de transmisión																
Motor removedora de lodos 2	01-01-050-RML02	Mensual	Medición de parametros de Funcionamiento																
		Semestral	Preventivo semestral																
		Anual	Cambio de aceite de los engranajes																
		Semestral	Lubricación de cadena de transmisión																
Motor removedora de lodos 3	1-050-RML03+B65	Mensual	Medición de parametros de Funcionamiento																
		Semestral	Preventivo semestral																
		Anual	Cambio de aceite de los engranajes																
		Semestral	Lubricación de cadena de transmisión																
Bomba de membrana Mill Roy	01-01-040-BDP01	Diaria	Inspección de funcionamiento Correcto																
		Semestral	Cambio de Aceite de engranaje																
		Semestral	Cambio del filtro de aceite																
		Semestral	Mantenimiento de valvulas de retención																
		Anual	Reemplazo de diafragma y sello																

Figura 110. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos (Continuación)

Equipo	Código	Frecuencia	Actividad	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
				1				2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Motor Agitador de sulfato 1	01-01-040-MAS01	Mensual	Limpieza / medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 2	01-01-040-MAS02	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 3	01-01-040-MAS03	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 4	01-01-040-MAS04	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 5	01-01-040-MAS05	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 6	01-01-040-MAS06	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 7	01-01-040-MAS07	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 8	01-01-040-MAS08	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 9	01-01-040-MAS09	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Motor Agitador de sulfato 10	01-01-040-MAS10	Mensual	Limpieza/medición de parametros																																																
		Anual	Pintura																																																
Bomba Tanque Elevado 1	01-01-140-BSI01	Mensual	Medición de parametros de Funcionamiento																																																
		Mensual	Inspección del panel de control																																																
		Mensual	Limpieza																																																
Bomba Tanque Elevado 2	01-01-140-BSI02	Mensual	Medición de parametros de Funcionamiento																																																
		Mensual	Inspección del panel de control																																																
		Mensual	Limpieza																																																

Figura 111. Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Potabilizadora Tres Ríos (Continuación)

Apéndice 6. Cuadro de Mando Integral para la Unidad de Control Electromecánico

Perspectiva	Objetivo	Indicador	información	Indicadores	Unidades	Responsable	Metas		
							Bajo	Desado	Alto
Humana	Brindar al menos 24 horas de capacitación anual a los técnicos electromecánicos y operarios	Horas anuales destinadas a capacitación	Recursos Humanos	<i>Conteo directo de horas de capacitación</i>	Horas	Jefe mantenimiento	20	< X <	30
	Mantener el compromiso de los colaboradores en un nivel superior al 75%	Compromiso del personal	Recursos Humanos	<i>Evaluación Gallup</i>	Rango	Jefe mantenimiento	75%	< X <	90%
Financiera	Optimizar la utilización de los recursos	Utilización de Recursos	Encargado de recursos financieros	$RU = \frac{\text{Recursos totales utilizados}}{\text{Presupuesto planificado para recursos a utilizar}}$	Unidad	Jefe mantenimiento	Bajo	Desado	Alto
	Reducir el mantenimiento correctivo entre 5% y 10% para reducir los costos variables	índice de eficiencia de mantenimiento	Jefe mantenimiento	$EM = \frac{\text{Costo de mantenimiento planeado}}{\text{Costo del mantenimiento actual}}$	Unidad	Jefe mantenimiento	0.90	< X <	1.1
		Aprovechamiento de la jornada laboral	Jefe mantenimiento	$AJ = \frac{\text{Horas hombre trabajadas en mantenimiento}}{\text{Hora hombre Planificads en mantenimiento}} \times 100$	Porcentaje	Jefe mantenimiento	0.85	< X <	1.0
							85%	< X <	100%

Figura 113. Cuadro de Mando Integral Perspectivas Humana y Financiera

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

Perspectiva	Objetivo	Indicador	información	Indicadores	Unidades	Responsable	Metas		
							Bajo	Desado	Alto
Procesos internos	Aumentar el Mantenimiento Preventivo en 10% a 15 %	Indice de mantenimiento Preventivo	Jefe mantenimiento	$IMP = \frac{\text{Horas de mantenimiento Preventivo}}{\text{Total de horas de mantenimiento}} \times 100$	Porcentaje	Jefe mantenimiento	60%	< X <	80%
		Cumplimiento de mantenimiento preventivo	Jefe mantenimiento	$MP = \frac{\text{Ordenes preventivas ejecutadas}}{\text{Total de Ordenes preventivas programadas}} \times 100$	Porcentaje	Jefe mantenimiento	95%	< X <	100%
	Reducir los tiempos de respuesta ante fallas en un 20%	Tiempo de Respuesta (TR)	Jefe mantenimiento	$TR = \frac{\text{Tiempo real de respuesta a la solicitud}}{\text{Tiempo teórico de respuesta a la solicitud}}$	Unidad	Jefe mantenimiento	0.10	< X <	1.2
Producción	Mantener la disponibilidad de los sistemas en un 90%	Tiempo medio entre fallas (TMEF)	Jefe mantenimiento	$TEMF = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{número de fallas}}$	Horas	Jefe mantenimiento	Bajo 100	Desado < X <	Alto 1000
		Disponibilidad	Jefe mantenimiento	$Disp = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Horas de operación} + \text{Horas mantenimiento}}$	Unidad	Jefe mantenimiento	0.90	< X <	1.0
	Cumplir con más del 95% de las ordenes de trabajo solicitadas en los periodos establecidos	Tiempo medio para reparar (TMPR)	Jefe mantenimiento	$TMPR = \frac{\text{número de horas de paro por avería}}{\text{número de Fallas}}$	Horas	Jefe mantenimiento	3.00	< X <	8.0
		Porcentaje de cumplimiento de Mantenimiento solicitado	Jefe mantenimiento	$\%MC = \frac{\text{número de ordenes de trabajo solicitadas} \times 100}{\text{número de ordenes ejecutadas a tiempo}}$	Porcentaje	Jefe mantenimiento	95%	< X <	100%

Figura 114. Cuadro de Mando Integral Perspectivas Procesos Internos y Producción

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel)

Apéndice 7. Cálculo de Costos de Energía para los Equipos Electromecánicos

Tres Ríos									
Equipo	Código	Corriente nominal (I)	Corriente Medida (I)	Razón de Carga	Potencia(kw)	Horas de trabajo/mes	Energía (KWh/mes)	Costo de energía	Proceso
BOMBA MUESTREO OROSI 1	01-01-030-BMU02	6.3	5.8	1.09	0.746	720	583.4	₡ 29,591.24	Camara de Entrada
BOMBA MUESTREO OROSI 2	01-01-030-BMU03	6.3	6	1.05	0.746	720	564.0	₡ 28,604.86	
BOMBA MUESTREO TIRIBÍ 1	01-01-030-BMU04	5.3	2.3	2.30	0.37	720	613.9	₡ 31,135.91	
BOMBA MUESTREO TIRIBÍ 2	01-01-030-BMU05	5.3	2.3	2.30	0.37	720	613.9	₡ 31,135.91	
BOMBA DOSIFICADORA POLÍERO	01-01-040-BDP01	6.2	3.7	1.68	1.49	200	499.4	₡ 25,327.10	Floculación
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO OROSI 1	01-01-040-BDS01	5.9	5.6	1.05	3.00	360	1137.9	₡ 57,712.11	
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO OROSI 2	01-01-040-BDS02	5.9	5.4	1.09	3.00	360	1180.0	₡ 59,849.60	
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO TIRIBÍ 1	01-01-040-BDS03	5.9	4.5	1.31	3.00	360	1416.0	₡ 71,819.52	
BOMBA DOSIFICADORA SULFATO TIRIBÍ 2	01-01-040-BDS04	5.9	4.6	1.28	3.00	360	1385.2	₡ 70,258.23	
ELEVADOR SACOS DE SULFATO	01-01-040-ESS01	4.9	2.5	1.96	0.746	23	33.6	₡ 1,705.70	
MOTOR AGITADOR SULFATO 1	01-01-040-MAS01	5.8	2.7	2.15	1.49	45	144.0	₡ 7,305.37	
MOTOR AGITADOR SULFATO 2	01-01-040-MAS02	5.8	2.8	2.07	1.49	45	138.9	₡ 7,044.46	
MOTOR AGITADOR SULFATO 3	01-01-040-MAS03	5.8	3.1	1.87	1.49	45	125.4	₡ 6,362.74	
MOTOR AGITADOR SULFATO 4	01-01-040-MAS04	5.8	2.7	2.15	1.49	45	144.0	₡ 7,305.37	
MOTOR AGITADOR SULFATO 5	01-01-040-MAS05	5.8	3.9	1.49	1.49	45	99.7	₡ 5,057.56	
MOTOR AGITADOR SULFATO 6	01-01-040-MAS06	5.8	2.8	2.07	1.49	45	138.9	₡ 7,044.46	
MOTOR AGITADOR SULFATO 7	01-01-040-MAS07	5.8	3	1.93	1.49	45	129.6	₡ 6,574.83	
MOTOR AGITADOR SULFATO 8	01-01-040-MAS08	5.8	2.9	2.00	1.49	45	134.1	₡ 6,801.55	
MOTOR AGITADOR SULFATO 9	01-01-040-MAS09	5.8	3.4	1.71	1.49	45	114.4	₡ 5,801.32	
MOTOR AGITADOR SULFATO 10	01-01-040-MAS10	5.8	3.2	1.81	1.49	45	121.5	₡ 6,163.91	

Tres Ríos									
Equipo	Código	Corriente nominal (I)	Corriente Medida (I)	Razón de Carga	Potencia(kw)	Horas de trabajo/mes	Energía (KWh/mes)	Costo de energía	Proceso
REMOVEDORA DE LODOS 1	01-01-050-RML01	5	4	1.25	1.49	20	37.3	₺ 1,889.32	Sedimentación
REMOVEDORA DE LODOS 2	01-01-050-RML02	5	4	1.25	1.49	20	37.3	₺ 1,889.32	
REMOVEDORA DE LODOS 3	01-01-050-RML03	5	4	1.25	1.49	20	37.3	₺ 1,889.32	
BOMBA LAVADO ESTRUCTURAS	01-01-060-BLE01	12	10.4	1.15	3.73	90	387.3	₺ 19,646.20	Filtración
BOMBA LAVADO DE FILTROS 1	01-01-060-BLF01	88	60.4	1.46	29.84	100	4347.5	₺ 220,507.72	
BOMBA LAVADO DE FILTROS 2	01-01-060-BLF02	88	56.8	1.55	29.84	100	4623.1	₺ 234,483.56	
BOMBA DE CLORACIÓN 1	01-01-070-BCL01	11.50	11.10	1.04	3.73	528	2040.4	₺ 103,489.64	Desinfección
BOMBA DE CLORACIÓN 2	01-01-070-BCL02	11.5	9.9	1.16	3.73	528	2287.7	₺ 116,033.83	
BOMBA DE CLORACIÓN 3	01-01-070-BCL03	11.5	9.2	1.25	3.73	528	2461.8	₺ 124,862.50	
BOMBA MUESTREO SALIDA	01-01-070-BMU01	8	6.5	1.23	0.746	720	661.1	₺ 33,529.51	
TECLE OROSI	01-01-070-TCE01	11.9	10.3	1.16	0.746	5	4.3	₺ 218.57	Facilidades
BOMBA DE SUMINISTRO TH	01-01-140-BSI01	12.3	10.8	1.14	3.73	72	305.9	₺ 15,513.22	
BOMBA TANQUE ELEVADO 1	01-01-140-BSI02	27	24	1.13	7.46	8	67.1	₺ 3,405.34	
BOMBA TANQUE ELEVADO 2	01-01-140-BSI03	27	28	0.96	7.46	8	57.5	₺ 2,918.86	
COMPRESOR TANQUE HIDRONEUMÁTICO	01-01-140-COP01	14	10.6	1.32	7.46	72	709.4	₺ 35,980.96	

13. Anexos

Anexo 1. Encuesta Gallup para medir el compromiso de los colaboradores

1. ¿Sabes lo que se espera de ti en el trabajo?
2. ¿Dispones de los materiales y equipos que necesitas para hacer bien tu trabajo?
3. En el trabajo, ¿tienes oportunidad de hacerlo mejor cada día?
4. En los últimos 7 días, ¿te has sentido reconocido o premiado por haber hecho un buen trabajo?
5. ¿Tu supervisor o cualquier otra persona en el trabajo se preocupa por ti como persona?
6. ¿Hay alguien en el trabajo que te anime a crecer como profesional?
7. ¿Te parece que tus opiniones cuentan?
8. ¿Los objetivos de tu organización hacen que tu trabajo sea importante?
9. ¿Tus compañeros de trabajo se comprometen a hacer un trabajo de calidad?
10. ¿Tienes un buen amigo en el trabajo?
11. En los últimos 6 meses, ¿alguien de tu trabajo ha hablado contigo sobre tu progreso?
12. En el último año, ¿has tenido oportunidades en el trabajo de aprender y crecer como profesional?

	Muy de acuerdo	De Acuerdo	No estoy seguro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
1. ¿Sabes lo que se espera de ti en tu trabajo?	<input type="radio"/>				
2. ¿Tienes los materiales y equipo para hacer tu trabajo correctamente?	<input type="radio"/>				
3. En el trabajo ¿tienes la oportunidad de hacer lo que mejor sabes hacer cada día?	<input type="radio"/>				
4. En los últimos 7 días ¿Has recibido reconocimiento o felicitaciones por hacer un buen trabajo?	<input type="radio"/>				
5. ¿Siente que su supervisor o alguien en el trabajo se preocupa por usted como persona?	<input type="radio"/>				
6. ¿Hay alguien en el trabajo que alienta tu desarrollo?	<input type="radio"/>				
7. En el trabajo ¿tus opiniones se toman en cuenta?	<input type="radio"/>				
8. ¿La misión/propósito de su empresa hace sentir que su trabajo es importante?	<input type="radio"/>				
9. ¿Tus compañeros de trabajo están comprometidos en hacer un trabajo de calidad?	<input type="radio"/>				
10. ¿Tienes un mejor amigo en el trabajo?	<input type="radio"/>				
	Muy de acuerdo	De Acuerdo	No estoy seguro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
11. En los últimos seis meses ¿alguien en el trabajo le ha hablado sobre su progreso?	<input type="radio"/>				
12. En el último año ¿ha tenido la oportunidad de aprender y crecer?	<input type="radio"/>				

Ponderación encuesta Gallup

Muy de acuerdo	100%
De acuerdo	80%
No estoy seguro	70%
En desacuerdo	40%
Muy en desacuerdo	20%

Se debe aplicar la tabla de ponderación según las respuestas dadas y analizar los resultados para cada sección de la pirámide de Gallup y comparar con el objetivo propuesto en el Cuadro de Mando integral.

Anexo 2. Cotizaciones Varias



Cédula Jurídica: 3-101-008736
Tel: (506) 2296-9010 Fax: (506) 2220-1854

www.corporacionfont.com

Página 1 de 4

Cotización No. 329660

7 de Julio del 2020

Señor(a) (es)

INST. COST. DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (3130)

Presente

Id Mercadeo: 3730 - 16936 -
32966

Atención: Señor(a) Alexander Fernández Carrillo
85259467
alexferca01@gmail.com
Tel: 26636810 / Fax:

Asunto/Referencia:
TECLES ELECTRICOS CM

Estimado (a) (s) Señor (a) (es):

Tenemos el agrado de presentar para su evaluación nuestra cotización por el siguiente concepto:

Código	Descripción	Cant.	Precio/Unit.	Total
7820	TECLE ELECTRICO CM 1 TON 220V-1F (4.8 M/MIN)	1.00	2,985.00	2,985.00

Marca: COLUMBUS MCKINNON (CM-USA)

Modelo: Lodestar L

-Diseño Compacto: De baja altura construido en aluminio fundido que disipa el calor.

-Cuerpo Totalmente Cerrado: Recubierto con pintura epóxica anti-corrosión.

-Para Uso Pesado: En aplicaciones industriales de izaje vertical.

-Motor con Protección Térmica y ciclo de servicio H4 de 30min / 300 arranques por hora.

-Dispositivo limitador de sobrecarga como característica estándar.

-Rueda de Elevación maquinada y termo-tratada con guías de cadena endurecidas.

-Tren de Engranajes helicoidales de triple reducción, maquinado y termo-tratado con lubricación permanente engrasa antioxidante.

-Interruptores Ajustables de Límite de Carrera (ascenso/descenso), como característica estándar.

-Sistema Dual de Freno de Discos Múltiples y Freno re-generativo.

-Cadena de carga de acero calibrada CM Hoist, Termo- Tratada para mínimo desgaste.

-Gancho de Suspensión y Carga en Acero Forjado con pestillos de seguridad.

-Control de Botonera Colgante NEMA 4 para uso industrial.

-Excede los requerimientos de las normas HMI & ASME B30.16

Especificaciones Técnicas

Capacidad de carga: 1000 kg.

Alimentación eléctrica: 220v, Monofásico, 60Hz.

Potencia del motor: 1 HP.

Velocidad de elevación: 4,8 m/min.

Tipo de suspensión: Gancho.

Número de ramales: 1.

Altura de Izaje: 3 m (Necesidad del cliente).

Longitud cable control: 3 m (Necesidad del cliente).

Incluye contenedor para la cadena.

Cotización No. 329660

9850	TECLE ELECTRICO CM 2 TON 220V-1F (2.4 M/MIN)	1.00	3,400.00	3,400.00
------	--	------	----------	----------

Marca: COLUMBUS MCKINNON (CM-USA)

Modelo: Lodestar R

- Diseño Compacto: De baja altura construido en aluminio fundido que disipa el calor.
- Cuerpo Totalmente Cerrado: Recubierto con pintura epóxica anti-corrosión.
- Para Uso Pesado: En aplicaciones industriales de izaje vertical.
- Motor con Protección Térmica y ciclo de servicio H4 de 30min / 300 arranques por hora.
- Dispositivo limitador de sobrecarga como característica estándar.
- Rueda de Elevación maquinada y termo-tratada con guías de cadena endurecidas.
- Tren de Engranajes helicoidales de triple reducción, maquinado y termo-tratado con lubricación permanente engrasa anti-oxidante.
- Interruptores Ajustables de Límite de Carrera (ascenso/descenso), como característica estándar.
- Sistema Dual de Freno de Discos Múltiples y Freno re-generativo.
- Cadena de carga de acero calibrada CM Hoist, Termo-Tratada para mínimo desgaste.
- Gancho de Suspensión y Carga en Acero Forjado con pestillos de seguridad.
- Botonera de alta duración Diseñada para uso en interiores o exteriores, protección contra polvo traído por lluvia o viento, agua proyectada y corrosión (NEMA 4X).
- Excede los requerimientos de las normas HMI & ASME B30.16

Especificaciones Técnicas:

- Capacidad de carga: 2000 kg
- Alimentación eléctrica: 220V, Monofásico, 60Hz.
- Potencia del motor: 1 HP
- Altura de izaje: 3 metros (Necesidad del cliente).
- Velocidad de elevación: 2.4 m/min
- Tipo de suspensión: Gancho.
- Número de ramales: 2
- Cable de control de botonera: 3 metros (Necesidad del cliente).
- Incluye cable de alimentación: 1,5 metros.
- Incluye contenedor para la cadena.

13905	TECLE ELECTRICO CM 3 TON 220V-1F (1.7 M/MIN)	1.00	3,995.00	3,995.00
-------	--	------	----------	----------

Marca: Columbus Mckinnon (CM-USA)

Modelo: Lodestar RT

- Diseño Compacto: De baja altura construido en aluminio fundido que disipa el calor.
- Cuerpo Totalmente Cerrado: Recubierto con pintura epóxica anti-corrosión.
- Para Uso Pesado: En aplicaciones industriales de izaje vertical.
- Motor con Protección Térmica y ciclo de servicio H4 de 30min / 300 arranques por hora.
- Dispositivo limitador de sobrecarga como característica estándar.
- Rueda de Elevación maquinada y termo-tratada con guías de cadena endurecidas.
- Tren de Engranajes helicoidales de triple reducción, maquinado y termo-tratado con lubricación permanente en grasa anti-oxidante.
- Interruptores Ajustables de Límite de Carrera (ascenso/descenso), como característica estándar.
- Sistema Dual de Freno de Discos Múltiples y Freno re-generativo.
- Cadena de carga de acero calibrada CM Hoist, Termo-Tratada para mínimo desgaste.
- Gancho de Carga en Acero Forjado con pestillos de seguridad.
- Control de Botonera Colgante NEMA 4 para uso industrial.
- Excede los requerimientos de las normas HMI & ASME B30.16

Our Quotation: **QA20-062**

For further consults do not hesitate to contact us:

Please indicate always!

9	3	aa	Piezas de recambio Sigma/ 3 control (S3Ca) FM 330 - DN 25 PVT Marca: ProMinent PN. 1034678 Incluye: 1 membrana de dosificación 2 válvulas completas 2 bolas de válvula o placa de válvula con resorte DN 32 1 juego de juntas elásticas (EPDM, FKM-B) 2 casquillos de asiento de bola 2 discos de asiento de bola 4 anillos de junta perfilada	6689,83	02 069,49
10	12	aa	Anillos de juntas perfiladas, # 118, DN 25 Marca: ProMinent, P/N 1019367	88,35	\$100,20
11	12	aa	Casquillos de asiento de bolas, # 114, d36/DN25, PTFE Marca: ProMinent, P/N 792510	914,28	\$171,36
12	6	aa	Resorte de válvula, # 117, d0.9/DA19.4, 0.1bar, Hastelloy C4 Marca: ProMinent, P/N 469452	915,17	891,02
13	4	aa	Piezas de recambio Sigma/ 3 control (S3Ca) FM 330 - DN 25 PVT Marca: ProMinent PN. 1034678 Incluye: 1 membrana de dosificación 2 válvulas completas 2 bolas de válvula o placa de válvula con resorte DN 32 1 juego de juntas elásticas (EPDM, FKM-B) 2 casquillos de asiento de bola 2 discos de asiento de bola 4 anillos de junta perfilada	6689,83	02 759,32
14	16	aa	Anillos de juntas perfiladas, # 118, DN 25 Marca: ProMinent, P/N 1019367	88,35	\$133,60
15	16	aa	Casquillos de asiento de bolas, # 114, d36/DN25, PTFE Marca: ProMinent, P/N 792510	914,28	\$228,48
16	8	aa	Resorte de válvula, # 117, d0.9/DA19.4, 0.1bar, Hastelloy C4 Marca: ProMinent, P/N 469452	915,17	\$121,36
17	6	aa	Piezas de recambio Sigma/ 3 control (S3Ca) FM 1000 - DN 32 PCT Marca: ProMinent PN. 1034681 Incluye: 1 membrana de dosificación 2 válvulas completas 2 bolas de válvula o placa de válvula con resorte DN 32 1 juego de juntas elásticas (EPDM, FKM-B) 2 casquillos de asiento de bola 2 discos de asiento de bola 4 anillos de junta perfilada	91 011,58	06 069,48

Our Quotation: **QA20-062**

For further consults do not hesitate to contact us:

Please indicate always!

19	24	aa	Casquillos de asiento de plato, # 114, DN32, PTFE Marca: ProMinent, P/N 1002809	\$19,12	\$458,88
20	12	aa	Resorte de válvula, # 117, d0.9/DA19.4, 0.1bar, Hastelloy C4 Marca: ProMinent, P/N 469452	\$15,17	\$182,04
21	12	aa	Plato de válvula, # 116, DN32 Marca: ProMinent, P/N 1017969	\$31,85	\$382,20
22	12	aa	Resorte de compresión, # 8, DN15 Marca: ProMinent, P/N 1036985	\$4,75	\$57,00
23	12	aa	Membrana, # 5, DN15 Marca: ProMinent, P/N 1036821	\$15,77	\$189,24
24	12	aa	Junta del émbolo, # 16, DN15 Marca: ProMinent, P/N 1038035	\$4,14	\$49,68
25	12	aa	Kit conexión juntas, # 15, DN15 Marca: ProMinent, P/N 480504	\$4,22	\$50,64
26	7	aa	Resorte de compresión, # 8, DN25 Marca: ProMinent, P/N 1036835	\$8,11	\$56,77
27	7	aa	Membrana, # 5, DN25 Marca: ProMinent, P/N 1036632	\$18,02	\$126,14
28	7	aa	Junta del émbolo, # 16, DN25 Marca: ProMinent, P/N 1038037	\$3,76	\$26,32
29	7	aa	Kit conexión juntas, # 15, DN25 Marca: ProMinent, P/N 481033	\$3,90	\$27,30
30	4	aa	Membrana moldeada, # 5, DN32 Marca: ProMinent, P/N 1000311	\$107,59	\$430,36
31	4	aa	Resorte de compresión, # 8, DN32 Marca: ProMinent, P/N 1000314	\$39,86	\$159,44
32	4	aa	Disco de compresión, # 15, DN32 Marca: ProMinent, P/N 1000320	\$17,60	\$70,40
33	4	aa	Junta anular, # 22, DN32 Marca: ProMinent, P/N 480607	\$19,59	\$78,36
34	25	aa	Manómetros con Diafragma Aislador para bombas ProMinent Serie Sigma 1, 2 y 3 Marca: ProMinent, P/N 1030362 Manómetro con Diafragma Aislador. Aislador de manómetro SGA005002PG con cuerpo inferior de PVC, cuerpo superior de PPG, diafragma de Teflon PTFE, empaques de EPDM, bandas de acero inoxidable 304, conexión de manómetro de 1/4" Hembra NPT y conexión a proceso de 1/2" Hembra NPT. Rello de Glicerina en fábrica. Completo con Manómetro P025160SS de acero inoxidable relleno de glicerina, conexión de 1/4" Macho NPT, carátula de 2.5", tubo de acero inoxidable. Rango de presión: 0-145 PSI	\$262,86	\$6 571,50

INNOVAGUA s/a
 Jardines Los Sauces, #2A
 100 m Norte de Prousa, diagonal Aya, Iplis
 Goicoechea, San José, 10805 COSTA RICA
 T +506.2245.0269 F +506.2245.0270
 ventas@innovagua.com
 www.innovagua.com



Our Quotation: QA20-062

For further consults do not hesitate to contact us:

Please indicate always!

36	13	**	Válvulas de Alivio para bombas ProMinent Serie Sigma 3	8395,16	85 137,08
			Marca: ProMinent, P/N 1037774		

37	1	**	Sensor de turbiedad	87 573,23	87 573,23
			Marca: MJK, Modelo SuSix®		



Sensor:
 Rango Turbiedad: 0.001 a 9999 NTU
 Principio de medición: sistema de diodo infrarrojo y haz de enfoque ($\lambda = 860 \text{ nm}$)
 Medición: dos (2) canales de 90° de luz dispersada (**Scattered**) de medición correspondiente con DIN/EN 27027/ISO7027
 Materiales: cabeza de acero inoxidable DIN 1.4460, lentes óptico de zafiro, cuerpo de acero inoxidable DIN 1.4435, sellos de Viton y cable PUR
 Cable: 3x2x0.34 mm², diámetro externo de 8.3 mm, longitud de 20 metros
 Tiempo de respuesta: 1 segundo
 Velocidad del flujo: no limitado
 Suministro de energía: 24 VDC desde el turbidímetro
 Precisión: mejor al 3%
 Rango de temperatura: 0 a 60°C
 Autoimpieza: por medio de escobilla incorporada
 Enclausramiento: IP68
 Aprobaciones: CE: EN61010-1, EN61326-1, ATEX: Ex II 3G



Industrial Lithio Química S.A

Cédula jurídica 3-101-248117

De la rotonda de Hatillo 200 norte y 25 este bodega a mano izquierda

Teléfonos: 2214-6323 / 2252-9050 / fax 2214-6282

Correos: oc@lithiolubs.com & ventas@lithiolubs.com

COTIZACIÓN

FECHA	27-03-2019
COTIZACIÓN #	270319-001
VALIDO HASTA	26-04-2019

Acueductos & Alcantarillados

Atencion: Mauricio Brenes.

Correo: mabrenes@aya.go.cr

Telefono: 2278-3947.

DESCRIPCIÓN	PRESENTACION	CANT.	PRECIO	TOTAL
Lubriplate Low Pour ISO 22	Cubeta de 5glns	1	₡ 79,000.00	₡ 79,000.00

Subtotal	₡ 79,000.00
Impuesto 13%	₡ 10,270.00
TOTAL	₡ 89,270.00

TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. Tiempo de entrega Inmediato
2. Producto puesto en sus instalaciones
3. Validez de la oferta 30 Días

CUENTAS BANCARIAS

Banco Nacional de Costa Rica

✓ Cuenta Corriente: 100-01-147-000283-6

✓ Cuenta Cliente: 15114710010002832

BAC San José

✓ Cuenta Corriente 904248846

✓ Cuenta Cliente: 10200009042488466

DAVID TORRES
COTIZACIONES

Si usted tiene alguna pregunta sobre esta cotización, por favor, póngase en contacto con nosotros

Gracias por hacer negocios con nosotros!

EQUIPOS NEUMATICOS S.A.

Ced. Jur.: 3-101-196524
De Servicentro La Tropicana 300 Sur
Alajuela Apdo. 142-4050
Tel/Fax: 2440-2393, Tel. 2441-2627
E-mail: equiposneumaticos@enesa.net



Fecha: 11 Junio 2020
Cotización N°: 135AZ-2020

OFERTA ECONÓMICA

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
2	Soplador AERZEN de lóbulos, modelo GM 7 L Motor eléctrico: 10 HP Tensión: 460V / 3 Fase / 60 Hz. Capacidad: 7.5 m3/min ΔPresión: 350 mbar INCLUYE las siguientes partes, montadas completamente en fábrica para cada soplador: 1 Soplador de émbolos rotativos GM 7 L con émbolos de 3 lóbulos 1 Bastidor común con silenciador de impulsión (exento de material de absorción) 1 Soporte basculante para tensado automático de las bandas de transmisión 1 Juego de soportes elásticos. 1 Filtro - silenciador de aspiración 1 Transmisión por bandas y poleas 1 Válvula de seguridad DN 50, Ejecución B 1 Tubo de conexión con válvula antirretorno integrada y brida de conexión 1 Conexión elástica (ISO) con abrazaderas DN 50 / Ø 60,3 mm 1 Manómetro 63 mm Ø con piezas de conexión 1 Paquete de servicio (Incluye 1ª carga de aceite) 1 Montaje y alineación motor eléctrico. Alta Eficiencia. 1 Motor de alta eficiencia	\$18,450	\$36,900
1	Cabina de insonorización - Fabricada con chapa galvanizada, con bandeja de aceite y terminación de Pintura RAL 5001 / frontal RAL 7047. - Diseño en paneles con revestimiento interior y ventilación forzada mediante ventilador mecánico acoplado al eje del motor.	\$0	\$0
Subtotal:			\$36,900.00
Impuesto de Ventas (13%):			\$4,797.00
Precio Total:			\$41,697.00





SOLICITUD DE PEDIDO

CONSUMO

Unidad Solicitante: UENPYD

Documento: 1100048409

Fecha: 10.04.2019

Pos.	Código	Cant.	UM	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
00001	340062	2	PZA	CLORADOR ALIMENTAC.P/PRESION DE CLINDRO	1,207,924.00	2,415,848.00
00002	340062	4	PZA	CLORADOR ALIMENTAC.P/PRESION DE CLINDRO	1,207,924.00	4,831,696.00
00003	340062	1	PZA	CLORADOR ALIMENTAC.P/PRESION DE CLINDRO	1,207,924.00	1,207,924.00
00004	340062	1	PZA	CLORADOR ALIMENTAC.P/PRESION DE CLINDRO	1,207,924.00	1,207,924.00
00005	340062	1	PZA	CLORADOR ALIMENTAC.P/PRESION DE CLINDRO	1,207,924.00	1,207,924.00
00006	340238	5	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	4,069,327.75
00007	340238	2	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	1,627,731.10
00008	340238	14	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	11,394,117.70
00009	340238	2	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	1,627,731.10
00010	340238	10	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	8,138,655.50
00011	340238	2	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	1,627,731.10
00012	340238	2	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	1,627,731.10
00013	340238	1	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	813,865.55
00014	340329	1	PZA	DOSIFICADOR CLORO SOLUCION 0-1000Lb/dia	4,500,000.00	4,500,000.00
00015	340182	1	PZA	CLORADOR TIPO SWITCHOVER	1,983,489.00	1,983,489.00
00016	340182	8	PZA	CLORADOR TIPO SWITCHOVER	1,983,489.00	15,867,912.00
00017	340182	2	PZA	CLORADOR TIPO SWITCHOVER	1,983,489.00	3,966,978.00
00018	340182	1	PZA	CLORADOR TIPO SWITCHOVER	1,983,489.00	1,983,489.00
00019	340182	2	PZA	CLORADOR TIPO SWITCHOVER	1,983,489.00	3,966,978.00
00020	340182	1	PZA	CLORADOR TIPO SWITCHOVER	1,983,489.00	1,983,489.00
00021	340182	2	PZA	CLORADOR TIPO SWITCHOVER	1,983,489.00	3,966,978.00
00022	340330	1	PZA	DOSIFICADOR SWITCHOVER 250Lb/dia	3,000,000.00	3,000,000.00
00023	340331	1	PZA	DOSIFICADOR SWITCHOVER 500Lb/dia	3,000,000.00	3,000,000.00
00024		7	PZA	Balanza digital doble para cilindro	124,300.00	870,100.00
00025		2	PZA	Detector de fugas de gas cloro	6,500,000.00	13,000,000.00
00026	340124	5	PZA	DOSIFICADOR CLORO TABLETAS C/S 0,9-5,4K	498,964.95	2,494,824.75
00027	340124	4	PZA	DOSIFICADOR CLORO TABLETAS C/S 0,9-5,4K	498,964.95	1,995,859.80
00028	340120	3	PZA	DOSIFICADOR CLORO TABLETAS C/H 1.22Lb/hr	244,503.15	733,509.45
00029	340332	20	PZA	BALANZA PARA LABORATORIO	210,000.00	4,200,000.00
00030	340029	15	PZA	COMPARADOR DIGITAL CLORO RESIDUAL/TOTAL	242,024.93	3,630,373.95
00031	340071	8	PZA	TURBIDIMETRO PORTATIL	550,000.00	4,400,000.00
00032	340197	8	PZA	EQUIPO MEDICION TURBIEDAD (TURBIDIMETRO)	1,450,000.00	11,600,000.00
00033	340325	1	PZA	MEDIDOR DE COLOR DIGITAL	875,000.00	875,000.00
00034	340151	5	PZA	PH-METRO	875,500.00	4,377,500.00
00035	340082	2	PZA	EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS	1,250,000.00	2,500,000.00
00036	340212	1	PZA	MEDIDOR MULTIPARAMETRICO	3,270,299.10	3,270,299.10
00037	340072	20	PZA	CONDUCTIMETRO PORTATIL MULTIPARAMETRICO	64,410.00	1,288,200.00
00038	340187	4	PZA	BOMBA CENTRIFUGA AUTOCEBANTE 1 HP	145,965.99	583,863.96
00039	330885	4	PZA	BOMBA CENTRIFUGA 1-1/2 HP 240V PH-I	229,844.02	919,376.08
00040	330913	4	PZA	BOMBA CENTRIFUGA 2-HP	311,344.84	1,245,379.36
00041	330905	5	PZA	BOMBA BOOSTER 2-HP 240V 1-PH	412,297.00	2,061,485.00
00042	340183	5	PZA	BOMBA BOOSTER 2HP	395,688.69	1,978,443.45
00043	340184	3	PZA	BOMBA BOOSTER MONTAJE VERTICAL 5HP	1,120,000.00	3,360,000.00

Pos.	Código	Cant.	UM	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
00044	330887	5	PZA	BOMBA CENTRIFUGA 5-HP 240V 1-PH	627,741.92	3,138,709.60
00045	331536	2	PZA	BOMBA CENTRIFUGA 10-HP MONOFASICA	991,278.70	1,982,557.40
00046	332304	1	PZA	BOMBA CENTRIFUGA 10-HP TRIFASICA	1,100,146.03	1,100,146.03
00047	331534	2	PZA	BOMBA BOOSTER MULTITETAPAS 5-HP VERTICAL	1,050,000.00	2,100,000.00
00048	340333	6	PZA	MOTOR AGITADOR 3/4-HP C/MREDUCTOR 1F	2,500,000.00	15,000,000.00
00049	340205	5	PZA	BOMBA DOSIFICADORA P/MEDICION DE PULSOS	721,871.51	3,609,357.55
00050	330475	2	PZA	SISTEMA HIDRONEUMATICO	461,041.53	922,083.06
00051	330636	5	PZA	BOMBA DOSIFICADORA HIPOCLORITO DE SODIO	730,691.34	3,653,456.70
00052	340327	2	PZA	BOMBA DOSIF.ELEC.HIPOC.SODIO 0@60L/dia	773,221.20	1,546,442.40
00053	340238	2	PZA	DOSIFICADOR CLORO GAS P/SOLUCION 4 Lb/d	813,865.55	1,627,731.10
00054	332618	1	PZA	MOTOBOMBA MULTITETAPA VERTIC 2L/s@113mca	1,454,492.54	1,454,492.54
00055	332619	1	PZA	MOTOBOMBA MULTITETAPA VERTIC 1L/s@205mca	1,642,932.22	1,642,932.22
00056	332622	3	PZA	MOTOBOMBA MULTITETAPA VERT 0,75L/s@78mca	938,969.05	2,816,907.15
00057	332621	1	PZA	MOTOBOMBA MULTITETAPA VERT 0,5L/s@106mca	938,969.05	938,969.05
00058	340313	1	PZA	MOTOBOMBA HORIZ.ME 1L/s@106mca,2-HP 3F	476,512.04	476,512.04
00059	332623	5	PZA	MOTOBOMBA HORIZ.ME 2L/s@64mca 2½-HP 1F	521,958.37	2,609,791.85
00060	332624	3	PZA	MOTOBOMBA HORIZ.ME 0,5L/s@64mca 3/4HP 1F	496,937.73	1,490,813.19
00061	332625	2	PZA	MOTOBOMBA HORIZONT 1L/s@64mca 2-HP 1F	496,937.73	993,875.46
TOTAL GENERAL:						198,506,512.14

Detalle de imputaciones:

Pos.	%	Centro Gestor	Pos. Finan.	Lugar Descarga	Receptor
00001	0.0	01030420	5.01.01.3		
00002	0.0	01030417	5.01.01.3		
00003	0.0	01030420	5.01.01.3		
00004	0.0	01030417	5.01.01.3		
00005	0.0	01030417	5.01.01.3		
00006	0.0	01030417	5.01.01.3		
00007	0.0	01030420	5.01.01.3		
00008	0.0	01030417	5.01.01.3		
00009	0.0	01030420	5.01.01.3		
00010	0.0	01030417	5.01.01.3		
00011	0.0	01030420	5.01.01.3		
00012	0.0	01030420	5.01.01.3		
00013	0.0	01030417	5.01.01.3		
00014	0.0	01030420	5.01.01.3		
00015	0.0	01030420	5.01.01.3		
00016	0.0	01030417	5.01.01.3		
00017	0.0	01030420	5.01.01.3		
00018	0.0	01030417	5.01.01.3		
00019	0.0	01030420	5.01.01.3		

Elaborado por: AVASQUEZ

Aprobado por: _____

Pág. 2/ 4

Anexo 3. Índices Salariales AyA



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DIRECCION GESTION DEL CAPITAL HUMANO
SEGUN : ACUERDO N°. 12603

UNIDAD EJECUTORA PAPS

COSTO DE VIDA I SEMESTRE 2020

Nivel Salarial Escala Adm. Pública	CLASES INSTITUCIONALES DEL AyA	CÓD. SEGÚN MANUAL	CLASE SERVICIO CIVIL	01/07/2019 Costo de Vida 3.750		01/01/2020 Costo de Vida €7.500 Anual		Diferencias Salariales	
				SAL. BASE	ANUAL	SAL. BASE	ANUAL	SAL. BASE	ANUAL
				N/A	GERENTE DE PROYECTO 1	02090	GERENTE GENERAL (NIVEL IV) STAP	2,348,711.00	0.00
774	DIRECTOR UNIDAD TÉCNICA	02080	GERENTE SERVICIO CIVIL 3	1,503,050.00	29,014.00	1,510,550.00	29,014.00	7,500.00	0.00
774	CONTRALOR UNIDAD EJECUTORA	02070	GERENTE SERVICIO CIVIL 3	1,503,050.00	29,014.00	1,510,550.00	29,014.00	7,500.00	0.00
737	INGENIERO COORDINADOR	02060	GERENTE SERVICIO CIVIL 2	1,317,250.00	25,409.00	1,324,750.00	25,409.00	7,500.00	0.00
707	INGENIERO EXPERTO	02050	GERENTE SERVICIO CIVIL 1	1,186,200.00	22,867.00	1,193,700.00	22,867.00	7,500.00	0.00
707	PROFESIONAL EXPERTO (PAPS)	02040	GERENTE SERVICIO CIVIL 1	1,186,200.00	22,867.00	1,193,700.00	22,867.00	7,500.00	0.00
653	EXPERTO (PAPS)	02092	PROFESIONAL JEFE SERVICIO CIVIL 3	968,950.00	18,652.00	976,450.00	18,652.00	7,500.00	0.00
635	EJECUTIVO ESPECIALISTA (PAPS)	02030	PROFESIONAL JEFE SERVICIO CIVIL 2	887,900.00	17,080.00	895,400.00	17,080.00	7,500.00	0.00
595	EJECUTIVO AVANZADO (PAPS)	02025	PROFESIONAL SERVICIO CIVIL 3	759,950.00	14,598.00	767,450.00	14,598.00	7,500.00	0.00
529	EJECUTIVO GENERAL B (PAPS)	01903	PROFESIONAL SERVICIO CIVIL 1-B	617,650.00	11,837.00	625,400.00	11,837.00	7,750.00	0.00
467	EJECUTIVO GENERAL A (PAPS)	02020	PROFESIONAL SERVICIO CIVIL 1-A	526,050.00	10,060.00	534,050.00	10,060.00	8,000.00	0.00
341	ASISTENTE DE ADMINISTRACIÓN (PAPS)	02000	TECNICO SERVICIO CIVIL 3	435,000.00	10,859.00	443,000.00	10,859.00	8,000.00	0.00
341	INSPECTOR DE OBRAS (PAPS)	02005	TECNICO SERVICIO CIVIL 3	435,000.00	10,859.00	443,000.00	10,859.00	8,000.00	0.00
341	DIBUJANTE (PAPS)	02007	TECNICO SERVICIO CIVIL 3	435,000.00	10,859.00	443,000.00	10,859.00	8,000.00	0.00



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DIRECCION GESTION DEL CAPITAL HUMANO
SEGUN : ACUERDO N°. 12603

PUESTOS VITALES

COSTO DE VIDA I SEMESTRE 2020

Nivel Salarial Escala Adm. Pública	CLASES INSTITUCIONALES DEL AyA	CÓD. SEGÚN MANUAL	CLASE SERVICIO CIVIL	01/07/2019 Costo de Vida 3.750		01/01/2020 Costo de Vida €7.500 Anual		Diferencias Salariales	
				SAL. BASE	ANUAL	SAL. BASE	ANUAL	SAL. BASE	ANUAL
				420	JEFE TÉCNICO SISTEMAS DE AGUA POTABLE	43101	No tiene Homologación	477,950.00	11,949.00
420	JEFE TÉCNICO SISTEMAS DE AGUA RESIDUALES	43102	No tiene Homologación	477,950.00	11,949.00	485,950.00	11,949.00	8,000.00	0.00
355	TÉCNICO ESPECIALISTA SISTEMAS DE AGUA POTABLE	43201	No tiene Homologación	438,350.00	10,944.00	446,350.00	10,944.00	8,000.00	0.00
355	TÉCNICO ESPECIALISTA SISTEMAS DE AGUA RESIDUALES	43202	No tiene Homologación	438,350.00	10,944.00	446,350.00	10,944.00	8,000.00	0.00
279	TÉCNICO SISTEMAS DE AGUA POTABLE	43301	No tiene Homologación	402,550.00	10,034.00	410,550.00	10,034.00	8,000.00	0.00
279	TÉCNICO SISTEMAS DE AGUA RESIDUALES	43302	No tiene Homologación	402,550.00	10,034.00	410,550.00	10,034.00	8,000.00	0.00

Anexo 4. Tarifas Eléctricas CNFL y JASEC

TARIFAS ELÉCTRICAS

Miércoles 1 de Julio se publicó en el Alcance N°162 de la Gaceta.

La Modificación Tarifaria que aplica a partir del día Miércoles de 1 de Julio del 2020.
(Tarifa Incluye Costo Variable de Generación (CVG))



Tarifa Residencial Horaria T-REH	
Consumo de 0 a 500 kWh	
Punta	¢175,86
Valle	¢72,08
Nocturno	¢30,17
Consumos mayores a 501 kWh	
Punta	¢217,45
Valle	87,77
Nocturno	¢40,62

Tarifa Residencial T-RE	
Bloque de 0-30 kWh Cargo Fijo	¢ 2.279,10
Bloque de 31-200 kWh cada kWh	¢ 75,97
Bloque de 201-300 kWh cada kWh	¢ 116,58
Bloque mayor a 300 kWh cada kWh adicional	¢ 120,52

Tarifa Acceso (T-A)	
Por cada kWh consumido	¢ 27,43

Tarifa Industrial T-IN	
Bloques de consumo	
Consumo menor o igual a 3.000 kWh cada kWh	¢128,39
Por Consumo de Energía	
Bloque de 0 – 3.000 kWh Cargo Fijo	¢231.870,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢77,29
Cargo por Potencia	
Bloque 0 – 8 kW Cargo Fijo	¢96.789,12
Bloque mayor a 8 kW cada kW	¢12.098,64

Tarifa Media Tensión TMT		
Consumo de energía por cada kWh		
	Máxima	Mínima
Energía Punta	¢65,49	¢63,32
Energía Valle	¢32,76	¢31,66
Energía Noche	¢23,58	¢22,79
Consumo de Potencia (kW)		
	Máxima	Mínima
Potencia Punta	¢11.484,28	¢11.102,99
Potencia Valle	¢8.171,42	¢7.900,13
Potencia Noche	¢5.187,38	¢5.015,16

Costo Variable de Generación para Alumbrado Público	
Por cada kWh consumido	¢3,48

Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS	
Consumo menor o igual a 3000 kWh cada kWh	86,46
Clientes con consumo de Energía	
Consumo de Energía kWh	
Bloque de 0-3000 kWh Cargo Fijo	¢149.370,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢49,79
Por consumos de potencia kW	
Bloque de 0-8 kW Cargo Fijo	¢64.480,72
Bloque mayor a 8 kW cada kW	¢8.060,09

Tarifa Media Tensión T-MTb		
Consumo de energía por cada kWh		
	Máxima	Mínima
Energía Punta	¢118,20	¢114,29
Energía Valle	¢40,61	¢39,26
Energía Noche	¢26,06	¢25,20
Consumo de Potencia (kW)		
	Máxima	Mínima
Potencia Punta	¢3.471,72	¢3.356,46
Potencia Valle	¢2.423,59	¢2.343,12
Potencia Noche	¢1.553,08	¢1.501,52

Costo Variable de Generación para Alumbrado Público (CVG)	
Por cada kWh consumido	¢0,00

Tarifa Promocional T-PRO	
Bloques de consumo	
Consumo menor o igual a 3.000 kWh cada kWh	¢128,39
Por Consumo de Energía	
Bloque de 0 – 3.000 kWh Cargo Fijo	¢231.870,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢77,29
Cargo por Potencia	
Bloque 0 – 8 kW Cargo Fijo	¢96.789,12
Bloque mayor a 8 kW cada kW	¢12.098,64

Tarifa Comercios y Servicios T-CO	
Bloques de consumo	
Consumo menor o igual a 3.000 kWh cada kWh	¢128,39
Por Consumo de Energía	
Bloque de 0 - 3.000 kWh Cargo Fijo	¢231.870,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢77,29
Cargo por Potencia	
Bloque 0 – 8 kW Cargo Fijo	¢96.789,12
Bloque mayor a 8 kW cada kW	¢12.098,64

Definición de periodos:

- Punta:** de 10:00 a 12:30 pm y de 17:30 a 20:00
- Valle:** De 6:01 a 10:00 y de 12:30 a 17:30
- Nocturno:** De 20:00 a 6:00

*Los precios anteriores no incluyen cargos tarifarios por costo variable de generación para alumbrado público (CVG), impuesto de ventas, ni importe de bomberos.

Consultas de Tarifas Eléctricas Vigentes por Empresa

Seleccione la(s) Empresas:



Seleccione la(s) tarifa deseada(s):

ALUMBRADO PÚBLICO	Tarifa de acceso
COMERCIOS Y SERVICIOS	Tarifa en centros de consumo
Industrial	VENTAS AL SERVIDOR
MEDIA TENSIÓN (T.M.)	
MEDIA TENSIÓN (T.M.)	
Preferencial	
Residencial	

Tipo Tarifa	Descripción Tarifa	Bloque	Promedio de Tarifa
T-CO	COMERCIOS Y SERVICIOS	e. Bloque mayor a 8 kW	9461,85
		d. Bloque 0-8 kW	75694,80
		c. Bloque mayor a 3000 kWh	60,49
		b. Bloque 0-3000 kWh	181470,00
		a. Consumo de Energía menor o...	101,21
T-CS	Preferencial	e. Bloque mayor a 8 kW	6358,90
		d. Bloque 0-8 kW	50871,20
		c. Bloque mayor a 3000 kWh	41,97
		b. Bloque 0-3000 kWh	125910,00
		a. Consumo de Energía menor o...	72,82
T-RE	Residencial	c. Bloque mayor a 200 kWh	87,63
		b. Bloque 31-200 kWh	71,60
		a. Bloque 0-30 kWh	2148,00

Seleccione el servicio público:

Distribución
