

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos electromecánicos instalados en las
Estaciones de Bombeo y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Independientes
pertenecientes al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, área de
Mantenimiento Civil y Electromecánico de la Dirección Recolección y Tratamiento de la Gran
Área Metropolitana.**

Estudiante: Ing. David Ortega Muñoz

Tutor: Ing. Carlos Calderón Borge

Sede: San José

Mayo, 2025

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN.....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
OBJETIVOS GENERALES.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
JUSTIFICACIÓN.....	19
ANTECEDENTES.....	20
INTERNACIONALES	20
NACIONALES	23
ALCANCE.....	27
LIMITACIONES.....	27
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	28
1. SITUACIÓN DEL SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA GAM.	28
1.1 <i>Introducción a las bases del proyecto.</i>	28
1.2 <i>Saneamiento</i>	30
1.3 <i>Alcantarillado Sanitario</i>	31
1.4 <i>El Pretratamiento</i>	32
1.5 <i>Área del Proyecto de las EBAR y PTAR Los Tajos.</i>	33
1.6 <i>Caudales de diseño</i>	34
2. ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	34
2.1 <i>Contaminación hídrica.</i>	35
2.2 <i>Tratamiento de Aguas Residuales</i>	36
2.3 <i>Sistemas de tratamiento de aguas residuales</i>	37
2.4 <i>El tanque séptico</i>	41
3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	43
3.1 <i>Materia orgánica:</i>	43
3.2 <i>El Nitrógeno, su relación en aguas residuales y afectación en equipos.</i>	44
4. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO.....	45
4.1 <i>Gestión del mantenimiento</i>	46
4.2 <i>Disponibilidad y confiabilidad en el mantenimiento</i>	46
4.3 <i>Evolución del mantenimiento</i>	49
4.4 <i>Mantenimiento Industrial.</i>	51
4.5 <i>Tipos de mantenimiento</i>	55
4.6 <i>Mantenimiento Correctivo</i>	55
4.7 <i>Mantenimiento Preventivo</i>	56
4.8 <i>Mantenimiento Predictivo</i>	56
4.9 <i>Mantenimiento Centrado en la confiabilidad.(RCM)</i>	57
5. ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA.....	63
5.1 <i>Bombeo de agua residual.</i>	63
5.2 <i>Equipamiento electromecánico habitual en una EBAR</i>	64
5.3 <i>Bombas Centrifugas</i>	65
5.4 <i>Bombas de achique.</i>	66
5.5 <i>Bombas sumergibles de aguas residuales.</i>	67

6.	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	68
6.1.	<i>Equipamiento electromecánico habitual en una PTAR.</i>	72
6.2.	<i>Sopladores de lóbulos rotativos.</i>	73
6.3.	<i>Sopladores de Paletas</i>	74
6.4.	<i>Aireadores sumergibles</i>	75
6.5.	<i>Equipos de bombeo habituales en PTAR.</i>	78
6.6.	<i>Tornillo Tamiz</i>	81
7.	ANÁLISIS DE FALLOS.....	82
7.1.	<i>Tiempo medio entre fallos y tiempo medio de reparación (MTBF Y MTTR)</i>	82
7.2.	<i>Análisis Causa – Raíz. (RCA)</i>	84
8.	DEFINICIONES SOBRE ANÁLISIS FINANCIERO.....	87
8.1.	<i>Finanzas públicas</i>	88
8.2.	<i>Ingreso público</i>	88
8.3.	<i>Gasto público</i>	88
8.4.	<i>Tasa Interna de Retorno. (TIR)</i>	89
8.5.	<i>Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno</i>	90
8.6.	<i>Tasa de descuento</i>	91
8.7.	<i>Valor actual neto (VAN)</i>	92
8.8.	<i>Ventajas e inconvenientes del VAN</i>	93
8.9.	<i>Costo Anual Equivalente</i>	93
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		97
CAPÍTULO IV: DESARROLLO.....		100
1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA, CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN DE LOS LUGARES DE ESTUDIO.....	100
2.	ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	102
3.	LABORES PREVENTIVAS Y PROGRAMADAS PARA LOS EQUIPOS.....	107
3.1	<i>Bombas Centrifugas Horizontales. (Motor externo):</i>	107
3.2	<i>Bombas Centrifugas Sumergibles. (Motor sumergible):</i>	109
3.3	<i>Bombas Centrifugas Sumergibles para Aguas Residuales. (De 1/2 HP a 1HP):</i>	110
3.4	<i>Sopladores de Lóbulos Rotativos. (Motor externo):</i>	111
3.5	<i>Sopladores Sumergibles. (Motor sumergible):</i>	113
3.6	<i>Soplador de Paletas. (Motor externo):</i>	113
3.7	<i>Tornillo Tamiz:</i>	114
3.8	<i>Motores eléctricos:</i>	115
4.	DEFINICIÓN DE REPUESTOS Y SERVICIOS REQUERIDOS PARA LOS EQUIPOS.....	115
4.1	<i>Bombas centrifugas horizontales.</i>	116
4.2	<i>Bombas Centrifugas Sumergibles.</i>	118
4.3	<i>Bombas Centrifugas Sumergibles para Aguas Residuales. (De 1/2 HP a 1HP)</i>	118
4.4	<i>Sopladores de Lóbulos Rotativos.</i>	118
4.5	<i>Sopladores Sumergibles.</i>	119
4.6	<i>Soplador de Paletas.</i>	122
4.7	<i>Tornillo Tamiz.</i>	122
5.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	122
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		127
	<i>Conclusiones</i>	127
	<i>Recomendaciones</i>	128
CAPÍTULO VI: PROPUESTA.....		130
	<i>Descripción</i>	130
	<i>Objetivo General</i>	130
	<i>Objetivos específicos</i>	130
	<i>Perspectiva Teórica</i>	131
	<i>Glosario de la propuesta</i>	131
	<i>Propuesta</i>	132
	<i>Rutas para el equipo técnico de la Dirección R y T.</i>	137
GLOSARIO		141
BIBLIOGRAFÍA		142

APENDICE.....	144
<i>Apéndice A. Catálogo de Soplador Sumergible TSURUMI.....</i>	<i>144</i>
<i>Apéndice B. Catálogo de Soplador de Paletas TOHIN.....</i>	<i>146</i>
<i>Apéndice C. Ficha Técnica bomba FORAS.....</i>	<i>147</i>
<i>Apéndice D. Catálogo Soplador Gardner Denver.....</i>	<i>148</i>
<i>Apéndice E. Catálogo Bomba Sumergible FEKA VS.....</i>	<i>150</i>
<i>Apéndice F. Catálogo Bomba Sumergible FLYGT.....</i>	<i>152</i>
<i>Apéndice G. Catálogo Bombas Centrifugas Gorman modelo T3A3-B.....</i>	<i>154</i>
<i>Apéndice H. Catálogo Bomba Centrifuga Gorman Rupp T3A3S-B.....</i>	<i>156</i>
<i>Apéndice I. Catálogo Bomba Centrifuga Gorman Rupp T3A65S-B.....</i>	<i>158</i>
<i>Apéndice J. Catálogo Bomba Centrifuga Gorman Rupp T4A3-B.....</i>	<i>160</i>
<i>Apéndice K. Catálogo Bomba Centrifuga Gorman Rupp U4B65S-B.....</i>	<i>162</i>
<i>Apéndice L. Catálogo de Tornillo Tamiz HUBER.....</i>	<i>164</i>
<i>Apéndice M. Catálogo Bomba Sumergible VAUGHAN.....</i>	<i>166</i>
<i>Apéndice N. Catálogo Bomba Sumergible GOULDS.....</i>	<i>168</i>
<i>Apéndice Ñ. Catálogo Bomba Sumergible SULZER.....</i>	<i>170</i>
<i>Apéndice O. Cotizaciones empresa ZEBOL.....</i>	<i>172</i>
<i>Apéndice P. Cotizaciones empresa ALSARA.....</i>	<i>176</i>
<i>Apéndice Q. Cotizaciones empresa AMINSA.....</i>	<i>178</i>
<i>Apéndice R. Cotizaciones empresa INNOVAGUA.....</i>	<i>180</i>
<i>Apéndice S. Sondeo de mercado realizado para los servicios y repuestos.....</i>	<i>181</i>
<i>Apéndice T. Rutina de mantenimiento para ROBUSHI ROBOX.....</i>	<i>185</i>

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1. Enfoque Cuantitativo. (Fuente propia)</i>	97
<i>Tabla 2. Ubicaciones y equipos de las EBAR. (Fuente propia)</i>	100
<i>Tabla 3. Ubicaciones equipos de bombeo y tornillo PTAR.</i>	101
<i>Tabla 4. Ubicaciones y equipos sopladores PTAR.</i>	102
<i>Tabla 5. Análisis de Criticidad e identificación de evaluación de riesgo.</i>	103
<i>Tabla 6. Análisis de Criticidad para las EBAR.</i>	104
<i>Tabla 7. Análisis de Criticidad para las PTAR.</i>	105
<i>Tabla 8. Tiempo fuera de servicio de las EBAR.</i>	106
<i>Tabla 9. Proveedores para los equipos.</i>	116
<i>Tabla 10. Repuestos para modelos de bombas Gorman Rupp.</i>	117
<i>Tabla 11. Precios en colones de mantenimientos y repuestos para los equipos electromecánicos de las EBAR y PTAR. (Fuente propia)</i>	123
<i>Tabla 12. Presupuesto de la Dirección R y T para servicios año 2025.</i>	125
<i>Tabla 13. Cálculo de CAUE. (Fuente propia)</i>	126
<i>Tabla 14. Interpretación porcentajes CAUE. (Fuente propia)</i>	126
<i>Tabla 15. Grupos de equipos y su nomenclatura técnica</i>	132
<i>Tabla 16. Códigos de actividades para el PMP</i>	133
<i>Tabla 17. Plan de Mantenimiento Preventivo.</i>	135
<i>Tabla 18. Sectores de visita semanal.</i>	137
<i>Tabla 19. Cantidad equipos PTAR y nomenclatura.</i>	138
<i>Tabla 20. Cantidad equipos EBAR y nomenclatura.</i>	139

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>https://www.nacion.com/opinion/editorial. Paso adelante en el tratamiento de aguas 2022</i>	30
<i>Diagnóstico Socioeconómico de Costa Rica, 2010</i>	32
<i>Diagrama de flujos de procesos en planta documentos brindados por ACCIONA AGUA Documentación Técnica (2016)</i> . 33	
<i>Área de proyecto EBAR y PTAR Los Tajos ACCIONA AGUA (2016)</i>	34
<i>Caudales de diseño Documentos PTAR Los Tajos ACCIONA AGUA (2016)</i>	34
<i>Cobertura de Alcantarillado Sanitario en Costa Rica, ProDUS (2010)</i>	39
<i>Principales fuentes de contaminación de acuíferos, Trejos, 2007</i>	42
<i>Fundamentos Diseño depuradoras, Lozano Rivas (2012, p. 27)</i>	43
<i>Fundamentos Diseño depuradoras, Lozano Rivas (2012, p. 29)</i>	44
<i>Formas en las que se encuentra el Nitrógeno en las aguas residuales. Claros Bedoya (2012, p.31)</i>	45
<i>Curva exponencial de confiabilidad (fractal.com)</i>	48
<i>Resumen de la evolución histórica del mantenimiento (Linares 2012, p.31)</i>	51
<i>Conceptos generales para Gestión de Mantenimiento. (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)</i>	53
<i>Objetivos del mantenimiento. (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)</i>	54
<i>Flujo del Mantenimiento Correctivo (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)</i>	55
<i>Flujo del Mantenimiento Preventivo (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)</i>	56
<i>Bomba Centrífuga. (Canal de Gestión Isabel II, 2016)</i>	65
<i>Tomada de https://gargil.es</i>	66
<i>Tomada de https://gargil.es</i>	67
<i>Gardnerdenver.com. (2024)</i>	73
<i>Soplador de Paletas. (www.tohin.com 2019)</i>	75
<i>Aireador sumergible. (www.BOSSTECH.com 2024)</i>	77
<i>Bomba de sumidero. TELWESA.com (2024)</i>	80
<i>Tornillo tamiz para aguas residuales. (synertech.com 2024)</i>	81
<i>Esquema del análisis causa – raíz (Alfaro Blanco, 2014)</i>	84
<i>Economipedia.com. (2022)</i>	90
<i>Estructura de trabajo. (Fuente propia)</i>	99
<i>Porcentajes Criticidad Alta tanto en EBAR como PTAR. (Fuente propia)</i>	106
<i>Labor programada alineamiento. (INSTALLATION, OPERATION, AND MAINTENANCE MANUAL)</i>	108
<i>Lista de partes TSURUMI PUMP MODEL 22-BER5</i>	121
<i>Mapa de la GAM y su población. (www.crhoy.com)</i>	138

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su gran esfuerzo realizado por mi persona en el transcurso de todos estos años, dándome las herramientas necesarias para con perseverancia y paciencia lograr mi éxito.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todos los profesores y profesionales que estuvieron presentes a lo largo de mi carrera académica y laboral, por su aporte y tutoría.

También agradezco a mi familia en general, inclusive aquella que escogemos en el transcurso de la vida, por todo el apoyo incondicional y ayuda recibida a lo largo de estos años, siendo ellos un pilar importante en mi vida y fuente de motivación para seguir esforzándome y perseverando en el futuro.

Finalmente, y no menos importante, agradezco a Dios Padre, por darme fortaleza, salud y el don de la vida para poder concluir esta etapa y muchas más que vendrán adelante.

RESUMEN

Actualmente, muchas de las personas a nivel mundial no cuentan con el acceso a el saneamiento básico de sus aguas residuales, que son aquellas aguas de desecho que contienen una gran cantidad de sustancias contaminantes y que han sido empleadas en alguna actividad humana ya sea doméstica, industrial, pecuaria, agrícola o recreativa, las cuales deben ser tratadas por un tanque séptico correctamente instalado o vertidas en una planta de tratamiento para su debido proceso. Es importante valorar que existen millones de personas que carecen de abastecimiento de agua potable en el planeta para su uso regular, por ende, también carecen de un sistema de saneamiento adecuado para las heces y orina.

Cabe decir que es de suma importancia el trabajo que realiza una Planta de Tratamiento (PTAR) y una Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR), y los equipos que se involucran en estos procesos de saneamiento como son bombas sumergibles y bombas horizontales externas dentro de las EBAR, que cumplen la función de trasegar las aguas residuales hacia las PTAR, que estas a su vez cuentan con sopladores externos de lóbulos rotativos o aireadores sumergibles para lograr realizar la aireación en el reactor biológico, bombas de achique o sumidero de aguas residuales para la recirculación de lodos, agua tratada o lixiviados dentro de las PTAR Independientes, los cuales son el corazón de los sistemas de tratamiento y sin su funcionalidad no se podrían tratar estas aguas de manera correcta. Su importancia es aún mayor en un lugar como lo es la Gran Área Metropolitana (GAM) de nuestro país, donde la población ha aumentado exponencialmente en el transcurso de los años, trayendo consigo una gran cantidad de desechos y aguas residuales, que muchas veces y por falta de la infraestructura necesaria, estas aguas son vertidas a los ríos sin el tratamiento debido.

La creciente disponibilidad de datos o tecnología para los equipos está cambiando la forma en que se toman las decisiones en las diferentes industrias, tales como la programación, gestión de mantenimiento y la mejora de la calidad o disponibilidad de equipos, donde su utilización puede llegar a cuantificar la eficacia, eficiencia y la adaptabilidad de las acciones que proporcionan una base de información general para la toma de decisiones.

Una estrategia de mantenimiento a largo plazo implica varios componentes clave para la planificación y presupuesto adecuados. El mantenimiento es un factor clave para la competitividad, ya que participa activamente en la consecución de los objetivos de productividad y calidad dentro de cualquier entidad, ya sea gubernamental o privada. Es necesario gestionar el mantenimiento,

dirigir con prácticas que permitan pensar que se tiene el control de los planteles y sus equipos, y que no es la propia EBAR o PTAR la que impone los resultados, sino que estos lugares se ajustan a unos valores previamente definidos por el departamento de mantenimiento electromecánico.

Los fallos pueden ocurrir en cualquier diseño o proceso en general, la solución rápida puede ser una solución temporal, sin embargo, no protege los procesos de saneamiento de errores recurrentes. Es por eso por lo que el departamento de mantenimiento electromecánico de la Dirección de Recolección y Tratamiento (R y T) necesita enfocarse en encontrar la causa raíz y abordarla adecuadamente.

Finalmente, el propósito de este documento es demostrar objetivamente que, un enfoque centrado en la predicción de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad ayudará a detectar repuestos, equipos y sistemas que requieren mejoras, ayudando a los encargados de mantenimiento en la toma de decisiones correctas a la hora de analizar los sistemas. Para poder mejorar el continuo funcionamiento de los procesos de una planta de tratamiento y el trasiego de las aguas residuales a las diferentes PTAR Independientes de la Dirección, mediante las EBAR, es necesario tener e implementar eventualmente un Plan de Mantenimiento Preventivo, (PMP) para así poder mantener los equipos electromecánicos en buen estado, dando continuidad al servicio de saneamiento de las aguas residuales lo máximo posible, ya que siempre van a existir imprevistos correctivos por realizar, para lograr verter la mayor cantidad de estas aguas ya tratadas, a muchas de las cuencas de la GAM cumpliendo con la ley de vertido vigente en el país.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, a nivel país se no cuenta con el tratamiento suficiente para las aguas residuales producidas en los hogares e industrias, siendo esta una de las causas principales por la cual los ríos se ven tan contaminados en las áreas de mayor población, es por este motivo y para subsanar un poco la problemática, que el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados tiene una Dirección de Recolección y Tratamiento de aguas Residuales dentro de la GAM, encargada de trasegar y tratar muchas de las aguas residuales producidas en parte del área metropolitana. Actualmente la Dirección cuenta con 11 EBAR y 10 PTAR distribuidas en la Gran Área Metropolitana que son supervisadas y administradas por esta, siendo de suma importancia darle la continuidad al servicio, ya que faltar a este puede representar un problema Institucional ante la conservación ambiental por el riesgo de contaminación, ante terceros como el Ministerio de Salud (MS) y Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), por la falta del cumplimiento al Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales N°33601.

Al no contar con un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electromecánicos instalados, estos se encuentran en mal estado por el paso del tiempo y falta de atención, concurriendo en constantes fallas y salidas de operación. ¿Qué tan importante va a ser la realización de un plan de mantenimiento para asegurar la continuidad del servicio de tratamiento de aguas residuales dentro del territorio de la GAM?

OBJETIVOS GENERALES

- Realizar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electromecánicos instalados en las Estaciones de Bombeo y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Dirección de Recolección y Tratamiento de la GAM perteneciente al Instituto Costarricense de AyA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los diferentes equipos electromecánicos y sus características técnicas para así poder realizar un análisis de criticidad en cada EBAR y PTAR de la Dirección de Recolección y Tratamiento de la GAM.
- Establecer las labores preventivas necesarias según los manuales de operación y mantenimiento para mantener la operatividad de los equipos electromecánicos presentes en las EBAR y PTAR.
- Definir los repuestos o servicios requeridos y que estén fuera del alcance de la Dirección de R y T para mantener operativos los equipos electromecánicos instalados en las EBAR y PTAR, logrando suplir las necesidades y mejorando la continuidad del servicio.
- Proveer de un plan de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos inspeccionados por el departamento de mantenimiento electromecánico de la Dirección de Recolección y Tratamiento de la GAM presentes en las EBAR y las PTAR.
- Determinar la viabilidad económica del Plan de Mantenimiento Preventivo.

JUSTIFICACIÓN

La Dirección de Recolección y Tratamiento de la GAM y su departamento de mantenimiento electromecánico, actualmente cuenta con 10 Plantas de Tratamiento y 11 Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales, por tratarse de sistemas específicos y propios de aguas residuales en operación, la dirección debe velar por la adecuada operación y mantenimiento de la maquinaria y equipos presentes, para conservar y extender su vida útil en las diferentes áreas de los sistemas de saneamiento indicados anteriormente y que se encuentran en diversas parte de la GAM.

Es conveniente pensar en la implementación del PMP ya que actualmente los sistemas concurren en fallos y salidas de operación provocando el consumo de grandes cantidades de horas hombre involucrados en mantenimientos correctivos e insumos económicos realizados mediante cajas chicas, las cuales requieren de ciertos requisitos administrativos que son complejos y toman de tiempo. Ejecutando un plan de manera continua y correcta, puede llegar a alivianar esta carga para que así todos los sistemas de saneamiento se fortalezcan y mantengan por el departamento de mantenimiento electromecánico de la Dirección, colaborando con el tratamiento y trasiego de estas aguas, las cuales, de no ser así, irían directamente a ser depositadas en los ríos de nuestro país sin tener el tratamiento que corresponde, produciendo un impacto negativo en el ambiente y la sociedad, además de implicar sanciones para la Institución por faltas a los entes reguladores del país, como lo son el Ministerio de Salud (MS) y el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

A la hora de desarrollar este proyecto, se espera llenar los vacíos de conocimiento existentes en mi persona, relacionados con la realización de un correcto y efectivo plan de mantenimiento, además en si se llega a implementar, lograr reconocer lo que se requiere en temas económicos y mano de obra.

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Título: Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento Preventivo.

Autor: Francisco Rey Sacristán.

Año: 2014.

Institución: Técnica Industrial, Valladolid, España.

Esta investigación colaboró a cómo determinar las tareas que se deben incluir en los equipos identificados en un proceso de mantenimiento preventivo dentro de las industrias. Además, en esta investigación se logra identificar el objetivo de las tareas de mantenimiento preventivo que se van a aplicar sobre los componentes de un determinado sistema de producción, el cual es “mantener la funcionalidad” de dicho sistema.

Se logra conocer como en un plan de mantenimiento preventivo óptimo se nos presentan ciertos límites como son los costos y mano de obra técnica, con los cuales no se logra mejorar la fiabilidad en general, aún más si se considera la posibilidad de realizar modificaciones sobre los sistemas.

Título: Gestión de conservación en Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales. Aplicación de la confiabilidad en el mantenimiento.

Autor: Claudia Alvarado Briones.

Año: 2021.

Institución: Universidad Politécnica de Madrid, España.

El propósito y cómo se relaciona este documento con el trabajo de investigación por realizar es que se demuestra objetivamente que, un enfoque centrado en la predicción de confiabilidad, y mantenibilidad ayudará a detectar repuestos y equipos que requieran mejoras, ayudando a los encargados del mantenimiento a tomar la decisión correcta a la hora de analizar un sistema de saneamiento.

El objetivo principal de este proyecto y por lo cual se toma como referencia es que, gracias a la aplicación de la metodología Causa Raíz, se logran determinar cuáles son los problemas más importantes en la gestión del mantenimiento de las estaciones de bombeo de agua residual, y cómo se pueden llegar a solucionar.

Título: Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L y L.

Autores: Camilo Ernesto Buelvas Díaz y Kevin Jair Martínez Figueroa.

Año: 2014.

Institución: Universidad Autónoma del Caribe, Facultad de Ingenierías, Barranquilla, Colombia.

Este trabajo de elaboración de un plan de mantenimiento preventivo logro hablar y dar a conocer algunos de los pasos que son utilizados para dar el correcto mantenimiento en maquinaria pesada. Este trabajo está enfocado en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para dar finalidad a la problemática existente en los equipos y poder atender estos antes de que salgan de operación.

Se logra ver en esta tesis también, como la aplicación de un mantenimiento preventivo puede representar altos costos para la empresa, más sin embargo puede llegar a tener un impacto financiero positivo a futuro, ya que manteniendo la maquinaria se evitan paros correctivos sin programación y altos costos en reparación.

Título: Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS

Autores: María Gabriela Mago Ramos y Sebastián Rocha Pachón.

Año: 2021.

Institución: Escuela de postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Colombia.

Con este proyecto de investigación realizado en Colombia, se logra visualizar el diseño y la implementación del plan de mantenimiento preventivo en pequeñas industrias que empezaron en forma de proyectos familiares o de manera artesanal, las cuales no tuvieron la posibilidad de adoptar una estrategia de mantenimiento como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

(RCM) visto en esta tesis, el cual permite identificar los equipos más críticos, mediante un análisis de criticidad, para el proceso y adoptar estrategias a fin de posibilitar la eliminación de la ocurrencia de fallas. La metodología empleada en esta investigación, que fue aprendida por el autor en los cursos de Mantenimiento del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Libre, permitió comprender formatos que facilitaron el manejo de los equipos y la visualización de la información, así como otros documentos para el seguimiento y control de las actividades relacionadas con cada activo.

Título: Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Autor: William Antonio Lozano Rivas.

Año: 2012.

Institución: Universidad Piloto de Colombia. Colombia

Esta investigación colaboro a conceptualizar aún más los procesos e importancias de una planta de tratamiento de aguas residuales desde el punto de vista de diseño del autor, donde los caudales totales de ingreso son las bases para generar su parte final del diseño, además de conocer a fondo el proceso primario de una planta de tratamiento, el cual es el que actualmente se aplica en las PTAR Independientes de la GAM.

Se logra reconocer la importancia de los equipos de aireación en el proceso de tratamiento del agua residual, los procesos biológicos creados en el reactor, para que gracias a los mismos el agua tratada tenga una cualidad y parámetros aceptables para su vertido en los cauces de los ríos, siendo este un dato brindado por la institución rectora autorizada de nuestro país.

Título: Análisis de la implementación de gestión de mantenimiento preventivo en grupos electrógenos en las empresas industriales”: una revisión sistemática.

Autores: Manrique. Grover Asís y Farinango Wilder Coronel

Año: 2020

Institución: Universidad Privada del Norte, Lima Perú.

El análisis realizado por el autor es el resultado de la revisión sistemática, que tiene como objetivo conocer el impacto que genera la implementación de gestión de mantenimiento preventivo de Grupos Electrógenos en las empresas industriales en Perú e Hispanoamérica entre los años 2008

y 2018. Este análisis sirve como referencia para la eventual implementación de un plan de mantenimiento y que tan importante puede llegar a ser para los equipamientos utilizados en las diferentes industrias sin importar su propósito.

Además, en la investigación se realiza un análisis del impacto que ocasiona la implementación de gestión de mantenimiento preventivo en Grupos Electrónicos en las empresas industriales accediendo al impacto en la disponibilidad, y confiabilidad de los grupos electrónicos en los últimos 10 años, por lo tanto, la reducción de los costos de mantenibilidad que tiene el sistema de mantenimiento preventivo es positivo en las organizaciones.

NACIONALES

Título: Diseño de un modelo operativo para la implementación del Mantenimiento centrado en confiabilidad en la UENGRM.

Autores: Eleonora Gutiérrez Ramírez y Adriana Lizano Fernández.

Año: 2005.

Institución: Universidad de Costa Rica.

En esta investigación realizada por estudiante de la Universidad de Costa Rica, se plantea como se puede aumentar la efectividad de la gestión del mantenimiento que brinda la unidad de negocios de gestión de redes y mantenimiento en el área de telecomunicaciones del Instituto Costarricense de Electricidad, mediante el diseño de un modelo general de administración de mantenimiento centrado en la confiabilidad para dicha unidad, y así poder aumentar la efectividad en sus funciones.

Lo expuesto en el proyecto con respecto al mantenimiento, la autora propone una estrategia para la implementación de un modelo general de mantenimiento centrado en la confiabilidad, aspectos importantes para el desarrollo de esta tesis. Se realizan preguntas como cuál es el estado actual de la gestión de mantenimiento, los factores que influyen y cuáles son las etapas necesarias para plantear un mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Título: Programa de mantenimiento preventivo para las bombas telescópicas de concreto en CEMEX.

Autor: Freddy Villalobos Gonzáles

Año: 2004

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

A la hora de investigar esta tesis, se notó que en el lugar del proyecto no se contaba con un Plan de mantenimiento Preventivo para los equipos presentes (Camiones mezcladores, bombas de concreto), por lo que se relaciona en esta tesis a realizarse en la Dirección de Recolección y Tratamiento, ya que actualmente en el área estudiada del proyecto, no se cuenta con un plan.

El autor pretende innovar en la gestión del departamento de mantenimiento, con el concepto y aplicación de mantenimiento preventivo para los equipos antes mencionados, reduciendo futuras fallas, aumentar la eficiencia y coordinación del departamento para lograr y mantener los equipos con un alto porcentaje de disponibilidad, además de aumentarles la vida útil. Es importante recalcar que el autor también analiza la gestión de costos que se puedan dar eventualmente con la aplicación del Mantenimiento Preventivo.

Título: Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para el departamento de Ingeniería del hotel San José Costa Rica Marriott.

Autor: Harold Yamil Monge Martínez.

Año: 2017.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El proyecto realizado por Harold Monge surge como una respuesta ante la búsqueda constante de mejora. Es por esto por lo que el autor busca solventar las necesidades que se presentan en el mantenimiento de los equipos e instalaciones del hotel. El autor realiza un diagnóstico de la situación actual del mantenimiento, basado en la norma Covenin 2500-93. Una vez identifica los puntos débiles, realiza un análisis de criticidad, con el fin de identificar los equipos más significativos para la operación, punto importante para la realización de este proyecto de tesis.

Hecho esto el autor realiza un análisis de los equipos logrando identificar que ocasiona las fallas. El autor realiza un análisis exhaustivo y minucioso de los equipos con el fin de solventar sus necesidades y llevarlos a un contexto operacional más adecuado.

También, el autor diseña un Cuadro de mando integral, con el fin de monitorear el avance en las propuestas realizadas en aspectos operativos que no estaban cubiertos tales como

disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. El autor calcula los costos en los que incurriría el departamento si el modelo de gestión fuera implementado, como se piensa realizar en este proyecto de tesis y también, finalmente, se discuten algunas de las medidas necesarias para su inmediata implementación.

Título: Diseño de una planta de Lodos Aerobios Granulares para el tratamiento de las aguas residuales de la urbanización André Challé, Trinidad de Moravia, Costa Rica.

Autor: María Jesús Peralta Brenes.

Año: 2022.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En este trabajo de investigación, se logra evidenciar como en Costa Rica se han realizado grandes avances en saneamiento, sin embargo, aún se cuenta con muchas oportunidades para mejorar la severidad de la legislación en el tema y el tipo de tecnologías utilizadas, así como reducir la cantidad de aguas residuales vertidas a los ríos sin tratamiento, tema que es de suma importancia en la realización de mi trabajo de investigación.

Además, se logran identificar a escala mundial como nacional, los desafíos en mejorar el saneamiento, que surgen de la preocupación por proteger la salud pública y preservar los ecosistemas naturales. En esta investigación se reconoce que cada país ha desarrollado una legislación al respecto y como en el caso de Costa Rica, que existe el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales (RVRAR), que aplica para las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) Independientes pertenecientes a la Dirección de Recolección y Tratamiento, las cuales constituyen un 8% de los tipos de disposición de aguas residuales ordinarias aplicados en el país y que nos ayudará a entender la importancia de darle una continuidad operativa a los sistemas de saneamiento. Cabe recalcar que la planta a la cual se le realiza este trabajo de investigación es una de las plantas, de las cuales se les aplicará el plan de mantenimiento preventivo de sus equipos.

Título: Situación de Potabilización y Saneamiento en Costa Rica.

Autor: Ana Lorena Arias Zúñiga.

Año: 2010

Institución: Estado de la Nación, Costa Rica.

Este documento menciona los aspectos fundamentales de lo actuado en el país en los últimos años en materia de agua potable y aguas residuales. Se hace particular énfasis en el servicio de acueductos y alcantarillados por lo que sirve de referencia para el proyecto a realizar y entender un poco más la situación de las aguas residuales a nivel país. En ese año se mencionan también las opciones de tratamiento de aguas residuales disponibles.

Además, se logran ver características de las aguas residuales y como los esfuerzos por tratarlas no han sido suficientes. El servicio de alcantarillado en ese entonces seguía siendo deficiente y la cantidad de plantas de tratamiento en funcionamiento era inferior a 3,5%. El autor comenta que se sigue utilizando el tanque séptico como primera opción en el tratamiento de efluentes domiciliarios, con el riesgo de contaminación de acuíferos.

El autor indica que para resolver el problema es necesario poner a funcionar de manera correcta las plantas de tratamiento de aguas residuales, cumpliendo con el reglamento de vertido y reúso de aguas residuales, tema importante para la realización de mi proyecto, ya que la idea es darle la mayor continuidad al servicio de saneamiento.

Título: Guía Práctica sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Costa Rica

Autor: Valeria Marín Valdepeñeras

Año: 2024

Institución: Universidad de Costa Rica.

En esta guía se logra conocer a fondo el tratamiento primario utilizado en las plantas Independientes, el cual tiene como objetivo reducir los sólidos en suspensión, mediante sistemas físicos, como la sedimentación, o mediante procesos químicos como la floculación o coagulación. En este documento se deja claro que todas las PTAR son diferentes y están configuradas de forma distinta. Es por esa razón que el autor describe diferentes estructuras que ayudan al tratamiento de las aguas residuales antes de ser procesadas por métodos biológicos dentro de un tratamiento secundario.

En la guía se logran conocer mediante secciones bien clasificadas, los elementos, equipos y procesos biológicos que usualmente se llevan a cabo en cada parte de la PTAR, información importante y relevante dentro de la investigación a realizar, ya que se profundiza el entendimiento de los procesos y por qué los equipos son importantes de mantener en el mejor estado y en operatividad continua.

ALCANCE

Uno de los alcances de este proyecto es el poder identificar los servicios y repuestos necesarios para los equipos electromecánicos instalados en las EBAR y PTAR de la Dirección de Recolección y Tratamiento de la GAM, además de realizar un plan de mantenimiento preventivo para estos.

Cabe recalcar que se encuentra dentro del alcance realizar un estudio financiero tomando como base datos brindados mediante cotizaciones realizadas por contratistas, análisis de fallos y horas hombre dedicadas a la problemática producida actualmente por la falta de un plan de mantenimiento en la dirección R y T.

LIMITACIONES

Una de las limitantes presentes en este proyecto, es el eventual incremento o adquisición en los equipos presentes en las estaciones de bombeo y plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales pueden cambiar en sus características, con respecto a las de los equipos actuales, por ende, cambiando los procedimientos o repuestos a utilizar.

Otra limitante, a la hora de identificar los servicios o repuestos necesarios, se deben realizar cotizaciones únicamente a empresas o instituciones pertenecientes al Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP) y que cumplan con los requisitos del eventual cartel realizado por el personal técnico del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1. Situación del saneamiento de las aguas residuales en la GAM.

1.1 Introducción a las bases del proyecto.

El trasiego y pretratamiento de aguas residuales con sus equipos electromecánicos son aspectos que se irán estudiando y relacionando poco a poco en este marco teórico para tener la información suficiente y justificada para lograr el desarrollo final del proyecto.

De acuerdo con La Nación (2022) en su página web con información recopilada con personal PAPS (Programa de Agua Potable y Saneamiento) de Acueductos y Alcantarillados se pueden comentar aspectos de historia del proyecto de mejoramiento ambiental del Área Metropolitana de San José, información actualizada a la fecha y que es relevante ya que muchas de las EBAR que se verán en esta investigación, fueron realizadas y algunas habilitadas para este proyecto:

Acueductos y Alcantarillados mediante la aprobación de la ley 8559 inicia la implementación del Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José a través de un préstamo con el Banco Japonés para la Cooperación Internacional (JBIC) y es partir de marzo de 2007 que se consolida la Unidad Ejecutora AyA-JBIC con un equipo profesional, y así atender el problema de saneamiento urbano en el Área Metropolitana de San José. En la actualidad solamente el 45% de la población de esta área (700 mil habitantes) tiene acceso al sistema de alcantarillado sanitario, por lo que con la rehabilitación y extensión de este y la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, se lograra que el beneficio se amplié a un 65%, es decir 1.070.000 habitantes, de manera que a nivel nacional las aguas de alcantarillado sanitario sin tratamiento disminuiría de un 20,1% a un 0,5%, y por el contrario las aguas residuales con tratamiento por medio de una planta pasara de un 4,5% a un 26,8%. Actualmente AyA de manera permanente trabaja en el mejoramiento de tuberías, colectores y redes, a fin de reducir la contaminación, mejorar al ambiente y las condiciones de salud de las comunidades.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Tajos, ubicada en La Uruca, impide el desecho diario de diez toneladas de materia fecal, grasas y aguas jabonosas en los ríos donde van a parar aguas residuales de San José, Curridabat, Tibás, Goicoechea, Montes de Oca y Moravia.

La planta procesa unos 56 millones de litros de agua al día, pero el proyecto de interconexión de tuberías está pensado para dar servicio a más de 1.070.000 habitantes de 11 cantones, y está a tres cuartas partes de su ejecución total.

El freno, como suele ocurrir en el desarrollo de obras públicas, se relaciona con la falta de consideración de los imprevistos. El costo total pasó de \$250 millones a \$600 millones, y al final el proyecto estuvo a punto de la parálisis por \$140 millones.

No obstante, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) actualizó el presupuesto general y ahora estima el costo final en \$506 millones.

Un préstamo tramitado con el Banco Nacional para responder al supuesto faltante de \$140 millones será utilizado para obras relacionadas, pero todavía no licitadas, dice Gabriel Naranjo, subgerente del proyecto. La conclusión del trabajo está prevista para el 2024.

“El avance general de todo el proyecto supera el 76% y ahora los trabajos se centran en la instalación de las tuberías principales y nuevas conexiones en sitios donde no existía red de alcantarillado sanitario, así como recuperación de tuberías existentes para conectar con Los Tajos”, añadió.

La planta de tratamiento está lista, desde hace años, para recibir las aguas residuales consideradas en el plan inicial. También están en su lugar buena parte de las tuberías necesarias. Sin embargo, Los Tajos operó durante años al 16% de capacidad.

La planta fue construida con apoyo financiero de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y su inoperancia constituía un desperdicio de valiosa cooperación internacional.

La parálisis del proyecto no ocurrió al grado temido hace apenas un año, cuando la presidencia del AyA informó del faltante de fondos y, pese a los retrasos, los encargados tienen confianza en la posibilidad de concluirlo en la nueva fecha fijada.

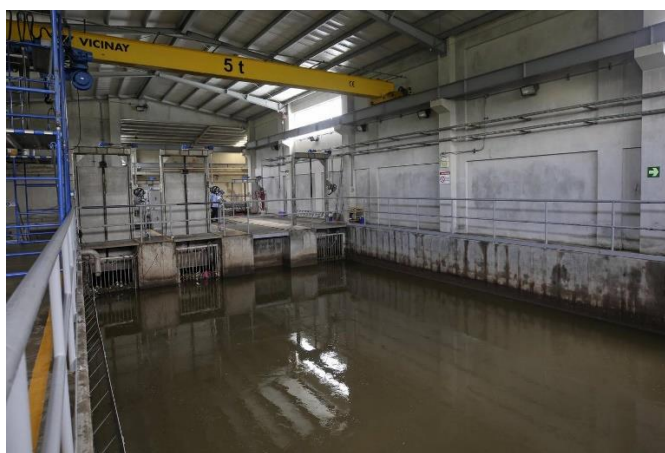
Es una muy buena noticia, no solo por la urgencia de tratar la mayor cantidad posible de aguas residuales, sino también por los previsibles daños a la infraestructura no utilizada y el encarecimiento todavía mayor de las obras, cuyo costo será de todas formas el doble de lo presupuestado al principio.

Los Tajos y la infraestructura necesaria para alimentar la planta son tan solo un primer paso para solucionar uno de los retos ambientales más apremiantes del país.

Los 361 kilómetros de tuberías, redes secundarias, colectores y redes de aguas negras salvarán de una parte de la contaminación a los ríos de la Gran Área Metropolitana, cuyos caudales contribuyen a crear una de las cuencas más contaminadas de Centroamérica: la del río Tárcoles.

Esa cuenca hidrográfica abarca 2.121 kilómetros cuadrados. La conclusión de las obras de recolección y tratamiento no resolverá el problema, pero será un significativo avance. Contribuirá, además, a recuperar los ríos de la capital y, con ellos, un elemento significativo para la calidad de vida en la ciudad.

La planta Los Tajos es un progreso trascendental. Falta mucho por hacer y ojalá las lecciones aprendidas en la ejecución del proyecto sirvan para agilizar otros en el porvenir. Imprevistos como las diferencias en los tipos de pavimentos y grosores del asfalto, conexiones ilegales, piedras y tanques sépticos bajo la vía pública no deben representar peligro para instalaciones futuras. Ahora son factores conocidos y es posible anticiparse. (<https://www.nacion.com>)



[https://www.nacion.com/opinion/editorial.Paso adelante en el tratamiento de aguas 2022](https://www.nacion.com/opinion/editorial.Paso%20adelante%20en%20el%20tratamiento%20de%20aguas%202022)

De acuerdo con ACCIONA AGUA Documentación Técnica (2016) en su descripción de procesos e intercambio tecnológico para personal AyA, y también aplicable para las PTAR Independientes evaluadas en esta investigación, que va a ser un elemento de importancia para la evaluación del rigor metodológico son los siguientes conceptos:

1.2. Saneamiento

Como parte de las actividades de saneamiento se tienen dos componentes, el alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales:

Las redes de alcantarillado sanitario: las cuales están destinadas a recolectar las aguas residuales de las viviendas, evitando de esta forma los problemas sanitarios y ambientales que provocan los sistemas de disposición individual (tanque séptico + infiltración) ubicados en terrenos de baja o nula infiltración, sectores con densidades mayores a 70

habitantes por hectárea, cerca de acuíferos superficiales, etc.; o bien las descargas directas a los ríos y quebradas.

Las obras de tratamiento de las aguas residuales: las cuales están destinadas a eliminar la materia en suspensión y los flotantes, el tratamiento de la materia orgánica biodegradable, y la eliminación de los organismos patógenos, principalmente.

1.3. Alcantarillado Sanitario

Conforme fue aumentando el tamaño de la ciudad, se requería un mejor manejo de las aguas residuales, por lo que se construyó en Costa Rica una red de alcantarillado. Este tuvo la primera etapa en la década de 1930 y consistía en dos colectores principales, uno ubicado en la parte sur de San José (María Aguilar) y el otro en el sector norte (Torres). Ambos colectores terminaban en plantas de tratamiento, una en Sagrada Familia y la otra en La Pitahaya. En la actualidad estas plantas están fuera de funcionamiento y abandonadas. En las décadas de los setentas y ochentas se construyeron dos colectores adicionales el Rivera y el Tiribí, cubriendo de esta forma al 60% de la población de servicio, el resto de la población cuenta con tanque séptico u otro tipo de disposición final de desechos. Hay sectores en los que el alcantarillado está completamente destruido, existen problemas con pozos de registro en mal estado, invasión de servidumbres, puentes de conexión destruidos e interconexiones de pluvial y residual, además de todo esto se carece de un adecuado tratamiento de aguas negras. Todo el caudal generado es descargado en los puntos finales de los colectores, de donde luego es transportado por varios afluentes hasta el río Grande de Tárcos para desembocar en el golfo de Nicoya. A esto se debe añadir que el alcantarillado sanitario funciona como alcantarillado mixto; es decir recibe aguas de escurrimiento superficial y aguas residuales. El aporte de aguas pluviales genera sobrecarga hidráulica en el sistema de recolección de aguas, por lo que se observan con frecuencia desbordes de aguas residuales en las calles y pozos de registro (Oráis, 2002).

Situación de Potabilización y Saneamiento en Costa Rica

Según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, la variación entre la forma en que se disponen los desechos varía de acuerdo con la siguiente tabla:

Cuadro 5: Disposición de aguas residuales del servicio sanitario (2010)

Región	Central		Chorotega		Pacífico		Brunca		Huetar		Huetar		TOTAL	
Categorías	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Alcantarillado	278,974	36	5,822	6.3	11,219	18	3,226	3.6	12,330	9.7	1,332	2	312,903	25.6
Tanque Séptico	492,219	63	74,157	80	51,239	80	80,810	91	105,907	83	60,583	92	864,915	70.9
Letrina	5,646	0.7	12,034	13	1,276	2	4,780	5.4	8,263	6.5	4,170	6.3	36,169	3.0
Otro Sistema	2,273	0.3	104	0.1					528	0.4			2,905	0.2
No tiene	1,681	0.2	364	0.4	268	0.4	427	0.5	749	0.6	159	0.2	3,648	0.3
Total	780,793	100	92,481	100	64,002	100	89,243	100	127,777	100	66,244	100	1,220,540	100

Diagnóstico Socioeconómico de Costa Rica, 2010

1.4. El Pretratamiento

Es el primer proceso al que se somete el agua residual a la entrada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Tajos. (PTAR)

El colector de llegada a la planta desemboca en el pozo de gruesos, al cual llega a su vez la red de vaciados, reboses y escurridos de diferentes equipos de la planta desde el depósito intermedio de vaciados.

El agua residual llega a la planta a través del colector de captación en el cual se encuentra instalado un (1) caudalímetro por ultrasonidos en tubería para indicación del caudal que llega al tratamiento. En la obra de llegada existen dos compuertas que permiten la entrada a planta.

Del pozo de gruesos el agua pasa directamente a los canales de desbaste de a través de rejillas de impacto situadas en la sección de entrada de cada canal y previas a las compuertas de entrada. En los canales de desbaste están situadas las rejillas automáticas para tratamiento de sólidos gruesos, y a continuación los sólidos finos, el desecho retenido es descargado a través de tornillos transportadores hasta un contenedor de residuos.

Los residuos retenidos en el pozo de gruesos se retirarán mediante cuchara bivalva. La cuchara bivalva está suspendida del puente grúa. Los dos equipos se operan únicamente de forma manual local mediante una botonera común de ocho pulsadores de mando y uno de emergencia.

A la salida del desbaste de finos el agua residual pasa a tres (3) canales de desarenado – desengrasado, de 5,7 m de ancho y 40 m de largo, para eliminar las arenas finas y las grasas emulsionadas. Cada línea de desarenado está equipada con un (1) puente rodante con rasqueta de superficie para la retirada de grasas y una (1) bomba centrífuga de 20 m³/h y 6 m.c.a para la retirada de arenas. Además, en el interior van dispuestos dos colectores con 136 difusores y dos (2) aireadores de burbuja fina para emulsionar las

grasas. Cuatro (4) soplantes de aire de 610 Nm³/h de caudal unitario, situadas dentro del edificio de digestión y deshidratación se encargan de suministrar el aire necesario a las membranas situadas en el primer tercio de los desarenadores.

En el canal de reparto se instala una (1) compuerta de aislamiento previo a cada uno de los equipos. Las arenas y las grasas se envían a un clasificador de arena y un separador de grasas respectivamente, para reducir la cantidad de agua en los residuos que se retirara en contenedores.

A la salida de los desarenadores el agua pretratada pasa al tratamiento de decantación primaria a través de la arqueta de reparto.

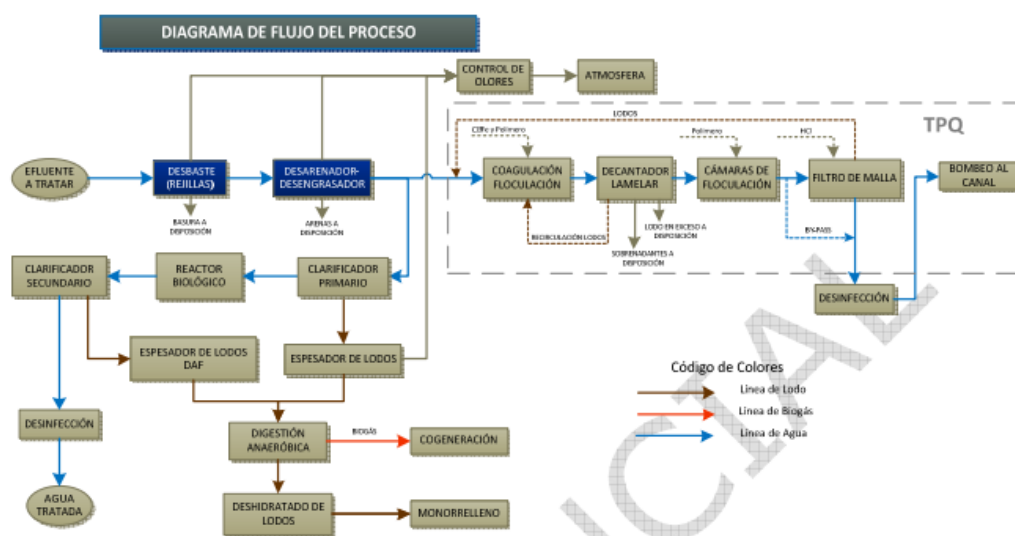
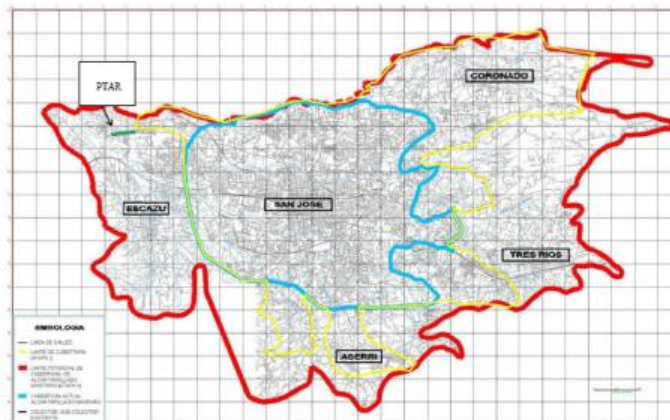


Diagrama de flujos de procesos en planta documentos brindados por ACCIONA AGUA Documentación Técnica (2016).

1.5. Área del Proyecto de las EBAR y PTAR Los Tajos.

El área del proyecto fue definida con base en la cobertura actual del servicio de agua potable y su crecimiento a 25 años plazo, en donde el servicio de alcantarillado podría crecer acorde a un buen abastecimiento de agua potable. Los límites del área del proyecto son: al este por el Cerro de Ochomogo, por la zona protectora del río Tiribi. Al sur, con Aserri, San Miguel, Higuito de Desamparados y los cerros del Tapezco en Escazú. Al oeste limita con los cerros Coyote y Palomas, entre las comunidades de Escazú y Santa Ana. Al norte su límite natural es el río Virilla, teniendo como puntas más al noreste San Rafael de Coronado y de este a oeste, las principales ciudades que conforman el límite son San Gerónimo de Moravia, San Juan de Tibás y Pavas.



Área de proyecto EBAR y PTAR Los Tajos ACCIONA AGUA (2016)

1.6. Caudales de diseño

Los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Tajos se han diseñado para un caudal afluente distinto en función de la Etapa de funcionamiento de la planta, tratándose de Etapa I (año 2015), Etapa Intermedia (año 2015) y Etapa II (año 2025).

Caudal	Etapa I	Etapa Intermedia	Etapa II
Caudal promedio diario (m ³ /s)	2.81	2.81	4.26
Caudal máximo diario (m ³ /s)	3.45	3.45	5.22
Caudal máximo horario (m ³ /s)	4.86	4.86	7.35

Caudales de diseño Documentos PTAR Los Tajos ACCIONA AGUA (2016)

2. Origen y Características de las Aguas Residuales.

Dentro de las PTAR Independientes, todos los equipos electromecánicos involucrados en sus procesos se van a ver expuestos a las características que poseen las aguas residuales, y a los efectos negativos sobre los equipos.

De acuerdo con el documento de investigación del señor Lozano Rivas (2012) un elemento de importancia para su evaluación dentro del proyecto son las siguientes características:

Actualmente, la humanidad en todos los niveles viene mostrando creciente preocupación por la conservación del entorno. Algunos mercados europeos han bloqueado su dinámica transaccional a muchas industrias contaminadoras, obligándolas a adoptar estrategias o políticas de producción más limpia (PML), buenas prácticas de manufactura (BPM) y

mejores tecnologías disponibles (BTA, por sus siglas en inglés), entre otras medidas enmarcadas en Planes de Mejoramiento Continuo y de Responsabilidad Socioambiental Empresarial.

2.1. Contaminación hídrica.

Desafortunadamente, las aguas residuales (al igual que los residuos sólidos) son un producto inevitable de la actividad humana. En la antigüedad, diferentes civilizaciones (desarrolladas por obvias razones en las riberas de ríos y lagos) hicieron uso de la capacidad de asimilación o autodepuración del agua, pero con descargas tan pequeñas que sus vertidos no presentaban mayor problema. No obstante, la densificación actual de las ciudades y el crecimiento poblacional e industrial, entre otros aspectos, ha ocasionado que esta capacidad limitada de auto purificación de los cuerpos hídricos haya sido excedida. Por esta razón, se hace necesario “asistir” a la naturaleza mediante la instalación de depuradoras y unidades de tratamiento de las aguas servidas.

Se considera como contaminación hídrica, la presencia de formas de energía, elementos, compuestos (orgánicos o inorgánicos) que, disueltos, dispersos o suspendidos alcanzan una concentración tal, que limita cualquiera de los otros usos del agua (consumo humano, uso agrícola, pecuario, industrial, recreativo, estético, conservación de flora y fauna, etc.). Esta definición deja en evidencia que el uso del agua depende, de manera ineludible, a sus características físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas que definen su calidad en función del uso establecido por una normativa. (pp. 18, 20)

Según el estado Nación 2010, en el artículo escrito por la autora Ana Lorena Arias Zúñiga, el estado de la infraestructura de saneamiento rural varía de acuerdo con la región y con las condiciones socioeconómicas de la población. En las provincias de Puntarenas y Limón alrededor de un 80% de las letrinas están en buen estado; mientras que en regiones de mayor desarrollo socioeconómico, como la zona de San Carlos, las letrinas alcanzan hasta un 98% en buenas condiciones.

Desde el punto de inversión, es necesario invertir aproximadamente US\$ 685 millones en las áreas urbanas de todo el país, durante el período 2002-2020 para lograr la meta de cobertura de servicios de alcantarillado sanitario del 89% al final del período. (Situación de Potabilización y Saneamiento en Costa Rica)

2.2. Tratamiento de Aguas Residuales

Las plantas de tratamiento que se colocaron en el país datan de los años 30, no se ampliaron oportunamente, y hoy están abandonadas, descargando las aguas, sin ningún tratamiento, en las acequias y quebradas más cercanas. Algunas áreas de las ciudades bananeras del país, Golfito por ejemplo, tuvieron alcantarillado sanitario con algún sistema de tratamiento, sistemas que hoy en día están destruidos.

Con respecto a las características generales de los sistemas de alcantarillado sanitario, AyA administra 8 sistemas en las ciudades de San José, Limón, San Isidro de Pérez Zeledón, Liberia, Cañas, Santa Cruz, Nicoya y Puntarenas, en los cuales sólo realiza tratamiento de las aguas residuales en las 6 últimas ciudades; predomina el tratamiento por lagunas de estabilización y solamente en Puntarenas el sistema de lodos activados. La ESPH administra el sistema de alcantarillado de Heredia y algunas plantas de tratamiento en urbanizaciones.

La Municipalidad de Alajuela administra 6 sistemas que abarcan el centro de Alajuela y urbanizaciones Gregorio José Ramírez, La Trinidad, La Maravilla, Silvia Eugenia y La Giralda en los cuales sólo realiza tratamiento de las aguas residuales en las últimas 4 urbanizaciones; predomina el tratamiento con plantas tipo filtros percoladores y sistemas anaeróbicos.

Actualmente, el Tribunal Ambiental Administrativo ha recibido el doble de denuncias (sólo en Enero de 2010) con respecto al total de denuncias presentadas en el año 2009. En el año 2009 se recibieron 461 denuncias principalmente en el recurso hídrico y recursos forestales. La cantidad de denuncias aumentó en el año 2009 y la tendencia es que se dupliquen para el año 2010. Del total de denuncias, un 40% representa un daño por contaminación de ríos y afectación de nacientes, siendo el mayor porcentaje de denuncias. (MINAET, 2010). Entre los casos más graves del año 2009 se encuentran las afectaciones generadas por proyectos inmobiliarios, principalmente en las costas de Guanacaste, el Pacífico Central y la fila costeña de Osa.

Por su parte, la Sala Constitucional analizó más de cinco denuncias por problemas de contaminación relacionados con el alcantarillado de Puntarenas, más de cinco por contaminación de acuíferos o ríos debido a la actividad piñera, una denuncia por problemas de olores de la planta de tratamiento de Puntarenas, y muchas denuncias por problemas de contaminación de ríos debido a conexiones ilícitas de urbanizaciones, la instalación de letrinas clandestinas, deficiencias en el sistema de alcantarillado sanitario, disposición ilegal de aguas negras directamente en ríos, explotación de tajos, y

contaminación de playas por descarga de aguas negras. Se ordenó la clausura de una laguna de lodos de tanque séptico, pues no se daba el tratamiento adecuado a las aguas que recibía.

En los siguientes subtemas se analizará el tipo de tratamiento que se ofrece en el país, con énfasis en el tratamiento de aguas residuales y el tanque séptico como medio de disposición de excretas que ha sido más difundido en el país.

2.3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales cuentan con las siguientes etapas:

Tratamiento preliminar: el objetivo principal es la remoción de sólidos gruesos como palos, ramas, telas, botellas, y otros. El proceso de eliminación de esos sólidos puede ser a través de rejas, cribas, tamices, desmenuzadores y sistemas similares. La eficiencia de este tipo de sistemas es baja. **Tratamiento primario:** consiste en eliminar sólidos sedimentables o flotantes. Para ello se utilizan operaciones unitarias como la sedimentación, flotación, trampas de grasa, tanques de flotación por aire disuelto y similares. La eficiencia de este tipo de sistemas es de superior al 90% para la remoción de sólidos sedimentables, pero apenas superior al 30% en sólidos en suspensión. **Tratamiento secundario:** se instalan para eliminar sólidos en suspensión y parcialmente coloides. Se incluye tratamiento biológico como puede ser lodos activados, filtros percoladores, reactores anaerobios de flujo ascendente, lagunas de estabilización, y otros. En algunas ocasiones se consideran también operaciones unitarias para eliminación de contaminantes químicos. La eficiencia de esta etapa varía del 60 a 95% en función del tipo de tratamiento que se seleccione, siendo la eficiencia menor para los sistemas anaerobios y una eficiencia mayor en el caso de los sistemas aerobios. **Tratamiento terciario:** se instala para eliminar nutrientes, patógenos o contaminantes químicos. Son procesos muy específicos como carbón activado, nitrificación-denitrificación, etc. La eficiencia de estos sistemas normalmente es superior a 80%.

Las tesis de García y Lobo (2005), citados por ProDUS (2009) sostienen que las plantas de tratamiento se ven afectadas por los siguientes aspectos:

Deficiencias en el control y mantenimiento
Incapacidad económica del administrador
Poca capacitación y desconocimiento sobre la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento.
Variaciones en el caudal o carga contaminante respecto a las condiciones de diseño.

En Costa Rica se han construido 51 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en urbanizaciones, 9 en ciudades y se han realizado 76 diseños de PTAR para su construcción en condominios. En este último caso se desconoce si dichas plantas se construyeron o si fueron sustituidas por tanques sépticos comunes.

El ICAA administra el 67% de los sistemas de tratamiento de aguas de las ciudades, otras plantas de tratamiento son operadas por los municipios o la ESPH. Pero muchas plantas de tratamiento se encuentran fuera de operación. De las 51 plantas construidas en urbanizaciones, el 94% se encuentra dentro de la GAM. De ellas sólo el 31% son administradas por instituciones que brindan además el servicio de agua potable, como es el caso de ICAA, ESPH o Municipios. Sin embargo, el mantenimiento es bastante deficiente. De las plantas administradas por instituciones sólo 5 se encuentran en operación, el resto está fuera de servicio (Análisis y Prospección del Sistema Urbano de la GAM, 2009). Otras plantas son administradas por el urbanizador, de ellas el 58% se encuentra en operación.

De las plantas en operación, el 40% cuenta sólo con tratamiento primario, lo que significa que sólo se obtiene entre un 30 y 40% de eficiencia en remoción de Sólidos Suspendidos, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno. De las plantas que cuentan con tratamiento secundario, el más utilizado es el tratamiento anaerobio (57%), sin embargo de esas plantas el 76% está fuera de operación. De los tratamiento aerobios el más utilizado es el de lodos activados.

Se tiene en estudio (a nivel de licitación pública) la ampliación de la red de alcantarillado sanitario y la construcción de una planta de tratamiento primario para las aguas residuales del Área Metropolitana de San José. Que se espera ejecutar en dos etapas desde año 2007 hasta el año 2025. Se espera una remoción de contaminantes de sólo 50% en Sólidos Suspendidos y 40% para el DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno). Se contempla tratamiento de lodos que consiste en espesamiento, centrifugación, y estabilización y los lodos secos y seguros serán dispuestos en un relleno sanitario

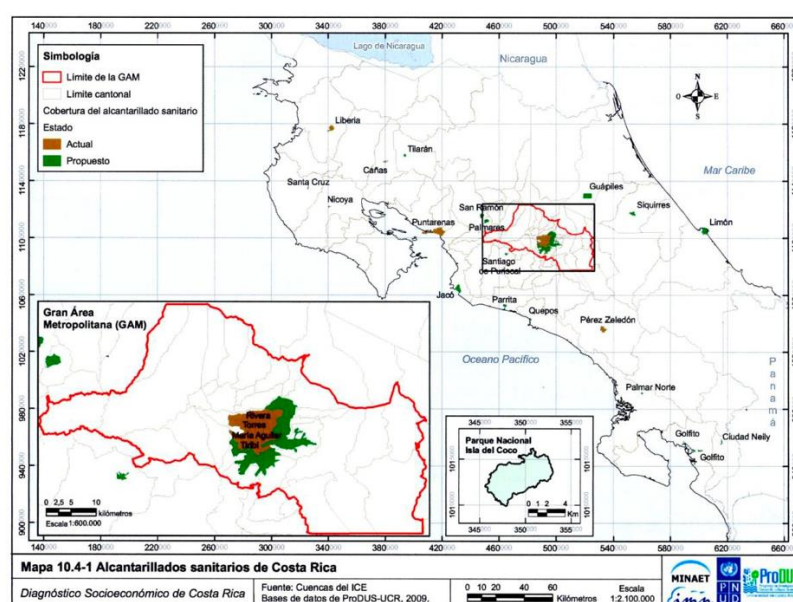
La segunda etapa del proyecto se construirá a partir del año 2025 y consiste en la aplicación de un tratamiento secundario por medio de lodos activados, para alcanzar una eficiencia de 90%.

En Alajuela, se recomendó en los estudios construir una planta de tratamiento centralizada, por medio de lagunas aerobias, para obtener una eficiencia estimada de 90%. El proyecto aún se encuentra en estudio. De momento, Alajuela cuenta con algunas plantas de tratamiento en urbanizaciones que se sugirieron convertir en estaciones de

bombeo. Sin embargo este año la Municipalidad adjudicó la remodelación de dos de ellas para ponerlas a funcionar, con el objetivo de cumplir con un mandato de la Sala Constitucional.

Los otros municipios no cuentan con proyectos de diseño o construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Se ha evidenciado en la prensa en los últimos meses que muchos sistemas de tratamiento carecen de operación y mantenimiento apropiados, hecho que ha sido demostrado en los recorridos realizados por el Tribunal Ambiental Administrativo, lo que ha tenido como repercusión que el Ministerio de Salud haya girado ordenes temporales de cierre a algunos establecimientos, hasta tanto la situación sea corregida.



Cobertura de Alcantarillado Sanitario en Costa Rica, ProDUS (2010)

Por otro lado, la eficiencia de un sistema de tratamiento debe ser reportada al Ministerio de Salud a través de una auditoría de cumplimiento que se denomina Reporte Operacional. De acuerdo con el Análisis y Prospección del Sistema Urbano de la GAM. De los 275 entes que presentaron reportes operacionales, 68,7% no cumplieron con los límites de vertido. Esto evidencia que hay mayores niveles de contaminación de los esperados en los cauces de agua.

Hay cantones que del todo no presentan reportes operacionales como Alvarado, Alajuelita, Aserrí, Barva y San Isidro.

Entre los principales inconvenientes, ProDUS, 2009 sostiene:

Por tipo de actividad, los expendios de combustible fueron los entes que más reportes operacionales incumplieron. En cuanto a los entes que descargan al alcantarillado

sanitario, 80% no cumplió con los límites de vertido. Los reportes de residencias y condominios incumplieron en 26,6%.

- En el cantón de Corredores no se presentaron reportes operacionales en el periodo 2004-2006.
- En el cantón de Golfito y Osa no es posible verificar los niveles de contaminación de las aguas residuales vertidas y podrían ser mayores que las especificadas en el reglamento. Por ende las aguas superficiales podrían verse afectadas, lo que trae como consecuencia la afectación de la flora y fauna acuáticas, limita las posibilidades de explotación para recreación, consumo o reúso para actividades humanas.
- En Pococí, sólo presentan reportes operacionales 14 de las 37 empacadores de las fincas bananeras, que es la actividad más regulada del cantón. De los que presentan reportes, salvo una todos cumplen con la norma, sin embargo no presentan datos de plaguicidas e hidrocarburos que son parámetros también obligatorios por el tipo de actividad.
- En Alajuela el 26% no cumplió con lo establecido en el reglamento (descarga a cauces).
- En Alajuela no hay control de la calidad de las aguas vertidas al alcantarillado por las industrias. Lo mismo ocurre con el alcantarillado de San Isidro del General.
- En Orotina se presentan en promedio 3,3 reportes operacionales por año, considerando que hay 86 entes identificados que deben presentar los correspondientes reportes.
- Un alto número de actividades no reportan la calidad de sus aguas vertidas.
- Muchos pueden realizar un correcto manejo de las aguas residuales, pero no lo demuestran a través del reporte operacional.

En términos generales se ha determinado que (ProDUS, 2009):

- En la costas es necesario buscar opciones para el tratamiento correcto de las aguas residuales.
- Se requiere un trabajo conjunto entre las instituciones (especialmente las que otorgan permisos de funcionamiento y patentes) para lograr identificar todos los entes generadores de aguas residuales especiales u ordinarias y de esta forma tener un mayor control sobre ellos.
- A la fecha, muchos de los ríos han agotado su capacidad auto depuradora, y el reglamento de vertido no considera la capacidad de asimilación de contaminación por parte del río. Mientras esa situación no mejore o no se dé un paso adicional, la calidad de agua de los ríos no mejorará significativamente. Ver estudio de casos.
- Es necesario que las instituciones consideren un Enfoque de Saneamiento Ambiental Centrado en los Hogares (ESACH). Esto es aplicar técnicas de producción más limpia

(uso del agua y tratamiento de efluentes) desde el hogar, a fin de reducir costos en tratamiento de aguas.

2.4. El tanque séptico

Los tanques sépticos son sistemas de tratamiento primario de baja eficiencia (apenas entre 30 y 40% en algunos casos) y la costumbre en el país es complementarlo con una zona de infiltración o drenaje. Se trata de un tratamiento primario de agua residuales que con esa eficiencia arroja valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno del orden de 150 mg/L, aún contiene microorganismos patógenos y mal olor. Esa calidad del agua es la que percola a través del drenaje.

En el país se ha realizado investigación en los últimos años tendiente a sustituir los problemas que se presentan en el drenaje, pues ante suelos de baja o poca permeabilidad existen problemas de rebalse de las estructuras de tratamiento, así como de conexiones cruzadas con la pluvial a fin de evitar problemas a nivel domiciliario o de condominio (en muchos condominios se tiene un tanque séptico común sustituyendo a los tanque sépticos individuales). Se han diseñado Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente que mejoran la calidad del agua que se vierte a la salida del tanque séptico y antes del drenaje y biojardineras, que sustituyen parte del drenaje pues actúan como tratamiento terciario y además absorben cerca del 17% del volumen de agua que se debe percolar (Solórzano, 2008).

Aunque el tratamiento como tal tiene grandes deficiencias, la realidad es que se trata del método de tratamiento más utilizado pues en el país la cobertura de alcantarillado sanitario es muy baja (ver mapa No 3). Es costumbre utilizarlos en cualquier condición y su costo de construcción es muy bajo, así como la operación y el mantenimiento, en comparación con otras tecnologías.

El tanque séptico debe ser una estructura rectangular, con una relación largo: ancho que varía de 2 a 3 (El valor de tres es ideal). Pero es costumbre popular utilizar tubos de concreto, llantas o alcantarillas antes de la infiltración, lo que genera varios problemas: La distancia entre la entrada y la salida es muy corta, lo que genera un problema denominado corto circuito lo que impide la sedimentación de las partículas

El volumen para el almacenamiento de lodos es reducido o nulo, por lo que la frecuencia de limpieza es mayor, generando interrupciones en el proceso de biodigestión.

No se coloca la estructura de entrada y salida denominada “tee” o niple con una prolongación suficiente para que la descarga y la succión la haga de la zona libre de sólidos. Ante la ausencia, se fomenta la formación de “corto-circuitos”.

Se construyen en tamaña menor al apropiado para la población a servir.

No se realiza pruebas de capacidad de infiltración del terreno, por lo que el diseño “estándar” no cumple con los requisitos necesarios.

No se deja la estructura de ventilación del tanque séptico, por lo que los gases en muchas ocasiones se devuelven por la tubería llegando hasta la vivienda.

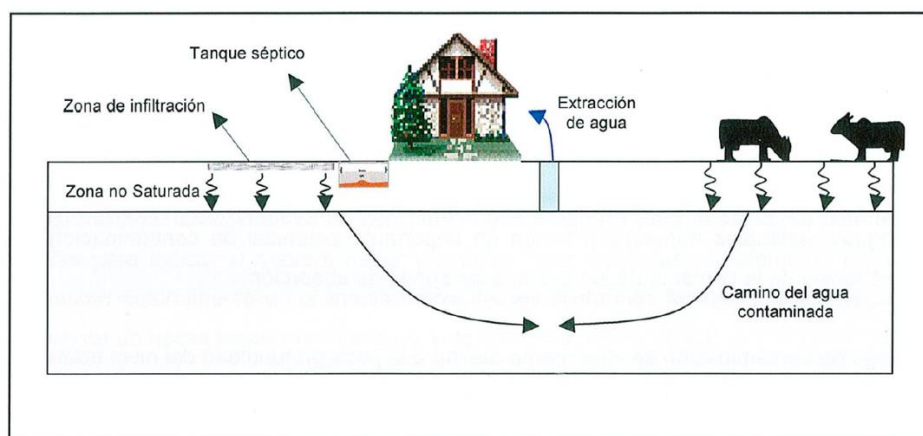
Los suelos muy arcillosos o impermeables no tienen capacidad de absorción del agua, lo que en muchas ocasiones causa afloramiento a la superficie. En estas condiciones, el tanque séptico no es la solución ideal como tratamiento individual.

Cuando se deja el tanque séptico o drenaje en la zona de paso de vehículos, el sistema tiende a fallar en el corto plazo. Debido a la compactación del suelo o la ruptura de tuberías.

Las raíces de árboles también pueden afectar el sistema, por lo que no pueden sembrarse árboles o plantas con raíces que puedan dañar el tanque séptico o el drenaje.

El tanque séptico se construye muy pequeño para el uso de agua de la vivienda, generando una sobrecarga hidráulica y en algunos casos hasta una sobrecarga orgánica.

En algunos casos no se da el mantenimiento adecuado. La frecuencia de limpieza de tanques sépticos es función del tamaño mismo del tanque. Con mayor frecuencia, en las viviendas donde el volumen del tanque es pequeño o cuando se depositan elementos inapropiados como basura (plástico, pañales, toallas de cocina, trapos y demás) esos elementos se arrastran por el agua vertida y obstruyen la tubería de infiltración, lo que daña el funcionamiento del drenaje y de todo el sistema.



3. Características fisicoquímicas de las aguas residuales.

De acuerdo con Lozano Rivas (2012) un elemento de importancia para su evaluación dentro del proyecto son las siguientes características de las aguas residuales, las cuales son las bombeadas y tratadas por las EBAR y PTAR respectivamente:

Una cuidadosa y completa caracterización de las aguas residuales que pretenden ser tratadas, es fundamental para asegurar el éxito de la depuradora. El fracaso de la mayor parte de las depuradoras (al menos las conocidas por este autor) incluyendo la PTAR de una de las ciudades más importantes del país, obedece a una mala caracterización de las aguas, ya que impide seleccionar correctamente los tratamientos y aplicar criterios adecuados para el diseño.

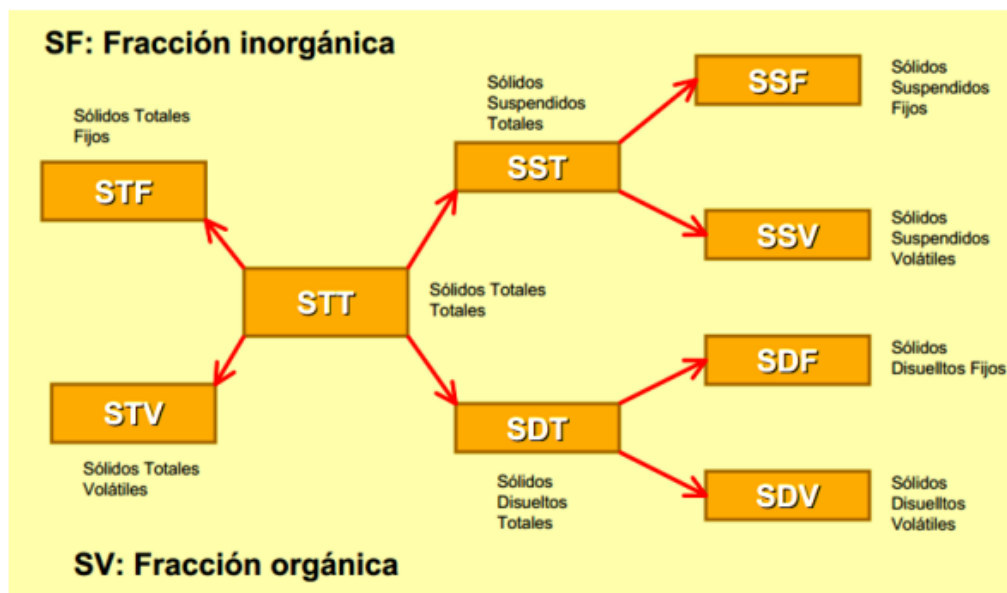
3.1. Materia orgánica:

Es la fracción más relevante de los elementos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales debido a que es la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua. Está formada principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (detergentes). (pp. 25, 27)

Tipo de materia orgánica	Tipo de descomposición	
	Aeróbica	Anaeróbica
Nitrogenada	Nitratos (NO_3^-), anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O), sulfatos (SO_4^-)	Mercaptanos, indoles, escatol, ácido sulfhídrico (H_2S), cadaverina y putrescina.
Carbonácea	Anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O)	Anhídrido carbónico (CO_2), gas metano (CH_4), gas hidrógeno (H_2), ácidos, alcoholes y otros.

Fundamentos Diseño depuradoras, Lozano Rivas (2012, p. 27)

Sólidos: La materia orgánica se presenta, a menudo, en forma de sólidos. Estos sólidos pueden ser suspendidos (SS), disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV), los cuales se presumen orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (SSed). Esta clasificación se muestra en la Imagen 2. Todos ellos se determinan gravimétricamente (por peso). (p. 27)



Fundamentos Diseño depuradoras, Lozano Rivas (2012, p. 29).

De acuerdo con Claros Bedoya, Valencia (2012) un elemento de importancia para su evaluación dentro del proyecto son las características del nitrógeno que influyen tanto en las aguas residuales, como en los equipos que se utilizan para trasegar este líquido, el cual, con esta característica, lo convierte en un riesgo para los mismos, más aún cuando este líquido se encuentra sin una correcta agitación o turbulencia, para que así se pueda evitar la creación de gases dentro del pozo:

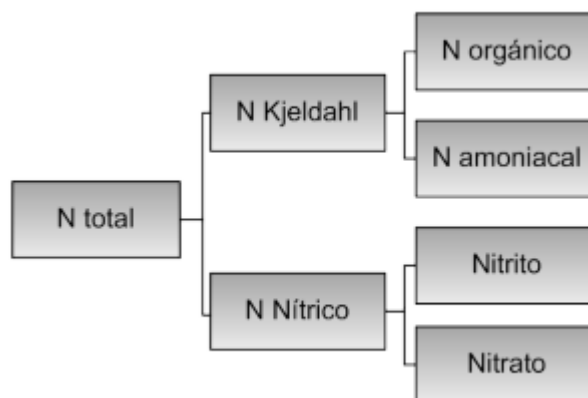
3.2. El Nitrógeno, su relación en aguas residuales y afectación en equipos.

El nitrógeno es un elemento químico que existe en la naturaleza en forma orgánica e inorgánica, y se encuentra mayoritariamente disponible en la atmósfera principalmente en su forma diatómica (N_2), representando cerca del 78% (v/v) de la atmósfera terrestre. El nitrógeno forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y de las proteínas, moléculas esenciales para el desarrollo de la vida.

No obstante, su aprovechamiento por parte de la gran mayoría de los seres vivos depende de su disponibilidad en la naturaleza en formas asimilables, principalmente nitrógeno orgánico amoníaco y nitrato.

El nitrógeno de las aguas residuales urbanas procede principalmente del metabolismo de las proteínas en el cuerpo humano, que constituyen un grupo numeroso de compuestos nitrogenados naturales. Casi todas las proteínas del organismo están en una constante

dinámica de síntesis a partir de aminoácidos y de degradación a nuevos aminoácidos. Esta actividad ocasiona una pérdida diaria neta de nitrógeno, en forma de urea, eliminada del organismo mediante la orina. El nitrógeno en las aguas residuales se puede encontrar en diferentes formas (N orgánico, NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^-) y en concentraciones variables, siendo las formas orgánica y amoniacal las que predominan en la mayoría de los casos en las aguas residuales urbanas. A la suma del nitrógeno asociado a los compuestos orgánicos y el que se encuentra en forma amoniacal se le denomina N Kjeldahl, y las formas de nitrito y nitrato se les conocen como N-Nítrico. Aproximadamente el 60% del nitrógeno presente en las aguas residuales urbanas se encuentra en forma orgánica, constituido principalmente por aminoácidos, proteínas y urea; mientras que el 40% restante se encuentra en forma inorgánica como amonio. En la Figura se encuentra esquematizado las diversas formas en las que se encuentra el nitrógeno en las aguas residuales. (pp. 25, 31)



Formas en las que se encuentra el Nitrógeno en las aguas residuales. Claros Bedoya (2012, p.31).

4. Conceptos de Mantenimiento.

Para la implementación de este proyecto, se necesita hondar en el conocimiento sobre el mantenimiento dentro de una PTAR y la importancia que ha adquirido con el paso del tiempo relacionado a la prevención de fallos y correcta operación de la planta, como también la vida útil de los equipos electromecánicos presentes.

De acuerdo con Sacristán, 2000, Linares 2012 y Pérez 2011 varios conceptos de importancia para el análisis de este trabajo son:

4.1. Gestión del mantenimiento

¿Qué es Gestión del Mantenimiento?

Gestión del Mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos.

La Gestión del Mantenimiento es importante porque permite rebajar costes optimizando el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada empresa; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que la mayor parte de los recursos se utilicen en aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.

4.2. Disponibilidad y confiabilidad en el mantenimiento

John Moubray “El padre del RCM” o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, define esta metodología como el proceso utilizado para determinar lo que debe hacerse para garantizar que cualquier activo físico siga haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operativo actual.

Sin embargo, antes de entrar al contexto de los que hay que hacer, es necesario determinar cómo nuestros equipos o activos se han venido comportando en el pasado y eso incluye, determinar cuál ha sido su histórico de disponibilidad y confiabilidad para un determinado periodo de tiempo.

¿Qué es la disponibilidad en mantenimiento?

La disponibilidad es la probabilidad de que un sistema, equipo o componente realice la función prevista cuando sea requerido. Se expresa en porcentaje y tiene en cuenta tanto la confiabilidad como la mantenibilidad del sistema.

La disponibilidad de un equipo puede calcularse usando la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales de funcionamiento planeadas} - \text{Horas en paradas}}{\text{Horas totales de funcionamiento planeadas}}$$

¿Qué es la confiabilidad en mantenimiento?

La confiabilidad se concibe en relación con la misión específica asignada a un activo. En lugar de centrarse meramente en la prevención de fallas, es un indicador que se enfoca en asegurar que el equipo pueda cumplir consistentemente su función designada, durante un periodo establecido y bajo condiciones predeterminadas.

De este modo, se pone énfasis en la habilidad de un equipo o componente para continuar ejecutando las tareas esperadas sin interrupciones o contratiempos, es decir, sin presentar fallas.

La confiabilidad puede calcularse utilizando la función de confiabilidad exponencial, que se basa en el supuesto de que las fallas se distribuyen aleatoriamente a lo largo del tiempo.

La fórmula es la siguiente:

$$\text{Confiabilidad (R)} = e^{(-\lambda t)}$$

Donde:

R es la confiabilidad del sistema.

λ (lambda) es la tasa de fallas del sistema, normalmente expresada como fallas por unidad de tiempo.

t es el periodo de tiempo para el que se calcula la confiabilidad.

e, es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2,718).

Para analizar la curva exponencial de confiabilidad, es importante seguir los siguientes pasos:

Trazar la Curva: Primero, necesitas trazar la función de confiabilidad exponencial. En el eje y, tienes la confiabilidad $R(t)$, y en el eje x, tienes el tiempo t. La curva comienza en 1 (100% de confiabilidad) en el tiempo 0 y decae exponencialmente con el tiempo.

Analiza la Tasa de Fallas: La pendiente de la curva de confiabilidad exponencial está determinada por la tasa de fallos λ . Si la tasa de fallas es alta, la curva caerá rápidamente, indicando una expectativa de vida corta. Si la tasa de fallas es baja, la curva decaerá más lentamente, indicando una expectativa de vida más larga.

Predice la confiabilidad en un tiempo específico: Si quieres conocer la confiabilidad en un tiempo t específico, puedes encontrar el punto correspondiente en la curva. Por ejemplo, para encontrar la confiabilidad en $t = 740$ (noviembre), encuentra el mes en el eje x y luego dibuja una línea hasta la curva. La coordenada y de ese punto es la confiabilidad en $t = 740$, es decir, aproximadamente 12%.

Entender las implicaciones de la suposición de la tasa de fallas constante: La función de confiabilidad exponencial asume una tasa de fallas constante, lo cual no siempre es

realista. Para muchos equipos o sistemas, la tasa de fallas no es constante en el tiempo, sino que puede cambiar debido al desgaste, mantenimiento preventivo, etc. Por lo tanto, siempre es importante considerar la idoneidad de la función de confiabilidad exponencial para el equipo o sistema que estás analizando.



Curva exponencial de confiabilidad (fractal.com).

¿Cuáles son los principales errores al momento de calcular la disponibilidad y confiabilidad de los equipos?

Al calcular la confiabilidad y la disponibilidad, existen varios errores comunes que los gestores de mantenimiento pueden cometer, lo que conduce a evaluaciones inexactas de su equipo y sistemas. Estos errores incluyen:

Datos insuficientes o inexactos: Los cálculos de confiabilidad y disponibilidad requieren datos históricos sobre fallas y tiempos de operación. Si los datos son insuficientes, desactualizados o inexactos, los cálculos resultantes serán poco fiables. Es esencial que los gerentes se aseguren de que están utilizando información precisa y actualizada al realizar estos cálculos.

Negligencia al considerar todos los factores: Al calcular la disponibilidad, es crucial considerar todos los factores que contribuyen al tiempo de inactividad, como el mantenimiento planificado, las fallas imprevistas, los retrasos en la cadena de suministro y los problemas administrativos. No tener en cuenta estos factores puede resultar en una sobreestimación de la disponibilidad.

Malinterpretar los resultados: La confiabilidad y disponibilidad son probabilidades, no garantías. Una alta confiabilidad o disponibilidad no significa que un sistema nunca

fallará; simplemente indica la probabilidad de falla o tiempo de inactividad durante un período especificado. Los gerentes deben evitar interpretar estas métricas como absolutas y, en cambio, utilizarlas como herramientas para evaluar y mejorar el rendimiento del sistema. Ignorar la Variabilidad: Los equipos y sistemas pueden exhibir variabilidad en su rendimiento, lo que puede afectar los cálculos de confiabilidad y disponibilidad. Los gerentes deben considerar el uso de métodos estadísticos, como intervalos de confianza o intervalos de predicción, para tener en cuenta esta variabilidad y proporcionar una representación más precisa del rendimiento del equipo.

Depender únicamente del MTBF: Si bien el tiempo medio entre fallas (MTBF) es una métrica útil para entender la confiabilidad del equipo, no debería ser la única base para las decisiones de mantenimiento. El MTBF no tiene en cuenta la gravedad o la duración de las fallas, y puede no reflejar con precisión el verdadero rendimiento de los sistemas complejos. Los gerentes deben utilizar una combinación de KPIs, como confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, para tomar decisiones informadas sobre las estrategias de mantenimiento y la asignación de recursos.

No Actualizar Regularmente los Cálculos: El rendimiento del equipo y las condiciones de operación pueden cambiar con el tiempo, por lo que es esencial que los gerentes actualicen regularmente sus cálculos de confiabilidad y disponibilidad para asegurarse de que están trabajando con los datos más precisos y relevantes.

Al estar conscientes de estos errores comunes, los gerentes de mantenimiento pueden evitarlos y garantizar que sus cálculos de confiabilidad y disponibilidad reflejen con precisión el rendimiento de sus equipos y sistemas. Esto les permitirá tomar decisiones mejor informadas, optimizar estrategias de mantenimiento y mejorar la gestión general de activos.

Al igual que el MTBF o el OEE (Overall Equipment Effectiveness), la disponibilidad y la confiabilidad son KPIs de mantenimiento críticos que los gerentes de mantenimiento deben priorizar para asegurar el rendimiento óptimo de los equipos, garantizar la utilización eficiente de los recursos, controlar los costos, mejorar la seguridad, y mejorar la toma de decisiones. Al centrarse en estos indicadores clave de rendimiento, los gerentes de mantenimiento pueden optimizar sus operaciones y contribuir al éxito a largo plazo de sus organizaciones, ya que lo que no se mide, no se puede mejorar.

4.3.Evolución del mantenimiento

Mucho ha sucedido en la manufactura desde la revolución industrial, pero el cambio más dramático ha ocurrido en los últimos cincuenta años. Estos cambios afectaron la forma en que se han mantenido las plantas industriales. Antes de la Segunda Guerra Mundial, la maquinaria era generalmente grande, resistente y relativamente lenta, con sistemas de control básicos e instrumentación. Las demandas de producción no fueron tan severas como lo son hoy, por lo que el tiempo de inactividad no fue tan crítico. (Sacristán, 2000) Después de la guerra, comenzó la reconstrucción de la industria. Se desarrolló un mercado mucho más competitivo, lo que obligó a los fabricantes a aumentar la producción. El exceso de trabajo de las máquinas conduce a un aumento en el tiempo de inactividad y un aumento en los costos de reparación de máquinas. Este aumento en la producción exigió mejores prácticas de mantenimiento, lo que condujo al desarrollo de mantenimiento preventivo. (Sacristán, 2000)

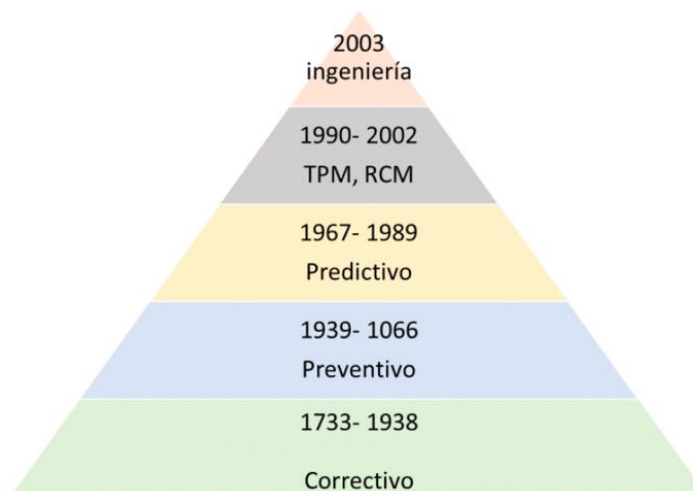
Entre los años sesenta y ochenta, el mantenimiento solo se consideraba una actividad de fondo, considerada de menor importancia y solo útil cuando se producía una falla. El alcance del departamento de mantenimiento estaba restringido y principalmente limitado a la electricidad, la mecánica o el engrase. Las nociones de predicción o prevención no existían, por lo que el mantenimiento sufrió una imagen bastante mala en ese momento. Los técnicos solo trabajaron en rondas de engrase o monitoreo, por ejemplo, y las estrategias implementadas se basaron solo en la reparación y las principales operaciones correctivas. (Linares, 2012)

El mundo industrial, así como las implicaciones, eran muy diferentes de los que conocemos hoy. En ese momento, la industria estaba floreciendo, las consecuencias en las líneas de producción no eran las mismas. El cierre de la producción podría, por supuesto, interrumpir la producción, pero no estaba generando grandes pérdidas como la actual, simplemente porque los equipos no se integraron a un sistema más general. Uno debería admitir que sería inconcebible seguir trabajando de esta manera hoy, ya que entendemos cuán crítico es el servicio de mantenimiento. (Pérez, 2011)

Desde la década de 1980, las plantas y los sistemas se han vuelto aún más complejos. Las demandas del mercado competitivo y la intolerancia al tiempo de inactividad han aumentado, mientras que los costos de mantenimiento han aumentado. Junto con las demandas de mayor confiabilidad, la nueva conciencia de los procesos de fallo, las técnicas de administración mejoradas y las nuevas tecnologías permitieron una comprensión más amplia del estado de la máquina y los componentes. (Sacristán, 2000)

La comprensión del riesgo se ha vuelto esencial. Las cuestiones ambientales y de seguridad son primordiales. Nuevos conceptos como monitoreo de condición, fabricación justo a tiempo, estándares de calidad, sistemas expertos y mantenimiento centrado en la confiabilidad también han surgido en la escena (Garrido, 2013). Las empresas se dieron cuenta progresivamente del aspecto de la seguridad. Querían proteger a sus empleados, por lo que comenzaron a interesarse en el mantenimiento para desarrollarlo y darle más importancia. El equipo había evolucionado, combinando tecnologías más avanzadas, por lo que había más riesgos de accidentes y las compañías querían contrarrestarlos.

El mantenimiento se hizo cada vez más importante dentro de las plantas: nacieron los primeros procedimientos de mantenimiento. Gracias a ellos, los riesgos de accidentes se redujeron drásticamente, se siguió de cerca el funcionamiento del equipo y se evitaron en la medida de lo posible las fallas críticas en toda la línea de producción. (Linares, 2012) Por lo tanto, el sector de mantenimiento experimentó cambios para convertirse en un área muy especializada y esencial en las plantas, lo que condujo a la creación de los primeros cursos de formación de Certificado de Técnico Avanzado y otros cursos de formación en la década de 1980. De hecho, se hizo necesario capacitar a personas expertas que pudieran lidiar con los problemas de mantenimiento para evolucionar hacia un modelo más seguro y eficiente. (Linares, 2012)



Resumen de la evolución histórica del mantenimiento (Linares 2012, p.31).

4.4. Mantenimiento Industrial.

Según la autora Claudia Alvarado Briones, 2022 el mantenimiento en general es de suma importancia para los equipos en una industria, a continuación se conocen conceptos importantes para la realización de este trabajo:

El mantenimiento industrial generalmente se refiere a la reparación y el mantenimiento de los diferentes tipos de equipos y máquinas utilizados en un entorno industrial. Los conceptos básicos se pueden dividir en las siguientes cinco categorías: conocimiento general, conocimiento mecánico, conocimiento eléctrico, conocimiento de soldadura y mantenimiento preventivo. De acuerdo con esta amplia variedad de áreas de especialización, los técnicos de mantenimiento generalmente son personas con múltiples habilidades, competentes en muchas tareas. El mantenimiento industrial también implica un alto grado de habilidad para resolver problemas. Identificar el problema junto con los mejores y más seguros medios para resolver la dificultad, por lo general, son partes integrales del proceso de mantenimiento. (González Fernández, 2015)

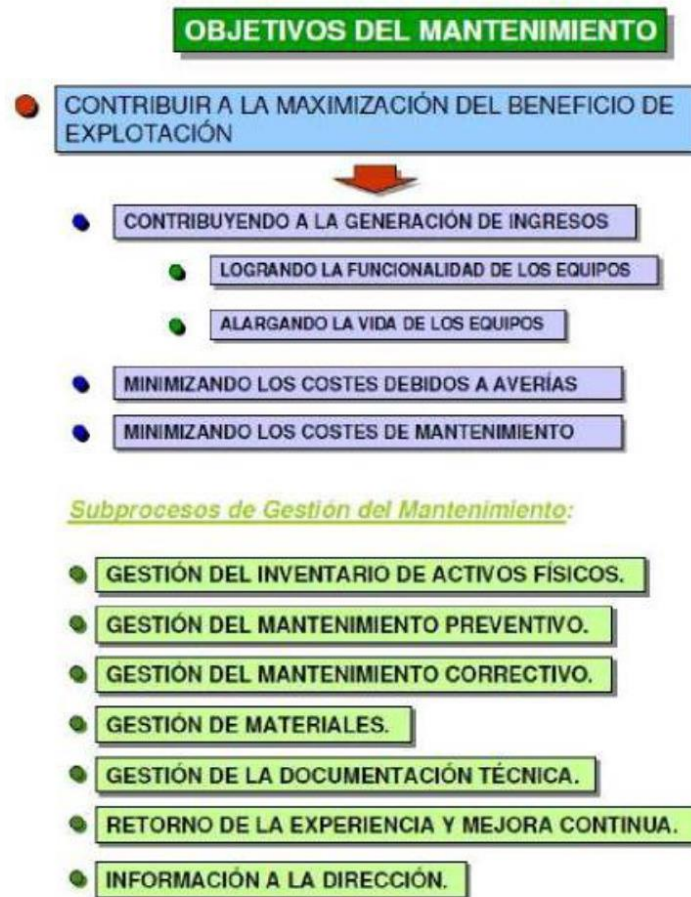
El mantenimiento comprende la aplicación de las mejores prácticas de confiabilidad para aumentar el tiempo de actividad del equipo en un entorno de fabricación. Cuando el equipo funciona como se esperaba, los fabricantes pueden evitar obstáculos en la fase de producción de la cadena de suministro.

El mantenimiento regular prolonga enormemente la vida útil del equipo y mantiene tiempos de inactividad al mínimo, lo que puede sumar rápidamente ahorros de costos significativos. Con objeto de poder dar una visión global del mantenimiento, se muestra un diagrama que recoge los conceptos generales a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo una gestión de mantenimiento.



Conceptos generales para Gestión de Mantenimiento. (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)

Los propósitos del mantenimiento son mantener el equipo/sistema operativo, intentar maximizar el rendimiento de equipo de producción eficiente y regularmente, prevenir averías o fallas, minimizar la pérdida de producción por fallas, incrementar la confiabilidad de los sistemas operativos; todo esto con el objetivo de lograr la calidad del servicio/producto final y maximizar la vida útil de los equipos. (González Fernández, 2015)



Objetivos del mantenimiento. (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)

Una vez expuesto e identificado en qué consiste la gestión del mantenimiento, sus objetivos y subprocesos, hay que tener en cuenta que la elaboración de un plan de mantenimiento puede hacerse de tres formas (Canal de Gestión de Isabel II, 2016):

Modo 1: Realizando un plan basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta.

Modo 2: Realizando un plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la instalación.

Modo 3: Realizando un plan basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse.

En instalaciones que no tienen ningún plan de mantenimiento implantado, puede ser conveniente comenzar con una versión sencilla y ponerla en marcha. Eso se puede hacer siguiendo las recomendaciones de los fabricantes o basándose en la experiencia propia o de otros.

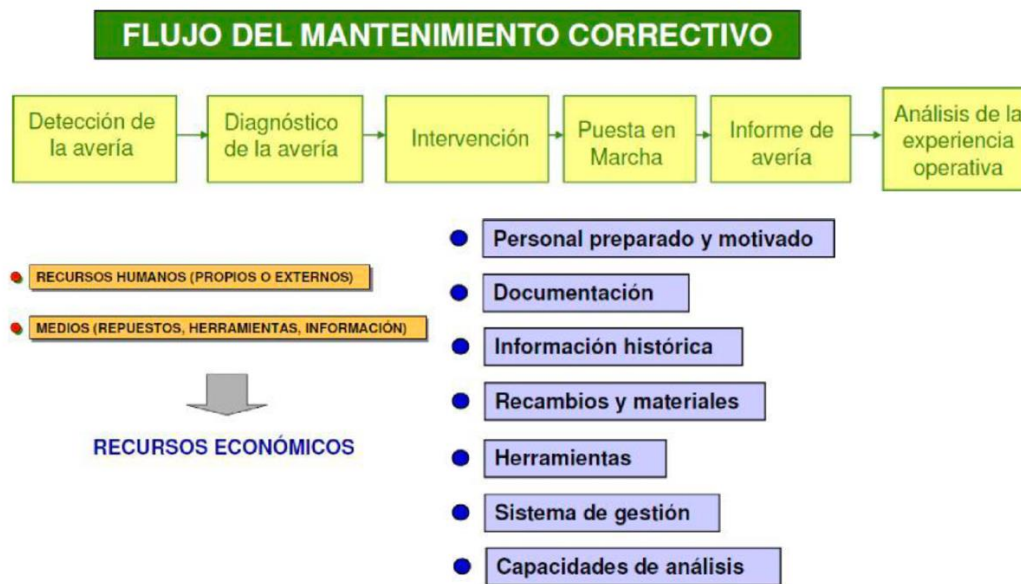
Una vez se ha seleccionado la modalidad sobre la que se va a basar el plan de mantenimiento, hay que definir si se va a optar por un tipo de mantenimiento correctivo, preventivo o predictivo.

4.5. Tipos de mantenimiento

Es de común conocimiento que el mantenimiento se divide en tres grandes grupos que comprenden el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. La correcta clasificación de tareas en función del tipo de mantenimiento nos permite realizar un trabajo óptimo.

4.6. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo comprende un conjunto de actividades implicadas en la restitución de las condiciones operativas de un dispositivo, cuando éste ha sufrido una avería, con el fin de que su disponibilidad sea lo máxima posible. (Gómez de León, 1998)



Flujo del Mantenimiento Correctivo (Canal de Gestión de Isabel II, 2016).

Se debe aplicar a aquellos componentes considerados no críticos para la instalación y cuando los costes de sustitución o reparación sean pequeños, teniendo siempre en cuenta aspectos tales como:

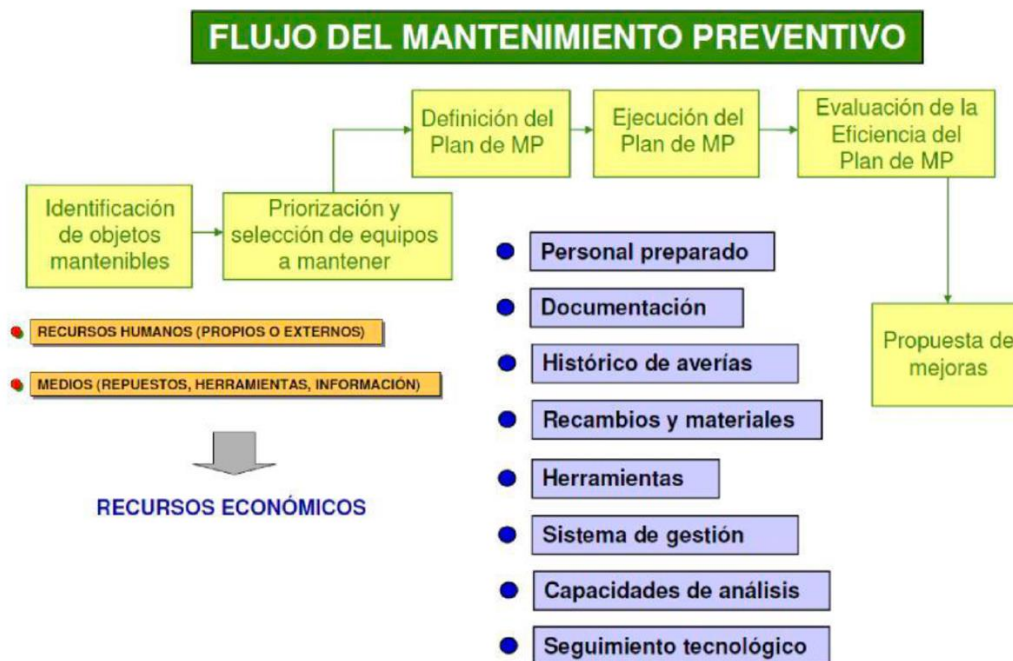
- Modularidad
- Intercambiabilidad
- Sistemas de autodiagnóstico
- Facilidad de obtención de recambios

- Facilidad de desmontaje
- Tecnologías conocidas

4.7. Mantenimiento Preventivo

Conjunto de actividades que se aplican sobre un dispositivo, antes de que su fallo aparezca, para conservar su capacidad operativa, contrarrestando la tendencia negativa que provoca la aparición de los procesos de desgaste sobre su tasa de fallos. (Gómez de León, 1998)

Consiste en programar intervenciones o cambios en algunos componentes o piezas de un equipo, antes de que haya fallado, según intervalos predeterminados de tiempos o eventos regulares (horas de servicio, kilómetros recorridos...). Se trata de reducir la probabilidad de avería o la pérdida de rendimiento del equipo.



Flujo del Mantenimiento Preventivo (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)

4.8. Mantenimiento Predictivo

Tiene como objetivo la detección precoz de la aparición de causa de fallo en los equipos de una instalación, mediante la medición de variables físicas y su posterior análisis y diagnóstico. El éxito de este modelo se verá determinado por la precisión de los modelos de seguimiento de procesos (Forbes, 2015).

Según la página web IBM.com podemos conocer de que trata un mantenimiento basado en la confiabilidad, y algunos consejos de como implementarlo, además de las ventajas que puede llegar a traer para la industria:

4.9. Mantenimiento Centrado en la confiabilidad.(RCM)

¿Qué es el mantenimiento centrado en la confiabilidad?

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es un proceso en el que las organizaciones identifican los activos físicos (por ejemplo, máquinas o herramientas) necesarios para producir sus productos y crear una estrategia integral para mantenerlos en línea y operando a un nivel óptimo.

El RCM es un proceso altamente personalizado con un enfoque único para cada activo adaptado a su uso, componentes clave y amenazas únicas a su usabilidad. El objetivo final es maximizar la disponibilidad del equipo y al mismo tiempo reducir la necesidad de reemplazar activos, reduciendo así los costos. Se diferencia de otros procedimientos de mantenimiento por el hecho de que trata cada activo de manera diferente, según sus necesidades específicas, su importancia para el proceso general y cómo debe monitorearse y mantenerse.

¿De dónde viene el RCM?

Antes de que la especialización y la cadena de suministro global separaran a los constructores de equipos de sus usuarios finales, quienes construían activos físicos eran a menudo quienes los utilizaban, por lo que tenían un conocimiento innato de sus partes inherentes. A medida que aumentó la especialización y los constructores de productos ya no eran los usuarios finales, los clientes de activos físicos necesitaron una metodología más completa y estratégica para comprender y abordar las partes de su maquinaria.

Esto ha sido especialmente cierto y crítico para la industria de la aviación, que se considera comúnmente el lugar de nacimiento del RCM. A medida que se aceleraba la tasa de accidentes aéreos en la década de 1960, la industria tuvo que cambiar su forma de gestionar el mantenimiento, que no se realizaba con la frecuencia suficiente para evitar esos accidentes catastróficos. La industria necesitaba ayuda para identificar posibles fallos y tuvo que cambiar su enfoque. El mantenimiento basado en el tiempo, según el cual las intervenciones ocurrían en un lapso específico, ya no funcionaba. Algunos estudios demostraron que dedicar menos tiempo y costos al mantenimiento, pero

manejarlo de manera más estratégica producía mejores resultados, lo que sugería que un enfoque más eficiente era posible.

De hecho, el nombre de mantenimiento centrado en la confiabilidad proviene de un informe de Nolan y Heap de 1978 para United Airlines, que buscó codificar el nuevo proceso para garantizar una mejor seguridad aérea a través de un nuevo enfoque para el mantenimiento de equipos. El impacto de este informe ha sido tan duradero que prácticamente cada enfoque de RCM evoca la norma JA1011 de la Sociedad de Ingenieros Automotrices, creada a partir del informe de Nolan y Heap.

Ahora, el RCM se ha extendido a casi todas las industrias como una forma inteligente y rentable de ejecutar el mantenimiento durante el proceso de fabricación.

¿Cómo funciona el análisis del RCM?

El análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad requiere que varios componentes trabajen en coordinación. Sobre todo, una fábrica que funcione bien requiere un sistema en el que todos los trabajadores inicien sesión e identifiquen qué herramientas y equipos utilizan para que la organización comprenda la cantidad de uso y desgaste de sus máquinas como puntos de datos importantes para incorporar su programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Descubrimiento de activos: En esta fase, las empresas definen e identifican todo el espectro de activos disponibles, que puede ser todo en el sitio o solo las herramientas que contribuyen a los productos reales.

Criterios de evaluación: Una vez identificados todos los activos, se debe crear una lista de criterios para evaluar el estado de cada uno de ellos. Algunas organizaciones seguirán las pautas de la industria, crearán las suyas propias o utilizarán una combinación de ambas.

Documentación sobre el uso: ¿El activo está diseñado y se usa según lo previsto, o se ha personalizado o alterado para adaptarse a las especificaciones únicas de la planta? Si es así, ¿cómo afecta eso a su confiabilidad y qué pasaría si falla?

Monitoreo del estado de los activos: Incluye el monitoreo habitual de activos individuales o partes del equipo para identificar si se requiere mantenimiento o reemplazo. El uso de monitoreo en tiempo real significa que, en cualquier momento, alguien puede consultar el estado de un sistema, herramienta o proceso. El resultado es un flujo continuo de información de baja latencia a la que las partes autorizadas pueden acceder en cualquier momento.

Análisis de criticidad: Determina qué tan importante es cada activo y qué pasaría con el proceso general si fallara.

Seguimiento: A continuación, los activos se ingresan y rastrean en un sistema de gestión, que incluye cada activo, codifica el proceso de mantenimiento y asigna la criticidad inherente del activo al proceso general. Normalmente esto se logra usando una GMAO, que rastrea las órdenes de trabajo, los historiales de mantenimiento y el inventario de piezas de repuesto.

Detección: ¿El activo tiene sensores automáticos para determinar el estado de las funciones de su sistema? ¿O requiere un proceso manual de evaluación de calidad que identifique la situación actual? La empresa debe analizar las posibilidades de detección manual y automática de cada activo, lo que le permite optimizar la forma en que aborda el mantenimiento.

Probabilidad de fallo: A cada activo se le debe asignar un riesgo de fallo rodante, que depende de su riesgo global, de las causas probables de fallo y de cualquier nueva información pertinente sobre su situación actual. Muchos procesos RCM utilizan el FMEA (Análisis del modo y los efectos de fallos) para determinar la probabilidad de fallo de cualquier activo físico concreto. El Departamento de Defensa (DOD) creó el FMEA en los años 40 como herramienta de análisis de procesos para identificar posibles fallos en el diseño de productos. Por ejemplo, es probable (aunque no está garantizado) que un producto que ha requerido múltiples actividades de mantenimiento tenga un mayor riesgo de fallo que un producto similar recién introducido en la fábrica. Para ello, deben tenerse en cuenta todos los criterios universales del programa RCM (edad del activo, usos, etc.) y exclusivos del activo específico.

Consecuencias del fallo: es importante saber qué sucederá si un activo falla o por qué lo hace (es decir, modo de fallo), ya que esto tiene implicaciones en la seguridad en el lugar de trabajo, los retrasos en la producción y otros impactos comerciales. Conocer la diferencia entre los activos críticos y los menos integrales para el proceso general ayudará a las empresas a crear una estrategia de mantenimiento efectiva para mantener todos sus activos en funcionamiento.

Análisis de causa raíz: Si un activo falló, los ingenieros deben identificar por qué lo hizo e implementar cualquier tarea nueva y proactiva que elimine la probabilidad de que se produzca un fallo futuro. Esto incluye determinar si el activo específico contaba con estándares de alto rendimiento o estaba defectuoso.

Tipos de gestión de mantenimiento

Hay cuatro tipos principales de programas de mantenimiento que una empresa puede seguir.

Mantenimiento reactivo

También conocido como mantenimiento correctivo, este costoso tipo de mantenimiento aborda el fallo del activo después de ocurrido. Reaccionar a los fallos de los activos después de ocurridos es costoso, una carga en el proceso de fabricación y, con el RCM, totalmente evitable pues el objetivo es centrarse más en otros tipos de mantenimiento.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo implica realizar actividades de mantenimiento programadas regularmente para ayudar a prevenir fallos en el futuro. Esto implica abordar acciones específicas antes de un posible fallo de los activos, como limpiar, apretar o engrasar componentes, o reemplazar piezas. El mantenimiento preventivo o programado utiliza el aprendizaje automático, el análisis de datos operativos y el monitoreo predictivo del estado de los activos para optimizar el mantenimiento y reducir los riesgos de confiabilidad, gracias a que los trabajadores de mantenimiento abordan un posible problema potencial mediante una tarea preventiva.

Mantenimiento predictivo

Este enfoque proactivo de mantenimiento utiliza sensores, datos, internet de las cosas y otras formas de monitoreo automatizado para ayudar a los ingenieros a tomar decisiones más informadas sobre cuándo realizar el mantenimiento. Un sello distintivo del RCM es solo intervenir y proporcionar mantenimiento cuando sea necesario, por lo que el mantenimiento predictivo, también conocido como mantenimiento basado en la condición, es muy favorecido.

Ejecución hasta el fallo

Una estrategia de mantenimiento en la que una empresa tolera fallos de equipo para evitar costos de mantenimiento. Al permitir un fallo funcional, este proceso de mantenimiento generalmente solo tiene sentido si el costo de reemplazo de productos es más barato que el costo de mantenimiento preventivo o mantenimiento predictivo.

Beneficios de un proceso de RCM

Cualquier interrupción de las operaciones de la fábrica tiene graves consecuencias, incluyendo daños a la reputación, costos considerables y crecimiento lento. La implementación exitosa de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad

evita interrupciones costosas en la producción general, lo que conduce a varios beneficios importantes, entre ellos:

Menores costos de mantenimiento

Asset RCM es mucho más barato que reemplazar productos porque prioriza y optimiza los activos más importantes, utiliza la automatización y la tecnología para reemplazar las costosas tareas de mantenimiento e interviene solo cuando es necesario. Esto es posible cuando el mantenimiento preventivo está a la vanguardia de la estrategia de RCM para evitar acciones innecesarias.

Impacto ambiental

A medida que las empresas lanzan iniciativas de sostenibilidad, mantener la funcionalidad de los productos y evitar la necesidad de reemplazos prematuros de activos es un beneficio neto tanto para las empresas como para el medio ambiente. El RCM permite a las empresas alcanzar sus objetivos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG).

Alta confiabilidad y tiempo de actividad del equipo

Abordar los fallos potenciales antes de que se vuelvan irresolubles garantiza que los activos sigan en servicio, además de prolongar la vida útil general del activo.

Mayor satisfacción del cliente

Debido a la confiabilidad del equipo, una fábrica que funcione plenamente según lo previsto mantendrá la cadena de suministro operando así mismo según lo planeado, garantizando que los clientes reciban entregas oportunas.

Desafíos de un proceso de RCM

Sin embargo, la implementación de RCM no está exenta de algunos inconvenientes. Las empresas con un proceso mucho más manual pueden tener dificultades al momento de crear un proceso de RCM, por lo que es bueno saber qué necesitarán abordar.

Costos iniciales

Para las empresas que comienzan desde cero, un RCM puede requerir inversiones significativas de tiempo, dinero y recursos. En algunos escenarios, la empresa puede necesitar alterar el equipo existente o reemplazarlo con versiones más nuevas que incorporen sensores u otra tecnología automatizada. Esto podría significar un costo inicial de CAPEX, pero la empresa debería esperar recuperar esos costos a tiempo gracias a una mayor eficiencia y menos averías costosas.

Complejidad

Pasar de un modelo de mantenimiento reactivo o preventivo a un RCM es un salto de varios grados de complejidad. Requiere reemplazar la tecnología, construir un proceso integral y capacitar a su fuerza laboral para utilizar el nuevo sistema.

Inconvenientes de la transformación

La codificación del RCM en la organización requerirá una transformación de la estrategia operativa y la cultura, y algunos ejecutivos y empleados pueden necesitar ayuda para adaptarse. Es posible que sea necesaria una amplia formación y llamados a la acción por parte de la alta dirección para que todos se sumen al nuevo enfoque.

Los posibles errores permanecen

Si bien el RCM implica automatización y tecnologías significativas, muchos componentes aún requieren la toma de decisiones humanas, como la evaluación de riesgos y cuándo intervenir. Al igual que con otras decisiones humanas, puede haber errores y equivocaciones.

Cómo crear un proceso de RCM duradero

El RCM requiere varios pasos específicos, todos trabajando en coordinación.

Evalúe su proceso actual

Corresponde a las organizaciones documentar (o revisar) sus procesos existentes, sin importar cuán simples sean, para comprender cómo abordaban el mantenimiento anteriormente. Esto demostrará a los líderes cuánto trabajo se requerirá para lograr un RCM.

Inventario y análisis de equipos

Cada pieza de equipo debe analizarse para comprender sus partes y la manera en que el equipo individual encaja en la totalidad de la fábrica. Como parte de esto, hay que identificar cuáles activos son críticos. Afortunadamente, un software inteligente, como un CMMS, ha reemplazado desde hace tiempo a los días pasados trabajando con hojas de cálculo y documentación manual.

Cree un equipo de RCM dinámico

Comprender cómo mantener el equipo en funcionamiento requiere un equipo multidisciplinario, que incluya ingenieros, mecánicos, codificadores, trabajadores de mantenimiento y personal de otros departamentos, para ayudar a crear y documentar el proceso de RCM y seguir involucrado en su implementación.

Construya su enfoque de RCM

Siguiendo las directrices de la norma SAE JA1011, cree un proceso que incorpore las buenas prácticas pero que se adapte a sus necesidades específicas. El funcionamiento de

su proceso dependerá de sus activos, que necesitan actualizaciones inmediatas, de su programa de producción y de otros cientos de pasos que dictarán el desgaste y la mejor forma de mantener en marcha el proceso de fabricación.

5. Estaciones de bombeo de agua.

De acuerdo con López Cualla (2009) en su investigación y Abu Zeid & Abdel-Rahman, (2013) un elemento importante a investigar para el proyecto debido al estudio de su implementación en una estación de bombeo de aguas residuales es:

Las estaciones de bombeo de agua poseen máquinas que se pueden usar para transportar agua de un sitio a otro, sin necesidad de la intervención directa del humano. Estas estaciones, a través de sus equipos, pueden suministrar agua a canales, hacer circular agua en los sistemas de tratamiento e incluso pueden drenar el agua de tierras bajas. (López Cualla, 2009)

La estación de bombeo debe proporcionar suficiente presión para superar la fuerza de la gravedad sobre el agua. Cuando se alcanza este nivel de presión, habrá suficiente presión para mover el líquido al caudal que se necesita. Las bombas están diseñadas para ser programables, para que el caudal de agua se pueda ajustar fácilmente. Un controlador electrónico que usualmente está conectado directamente a la estación de bombeo en sí, o que se opera desde un sitio remoto, se utiliza para ingresar los datos requeridos. (López Cualla, 2009)

Las bombas de agua se pueden usar para mitigar muchos riesgos en áreas residenciales, industriales y comerciales. En los sistemas de alcantarillado sin bombeo suficiente, se acumula agua estancada y puede ser responsable de transportar bacterias y enfermedades. Un bombeo suficiente asegura que el alcantarillado en bruto se mueva a un flujo constante, por lo que no hay posibilidad de acumulación de gases debido al estancamiento. El bombeo inadecuado en áreas pobladas también puede provocar que el agua fluya desde el sistema hasta los sótanos de inundación y los pisos de edificios a nivel del suelo. (Abu Zeid & Abdel-Rahman, 2013)

5.1. Bombeo de agua residual.

Una estación de bombeo está compuesta por un tanque grande, conocido como pozo húmedo, que actúa como receptor de las aguas residuales de un edificio o grupo de

edificios. Las aguas residuales de las casas individuales fluyen hacia el pozo húmedo. (Abu Zeid & Abdel-Rahman, 2013)

Las aguas residuales se sentarán en el pozo hasta que alcance un nivel predeterminado. Una vez que alcanza este nivel, una bomba se activará para presurizar las aguas residuales para que salga del pozo húmedo, cuesta arriba, hasta un punto donde ingrese a la alcantarilla principal, o que luego pueda viajar a la alcantarilla principal usando la gravedad.

5.2. Equipamiento electromecánico habitual en una EBAR

Un dispositivo electromecánico es uno hecho de partes mecánicas que requieren electricidad para funcionar. Los sistemas electromecánicos implican una colección simbiótica de elementos mecánicos y eléctricos que trabajan juntos para proporcionar la función necesaria. Los equipos y controles electromecánicos se usan comúnmente en maquinaria industrial, equipos de control y productos de consumo. (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)

Los ejemplos de equipos electromecánicos incluyen:

- Motores eléctricos
- Ensamblados como interruptores, solenoides, actuadores de válvulas eléctricas.
- Servomecanismos como servomotores, dispositivos de posicionamiento
- Registradores gráficos y medidores de potencia.
- Controles automáticos como relés, termostatos, controles de calefacción / refrigeración.

Los ejemplos de sistemas electromecánicos incluyen:

- Equipos mecatrónicos como robots.
- Controles de proceso automatizados y distribuidos como en una planta de proceso químico, planta y equipo off-shore no tripulados
- Paneles de control de equipos, p. salas de control de la planta de producción
- Mecanismo de posicionamiento de telescopio óptico y radiotelescopio

- Maquinaria para trabajar metal y madera con control numérico por computadora (CNC)
- Controles de gas de caldera, vapor y agua.
- Estos dispositivos / sistemas tienen partes mecánicas y eléctricas que sufren respectivamente fallas mecánicas y eléctricas.

5.3. Bombas Centrifugas

De acuerdo con Canal de Gestión de Isabel II (2016) se puede decir lo siguiente sobre las bombas centrifugas:

las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno de su forma lo conduce hacia las tuberías de salida. (Canal de Gestión de Isabel II, 2016)



Bomba Centrifuga. (Canal de Gestión Isabel II, 2016).

Se deben conocer la variedad de equipos de bombeo sumergibles, utilizados habitualmente en estaciones de bombeo de aguas residuales y que se van a ver beneficiados si el proyecto eventualmente se llegara a implementar por Acueductos y Alcantarillados.

De acuerdo con la empresa GARGIL en su página web (<https://gargil.es> 2021) un elemento de importancia de la evaluación del rigor metodológico:

Las bombas sumergibles de aguas sucias están diseñadas para poder bombear líquidos que contengan partículas sólidas en su interior. Según el tipo de aguas a evacuar, se pueden dividir en dos Tipos de Bombas Sumergibles para aguas Sucias.

5.4. Bombas de achique.

Estas bombas están pensadas para evacuar agua con sólidos de pequeño tamaño: tierra o piedrecitas que hayan podido arrastrar las aguas pluviales. Se utilizan para evacuar las aguas pluviales, aguas filtradas o para rebajar el nivel freático.

Visualmente se reconocen porque tienen una rejilla exterior en la parte inferior de la bomba. Esta rejilla hace de filtro para que no le entren partículas sólidas de gran tamaño, pues el paso de sólidos de sus rodetes es pequeño.

Sus conexiones suelen ser roscadas para acoplarle una manguera, aunque puede haberlas con brida si la bomba es grande.

Aquí podemos ver una imagen de una bomba de achique:



Tomada de <https://gargil.es>

Los materiales de construcción de la bomba pueden variar. Existen estas bombas preparadas para lidiar con aguas químicamente agresivas, siendo habitual utilizar bombas en plástico para ciertas aplicaciones como los fosos de los ascensores o trasiego de algún químico. (Pues el plástico es más resistente para esto que algunos metales).

Estas bombas pueden venir con un interruptor de flotador acoplado o ser gobernadas desde un cuadro.

5.5. Bombas sumergibles de aguas residuales.

Este tipo de bombas están pensadas para evacuar aguas con materia sólida en suspensión. Según el tamaño y tipo de la materia que contengan las aguas, utilizaremos una bomba de un determinado paso de sólidos y un tipo de rodete determinado.

Estas bombas suelen estar construidas en hierro fundido, aunque pueden estar hechas en acero inoxidable o en bronce marino para aguas industriales o pozos con agua salina en zonas costeras. También es habitual que los fabricantes proporcionen la opción de recubrimiento de la bomba en PVC o en cerámica líquida para protegerla contra agentes corrosivos y abrasivos.

Salvo algunos casos en bombas pequeñas estas bombas suelen instalarse por parejas e ir reguladas desde un cuadro de control para bombas de fecales.

A continuación, se puede observar la imagen de una bomba para agua residual:



Tomada de <https://gargil.es>

Las bombas de aguas residuales llevan uno de estos 4 tipos de rodete o impulsor:

- **Rodete mono canal**

Los rodetes mono canal se utilizan para mover aguas sucias poco cargadas. Tienen un buen rendimiento, pero pueden atascarse si existen materias fibrosas en el agua a bombear.

Cuando los diámetros de descarga de la bomba son pequeños, se ponen en bombas de achique o para bombear aguas pluviales. Para el bombeo de aguas fecales intervienen

cuando ya vamos a mover grandes cantidades de agua y tenemos un paso de sólidos grande.

Con el desgaste pierden estabilidad ya que la geometría del rodete no es simétrica.

- **Rodete Multicanal**

Los rodetes multicanal tienen una mejor estabilidad y comportamiento frente atascos que los mono canal con un rendimiento parecido. Existen diferentes diseños siendo los más extendidos los de dos, tres y cuatro canales. Generalmente en los catálogos de bombas se pueden encontrar denominados como bicanal (porque tienen dos canales) o simplemente multicanal.

- **Rodete Vortex**

Este tipo de rodete funciona creando un flujo que produce un vórtice en la carcasa de la bomba. Este vórtice aspira la materia prácticamente sin que entre contacto con el impulsor.

Este funcionamiento minimiza la posibilidad de bloqueo del impulsor además tolera muy bien el bombeo con sustancia abrasivas y con fibras. Sin embargo, tiene un mal rendimiento.

Se suelen poner para bombear aguas fecales o muy cargadas para bombas de tamaño pequeño y mediano. Cuando se requiere vehicular grandes caudales, se recurren a rodetes mono canal o multicanal para mejorar el rendimiento.

- **Hélices**

Las bombas sumergibles de hélice tienen un rodete similar a las hélices de un barco. Son las reinas en cuanto a la eficiencia, tienen un comportamiento frente atascos parecido a las mono canal, pero muy poca resistencia. Se utilizan para mover grandes caudales de agua con muy poca o sin presencia de sólidos. (<https://gargil.es>)

Existen variados tipos de equipos de bombeo para aguas residuales que actualmente se consiguen en el mercado, de los cuales, como se ve en los ejemplos tomados de la empresa GARGIL localizada en Murcia, España, todos manejan una estructura y tipo similar, como se va a visualizar más adelante también cuando se analicen las bombas sumergibles para aguas residuales instaladas en las EBAR.

6. Planta de tratamiento de aguas residuales.

De acuerdo con el *IDRICA en su página Web* (2024) varios elementos importantes a considerar sobre una planta de tratamiento:

Uno de los retos actuales a nivel global es tratar el mayor volumen de agua residual en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Tal y como sostiene el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2017, titulado “Las aguas residuales – El recurso desaprovechado”, estas pueden resultar un recurso clave para satisfacer la creciente demanda mundial de agua dulce y de materias primas.

Las aguas residuales o aguas negras son aquellas cuya calidad se ve afectada por la actividad humana, y se clasifican en urbanas, domésticas e industriales, según su procedencia.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales o EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) se encargan de recoger las aguas procedentes de una población o sector industrial y eliminar sus sustancias contaminantes. El objetivo de dicho proceso es devolver este recurso al ciclo del agua, ya sea mediante su vertido a los cauces de agua o bien para su reutilización en actividades como la agricultura.

¿Qué procesos se llevan a cabo en las plantas de tratamiento de aguas residuales?

El agua que entra en las plantas se somete a procesos de tipo físico, químico y biológico con la finalidad de eliminar los contaminantes presentes en el agua. Normalmente se distribuyen en 4 etapas: tratamiento preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario.

Además, en las plantas de tratamiento de aguas residuales, también tienen lugar otros procesos asociados a los subproductos obtenidos en los diferentes tratamientos. Algunos procesos, como el asociado al tratamiento y la gestión del fango, tienen una importancia significativa ya que su gestión tiene cierta complejidad y es de gran interés.

1. Pretratamiento

El tratamiento preliminar, o pretratamiento, es la etapa que da comienzo a la depuración de las aguas residuales y sirve para prepararlas para su purificación durante las siguientes etapas. Así, el agua se libera de objetos que puedan dañar la instalación o los equipos que se usarán a lo largo del proceso de depuración.

Durante esta etapa, primero suele tener lugar un proceso de desbaste, donde se separan los residuos sólidos de gran y mediano tamaño mediante rejas y tamices de diferente grosor. Posteriormente, se retiran las grasas y las partículas de arena utilizando desarenadores-desengrasadores

2. Tratamiento primario

El objetivo de esta etapa es eliminar una porción de los sólidos suspendidos. Para ello, el agua queda retenida durante 1 a 2 horas en decantadores para que la gravedad ayude a separar esas partículas. Otros beneficios de este proceso son la homogeneización de caudal y la eliminación de materia orgánica asociada a los sólidos suspendidos.

También es posible añadir sustancias químicas durante este proceso, como coagulantes y floculantes, para mejorar la sedimentación de los sólidos y eliminar fósforo. En determinados casos se suelen emplear sustancias básicas o ácidas para neutralizar el pH del agua.,

3. Tratamiento secundario

Este proceso tiene como objetivo la eliminación de la materia orgánica del agua, así como de nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo.

En el tratamiento secundario, un tratamiento principalmente biológico, se suele emplear la ayuda de bacterias y microorganismos para degradar y eliminar la materia orgánica y los diferentes nutrientes que contiene el agua. El tratamiento más extendido es el de los fangos activados, donde el agua a tratar pasa varios días en un tanque, en condiciones variables de oxígeno (condiciones aerobias, anóxicas y anaerobias) según los requisitos de eliminación requeridos. Aquí los diferentes tipos de bacterias que habitan en el tanque o reactor se alimentan de la materia orgánica y los nutrientes que contiene el agua, retirándolos de estas y pasando al interior de sus organismos.

Tras el proceso biológico es habitual una segunda decantación, o decantación secundaria, donde las bacterias que han crecido en el proceso anterior se precipiten a la parte inferior del decantador, generando una mezcla de agua y sólidos que son lo que se denomina fango biológico. Esta mezcla se extrae o purga por la parte

inferior del decantador y permite que por la parte superior salga el agua depurada sin la mayoría de las bacterias y sólidos, dando lugar al agua clarificada.

Es habitual que en las plantas depuradoras el tratamiento del agua finalice en este punto, cuando el agua tratada cumple con los requisitos de vertido definidos y no hay requisitos adicionales de calidad del agua para su reutilización o uso posterior.

4. Tratamiento terciario

Durante el tratamiento terciario o químico se busca aumentar la calidad final del agua para poder devolverla al medio ambiente (mar, ríos, lagos y demás cuencas hidrográficas) y, en algunos casos, emplearla para la actividad humana. Para ello, se realizan una serie de procesos con el objetivo principal de eliminar agentes patógenos, como bacterias fecales.

plantas de tratamiento de aguas residuales

Entre las técnicas utilizadas se encuentran: la filtración mediante camas de arena u otros materiales o la desinfección ya sea mediante cloro (habitualmente hipoclorito sódico) o con luz UV, para reducir la cantidad de organismos vivos microscópicos que se han generado en las etapas anteriores.

El tratamiento de los fangos, los residuos de las EDAR

Como subproducto del tratamiento de las aguas residuales se producen ciertos residuos. Destaca principalmente la generación de gran cantidad de fangos, extraídos en los procesos de decantación primaria y secundaria.

En primer lugar, se lleva a cabo una etapa de espesamiento de los lodos cuyo objetivo es la reducción del volumen de agua a tratar con la consiguiente optimización de los procesos existentes aguas abajo. Posteriormente, estos fangos mixtos se digieren mediante procesos aerobios (con aire) o anaerobios (en un tanque cerrado llamado digestor) para conseguir estabilizar el crecimiento de bacterias y para eliminarlas. A continuación, tiene lugar un proceso de reducción de la cantidad de agua mediante deshidratación, habitualmente con decantadoras centrífugas. Estos fangos, una vez que cumplen con los requisitos de sequedad y contenido en metales pesados, nutrientes y patógenos, deben gestionarse con el menor impacto para el medio ambiente. En España es habitual su reutilización en agricultura como fertilizante.

Las aguas residuales: un recurso clave para hacer frente a los retos actuales

La necesidad de aumentar el porcentaje de población con acceso a agua potable y saneamiento, en cumplimiento con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, supondrá a su vez un mayor vertido de aguas residuales. Esto implica que su tratamiento debe ser más eficiente, asequible y sostenible, para mayor aprovechamiento de este recurso.

En este aspecto se están llevando a cabo algunos avances a nivel global. Según datos de la UNESCO, en América Latina, por ejemplo, el tratamiento de aguas residuales ha llegado a casi duplicarse en los últimos 20 años. En España, Ídrica aporta su tecnología GoAigua en distintas EDAR para aprovechar de forma eficiente el agua resultante, con el fin de reutilizarla en la agricultura. Es otro ejemplo de cómo la tecnología ayuda a fomentar la sostenibilidad medioambiental en el caso de las aguas residuales.

Sin embargo, el porcentaje de aguas negras que se vierten sin ser tratadas es todavía elevado, por lo que debemos seguir trabajando en reducirlo. Un paso decisivo será generalizar la reutilización de las aguas residuales tratadas. En este sentido, es clave la transformación digital como vía para optimizar la gestión de las plantas depuradoras, las redes de saneamiento y el drenaje pluvial. Las soluciones de GoAigua Wastewater, por ejemplo, están diseñadas para mejorar procesos, asegurar la calidad del agua y reducir la huella de carbono, entre otros casos de uso. (IDRICA.com)

6.1. Equipamiento electromecánico habitual en una PTAR.

En la actualidad existe una extensa bibliografía técnica relativa al análisis y proyecto de los procesos empleados en el tratamiento o depuración de aguas, sin embargo, con respecto a los equipos electromecánicos utilizados en sus procesos, existe una evidente escasez de bibliografía que aborde de manera exclusiva este tema de la maquinaria empleada en este importante sector medioambiental. A continuación, se muestran los equipos empleados y sus características generales:

6.2. Sopladores de lóbulos rotativos.

Según Gardner Denver (2024) en su sitio web podemos ver las características de un soplador de lóbulos rotativos, que habitualmente son utilizados en las PTAR:

¿Cómo funcionan los sopladores de lóbulos rotativos?

Dentro del soplador, dos rotores diseñados con precisión se mueven sincronizadamente y giran en direcciones opuestas. Esta rotación sincronizada crea una fuerza de succión que atrae el aire hacia el soplador.

A medida que el aire entra, los lóbulos especializados de los rotores lo guían a través de un camino controlado dentro del soplador. Este proceso comprime el aire, aumentando su presión. Una vez que el aire está comprimido, el soplador lo expulsa con una fuerza significativa. Este flujo de aire a alta presión se utiliza para diversas aplicaciones industriales, como la aireación y la manipulación de materiales.

Lo que distingue a los sopladores de lóbulos rotativos es su capacidad de lograr un alto caudal de aire a niveles de presión relativamente bajos. Esta característica los hace adecuados para aplicaciones que requieren un caudal de aire constante y moderado, como el transporte neumático. Los sopladores de lóbulos rotativos están diseñados para ofrecer durabilidad y confiabilidad, con un mínimo de piezas móviles y una construcción robusta, lo que garantiza un funcionamiento ininterrumpido incluso en entornos difíciles.



Gardnerdenver.com. (2024).

¿Qué son los sopladores de lóbulos rotativos?

Los sopladores de lóbulos rotativos se han vuelto esenciales en varias industrias por su generación precisa de aire o gas a baja presión. Garantizan un flujo de aire constante

independientemente de los cambios de presión, lo que los hace ideales para aplicaciones que exigen confiabilidad, como el transporte neumático y el tratamiento de aguas residuales. Su eficiencia energética y durabilidad los distinguen aún más, ya que ofrecen ahorros de costos a largo plazo y un rendimiento confiable en entornos exigentes.

Ventajas de la tecnología de sopladores de lóbulos rotativos

Cuando se trata de sopladores industriales de lóbulos rotativos, elegir la tecnología adecuada puede marcar una gran diferencia en cuanto a eficiencia y rentabilidad. Los sopladores de lóbulos rotativos ofrecen ventajas significativas, lo que los convierte en una excelente opción para muchas empresas.

- Inversión asequible con beneficios a largo plazo
- Construido para durar en condiciones difíciles.
- Bajos niveles de ruido y vibración.
- Eficiencia energética

Diferentes tipos de sopladores de lóbulos rotativos

Existen tres tipos distintos de sopladores de lóbulos rotativos, cada uno de ellos diseñado para satisfacer las necesidades específicas de diversas industrias.

- Tecnología de lóbulos rectos.
- Tecnología de Tres lóbulos rectos.
- Tecnología de Tres lóbulos retorcidos.

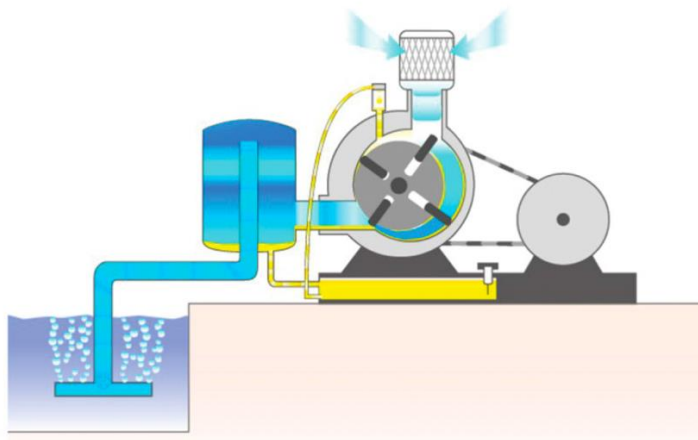
6.3. Sopladores de Paletas

Los componentes de este tipo de soplador de paletas son: El cuerpo del soplador o cilindro, el motor, la cámara de aire, la base que contiene el tanque de almacenamiento de aceite y el sistema de lubricación de aceite por goteo.

Mientras trabaja el aceite se mantiene circulando y lubricando las paletas, no solo para mantenerlas en buen estado, sino también para ayudar con el apriete y la compresión del aire.

Aplicaciones:

- Aireación en tanques para aguas residuales.
- Aspersión en tanques de fuel oil o quemadores de keroseno.
- Aireación en tanques de peces.
- Agitación en tanques de aguas.
- Cortinas de aire.



Soplador de Paletas. (www.tohin.com 2019).

6.4. Aireadores sumergibles

De acuerdo con la página web de BOSSTECH (2024), la aireación es un método empleado en las plantas de tratamiento de aguas residuales, muy común para así poder realizar el proceso debido dentro del reactor biológico, en seguida se muestran términos importantes para esta investigación:

¿Qué es la aireación en el tratamiento de aguas residuales?

La aireación es un paso importante en el proceso de tratamiento de agua, incluyendo los efluentes de aguas residuales. Los microorganismos en los tanques del proceso de tratamiento de aguas residuales mediante aireación descomponen compuestos orgánicos y nutrientes.

La eliminación de nutrientes es esencial porque las aguas residuales excesivamente ricas en nutrientes pueden causar desbalances en los ecosistemas si se liberan en el ambiente. Un efecto negativo de las aguas residuales enriquecidas con nutrientes es el desarrollo de floraciones de algas nocivas o «zonas muertas» en lugares acuáticos.

Las zonas muertas se forman cuando el crecimiento de algas se produce con rapidez, debido a la abundancia de nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo para alimentarse. Cuando la proliferación de algas crece sin control priva otros organismos del oxígeno que necesitan para sobrevivir afectando así la biodiversidad.

¿Por qué es importante?

El tratamiento de aguas residuales es el proceso de agregar aire a las aguas servidas para permitir la biodegradación aeróbica de componentes contaminantes. Es una parte integral de la mayoría de los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales.

A diferencia del tratamiento químico que utiliza químicos para reaccionar y estabilizar los contaminantes en la corriente de aguas residuales, el tratamiento biológico hace uso de microorganismos que se encuentran naturalmente en las aguas residuales para degradar los contaminantes presentes en ellas.

¿Cuándo se utiliza la aireación?

En el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, la aireación es parte de la etapa conocida como el proceso de tratamiento secundario. El proceso de lodos activados es la opción más común en este tratamiento.

La aireación en el proceso de lodos activados funciona mediante el bombeo de aire en un tanque, el cual promueve la proliferación microbiana en las aguas servidas. Los microbios se alimentan de la materia orgánica formando bandos que pueden sedimentarse fácilmente.

Luego de establecerse en un tanque de sedimentación separado, la bacteria que forma los montones de «lodo activado» recircula constantemente al tanque de aireación para aumentar el grado de descomposición.

¿Cómo funciona la aireación?

La aireación proporciona oxígeno a las bacterias para tratar y estabilizar las aguas servidas. Las bacterias necesitan oxígeno para permitir que se lleve a cabo la biodegradación. Asimismo, las bacterias en las aguas residuales utilizan el oxígeno suministrado para descomponer la materia orgánica que contiene carbón para formar dióxido de carbono y agua.

Sin la presencia de suficiente oxígeno, las bacterias no serían capaces de biodegradar la materia orgánica entrante en un tiempo razonable. En la ausencia de oxígeno disuelto, la degradación debe llevarse a cabo bajo condiciones sépticas lentas y olorosas y producir conversiones incompletas de contaminantes.

Bajo condiciones sépticas, algunos de los procesos biológicos convierten el hidrógeno y el azufre en sulfuro de hidrógeno y transforman el carbono en metano. Otros carbonos se convertirán en ácidos orgánicos que crean condiciones bajas de PH en la cuenca, dificultan el proceso de tratamiento de agua y fomentan la formación de olores.

Métodos de aireación en el proceso de lodo activado

Existen tres métodos para la aireación en el proceso de lodo activado.

1. Aire difundido

En los sistemas de aireación difusa, el agua se colecta en depósitos con difusores en sus bases. El aire comprimido se fuerza al interior del sistema a través de los difusores. Este

aire forma burbujas a través del agua, mezclando el agua y el aire y transfiriendo los contaminantes del agua al aire o, más a menudo, introduciendo oxígeno en el agua.

2. Aireación mecánica

Los sistemas de aireación mecánica son sumamente sencillos, pero no se encuentran entre las técnicas de purificación más frecuentes. Estos aireadores funcionan agitando vigorosamente el agua fuente con mezcladoras mecánicas. Cuando el agua se agita, recibe la infusión del aire purificador.

Existen dos tipos bien conocidos de aireadores mecánicos: aireadores verticales de superficie y aireadores horizontales de superficie.

3. Aireador combinado

En este sistema, la aireación de aire difundido y la aireación mecánica se combinan en una sola unidad. La aireación de aguas residuales se realiza mediante difusores de aire y aireadores mecánicos. Las placas del difusor de aire se ubican al fondo del tanque y las paletas sumergidas rotan en la dirección opuesta a aquella en donde el aire comprimido se eleva.

La aireación es el componente más esencial de un sistema de tratamiento utilizando el proceso de lodo activado. Un sistema de aireación bien diseñado tiene un impacto directo en el nivel de tratamiento de agua residual que logre. Un suministro de oxígeno distribuido amplia y uniformemente es la clave para un tratamiento de agua residual eficiente, rápido y rentable.



Aireador sumergible. (www.BOSSTECH.com 2024).

De acuerdo con el Manual de Instrucciones de instalación, operación y mantenimiento. (2014) podemos observar la configuración en la que se encuentra actualmente la bomba dentro de la PTAR Los Tajos.

6.5. Equipos de bombeo habituales en PTAR.

Según TELWESA en su página web telwesa.com (2022) existen varios tipos de trasiego para aguas residuales dentro de este proceso de saneamiento, y se destaca la importancia de los mantener operativos estos:

Una bomba es una máquina que se encarga de bombear agua de un sitio a otro. Tanto en el ámbito doméstico como en el industrial, una bomba puede utilizarse para multitud de finalidades. En el artículo de hoy, nos centramos en las bombas para aguas residuales.

El funcionamiento de bombas para el tratamiento de aguas residuales

La principal función de una bomba para aguas residuales es la de transportar el efluente a la planta de tratamiento de aguas. Su funcionamiento es muy sencillo y se basa en la interacción de la propia bomba y la tubería de impulsión o de presión. En este sentido, mediante la tecnología centrífuga, se impulsa y se eleva el agua residual.

Existen bombas para aguas residuales de instalación en seco. Sin embargo, en los últimos años, ha crecido considerablemente el uso de bombas sumergibles de aguas residuales. Se trata de una opción excelente al necesitar muy poco mantenimiento y tener una vida útil muy larga.

Tal y como se comenta, las bombas para aguas residuales se ocupan de bombear aguas provenientes de distintos usos, como las aguas industriales, las aguas fecales, las aguas agrícolas... Por ello, disponen de un diseño específico que les permite trabajar con aguas cargadas y con sólidos en suspensión.

Hoy en día, existen varias empresas especializadas en la fabricación de este tipo de bombas y ofrecen una amplia variedad de modelos. En este sentido, para elegir correctamente una bomba para aguas residuales es fundamental tener en cuenta la naturaleza de los sólidos que se deben bombear. Cabe destacar que cada bomba está pensada para un uso en concreto, con lo que es indispensable escoger la potencia apropiada en cada caso. En este proceso, le recomendamos dejarse asesorar por un profesional que pueda garantizar la solución óptima.

Por último, queríamos terminar este artículo reflexionando en torno a la importancia de escoger los mejores sistemas y tecnologías en el tratamiento de aguas residuales. Las acciones de evacuación de aguas residuales deben gestionarse con sumo cuidado y atención, ya que representan un grave peligro para la salud pública si no son eliminadas con rapidez. Por ello, insistimos en la importancia de contar con el asesoramiento adecuado en cada una de estas fases. El motivo es claro: en un proceso de tratamiento de aguas residuales se debe asegurar la salubridad y, en consecuencia, también se debe cumplir con los parámetros exigidos por la normativa vigente.

También podemos incluir dentro de los equipos habituales en las PTAR, a las bombas de sumidero, las cuales dentro de este proyecto son utilizadas para recirculación en reactor y otras funciones dentro de las PTAR Independientes:

¿Qué es un sumidero?

Un sumidero (a veces llamado cuenca de sumidero, fosa séptica o pozo de sumidero) es un agujero construido intencionalmente en el punto más bajo de un sótano o espacio de arrastre bajo la vivienda, con el propósito de controlar dónde se acumula el exceso de agua subterránea y agua de lluvia.

¿Qué es una bomba de sumidero?

Una bomba de sumidero es una bomba pequeña que normalmente se encuentra en un sumidero.

¿Qué hace una bomba de sumidero?

Las bombas de sumidero alejan el exceso de agua de los cimientos de una estructura para ayudar a prevenir daños por agua.

¿Cómo funciona una bomba de sumidero?

Cuando el sumidero comienza a acumular agua, la bomba de sumidero se activará y comenzará a bombear agua fuera del sumidero y hacia un lugar más apropiado, lejos de los cimientos de una estructura, como un patio inclinado o un desagüe pluvial municipal. Los sistemas de las bombas de sumidero normalmente incluyen tres componentes claves: Bomba primaria – Es la principal fuente de eliminación de agua, generalmente funciona con electricidad.

Bomba de respaldo – Se usa cuando la bomba primaria falla o el sistema pierde energía, o cuando la bomba primaria no puede eliminar el agua lo suficientemente rápido. Las bombas de respaldo pueden funcionar ya sea con batería o con agua.

Alarma para una bomba de sumidero – Te avisa cuando el agua en el sumidero ha aumentado a un nivel que requiere medidas adicionales para eliminar el agua del sumidero.

¿Qué tipos de bombas de sumidero existen?

Existen tres tipos de bombas:

Bomba de sumidero sumergible – Esta bomba utiliza un motor eléctrico hermético que está acoplado directamente a la carcasa de la bomba, este tipo de bomba está diseñada para sumergirse en agua, por lo que se encuentra debajo del piso del sótano, completamente oculta dentro del sumidero.

Bomba de sumidero de pedestal – También conocida como bomba de sumidero de tipo "columna" o "vertical", tiene un motor eléctrico abierto no diseñado para ser sumergido en agua, se coloca fuera del sumidero y por encima del piso del sótano.

Bomba de sumidero accionada por agua – Funciona con la presión del agua corriente de la ciudad en vez de usar energía eléctrica, y está diseñada para estar sumergida en agua. Debido a que requiere una importante presión de agua para operar eficientemente, a menudo no puede usarse si la presión de agua de tu ciudad es baja o limitada, o si tu vivienda recibe agua de un pozo privado.



Bomba de sumidero. TELWESA.com (2024).

Según lo recopilado en la página web de Synertech.com se puede conocer un poco lo relevante de los tornillos tamiz utilizados para el pretratamiento de las aguas residuales:

6.6. Tornillo Tamiz

El tamiz tornillo es una máquina combinada para la separación de los sólidos presentes en las aguas residuales y su posterior compactación y deshidratación. Los sólidos en suspensión quedan retenidos en la criba aumentando el nivel en la parte anterior de la misma y en ese momento comienza a funcionar el sinfín, que limpia la criba, sube el material, lo deshidrata y lo compacta. El tamiz tornillo para aguas residuales está diseñado para ser instalado en canales de tratamiento de agua donde se requiere un tamizado fino de aguas residuales de origen urbano e industrial. Realiza las funciones de tamizado, transporte de sólidos, deshidratación y compactación.



Tornillo tamiz para aguas residuales. (synertech.com 2024).

Ventajas del Tornillo Tamiz

La máquina se compone de las siguientes partes: Criba Sinfín de transporte Compactador. Tamiz perforado con orificios de entre 0.5 y 1 mm Dicha criba se mantiene limpia gracias a un cepillo fijado en la parte externa del sinfín. El sinfín de transporte está formado por

una hélice sin eje que permite elevar los sólidos depositados. El compactador opcional, ubicado en la parte superior, usa al propio sinfín de transporte para efectuar la compactación-deshidratación del cribado.

¿Para qué sirve un tamiz?

Un tamiz, colador de malla fina o tamiz, es un dispositivo para separar los elementos deseados del material no deseado o para controlar la distribución del tamaño de las partículas de una muestra, utilizando una pantalla como una malla tejida, una red o un material de lámina perforada. La palabra tamizar deriva de colar.

¿Qué es un Tamiz Tornillo?

es un equipo diseñado para plantas de tratamiento de agua de pequeño caudal donde se precisa un tamizado fino de las aguas residuales tanto urbanas como industriales. Los residuos del tamiz de tornillo son retenidos en la malla filtrante donde un tornillo transportador efectúa su limpieza por medio de un sistema de cepillo que a su vez los transporta hacia la parte superior para su posterior vertido. La característica principal del tamiz de tornillo es que aglutina varias funciones a la vez evitando la instalación de otros equipos complementarios. En primer lugar efectúa la función de desbaste fino, transportador y compactado-deshidratado.

¿Qué es un tamiz industrial?

Estas unidades, llamadas habitualmente “tamizadoras industriales de control” o “tamiz industrial de seguridad”, se utilizan para garantizar que se consigue la calidad de producto en polvo o líquidos adecuada mediante la eliminación de contaminación por partículas de gran tamaño.

¿Qué es el tamizado en el tratamiento de aguas residuales?

El tamizado es un proceso imprescindible cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos, y que consiste en una filtración en la que se hace pasar el agua residual bruta del tamiz.

7. Análisis de fallos.

7.1. Tiempo medio entre fallos y tiempo medio de reparación (MTBF Y MTTR)

De acuerdo con la información recopilada de Emaint en su página web (<https://www.emaint.com/es/mtbf-mttf-mttr-maintenance-kpis/> 2022) un elemento de importancia para el análisis de los equipos instalados en las EBAR y PTAR, utilizando los fallos

y tiempos de funcionamiento, se pueden obtener los siguientes KPI de mantenimiento que se explican a continuación:

¿Qué es el tiempo medio entre fallos (MTBF)?

Todas las máquinas acaban fallando. El tiempo medio entre fallos (MTBF) representa el tiempo esperado entre dos fallos para un sistema reparable. En pocas palabras, el MTBF predice el tiempo que un equipo funciona sin interrupciones. El MTBF es uno de los KPI de mantenimiento más eficaces para analizar la fiabilidad de los activos y prever su rendimiento futuro. Por lo tanto, el objetivo es tratar de mantener el MTBF lo más alto posible haciendo que el sistema sea más fiable.

Ventajas del seguimiento del MTBF:

- Optimizar la programación del mantenimiento preventivo
- Predecir la frecuencia de los fallos durante la producción
- Permite estimar cuándo un activo puede fallar o necesita ser reemplazado
- Mejorar el inventario y la disponibilidad de las piezas

¿Cómo se calcula el MTBF?

Se puede calcular el MTBF tomando el tiempo total de funcionamiento de una máquina (uptime) y dividiéndolo por el número de averías durante ese mismo periodo.

$MTBF = \text{Tiempo total de funcionamiento} \div \text{número de fallos.}$

De acuerdo con la información recopilada de Emaint en su página web (<https://www.emaint.com/es/mtbf-mttf-mttr-maintenance-kpis/> 2022) para el análisis del MTTR:

¿Qué es el tiempo medio de reparación (MTTR)?

El tiempo medio de reparación (MTTR) mide la capacidad de mantenimiento de las máquinas y componentes reparables. Calcula el tiempo medio para reparar un activo averiado, incluyendo el tiempo que se tarda en probar y diagnosticar. El MTTR puede ayudar a los responsables de la fiabilidad a ver cuánto tiempo tardan los técnicos en reparar una máquina específica y a examinar por qué una reparación concreta lleva más tiempo del esperado. El objetivo es mantener el MTTR lo más corto posible para reducir el tiempo de inactividad de los equipos.

Las operaciones de mantenimiento pueden reducir el MTTR analizando sus métricas de mantenimiento y sus procesos de reparación para determinar dónde y cómo reducir los tiempos de reparación y optimizar el proceso estandarizando las tareas de mantenimiento preventivo.

¿Cómo se calcula el MTTR?

Calcule el tiempo medio de reparación sumando el tiempo empleado en una reparación dividido por el número de reparaciones.

$MTTR = \text{Tiempo total dedicado a las reparaciones} \div \text{número de reparaciones}$

Ventajas del seguimiento del MTTR

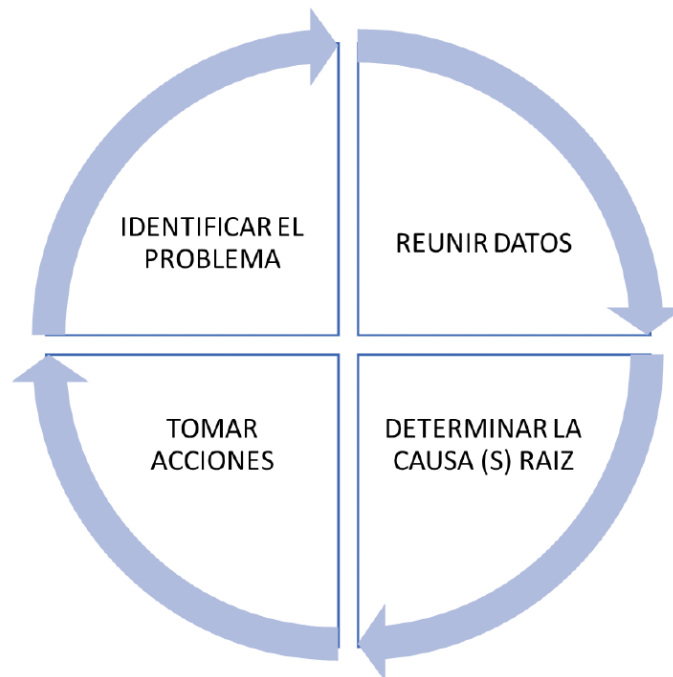
Comprender la capacidad de reacción de la operación ante los fallos

Identificar los casos frecuentes de reparación y planificar en consecuencia

Medir con respecto al MTTR anterior para acortar el tiempo de inactividad

7.2. Análisis Causa – Raíz. (RCA)

El análisis causa – raíz (RCA) es una técnica que permite descubrir la causa de la falla, que podría ser una raíz física o una raíz humana. El propósito de este análisis es resolver problemas que afectan el rendimiento de la estación y evitar problemas de recurrencia. Se utilizan varias técnicas, como análisis de modos de fallas y efectos, árbol de fallo, Ishikawa, 5 porqués. (Alfaro Blanco, 2014)



Esquema del análisis causa – raíz (Alfaro Blanco, 2014).

De acuerdo a lo visto en el blog realizado por Vicente Serrano (19 de abril del 2024) en la página web de DATADEC en el análisis de causa raíz existen importancias relevantes para la realización de este proyecto, a continuación, se detalla un poco su análisis:

¿De qué se trata el Análisis Causa Raíz?

El Análisis Causa Raíz es una metodología para identificar y controlar el origen de los problemas o fallos que se presenten en los activos, con el fin de mitigar o solventar el problema de forma óptima y elevar la confiabilidad tanto del equipo como de todo el sistema.

Como sabemos, para toda corporación es primordial elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento preventivo. Y ante cualquier fallo de un equipo, la prioridad es aplicar una rápida acción correctiva al problema y, muy importante, evitar que suceda nuevamente.

Pero ¿cómo aplicar correctivos oportunos? Lo primero es detectar las causas reales, y en esto nos ayuda el Análisis Causa Raíz.

Objetivos del RCA (por sus siglas en inglés)

De forma general, se puede decir que un RCA tiene tres objetivos principales:

Determinar la causa raíz del problema o fallo que se presente. Para esto se hace necesario contar con una base de datos sólida, sobre los procesos, los equipos y sistemas que conforman la línea de producción de la empresa. Incluso sobre las averías pasadas.

Ofrecer la base necesaria para comprender el problema, establecer una solución y aprender para futuros inconvenientes.

Solventar el problema. Porque ayuda a visibilizar las diversas formas de abordar o enfrentar el incidente o avería. Y facilita la elaboración de procedimientos, tanto a nivel de mantenimiento preventivo como correctivo.

Algunos métodos empleados en el Análisis de Causa Raíz

En la aplicación del RCA puede emplearse cualquiera de los métodos que faciliten la implementación de la lógica y la generación de ideas para detectar las causas probables del fallo en el equipo o en el sistema.

Por ejemplo, está el método de los 5 porqués, el de diagrama de pescado, el árbol de fallos, el análisis de Barreras, etc.

Método de los 5 porqués

El método de los porqués consiste en preguntar repetidamente el porqué de la ocurrencia de una avería en equipos o de un fallo en el sistema o proceso.

Normalmente se pregunta hasta cinco veces ¿por qué? Pero, realmente, debe realizarse la pregunta hasta encontrar de manera sistemática la respuesta que concuerde con el origen o causa del problema.

Por ejemplo:

Problema: Un camión de transporte de mercancías arranca de manera intermitente.

¿Por qué? Presenta una avería en el motor de arranque.

¿Por qué? El relé de arranque no funciona.

¿Por qué? El cableado eléctrico está conectado de manera incorrecta.

¿Por qué? Error en el procedimiento del mantenimiento preventivo.

¿Por qué? Falta de capacitación del personal técnico.

Solución: Evaluar el nivel de capacitación de todo el personal técnico e implementar planes de formación.

Diagrama de Ishikawa o “espina de pescado”

Este método, creado por Kaoru Ishikawa, es una herramienta que ayuda a detectar y visualizar todas las posibles causas raíz para un determinado problema. Consiste en la creación de un diagrama que, a medida que se desarrolla, toma la forma de espina de un pez.

A partir del problema se desprende una línea horizontal, y sobre dicha línea se incluyen, a modo de espinas, las categorías que se deben analizar (personas, equipos, procesos, etc.). Además, de estas categorías se desprenden otras espinas más pequeñas que indican las posibles causas.

Pasos principales para un Análisis Causa Raíz

Para aplicar el RCA de forma correcta existen algunos pasos que deben seguirse:

Previo a la actuación:

Reunir un equipo cualificado para llevar a cabo el análisis. Siempre un RCA debe aplicarse en base a la colaboración, el conocimiento y la experiencia aportada por el personal más calificado de cada departamento.

Determinar las categorías de análisis para el problema. Por ejemplo, los fallos en la aplicación de procedimientos, los errores de fabricación, los errores humanos, etc.

Implementar un software para mantenimiento. Se trata de un programa informático en el que se almacenan los datos e información de cada uno de los activos de la empresa. Además, automatiza el seguimiento de la gestión de mantenimiento. Por ejemplo, el Software ERP, mediante uno de sus módulos.

Al intervenir en el fallo o avería de los activos:

Enumerar las causas posibles del problema. En este paso es necesario tener una visión amplia y neutral, observar el contexto del fallo, pero también los días previos al incidente.

Para esto es necesario:

- Realizar una investigación de los hechos.
- Recopilar las pruebas del hecho ocurrido: físicas, digitales, testigos, etc.

- Establecer los escenarios probables.
- Recopilar datos e información sobre el historial del activo. Aquí es importante la información que puede proporcionar el programa para mantenimiento implementado en la organización. Por ejemplo, una de las aplicaciones que ofrece esta funcionalidad es el software ERP.
- Analizar la información y establecer correlaciones de acciones o eventos ocurridos que puedan haber incidido en la aparición del fallo. Este proceso dará como resultado la determinación de la causa raíz del problema.

Después de solventar la avería:

Medir la efectividad del RCA aplicado. Es la manera de medir la confiabilidad de los pasos que se han llevado a cabo en la solución del problema y conocer si pueden ser implementados para acciones futuras.

Crear un plan de acciones preventivas para disminuir la probabilidad de ocurrencia del fallo y evitar que pueda ser la causa de otros tipos de averías en los activos.

Ventajas de aplicar el Análisis Causa Raíz

Aplicar el Análisis Causa Raíz ayuda a que la gestión de mantenimiento preventivo y correctivo sea más eficaz. Porque facilita la visualización del origen principal del problema o fallo y la determinación de la solución. Por lo tanto, elimina la necesidad y el coste que implica solventar la avería de forma constante.

El RCA es un método que ayuda a resolver las incidencias y averías en los activos de la empresa, de manera sistémica y sistemática. Otorgando a la organización una mayor confiabilidad operacional.

Lo que se traduce en la disminución de los riesgos asociados a los procesos o equipos, en ofrecer un entorno de trabajo más seguro y disminuir las paradas, parciales o totales, de la línea de producción.

En conclusión, un RCA contribuye a la seguridad y a la productividad empresarial.

8. Definiciones sobre análisis financiero.

De acuerdo con Economipedia.com (2022) se pueden identificar y explicar conceptos importantes a la hora de realizar un estudio financiero.

8.1. Finanzas públicas

Es decir, esta rama de las finanzas se centra en dos frentes que son competencia del Gobierno: la recaudación de impuestos y el gasto público. Dependiendo de ambos, se puede generar un déficit o superávit públicos. Si hay superávit fiscal tendremos ahorro público. Por el contrario, si existe déficit, aumentará la deuda pública.

Las finanzas públicas deben tener como uno de sus objetivos principales un presupuesto público sostenible en el tiempo. Es decir, no debería generarse una deuda pública que en el largo plazo obligue, por ejemplo, a elevar impuestos o a recortar beneficios a los ciudadanos.

En ese sentido, parte de las tareas de las finanzas públicas es definir las herramientas de financiamiento del Estado. Se puede optar, por ejemplo, por la emisión de bonos soberanos.

8.2. Ingreso público

Por un lado, el Gobierno debe gestionar la recaudación de impuestos, tratando de establecer un sistema con equidad impositiva. Es decir, se debe tratar al contribuyente en función a su situación económica.

Para definir el sistema tributario se debe tomar en cuenta que una elevada carga tributaria puede incentivar a que los ciudadanos realicen sus actividades económicas en la informalidad. Esto, para evitar el pago de altos impuestos.

8.3. Gasto público

Por otro lado, las finanzas públicas también se encargan de la definición del presupuesto estatal. Este debe buscar satisfacer, en principio, las necesidades básicas de todos los ciudadanos, como salud, educación y seguridad.

Asimismo, el Estado debe promover proyectos de inversión que eleven la productividad del país en el largo plazo. Esto se da, por ejemplo, con el desarrollo de infraestructura y con la inversión en innovación.

Debe tomarse en cuenta además que los ciudadanos se verán más incentivados a pagar impuestos si perciben que el Estado usa los recursos recaudados en beneficio de la población.

El Gobierno debe tomar entonces todo esto en consideración en la estructuración del presupuesto estatal, que usualmente se hace cada año. Aunque también se pueden desarrollar planes de periodos más largos, como quinquenales.

8.4. Tasa Interna de Retorno. (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) es la rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión para comprobar la viabilidad de una inversión. Permite comparar inversiones entre ellas. Cuanto mayor sea la TIR mejor será la inversión.

Está muy relacionada con el valor actualizado neto (VAN). De hecho, la TIR también se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

A la hora de valorar la viabilidad un proyecto de inversión es importante tener en cuenta la tasa de descuento de ese proyecto. Si la tasa de descuento es superior a la TIR, el proyecto no es viable, porque nos cuesta más financiar el proyecto que lo que obtenemos a largo plazo por la inversión, una vez descontados los pagos futuros a su valor presente. Por ejemplo, si la TIR resulta igual al 3%, pero la tasa de descuento es del 5%, el proyecto no será viable.

¿Cómo se calcula la TIR?

También se puede definir basándonos en su cálculo, la TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Donde:

Ft son los flujos de dinero en cada periodo t

I₀ es la inversión que se realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

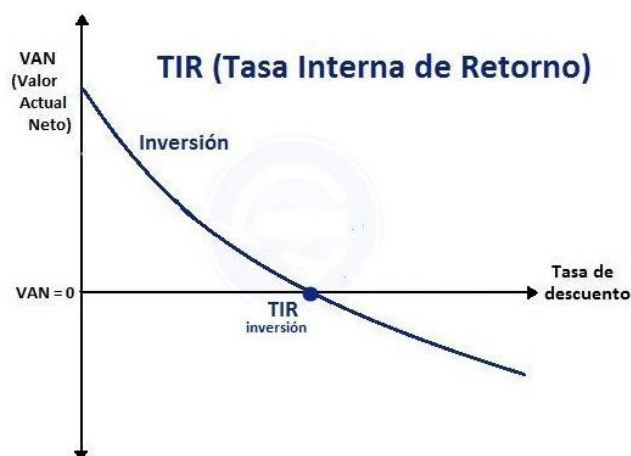
8.5. Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

Representación gráfica de la TIR

Como hemos comentado anteriormente, la Tasa Interna de Retorno es el punto en el cual el VAN es cero. Por lo que si dibujamos en un gráfico el VAN de una inversión en el eje de ordenadas y una tasa de descuento (rentabilidad) en el eje de abscisas, la inversión será una curva descendente. El TIR será el punto donde esa inversión cruce el eje de abscisas, que es el lugar donde el VAN es igual a cero:



Inconvenientes de la Tasa interna de retorno

Es muy útil para evaluar proyectos de inversión ya que nos dice la rentabilidad de dicho proyecto, sin embargo, tiene algunos inconvenientes:

Hipótesis de reinversión de los flujos intermedios de caja: supone que los flujos netos de caja positivos son reinvertidos a “r” y que los flujos netos de caja negativos son financiados a “r”.

La inconsistencia de la TIR: no garantiza asignar una rentabilidad a todos los proyectos de inversión y existen soluciones (resultados) matemáticos que no tienen sentido económico:

- Proyectos con varias r reales y positivas.
- Proyectos con ninguna r con sentido económico.

8.6. Tasa de descuento

La tasa de descuento es el coste de capital que se aplica para determinar el valor presente de un pago futuro.

La tasa de descuento es muy utilizada a la hora de evaluar proyectos de inversión. Nos indica cuánto vale ahora el dinero que recibiremos en una fecha posterior.

Cabe precisar que la tasa de interés sirve para aumentar el valor (o añadir intereses) en el dinero actual. La tasa de descuento, por el contrario, resta valor al dinero futuro cuando se traslada al presente, al menos que sea negativa. En caso de que la tasa de descuento fuera negativa, se entendería que, contrario a lo que indica la teoría, el dinero futuro vale más que el actual.

Salvo situaciones excepcionales, la tasa de descuento es positiva porque, aunque exista la promesa de recibir dinero en el futuro, no hay certeza total de que eso sucederá. Esto es porque puede surgir algún problema por parte de quien hará el pago. Por esa razón, cuánto más lejano está el dinero que vamos a recibir, menos valdrá en el presente.

Relación de la tasa de descuento y los tipos de interés

La tasa de descuento es muy útil para conocer cuánto vale el dinero del futuro en la actualidad. Su relación con los tipos de interés es la siguiente:

$$d = i / (1 + i)$$

Siendo «d» la tasa de descuento e «i» los tipos de interés.

La tasa de descuento permite calcular el valor actual neto (VAN) de una inversión y así determinar si un proyecto es rentable o no. A su vez, también permite saber la tasa interna de rendimiento o TIR, que es el tipo de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

8.7. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en nº de unidades monetarias. (euros, dólares, pesos, etc.)

Fórmula del valor actual neto (VAN)

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I₀ es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n es el número de periodos de tiempo

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuales y, en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

VAN > 0: El valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

VAN = 0: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

VAN < 0: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

8.8. Ventajas e inconvenientes del VAN

Como cualquier métrica e indicador económico, el valor actual neto presenta unas ventajas y desventajas que se presentan a continuación:

Ventajas del valor actual neto

El VAN tiene varias ventajas a la hora de evaluar proyectos de inversión, principalmente que es un método fácil de calcular y a su vez proporciona útiles predicciones sobre los efectos de los proyectos de inversión sobre el valor de la empresa. Además, presenta la ventaja de tener en cuenta los diferentes vencimientos de los flujos netos de caja.

Desventajas del valor actual neto

Pero a pesar de sus ventajas también tiene algunos inconvenientes como la dificultad de especificar una tasa de descuento la hipótesis de reinversión de los flujos netos de caja (se supone implícitamente que los flujos netos de caja positivos son reinvertidos inmediatamente a una tasa que coincide con el tipo de descuento, y que los flujos netos de caja negativos son financiados con unos recursos cuyo coste también es el tipo de descuento).

8.9. Costo Anual Equivalente

Según la página el Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica en su documento de Fundamentos de Investigación (2023) se puede definir que:

El Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) es un indicador utilizado en la evaluación de proyectos e inversión y corresponden a todos los ingresos y desembolsos convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente que es la misma cada período. Cuando se utiliza el Método CAUE, el costo anual uniforme equivalente de la alternativa debe calcularse sólo para un ciclo de vida útil porque, el CAUE es un costo anual equivalente sobre la vida útil del proyecto. Si el proyecto se continúa por más de un ciclo, el costo anual equivalente para el siguiente ciclo y todos los ciclos subsiguientes sería exactamente el mismo que el primero, suponiendo que todos los flujos de caja fueran iguales para cada ciclo. El Método del CAUE consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos. Obviamente, si el CAUE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y, por lo tanto, el proyecto puede

realizarse; pero, si el CAUE es negativo, es porque los ingresos son menores que los egresos y en consecuencia el proyecto debe ser rechazado.

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

Este criterio de evaluación es útil en aquellos casos en los cuales la TIR y el VAN no son del todo precisos. Cuando un activo tiene un valor final de salvamento (VS), existen varias maneras por medio de la cuales se puede calcular el CAUE. A continuación 3 Métodos para calcular el Costo Anual Uniforme Equivalente:

MÉTODO DE FONDO DE AMORTIZACIÓN DE SALVAMENTO:

El costo inicial (P) se convierte primero en un costo anual uniforme equivalente utilizando el factor A/P (recuperación de capital). El valor de salvamento, después de la conversión a un costo uniforme equivalente por medio del factor A/F (fondo de amortización), se resta del costo anual equivalente del costo inicial. La Ecuación General es:

$$\text{CAUE} = P / (A/P, i \%, n) - VS (A/F, i \%, n) + \text{CAO}$$

Dónde:

- P: Costo Inicial
- VS: Valor de Salvamento
- i : tasa de interés
- n: Período de tiempo
- CAO: Costo Anual de Operación

PASOS POR SEGUIR:

- 1- Anualizar el costo de la inversión inicial sobre la vida útil del activo, utilizando el factor A/P.
- 2- Anualizar el valor de salvamento empleando el factor A/F.
- 3- Restar el valor de salvamento anualizado del costo anualizado de inversión.
- 4- Sumar los costos anuales uniformes al valor del paso 3.

MÉTODO DEL VALOR PRESENTE DE SALVAMENTO:

El valor presente del Valor de salvamento se resta del costo inicial de inversión y la diferencia resultante se anualiza para la vida útil del activo. La Ecuación General es:

$$\text{CAUE} = [P - VS (P/F, i \%, n)] (A/P, i \%, n) + \text{CAO}$$

Dónde:

- P: Costo Inicial
- VS: Valor de Salvamento
- i : tasa de interés

- n: Periodo de tiempo
- CAO: Costo Anual de Operación

PASOS POR SEGUIR:

- 1- Calcular el valor presente del valor de salvamento por medio del factor P/F
- 2- Restar el valor obtenido en el paso 1 del costo inicial P.
- 3- Anualizar la diferencia resaltante sobre la vida útil del activo, empleando el factor A/P
- 4- Sumar los costos anuales uniformes al resultado del paso 3.

MÉTODO RECUPERACIÓN DE CAPITAL MÁS INTERESES:

Se reconoce que se recuperará el valor de salvamento si se resta el valor de salvamento del costo de la inversión antes de multiplicar por el factor A/P. Sin embargo, el hecho de que el valor de salvamento no se recuperará para n años debe tenerse en cuenta al sumar el interés VS (i) perdido durante la vida útil del activo. Al no incluir este término se supone que el valor de salvamento se obtuvo en el año cero en vez del año n. La Ecuación General es:

$$CAUE = [(P - VS) (A/P, i \%, n)] + VS (i) + CAO$$

Dónde:

- P: Costo Inicial VS: Valor de Salvamento
- i : tasa de interés
- n: Periodo de tiempo
- CAO: Costo Anual de Operación

PASOS POR SEGUIR:

- 1- Restar el valor de salvamento del costo inicial
- 2- Anualizar la diferencia resultante con el factor A/P
- 3- Multiplicar el valor de salvamento por la tasa de interés
- 4- Sumar los valores obtenidos en los pasos 2 y 3
- 5- Sumar los costos anuales uniformes al resultado del paso 4.

INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO OBTENIDO

Algunas de las situaciones donde sólo se presentan costos para el análisis económico son:

- 1- **SELECCIONAR ENTRE DOS O MÁS EQUIPOS ALTERNATIVOS:** Para un proceso industrial o comercial, que elabora una parte de un producto o servicio. El equipo no elabora un producto o servicio final que se pueda vender y obtener ingresos por la venta del mismo.

2- SELECCIONAR ENTRE DOS O MÁS PROCESOS ALTERNATIVOS:

Para el tratamiento de contaminantes producidos por una industria. El proceso de tratamiento es forzoso instalarlo, pues así lo exige la Ley, pero esa inversión no producirá ingresos.

3- REEMPLAZAR UN SISTEMA DE PROCESAMIENTO MANUAL: Se

requiere reemplazar un sistema de procesamiento manual de datos, por un sistema computarizado, o se requiere sustituir el procesamiento de datos, que actualmente se realiza en computadoras personales, por un procesamiento en red. La inversión que este cambio requiere no producirá ingresos, pero son inversiones necesarias en muchas industrias y negocios.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

Cuando se habla de enfoque de investigación se hace referencia a la naturaleza del estudio, es decir, el método o la forma en la que se aborda el objeto de estudio. Los tres tipos de enfoques propuestos son Cualitativo, Cuantitativo y Mixto. Con el fin de tener mayor claridad en el concepto y sus diferencias se da una breve explicación a continuación:

Enfoque cuantitativo

Tal como lo indica Yáñez (2020), en el enfoque cuantitativo el análisis de la información se basa en cantidades o dimensiones. Es decir, el elemento numérico tiene protagonismo. Cuando en una investigación se usa un enfoque cuantitativo, las hipótesis del investigador se someten a mediciones numéricas y sus resultados se analizan de forma estadística. Se trata de una investigación objetiva y rigurosa en la que los números son significativos.

Este enfoque permite lograr un conocimiento muy particular y comprobable del objeto de estudio. Aunque hay números y estadísticas involucradas, no hace falta ser matemático para hacer un análisis cuantitativo. Hay múltiples herramientas que automatizan y facilitan esta tarea. Se trata de un trabajo secuencial y deductivo en el que la comprobación de las hipótesis suele ser más rápida.

Matriz de conceptualización: Investigaciones con Enfoque Cuantitativo.

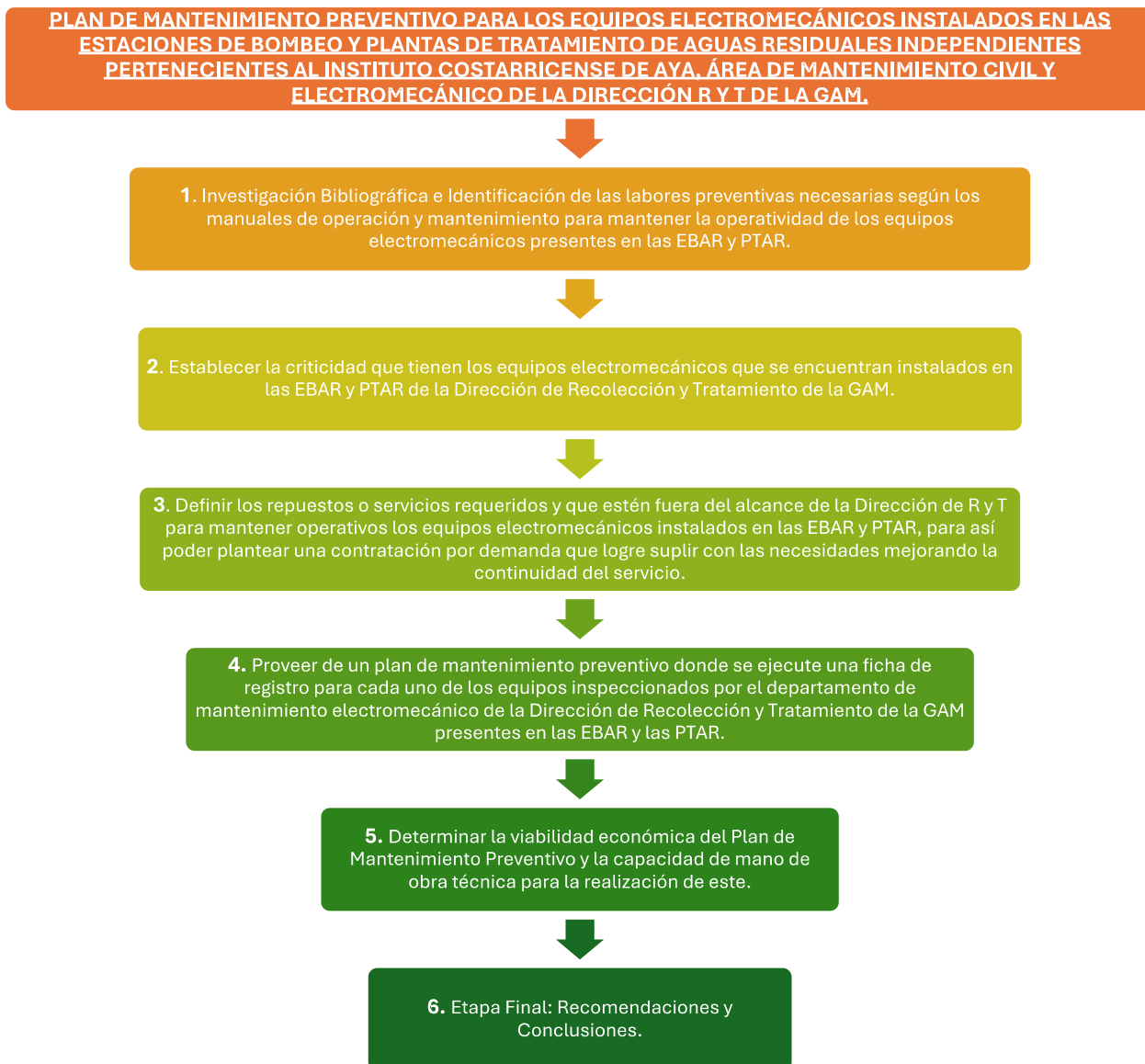
Tabla 1. Enfoque Cuantitativo. (Fuente propia)

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Identificar los diferentes equipos electromecánicos y sus características y así poder realizar un análisis de criticidad.	Criticidad. Equipos.	Evaluación de riesgo. (escala de 1 a 5) Cantidad de equipos.	Es el grado de importancia que tienen los diferentes equipos electromecánicos en los sistemas de saneamiento.	Se medirá gracias a la identificación de equipos y a través de una evaluación de Riesgo: Puntuación en una escala de 1 a 5 que considera la severidad de las consecuencias	Análisis de registros de mantenimiento y fallas. Evaluación de Riesgo.

				de fallo en los equipos.	
Establecer las labores preventivas necesarias según los manuales de operación y mantenimiento.	Labores en los equipos electromecánicos.	Cantidad de tareas preventivas definidas en los manuales.	Con la información brindada en los manuales técnicos de operación y mantenimiento de los equipos.	Realizando el trabajo en campo sobre los diferentes equipos y análisis de sus manuales técnicos.	Manuales Técnicos de Operación y Mantenimiento de los Equipos.
Definir los repuestos o servicios requeridos para mantener operativos los equipos electromecánicos.	Repuestos.	Repuestos básicos de los equipos, necesarios para el mantenimiento preventivo.	Se establece mediante componentes, piezas de recambio y servicios técnicos necesarios para la reparación, mantenimiento y operatividad de los equipos electromecánicos.	Realizando cotizaciones y consultas en el mercado según los manuales técnicos para conocer los repuestos necesarios en cada equipo.	Proformas, consultas con proveedores y Manuales de Operación y Mantenimiento. (Hojas de cálculo en Excel)
Proveer de un plan de mantenimiento preventivo donde se ejecute una ficha de registro para cada uno de los equipos.	Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos electromecánicos.	Mejora en la operatividad y continuidad de los sistemas de saneamiento.	Conjunto organizado de actividades programadas que se llevan a cabo de manera regular para asegurar el correcto funcionamiento y prolongar la vida útil de los equipos.	Se desarrollará mediante la creación de un cronograma de actividades y fichas de registro para cada equipo.	Manuales de Operación y Mantenimiento y Análisis Ingenieril en campo. Hojas de cálculo en Excel de los Indicadores.
Determinar la viabilidad económica del Plan de Mantenimiento Preventivo.	Servicios y Repuestos cotizados. (colones) Mano de Obra.	Costo de la Inversión. (colones)	Mediante las cotizaciones a proveedores autorizados y miembros de SICOP.	Estudio de mercado y análisis financiero.	Proformas proveedores y Hojas de cálculo en Excel.

Fuente: Elaboración propia (Enfoque cuantitativo).

En el siguiente gráfico se muestra la metodología seguida a lo largo de este proyecto en seis etapas, esto en base a sus objetivos.



Fuente: Elaboración propia (Estructura de trabajo).

CAPÍTULO IV: DESARROLLO

1. Ubicación geográfica, características e identificación de los lugares de estudio.

Antes de comenzar con el análisis necesario para la realización del plan de mantenimiento preventivo, para los equipos electromecánicos de las diferentes EBAR y PTAR, bajo la responsabilidad de la Dirección de R y T y su departamento de mantenimiento electromecánico, se deben conocer los planteles del Instituto Costarricense de AyA, las cantidades y características de sus equipos (marca, modelo), además de la ubicación actual dentro de la GAM. Primero en la siguiente tabla se identifican las EBAR:

Tabla 2. Ubicaciones y equipos de las EBAR. (Fuente propia)

EBAR	UBICACIÓN	CANT.	EQUIPOS	MARCA	MODELO
La Florita	Fallas, San José, Desamparados.	1	Bomba Centrifuga Horizontal	GORMAN RUPF	T3A3-B
Cerámica Poas	Fallas, San José, Desamparados.	1	Bomba Centrifuga Sumergible	ABS	AFP
San Esteban Rey	Urbanización San Esteban Rey Calle Fallas, San José, Desamparados.	1	Bomba Centrifuga Horizontal	GORMAN RUPF	T3A3-B
Capri 1	San Miguel, San José, Desamparados.	1	Bomba Centrifuga Horizontal	GORMAN RUPF	T3A65S-B
Capri 2	San Miguel, San José, Desamparados.	1	Bomba Centrifuga Horizontal	GORMAN RUPF	UB65S-B
Los Guido	Los Guido, San José, Desamparados.	2	Bombas Centrifugas Sumergibles	SULZER	XFP150E-CB1.4-PE105
Casa Campo	Urbanización Casa Campo, San José, Desamparados.	2	Centrifugas Sumergibles	FLIGHT	3127 170-0816
Alta Moravia	Residencial Alta Moravia, San José, Moravia.	1	Bomba Centrifuga Horizontal	GORMAN RUPF	T4B3-B
Danzas del Sol	Residencial Danzas del Sol, Lomas de Ayarco Sur, Curridabat, San José.	1	Bomba Centrifuga Sumergible	VAUGHAN	S18-CHS0-0009
Florida Norte	Urbanización Florida Norte, San José, Tibás.	1	Bomba Centrifuga Horizontal	GORMAN RUPF	T3A3S-B
Lindora	Lagos de Lindora, San Pablo, Heredia.	2	Centrifugas Sumergibles	SULZER	EJ30D-3MS

Fuente: Elaboración propia (Ubicaciones y equipos de las EBAR).

Además, se muestran los nombres de los planteles encargados de tratar esas aguas residuales, sus ubicaciones, características (marca, modelo) de sus equipos de bombeo, el Tornillo Tamiz ubicado únicamente en la PTAR Bosques de Santa Ana y los diferentes tipos de sopladores, además de las cantidades de dichos equipos que se encuentran bajo la responsabilidad de la Dirección de R y T y su departamento de mantenimiento electromecánico:

Tabla 3. Ubicaciones equipos de bombeo y tornillo PTAR.

PTAR	UBICACIÓN	CANT.	EQUIPOS	MARCA	MODELO
Bosques de Santa Ana	Residencial Bosques de Santa Ana, Santa Ana, San José.	5	Bombas Sumergibles tipo Vortex	DAB	FEKA VS
		1	Tornillo Tamiz	HUBER	Ro 9 con # serie S-100646583
André Challe	Urbanización André Challe, Los Sitios, La Trinidad de Moravia, San José.	2	Bombas Sumergibles tipo Vortex	DAB	FEKA VS
Santa Isabel	Urbanización Santa Isabel, San Pablo, Heredia.	3	Bombas Sumergibles tipo Impulsor Cerrado	GOULDS	WW0511A
Lagos de Lindora	Urbanización Lagos de Lindora, Santa Ana, San José.	2	Bombas Sumergibles tipo Vortex	DAB	FEKA VS
Monte Lindo	Urbanización Monte Lindo, Moravia, San José.	3	Bombas Sumergibles tipo Impulsor Cerrado	GOULDS	WW0511A
Boulevard Las Palmas	Urbanización Boulevard Las Palmas, Ciudad Colón, Mora, San José.	2	Bombas Sumergibles tipo Vortex	DAB	FEKA VS
Rincón Verde II	Residencial Rincón Verde II, San Pablo, Heredia.	3	Bombas Sumergibles tipo Vortex	DAB	FEKA VS
Calle Lajas	Urbanización Calle Lajas, Escazú, San José.	3	Sumergible tipo Vortex	DAB	FEKA VS
Altadena	Residencial Altadena, San Pedro Montes de Oca, San José.	1	Bomba Sumergible tipo Vortex	DAB	FEKA VS
Santa Cecilia.	Urbanización Santa Cecilia, San José, Puriscal.	2	Bombas Sumergible	FORAS	SP 60G

Fuente: Elaboración propia (Ubicaciones y equipos de bombeo PTAR).

Tabla 4. Ubicaciones y equipos sopladores PTAR.

PTAR	UBICACIÓN	CANT.	EQUIPOS	MARCA	MODELO
Bosques de Santa Ana	Residencial Bosques de Santa Ana, Santa Ana, San José.	2	Sopladores Lóbulos	ROBUSHI	RSW45/P15
André Challe	Urbanización André Challe, Los Sitios, La Trinidad de Moravia, San José.	1	Soplador Lóbulos	Gardner Denver HeliFlow	HYCL MBA, HF408-LHBD
Santa Isabel	Urbanización Santa Isabel, San Pablo, Heredia.	1	Soplador Sumergible	TSURUMI PUMP	22-BER5
Lagos de Lindora	Urbanización Lagos de Lindora, Santa Ana, San José.	4	Sopladores Lóbulos	ROBUSHI	RSW45/P15
Monte Lindo	Urbanización Monte Lindo, Moravia, San José.	1	Soplador Sumergible	TSURUMI PUMP	22-BER5
Boulevard Las Palmas	Urbanización Boulevard Las Palmas, Ciudad Colón, Mora, San José.	2	Sopladores Lóbulos	Gardner Denver HeliFlow	HYCL MBA, HF408-LHBD
Rincón Verde II	Residencial Rincón Verde II, San Pablo, Heredia.	1	Soplador Lóbulos	Gardner Denver HeliFlow	HYCL MBA, HF408-LHBD
Calle Lajas	Urbanización Calle Lajas, Escazú, San José.	1	Soplador Sumergible	TSURUMI PUMP	22-BER5
Altadena	Residencial Altadena, San Pedro Montes de Oca, San José.	2	Sopladores de Paletas	TOHIN ROTARY VANE	HC-60 S
Santa Cecilia.	Urbanización Santa Cecilia, San José, Puriscal.	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (Ubicaciones y equipos sopladores PTAR).

2. Análisis de Criticidad.

A continuación se realiza el análisis de criticidad donde se medirá a través de una evaluación de riesgo, ejecutada mediante una puntuación en escala de 1 a 5 donde se consideran varios aspectos como si existe o no un equipo de respaldo para suplir la necesidad de una eventual salida de operación, la severidad de las consecuencias de una falla en los equipos, que implique ese cese de operación, las implicaciones legales que puede tener la Institución si llega a faltar con el servicio de tratamiento de aguas residuales referente al reglamento vigente de vertido y reúso de aguas residuales, regulado y controlado por el Ministerio de Salud y MINAE, donde para identificar esa severidad se detalla la información en la siguiente tabla:

Tabla 5. Análisis de Criticidad e identificación de evaluación de riesgo.

NÚMERO	GRADO DE SEVERIDAD	COLOR
1	Severidad Mínima	
2	Severidad Media Baja	
3	Severidad Media	
4	Severidad Media Alta	
5	Severidad Alta	

Fuente: Elaboración propia (Análisis de Criticidad e identificación de evaluación de riesgo).

Para las EBAR se realiza el estudio en campo pertinente, donde se toma en cuenta para el análisis, la situación actual de todas las estaciones de bombeo, donde en algunas de ellas solo existe un equipo para trasegar las aguas residuales de la población que habita y produce estas en la zona donde se ubica geográficamente, lo cual vuelve más severo el puntaje ya que no existe un equipo de respaldo en caso de fallos en el sistema, lo que provocaría que las aguas residuales sin tratar sean depositadas en la cuenca más cercana mediante los rebalses diseñados en cada EBAR, que pueden ir directo a la cuenca o hacia la red pluvial más cercana, aumentando la contaminación que existe actualmente y que puede repercutir a la Institución de manera negativa ante los entes reguladores. Seguido se adjunta la tabla 6, donde se expresan los valores de criticidad para las EBAR a cargo de la Dirección R y T y su departamento de mantenimiento:

Tabla 6. Análisis de Criticidad para las EBAR.

EBAR	CANT.	EQUIPOS	CRITICIDAD
1. La Florita	1	Bomba Centrifuga Horizontal	5
2. Cerámica Poas	1	Bomba Centrifuga Sumergible	5
3. San Esteban Rey	1	Bomba Centrifuga Horizontal	5
4. Capri 1	1	Bomba Centrifuga Horizontal	5
5. Capri 2	1	Bomba Centrifuga Horizontal	5
6. Los Guido	2	Bomba Centrifuga Sumergible	3
7. Casa Campo	2	Bomba Centrifuga Sumergible	3
8. Alta Moravia	1	Bomba Centrifuga Horizontal	5
9. Danzas del Sol	1	Bomba Centrifuga Sumergible	4
10. Florida Norte	1	Bomba Centrifuga Horizontal	5
11. Lindora	2	Bomba Centrifuga Sumergible	3

Fuente: Elaboración propia (Análisis de Criticidad para las EBAR).

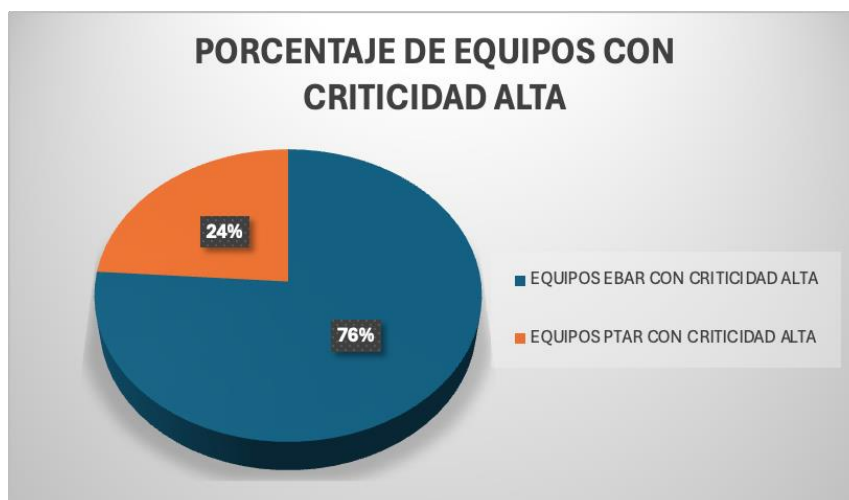
Se analizan también las PTAR donde existen principalmente dos tipos de equipos para el análisis realizado en todas las plantas de tratamiento, utilizados para completar sus procesos biológicos de las aguas residuales mediante procesos aeróbicos, por lo tanto se plasman dos grupos con criticidad independiente, *Equipos Sopladores* y *Equipos de Bombeo* dentro de la Tabla 7, donde se basa este análisis al igual que el realizado en las EBAR, si existe o no un equipo de respaldo para garantizar su continua operatividad, además de su diseño ya que es primordial para cumplir con el reglamento vigente de vertido regulado por el Ministerio de Salud y MINAE, pero lo más importante, para colaborar con la salud del medio ambiente.

Tabla 7. Análisis de Criticidad para las PTAR.

PTAR	CANT.	EQUIPOS	CRITICIDAD
1. Bosques de Santa Ana	2	Sopladores Lóbulos	3
	5	Bombas Sumergibles	2
2. André Challe	1	Soplador Lóbulos	5
	2	Bombas Sumergibles	3
3. Santa Isabel	1	Soplador Sumergible	5
	3	Bombas Sumergibles	3
4. Lagos de Lindora	4	Sopladores Lóbulos	2
	2	Bombas Sumergibles	4
5. Monte Lindo	1	Soplador Sumergible	5
	3	Bombas Sumergibles	3
6. Boulevard Las Palmas	2	Sopladores Lóbulos	3
	2	Bombas Sumergibles	4
7. Rincón Verde II	1	Soplador Lóbulos	5
	3	Bombas Sumergibles	3
8. Calle Lajas	1	Soplador Sumergible	5
	3	Bombas Sumergibles	3
9. Altadena	2	Sopladores de Paletas	3
	1	Bombas Sumergibles	5
10. Santa Cecilia	0	No utiliza aireación	
	2	Bombas Sumergibles	3

Fuente: Elaboración propia (Análisis de Criticidad para las PTAR).

Como se logra ver en las tablas 6 y 7, al momento de realizar el análisis tanto en las EBAR, como las PTAR, se logra evidenciar como las EBAR presentan mayor criticidad, ya que la mayoría de las estaciones de bombeo no poseen de un equipo de respaldo, por lo tanto, si llegase a suceder una evento de fallo que provoque la salida de operación del sistema, estas aguas residuales estarían siendo depositadas ya sea a la cuenca más cercana o alguna red pluvial por los rebalses diseñados para el pozo, lo que implicaría en una falta por parte de la Institución ante el ente regulador. A continuación, se muestra un gráfico donde se plasman únicamente los equipos con severidad alta, tanto en las EBAR como en las PTAR, para así lograr evidenciar aún más su notoria diferencia:



Fuente: Elaboración propia (Porcentajes Criticidad Alta tanto en EBAR como PTAR).

Además y para respaldar aún más este análisis, se adjunta la tabla 8, donde se plasman las horas mensuales durante el año 2024, en que las estaciones de bombeo estuvieron detenidas por fallos ocurridos en los equipos, implicando que el agua residual no tratada, fuese depositada en esos períodos a las cuencas más cercanas, esto por no contar con un equipo de respaldo ni con los repuestos necesarios para solucionar a la brevedad posible el problema presentado, que además podrían ser reparados y reemplazados muchos de estos repuestos, por la mano de obra técnica del departamento de mantenimiento electromecánico de la Dirección R y T.

Tabla 8. Tiempo fuera de servicio de las EBAR.

Resumen Horas de Fallas o Tiempo Fuera de Equipos

Mes	Estaciones de Bombeo de Agua Residual (EBAR)												Total
	Capri 1	Capri 2	Casa Campo	Danzas del Sol	Lagos de Lindora	La Florita	Cerámica Poas	San Esteban Rey	Florida Norte	Alta Moravia	Los Guido	Lomas de Ayarco	
ene-24	4	2	0	0	0	744	0	2	0	5	18	0	775
feb-24	0	0	0	0	0	696	0	0	0	7	16	0	719
mar-24	0	0	0	0	0	744	0	0	0	0	0	0	744
abr-24	0	387	0	0	0	226	0	0	0	0	5	0	618
may-24	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
jun-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312	0	0	312
jul-24	22	0	0	0	0	0	0	0	0	456	0	0	478
ago-24	9	0	0	0	0	0	0	0	0	744	0	0	753
sept-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	720	49	0	769
oct-24	0	10	0	0	0	0	0	0	0	538	216	0	764
nov-24	0	26	29	0	0	0	0	0	0	0	300	0	355
dic-24	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	214	0	226
Total	35	425	35	0	6	2414	0	2	0	2782	817	0	
Promedio	3	35	3	0	1	201	0	0	0	232	68	0	

Fuente: Dirección R y T AyA (Tiempo fuera de servicio de las EBAR).

En la tabla 8 se puede notar que, durante el año 2024, mensualmente siempre fueron reportadas horas con alguna de las EBAR fuera de servicio, en algunos meses superando las 700 horas, lo que deja claro la criticidad por falta de equipo de respaldo que se tiene actualmente

gracias a ese mal estado de los equipos de bombeo de agua residual por la falta de un plan de mantenimiento preventivo.

3. Labores Preventivas y Programadas para los equipos.

Para facilitar el análisis de los equipos, se realiza una clasificación en grupos, a los que se les deben ejecutar las labores preventivas encontradas en los manuales de operación y mantenimiento, específicas de cada maquinaria. Esto para plasmar su frecuencia y tiempo de ejecución, además se van a diferenciar las labores que son preventivas de las labores que deben ser programadas ya que implican un desarme o paro del equipo:

3.1 Bombas Centrifugas Horizontales. (Motor externo):

Se tienen los siguientes equipos marca GORMAN RUPP, a los cuales se les detallan las actividades preventivas y programadas adquiridas de sus respectivos manuales en inglés, mismas que son idénticas para cada uno de los diferentes modelos que tiene a cargo la Dirección R y T e identificados en los manuales de operación y mantenimiento:

- **GORMAN RUPP Modelo T4B3-B:**

Labores preventivas:

Semanal

1. Revisión general del estado del equipo, sonidos extraños o fugas de aceite.
2. Revisión de la tensión en las correas.
3. Medición de parámetros eléctricos.

Labores programadas:

Mensual:

1. Revisión de válvula de alivio de aire.
2. Revisión del juego del impulsor.

Semestral:

3. Alineamiento de acoples directos o mediante poleas, según sea el caso.

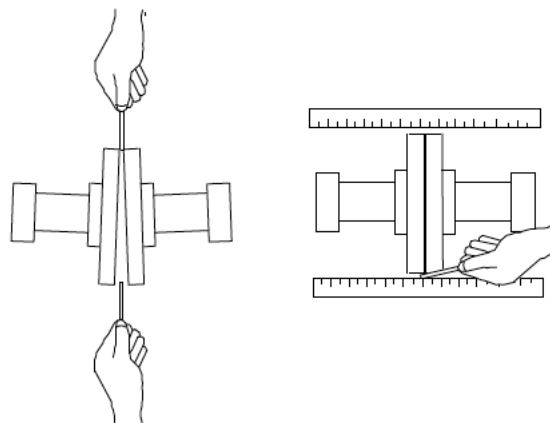
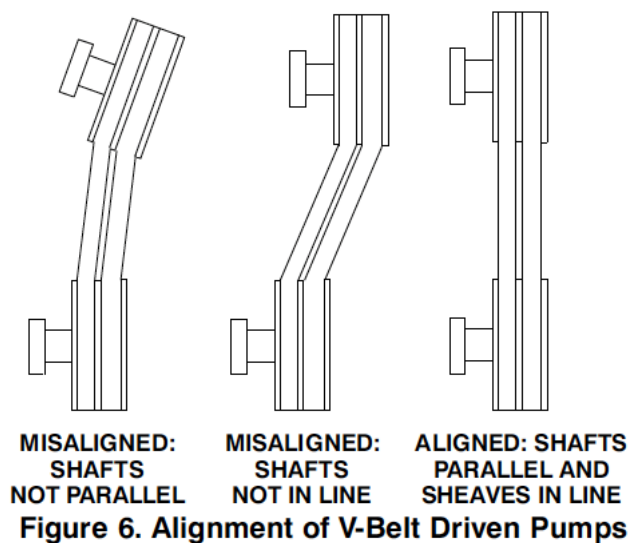


Figure 5. Aligning Non-Spider Type Couplings



Labor programada de alineamiento. (INSTALLATION, OPERATION, AND MAINTENANCE MANUAL)

Anual:

1. Cambio de sello mecánico y rodamientos.

Para los siguientes modelos de bombas Gorman Rupp, tanto las labores preventivas como programadas son las mismas vistas anteriormente para el modelo T4B3-3 según cada manual de mantenimiento exclusivo para los modelos que se detallan a continuación:

- a. **GORMAN RUPP Modelo T3A3-B.**
- b. **GORMAN RUPP Modelo T3A65S-B.**
- c. **GORMAN RUPP Modelo UB65S-B.**
- d. **GORMAN RUPP Modelo T3A3S-B.**

3.2 Bombas Centrifugas Sumergibles. (Motor sumergible):

Para el caso de las bombas sumergibles se tienen 3 tipos/marcas diferentes de equipos, los cuales se ven los detalles de actividades preventivas y programadas vistas en los manuales de operación y mantenimiento respectivamente:

- **SULZER Modelo XFP150E-CB1.4-PE105:**

Labores preventivas:

Semanales:

1. Verificación de parámetros eléctricos.

Labores programadas:

Semestrales:

1. Inspeccionar el estado del aceite en la cámara del sello, que no exista emulsión.
2. Inspeccionar visualmente el impulsor en busca de daños u obstrucciones.

Anuales:

1. Cambio de aceite de la cámara de sello.
2. Ajuste de impulsor. (No mayor a 0.2mm)
3. Cambio de sello mecánico y rodamientos.

- **VAUGHAN Modelo S18-CHS0-0009:**

Labores preventivas:

Diarias:

1. Visualizar que el nivel del aceite que lubrica sello mecánico no disminuya
2. Medición de parámetros eléctricos.

Labores programadas:

Anuales:

1. Ajuste del impulsor.
2. Cambio de sello mecánico y rodamientos.

- **FLYGT Modelo 3127 170-0816:**

Labores preventivas:

Semanalmente:

1. Medición de parámetros eléctricos y funcionamiento.

Labores programadas:

Anuales:

1. Cambio de sello mecánico y rodamientos. (Overhaul)
2. Verificación y reemplazo del impulsor de ser necesario.

3.3 Bombas Centrifugas Sumergibles para Aguas Residuales. (De 1/2 HP a 1HP):

Para este tipo de bombas existen dentro de las PTAR tres (3) tipos de bombas que varían un poco en sus características, más sin embargo todas ellas cumplen en varios de los procesos la misma función:

- **Bomba DAB modelo FEKA VS:**

Labores preventivas:

Semanalmente:

1. Revisión de parámetros eléctricos.

Labores programadas:

Anuales:

1. Cambio de aceite de estanqueidad.
2. Verificación y cambio de impulsor de ser necesario.

- **Electrobomba FORAS modelo SP 60G:**

Labores preventivas:

Semanalmente:

1. Revisión de parámetros eléctricos.
2. Limpieza de filtro en succión

Labores programadas:

1. Verificación o cambio de impulsor.

- **Bomba GOULDS modelo WW0511A:**

Labores preventivas:

Semanalmente:

1. Revisión de parámetros eléctricos.
2. Limpieza de filtro en succión.

Labores programadas:

Anualmente:

1. Verificación o cambio de impulsor.
2. Cambio de aceite.
3. Cambio de sello mecánico y rodamientos.

3.4 Sopladores de Lóbulos Rotativos. (Motor externo):

Dentro de este grupo de equipos, existen dentro de las PTAR dos (2) equipos de diferente marca, pero con características muy similares, en seguida sus labores preventivas según fabricante:

- **Soplador ROBUSHI modelo RSW45/P15:**

Labores preventivas:

Semanales:

1. Visualizar que el nivel del aceite no disminuya.
2. Verificar la presión negativa del filtro aspirador no debe superar los -45mbar (máxima depresión).

Semestrales:

1. Limpiezas de las rejillas de ventilación en la Cabina.

Labores programadas:

Anualmente:

1. Sustitución de aceite y filtro.
2. Sustitución de filtro de aire.

2 años:

1. Sustitución de las correas.
2. Desarme refaccionamiento, revisión general del equipo y sus lóbulos.

- **Soplador Gardner Denver Modelo Heli Flow HYCL MBA, HF408-LHBD:**

Labores preventivas:

Semanalmente:

1. Revisar el nivel de aceite.
2. Verificar la correcta carga y descarga.
3. Revisar temperatura y presión de descarga.

Mensualmente:

1. Revisar si existe acumulación de suciedad en el enfriador.

Labores programadas:

Bimensual:

1. Cambiar el elemento filtrante de aceite.

Semestralmente:

1. Cambio de aceite.

Anualmente:

1. Revisar que la válvula de alivio opere correctamente.
2. Cambiar el separador de aceite.

3.5 Sopladores Sumergibles. (Motor sumergible):

En este grupo existe un único equipo, el cual se le identifican las labores preventivas según su manual en la sección de mantenimiento:

- **Soplador TSURUMI PUMP Modelo 22-BER5:**

Labores preventivas:

Semanales:

1. Medición de parámetros eléctricos.

Semestral:

1. Inspección del sistema de sujeción.

Labores programadas:

Mensual:

1. Inspección del impulsor.

Anual:

1. Inspección de aceite, que no exista emulsión.

2 años:

1. Cambio de aceite en cámara de sello mecánico. (VG 32)
2. Cambio de rodamientos y sello mecánico. (Refaccionamiento)

3.6 Soplador de Paletas. (Motor externo):

Esta información sobre el soplador de paletas marca TOHIN fue recopilada con el contratista AMINSA, encargado de los mantenimientos preventivos de equipos similares utilizados en la Caja Costarricense de Seguro Social, (CCSS) y cliente usual de AyA ya que no se encontraron en la Web las labores preventivas, únicamente catálogos con especificaciones técnicas.

- **Soplador TOHIN ROTARY VANE modelo HC-60 S:**

Labores preventivas:

Semanales:

1. Revisión o corrección de fugas existentes en juntas.

2. Verificación o Reparación de correcto funcionamiento de goteo tanto en operación como de forma manual.
3. Verificación de estado de Fajas tipo V.

Mensuales:

1. Limpieza de abanico de motor.
2. Revisión y soque de conexionado eléctrico.

Labores programadas:

Anuales:

1. Sustitución del Filtro de Aire.
2. Cambio Aceite Tipo mineral ISO VG 220.
3. Verificación o cambio de Fajas tipo V numeración B-72.
4. Cambio de lubricador de aceite.
5. Corrección o ajuste de válvula de presión / vacío.

2 años:

1. Cambio de Rodamientos, retenedores engrase y ajuste.
2. Verificación o sustitución de las láminas / paletas del compresor.

3.7 Tornillo Tamiz:

- **Tornillo Tamiz HUBER modelo Ro9:**

Labores preventivas:

Semanales:

1. Revisión del estado del filtro.
2. Inspección visual de la operación del tornillo.
3. Verificar conexionado y medición de parámetros eléctricos.

Labores programadas

Mensuales:

1. Limpieza del filtro tamiz.
2. Revisar las tuberías de aspersión de agua.

Anual:

1. Desarme e inspección de desgaste en partes, cambio de retenedores, anillos y cepillo limpiador.

3.8 Motores eléctricos:

Labores preventivas

Semanales:

1. Inspección Visual: Revisar el estado general del motor, las conexiones eléctricas y componentes mecánicos.
2. Limpieza: Eliminar polvo y suciedad de la carcasa y la ventilación.

Mensuales:

1. Lubricación: Engrasar rodamientos y partes móviles según las especificaciones del fabricante.
2. Revisión de Conexiones: Asegurarse de que todas las conexiones eléctricas estén firmes y sin corrosión.

Labores programadas

Anual:

1. Verificación de Aislamiento: Medir la resistencia del aislamiento con un megóhmetro.

2 años:

1. Cambio de rodamientos.

4. Definición de repuestos y servicios requeridos para los equipos.

Para lograr identificar los repuestos y servicios requeridos para los diferentes equipos electromecánicos instalados tanto en las EBAR, como en las PTAR, se tuvieron que realizar cotizaciones y consultas a diferentes proveedores miembros de SICOP y habituales clientes del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. A continuación, se muestran las empresas a quienes se les realizaron las consultas:

Tabla 9. Proveedores para los equipos.

Empresas/Proveedores
ECOSEAL
ZEBOL
ALSARA
EEC INTERNACIONAL
AMINSA
ALROTEK
INNOVAGUA CR

Fuente: Elaboración propia (Proveedores de los equipos).

Con el resultado de dichas consultas y cotizaciones, además de lo plasmado en los manuales de operación y mantenimiento, se identifican a continuación los diferentes repuestos requeridos para cada uno de los grupos de equipos anteriormente categorizados:

4.1 Bombas centrífugas horizontales.

En este grupo en particular se tienen las bombas marca Gorman Rupp que varían en su modelo, por lo tanto, se especifican los repuestos para los modelos existentes en las diferentes EBAR, esto gracias a la colaboración del proveedor ZEBOL y su contacto con fábrica.

Tabla 10. Repuestos para modelos de bombas Gorman Rupp.

Nombre	Marca	Modelo	Serie	Rodamientos	Retenedores	Sello Mecánico	Empaque Camara Sello
Bomba #1 San Esteban Rey	Gorman-Rupp	T3A3-B	1195896	S1749/23252-013	S1352 (2unid)	46513-150	10959G 20000
Bomba #1 Capri 1	Gorman-Rupp	T3A65S-B	1376220	S1749/23252-013	S1352 (3unid)	46512-074	10959G 19410
Bomba #2 Capri 2	Gorman-Rupp	U4B65S-B	1363639	S1088/S375	S1352 (3unid)	46512-074	10959G 19410
Bomba #1 Florita Norte	Gorman-Rupp	T3A3S-B	326760N	S1749/23252-013	S1352 (3 unid)	46513-150	10959G 20000
Bomba #2 Florita	Gorman-Rupp	T4B3-B	1201288	S1040/23276-009	S1352 (2unid)	46513-150	10959G 20000
Nombre	Marca	Modelo	Serie	Espaciador Ensamble Rotativo	Separador Impulsor a Sello	O-rings	Impulsor
Bomba #1 San Esteban Rey	Gorman-Rupp	T3A3-B	1195896		37J 17090	S1748(3 unid)	11406 11010
Bomba #1 Capri 2	Gorman-Rupp	T3A65S-B	1376220		37J 17090	25154-447(3unid)/25152-446(1unid)	11406 1718H
Bomba #2 Capri 3	Gorman-Rupp	U4B65S-B	1363639	13130-3 17040(8unid)	37J 17090	25154-276 (4unid)/25154-258(1unid)/25152-276(2unid)	38619-011 1718H
Bomba #1 Florita Norte	Gorman-Rupp	T3A3S-B	326760N		37J 17090	S1748(3 unid)/25152-446(1unid)/25154-022(1unid)	11406 11010
Bomba #2 Florita	Gorman-Rupp	T4B3-B	1201288	13130 17040(4un)	37J 17090	S1674 (3unid)/25154-273 (2unid)/25154-022(1unid)	38618-002 10010
Nombre	Marca	Modelo	Serie	Tornillo Impulsor	Arandela Impulsor	Empaque Caja roles	Plato de Desgaste
Bomba #1 San Esteban Rey	Gorman-Rupp	T3A3-B	1479661	F1004S 1500G	31167-029 16000	38683-268 18000	11407A 15990
Bomba #1 Capri 1	Gorman-Rupp	T3A65S-B	1563533	F1004S 1704G	31167-029 1706H/38329-040 17130	38683-268 19410	11407A 1718H
Bomba #2 Capri 2	Gorman-Rupp	U4B65S-B	1647404	DM1004S 17090	10278 17090	38683-271 19410	46451-757
Bomba #1 Florita Norte	Gorman-Rupp	T3A3S-B	326760N	F1004S 1500G	31167-029 16000	38683-268 18000	11407A 15990
Bomba #2 Florita	Gorman-Rupp	T4B3-B	1201289	DM1004S 15991	10278 15030	38683-248 18000	46451-330

Fuente: Elaboración propia (Repuestos para modelos de bombas Gorman Rupp).

4.2 Bombas Centrifugas Sumergibles.

Para las bombas centrifugas sumergibles que se encuentran instaladas en las EBAR, de marcas FLYGT y SULZER se contacta al proveedor ALSARA para identificar los repuestos de recambio utilizados en el refaccionamiento, los mismos vienen según lo indicado por el proveedor en “Kits” de reparación para los modelos de bombas antes mencionados en donde se incluyen los siguientes componentes:

1. 2 rodamientos de rotor.
2. Arandelas o espaciadores.
3. Anillos O.
4. Sello mecánico.
5. Retenedor.

4.3 Bombas Centrifugas Sumergibles para Aguas Residuales. (De 1/2 HP a 1HP)

Se deben considerar los siguientes componentes básicos para las bombas sumergibles de las PTAR, las cuales son de potencias de ½ a 1 HP. Se enumeran los siguientes independientemente del tipo de bomba:

6. Rodamientos.
7. Impulsor.
8. Anillos O.
9. Sellos mecánicos.
10. Aceite tipo VG 68. Dieléctrico.

4.4 Sopladores de Lóbulos Rotativos.

Para los sopladores de lóbulos rotativos que se encuentran instalados en las PTAR, de marcas Gardner Denver y ROBUSHI se contacta al proveedor AMINSA para identificar los repuestos de recambio, los mismos vienen en “Kits” de reparación (Overhaul) para los modelos de los sopladores antes mencionados en donde se incluyen los siguientes componentes de manera general:

1. Filtro de aire, aspiración.
2. Correas de transmisión.
3. Rodamientos de centros rotativos.
4. Sellos mecánicos.
5. Espaciadores.

6. Juntas.
7. Arandelas.
8. Tornillería.

Estos “*Kits*” de reparación anteriormente mencionados, se pueden apreciar más adelante en los anexos de esta investigación, su costo y descripción.

4.5 Sopladores Sumergibles.

Para los sopladores sumergibles marca TSURUMI, se proponen gracias al estudio realizado con los proveedores, los siguientes repuestos subrayados únicamente, ya que los mismos son los que se deben considerar una vez se realice el refaccionamiento al equipo. Esta información es brindada por el contratista EEC INTERNACIONAL, el cual es quien brinda el costo del mantenimiento que más adelante se detalla en el estudio financiero:



MODEL 22-BER5

PARTS LIST		SELF ASPIRATING AERATOR			6/1/2018	
ITEM	PART No.	DESCRIPTION	QTY	SIZE	MATERIAL	NOTES
1	001-149-21	Cabletyre Cable Set (32") 60Hz (USA)	1	VCT4Cx2mm2	BE/CE	
2	140-021-17	Hex Bolt	3	M5x20	SUS304	
3	142-422-18	Seal Washer	3	PM-5	SUS+NBR	
4	003-111-20	Gland	1		SUS304	
5	009-146-19	Terminal	4	CE-5	CU	
6	072-100-20	Eye Bolt	2	M10	SUS304	
7	064-509-15	Motor Frame	1		FC	
8	140-055-10	Hex Bolt	3	M8x25	SUS304	
9	142-196-10	Wave Washer	1	6205/6304	SK5	
10	052-188-17	Bearing (w/O-ring)	1	AC-6304ZZC3		
11	058-000-46	Lead Wire Protection Plate	1	d66xd148x1.6t	Bakelite	
12	056-595-13	Stator 208/230V-60Hz(USA)	1Set			
13	055-608-17	Rotor	1Set			
14	140-052-17	Hex Bolt	2	M8x16	SUS304	
15	127-107-17	Protector Fixing Plate	1	22/37-BE2	SUS304	
16	121-446-13	Packing	1	22/37-BE2	NBR	*
17	053-240-11	Motor Protector 208/230V-60Hz(USA)	1	KA313-GGXL103	(T.C)	
18	142-111-24	Plain Washer	2	M4(D=8)	SPC	
19	143-015-17	Pan Screw	2	M4x10	SWRM	
20	141-004-59	Hex Nut	1	M6	SWRM	
21	009-159-15	Terminal	1	R-2-6	CU	
22	129-004-19	Stopper	1	M6x160(20/66)	SS	
23	147-081-16	Impeller Key	1	7x7x22L	SUS420	
24	143-042-13	Pan Screw	3	M6x10	SWRM	
25	062-196-19	Bearing Fixing Washer	3	d8xd20.5x2.3t	SS	
26	052-110-18	Bearing	1	6307ZZC3		
27	146-022-16	Retaining Ring	1	C35	SK5	
28	122-333-19	O-Ring	1	170xd3.1	NBR	*
29	060-373-16	Bearing Housing	1		FC	
30	140-098-15	Hex Bolt	3	M12x35	SUS304	
31	143-070-23	Pan Screw	2	M5x6	SWRM	
32	030-142-11	Oil Lifter	1	H-30(A)(T)	Resin	
33	143-070-10	Pan Screw	3	M5x6	SWRM	
34	030-151-13	Seal Stopper	1	H-30(A)(T)	SPCC	
35	122-246-14	O-Ring	1	180xd3.1	NBR	*
36	020-526-12	Pump Casing	1	22-BE2/CE2	FC	
37	121-247-12	Packing	1	d12.3xd18x2t	PE	*
38	035-113-18	Oil Plug	1	M12x14	SUS304	
39	025-194-12	Mechanical Seal	1	H-30	SiC	

* Indicates items included in set

Page 1 of 3



MODEL 22-BER5

PARTS LIST		SELF ASPIRATING AERATOR			6/1/2018	
ITEM	PART No.	DESCRIPTION	QTY	SIZE	MATERIAL	NOTES
40	046-107-13	Air Release Valve	1	PT-1/2	Nylon	
41	026-111-18	Oil Seal	1	TC-456812	NBR	
42	040-107-28	Impeller Shim		d25.2xd38x0.3t	SUS304	
43	021-796-18	Impeller (60Hz)	1	22-BER5	FC	
44	142-168-13	Spring Washer	1	M20	SUS304	
45	141-009-12	Hex.Nut	1	M20	SUS304	
46	120-104-13	Packing (S.Cover)		d230.5xd258x0.3t	M-Sheet	
47	022-001-70	Suction Cover	1	22/37-BER2	FC	
48	142-129-12	Plain Washer	3	M12	SUS304	
49	144-000-43	Stud Bolt	3	M12x196(18/25)	SUS403	
50	023-269-13	Strainer	1	22/37-BER2	SPC	
51	049-134-18	Bottom Plate	1	KRS-C4/A4	SPC	
52	142-129-12	Plain Washer	3	M12	SUS304	
53	141-007-10	Hex.Nut	3	M12	SUS304	
54	215-106-12	Silencer & Valve Set	1Set	22/55-TR(PF-2)	CAC40	included in EJECTOR KIT
55	140-056-11	Hex.Bolt	2	M8x30	SUS304	included in EJECTOR KIT
56	048-263-14	Screwed Flange	1	50mm(P.C.90)PT	FC	included in EJECTOR KIT
57	121-469-12	Packing	1	P.C.90xd58x2t	NR	* included in EJECTOR KIT
58	141-007-10	Hex.Nut	4	M12	SUS304	included in EJECTOR KIT
59	142-129-12	Plain Washer	4	M12	SUS304	included in EJECTOR KIT
60	153-106-17	Diffuser	1	22/37-BER2	SS+SGP	included in EJECTOR KIT
61	154-110-17	Diffuser Base	1	22/55-BER2	SS	included in EJECTOR KIT
62	140-097-14	Hex.Bolt	3	M12x30	SUS304	included in EJECTOR KIT
63	142-129-12	Plain Washer	3	M12	SUS304	included in EJECTOR KIT
64	121-545-13	Packing	1	TOS-UR(1.5-5.5KW)	NBR	* included in EJECTOR KIT
65	151-109-14	Suction Casing	1	22/37-BER2	FC	included in EJECTOR KIT
66	140-123-10	Hex.Bolt	4	M16x35	SUS304	included in EJECTOR KIT
67	142-166-11	Spring Washer	4	M16	SUS304	included in EJECTOR KIT
68	045-000-02	Nozzle Ring	1	d43xd60.5x24l	SCS13	included in EJECTOR KIT
69	121-152-19	Packing	1	145mm2(P.C.145)	NBR	* included in EJECTOR KIT
	173-446-14	Packing O-Ring Set	1Set	(Marked by *)		
16	121-446-13	Packing (Protector Fixing Plate)	1	22/37-BE2	NBR	*
28	122-333-19	O-Ring (M.Frame/Brg.Housing)	1	170xd3.1	NBR	*
35	122-246-14	O-Ring (Brg.Housing/P.Casing)	1	180xd3.1	NBR	*
37	121-247-12	Packing (Oil Plug)	2	d12.3xd18x2t	PE	*
57	121-469-12	Packing (Screwed Flange)	1	P.C.90xd58x2t	NR	*
64	121-545-13	Packing (Diffuser)	1	TOS-UR(1.5-5.5KW)	NBR	*
69	121-152-19	Packing (S.Casing/P.Casing)	1	145mm2(P.C.145)	NBR	*
		Lubricant		Turbine Oil VG32 1,300ml		

* Indicates items included in set

Page 2 of 3

Lista de partes TSURUMI PUMP Modelo 22-BER5.

4.6 Soplador de Paletas.

A continuación, se mencionan los repuestos necesarios e involucrados en el mantenimiento preventivo anual que se le realizaría al soplador de paletas marca TOHIN.

1. Filtro de Aire.
2. Aceite Tipo mineral ISO VG 220.
3. Fajas tipo V numeración B-72.
4. Lubricador de aceite.
5. Rodamientos
6. Retenedores

4.7 Tornillo Tamiz.

En el caso del tornillo tamiz, se deben considerar para tener de repuestos las siguientes partes, ya que, según el manual de operación y mantenimiento del equipo, dichas partes son de recambio y se deben tener para eventualidades o mantenimientos preventivos anuales.

1. Cepillos limpiadores.
2. Rodamiento plástico del tornillo.
3. Canasta filtro.
4. Camisa de protección del helicoide.

5. Análisis Financiero

Para el análisis financiero se realizan las consultas y cotizaciones pertinentes a los contratistas antes mencionados, donde cada uno de ellos tiene una representación legal dentro del territorio nacional para los respectivos equipos involucrados en este plan de mantenimiento, los cuales brindaron las proformas correspondientes para los trabajos a realizar una vez al año que involucran refaccionamiento, y los repuestos relacionados a este. A continuación, se muestra la tabla 11, donde se detallan los precios unitarios en colones por mantenimiento anual a cada equipo electromecánico de las diferentes EBAR y PTAR los cuales sirven como referencia para la Dirección de R y T.

Tabla 11. Precios en colones de mantenimientos y repuestos para los equipos electromecánicos de las EBAR y PTAR. (Fuente propia)

Ubicación de los equipos	Cantidad	Descripción del mantenimiento	Monto unitario	Monto total
PTAR Rincón Verde	2	Mantenimiento preventivo, correctivo y suministro de repuestos para Soplante de Lóbulos Lateral.	₡ 4.180.707,96	₡ 8.361.415,92
PTAR Altadena	2	Mantenimiento preventivo, correctivo y suministro de repuestos para Compresor de Paletas (HC-60 S marca TOHIN)	₡ 463.738,94	₡ 927.477,88
PTAR Bosques y PTAR Lindora	6	Mantenimiento preventivo con suministro de repuestos para sopladores de émbolos rotativos de la marca ROBUSHI (RSW45/P15)	₡ 5.237.323,01	₡ 31.423.938,06
PTAR Boulevard Las Palmas	1	Mantenimiento preventivo con suministro de repuestos para sopladores de Lóbulos de la marca ShinMaywa. (ARH 100S)	₡ 3.541.482,30	₡ 3.541.482,30
	1	Mantenimiento preventivo con suministro de repuestos para sopladores de Lóbulos de la marca ShinMaywa. (ARH 80S)	₡ 3.416.482,30	₡ 3.416.482,30
PTAR André Challe	1	Mantenimiento preventivo con suministro de repuestos para Sopladores helicoidales de tres lóbulos de desplazamiento positivo de la marca Gardner Denver HeliFlow. (HYCL MBA, HF408-LHBD de 4 ")	₡ 1.611.216,81	₡ 1.611.216,81
Motores	Varios	Mantenimiento preventivo, revisión y reparación Motores Eléctricos, con repuestos. (0.10 kW a 11.0 kW)	₡ 140.000,00	₡ 140.000,00
Motores	Varios	Mantenimiento preventivo, revisión y reparación Motores Eléctricos, con repuestos. (11.1 kW a 18.5 kW)	₡ 145.000,00	₡ 145.000,00
Motores	Varios	Mantenimiento preventivo, revisión y reparación Motores Eléctricos, con repuestos. (30.0 kW a 55.0 kW)	₡ 180.000,00	₡ 180.000,00
EBAR Los Guido	1	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca Sulzer modelo XFP100E PE105).	₡ 836.172,57	₡ 836.172,57
	1	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca Sulzer modelo XFP150E PE150).	₡ 836.172,57	₡ 836.172,57
EBAR Lindora	2	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca Sulzer modelo EJ30D-3MS).	₡ 525.663,72	₡ 1.051.327,44
EBAR Casa Campo	2	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca FLIGT modelo 3127 170-0816 de 11HP).	₡ 909.019,17	₡ 1.818.038,34
PTAR Monte lindo, PTAR Santa Isabel y PTAR Calle Lajas	3	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Aireador Sumergible (Marca TSURUMI PUMP modelo 22-BER5 de 22KW).	₡ 671.073,01	₡ 2.013.219,03
EBAR La Florita	1	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba (Marca GORMAN RUPP modelo T4B3-B #SERIE 1201284).	₡ 334.491,15	₡ 334.491,15
EBAR Florida Norte	1	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba (Marca GORMAN RUPP modelo T3A65-B # SERIE 1376220).	₡ 334.491,15	₡ 334.491,15

EBAR Capri 1	1	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba (Marca GORMAN RUPP modelo T3A3-B #SERIE 1176666).	₡ 334.491,15	₡ 334.491,15
EBAR Capri 2	1	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba (Marca GORMAN RUPP modelo U4B65S-B #SERIE 1363639).	₡ 334.491,15	₡ 334.491,15
EBAR San Esteban Rey	1	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba (Marca GORMAN RUPP modelo T3A3S-B #SERIE 1326760N).	₡ 334.491,15	₡ 334.491,15
PTAR Bosques	1	Mantenimiento preventivo con suministro de repuestos tornillo tamiz marca HUBER tipo Ro 9 con # serie S-100646583	₡ 3.628.318,58	₡ 3.628.318,58
Eventual contratación por demanda	Total, anual			₡ 61.602.717,55
	Total 4 años			₡ 246.410.870,20

Fuente: Elaboración propia (Precios en colones de mantenimientos anuales y repuestos para los equipos electromecánicos de las EBAR y PTAR).

En la tabla 11, se nota el monto anual que se requiere para los trabajos programados y que están fuera del alcance del departamento de mantenimiento electromecánico, a todos los equipos principales instalados en las EBAR y PTAR, para así poder mantener operativos y en óptimas condiciones los mismos, tomando en cuenta que dentro del monto se consideran las partes(repuestos) de recambio utilizados para esos refaccionamientos anuales, como son fajas, rodamientos e inclusive se contemplan los servicios de mantenimiento correctivo y su costo de mano de obra como por ejemplo servicio de rebobinado en motores, cambio de rodamientos y sellos mecánicos en bombas sumergibles y bombas centrifugas horizontales, con su respectivo cambio de empaques y anillos tipo “O” que se deben reemplazar siempre y cuando se involucra algún desarme en el equipo, llamasen bombas, aireadores sumergibles, sopladores de lóbulos, soplador de paletas o motores eléctricos de diferentes potencias involucradas dentro de este plan de mantenimiento. Dichas proformas con los montos cotizados por mantenimiento a ejecutar en cada uno de los equipos electromecánicos se ven plasmadas dentro de los anexos de esta investigación como evidencia para el estudio financiero.

La Dirección de Recolección y Tratamiento necesitaría de un presupuesto anual para los mantenimientos y repuestos de los equipos electromecánicos de **₡ 61.602.717,55** y si se piensa realizar una contratación de tipo por demanda, que son realizadas a 4 años, el presupuesto a considerar por esta dirección sería de **₡ 246.410.870,20**.

Este presupuesto es considerado viable para la dirección, ya que actualmente la Institución está a la espera de su primer CONVENIO DE MARCO con número de procedimiento en SICOP

2024LY-000029-0021400001 donde están considerados mantenimientos preventivos y correctivos para la infraestructura de sistemas de saneamiento, tanto en las EBAR como las PTAR. Es por esto por lo que la Dirección R y T en reunión semestral realizada en agosto del 2024, consideró los montos calculados en este proyecto para poder solicitar presupuesto dentro de la posición financiera 1.08.04 referente a Mantenimiento y Reparación de Maquinaria y Equipo de Producción, para un monto de ₡ 100.000.000,00 (Cien millones de colones) a utilizar en el presupuesto para el año 2025 y así poder suplir con esta necesidad de mantenimientos anuales con cambio de repuestos para los equipos. A continuación, se muestra el presupuesto para servicios de la Dirección R y T, en específico lo solicitado para la posición en mención y relacionada a lo planteado en este proyecto de investigación, donde se evidencia el alcance presupuestario para la realización de estos trabajos en específico.

Tabla 12. Presupuesto de la Dirección R y T para servicios año 2025.

PF	Descripción	Detalle	Nº de Contratación	P. Asignado
1 y 2	TOTAL PRESUPUESTO D. RyT			₡957.663.000,00
1	SERVICIOS			₡939.056.000,00
1.08.04	Mant. Equipo de produccion	Servicio reparación de equipo	Nueva contratación en proceso	₡100.000.000,00

Fuente: AyA (Presupuesto de la Dirección R y T para servicios).

Para el año 2024 y los anteriores, la Dirección R y T, no contaba con presupuesto específico para estas labores preventivas, ni para los repuestos necesarios, por lo que en este análisis no se pueden realizar comparaciones con montos pasados, pero al menos si se puede corroborar que la Dirección puede llegar a contar con el presupuesto que se estima en esta investigación para realizar los mantenimientos preventivos programados anualmente, con cambios de repuestos y así poder mantener operativos los sistemas de saneamiento involucrados en el PMP y disminuir la contaminación ambiental que actualmente se da y que se ve evidenciado en el desarrollo. Además, es importante mencionar que siempre se presentaran mantenimientos correctivos o eventualidades que provoquen el cese de operación de algún plantel por lo que el 39% sobrante del presupuesto solicitado por la Dirección, puede servir para cubrir imprevistos o variaciones en los costos de mantenimiento.

Cabe recalcar que este monto plasmado en el análisis con los proveedores, lo que involucra son los mantenimientos mayores o de refaccionamiento para los equipos, mismos que se encuentran fuera del alcance técnico y mano de obra de la dirección, lo que son el resto de las labores preventivas, correctivas y programadas, el departamento de mantenimiento electromecánico sería el encargado de la realización. Además, es importante recalcar que el

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, es una entidad pública, por lo que no posee utilidad, los cálculos que se puedan realizar mediante CAUE se observan en la tabla 13 donde la tasa de interés para AyA según lo visto por MIDEPLAN, al ser una institución que maneja proyectos de infraestructura (agua potable, saneamiento), suele trabajar cercano al 8%:

Tabla 13. Cálculo de CAUE. (Fuente propia)

Descripción	Datos
Inversión Inicial	-¢ 61.602.717
Tasa de Interés Anual	8 %
Periodo (años)	5
Costo Anual Uniforme (CAUE)	-¢15.271656
Porcentaje de anualización	25 %

Cálculo de CAUE. (Fuente propia)

Aunque el porcentaje de anualización es moderadamente alto (superior al 20% pero inferior al 30%), se considera aceptable dentro de proyectos de infraestructura crítica debido a los siguientes factores:

- No se espera generación directa de ingresos financieros derivados de esta inversión ya que su principal objetivo es asegurar el adecuado manejo de las aguas residuales, mitigando riesgos de salud pública y contaminación ambiental en las diferentes partes de la GAM.
- Este proyecto responde a una necesidad de servicio esencial que forma parte del mandato legal de AyA.
- La falta de mantenimiento oportuna puede acarrear costos sociales, ambientales y financieros mucho mayores en el futuro (multas, litigios, epidemias, etc.).

Para conocer si el cálculo realizado es viable para la Institución o no lo es, se investiga en varias fuentes, como ecomomipedia.com, repositorio usam.ac.cr, entre otros para generar una idea general con lo cual se puede expresar lo planteado en la tabla 14:

Tabla 14. Interpretación porcentajes CAUE. (Fuente propia)

Rango de CAUE porcentual	Interpretación general
Menor a 20%	Muy favorable
20% a 30%	Aceptable con justificación
Mayor a 30%	Pesado

Interpretación porcentajes CAUE. (Fuente propia)

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se identifican los diferentes equipos electromecánicos, cantidades y sus características técnicas para poder plasmar la criticidad observada en las tablas 6 y 7 del desarrollo de esta investigación, donde se concluye, por la falta de equipos de respaldo que la criticidad es mayor en las EBAR en comparación con las PTAR.
- Se establecen las labores preventivas necesarias según los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los equipos involucrados en el PMP, con la extracción de las labores requeridas y su frecuencia dentro del capítulo de mantenimiento para cada uno de los diferentes manuales.
- Se definen los repuestos y servicios requeridos que se salen del alcance de la Dirección R y T, esto en el apartado desarrollo, en la tabla 11 de este trabajo de investigación, gracias a las consultas realizadas a los proveedores de los equipos y en los manuales de operación y mantenimiento.
- Se provee de un plan de mantenimiento preventivo que se muestra en la tabla 17 de la propuesta de este trabajo de investigación, donde se ejecutarían trabajos durante el año 2025 a los equipos instalados tanto en las EBAR como en las PTAR a cargo de la Dirección de Recolección y Tratamiento de la GAM.
- Se requiere de una inversión inicial en repuestos y trabajos preventivos programados anuales a realizar durante el año 2025 de ₡61.602.717,55 plasmado en la tabla 11 del desarrollo, además se evidencia en la tabla 12, que la Dirección R y T cuenta actualmente con el alcance financiero para lo planteado en este análisis, contemplando para el año 2025 un presupuesto de ₡100.000.000 en la posición financiera debida para este tipo de trabajos, aun así los resultados planteados en el análisis CAUE, tabla 13, sean considerados no viables o negativos, además de que no se generen ingresos, la inversión es crucial para garantizar la protección de la salud pública por lo que el costo anual equivalente es aceptable para esta infraestructura crítica en el marco del sector público costarricense.
- Se ha demostrado dentro del análisis de criticidad y el estado actual de los equipos, que la falta de un plan de mantenimiento preventivo ha llevado a un deterioro significativo de los equipos instalados en las Estaciones de Bombeo de Aguas

Residuales (EBAR) y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), comprometiendo su eficiencia, continuidad y funcionalidad operativa, llevando esta situación inclusive a tener que verter las aguas residuales a las cuencas aledañas a los planteles directamente sin el tratamiento adecuado, provocando daños al medio ambiente, como se logra observar en la tabla 8, donde se evidencia que en la mayoría de los meses del año 2024, existen más de 700 horas inoperativas de las EBAR.

- Se evidencia dentro de lo planteado en la tabla 18, donde se indican los lugares por visitar a realizar las labores preventivas a lo largo de una semana, que, la mano de obra técnica actual se vuelve insuficiente y está siendo insuficiente en el departamento de mantenimiento, para realizar las otras labores de mantenimiento correctivo, predictivo y demás temas que lo involucran, como las instalaciones eléctricas, mecánicas e hidráulicas de esos planteles y otros pertenecientes a la Dirección, el control y la potencia de los paneles eléctricos de los equipos entre otros, ya que como se ve en las tablas 19 y 20 los equipos instalados en los planteles, generan trabajos e inspecciones preventivas durante toda la semana.

Recomendaciones

- Se recomienda capacitar al personal encargado del mantenimiento preventivo y correctivo del departamento de mantenimiento electromecánico perteneciente a la Dirección de Recolección y Tratamiento, para asegurar que se sigan las mejores prácticas y se realicen diagnósticos adecuados de los equipos, esto de la mano de los proveedores o contratistas representantes de las marcas de los equipos en el territorio nacional, que pueden brindar el apoyo y la retroalimentación necesaria a el personal de AyA.
- Se aconseja además establecer un sistema de monitoreo y evaluación continua del estado de los equipos, permitiendo ajustes en el plan de mantenimiento preventivo después del primer año de implementación, incluyendo mantenimientos predictivos realizados por los técnicos electromecánicos del departamento de mantenimiento para mejorar el análisis de los equipos, logrando identificar fallas en estos con antelación, ya que actualmente el departamento no cuenta con este tipo de mantenimientos, y si cuenta con algunas herramientas que pueden ayudar con su realización como lo son un analizador de energía, un medidor de vibraciones y pistola de calor que podrían ser utilizados para este propósito.

- Se recomienda asignar un presupuesto específico para la compra de repuestos y la realización de servicios o trabajos preventivos que sean subcontratados por su cualidad, asegurando que se mantenga la operatividad de los equipos electromecánicos y sus sistemas, los cuales son de suma importancia para la mejora del saneamiento en la GAM.
- Se sugiere estar en constante colaboración con proveedores o contratistas los cuales están en contacto con los fabricantes de los equipos involucrados en este PMP, como lo son los diferentes equipos de bombeo, sopladores entre los demás presentes en los procesos para el tratamiento de aguas residuales y así optimizar la capacidad técnica asegurando la efectividad del PMP.
- Se advierte el hecho de la falta de mano de obra técnica para la ejecución del PMP y demás labores, ya que actualmente el departamento de mantenimiento tiene un déficit en la cantidad de personal, el mismo posee actualmente tres plazas técnicas vacantes que no se han podido rellenar por falta de cumplimiento de requisitos técnicos dentro de la Institución, que son de admisibilidad, solicitados por parte de Capital Humano y que son requeridos por la cualidad de los trabajos técnicos, aspectos que van a llegar a ser de suma importancia, una vez se piense ejecutar este u otro plan similar para todos los planteles y teniendo en cuenta las labores y responsabilidades existentes fuera del PMP, expuestas en esta investigación y que están bajo la responsabilidad de la Dirección de R y T y su departamento de mantenimiento electromecánico.
- Se espera que este trabajo sirva como base para futuras investigaciones en la optimización del mantenimiento industrial y en la mejora de la gestión de activos.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Descripción

El mantenimiento es un factor clave para garantizar la operación eficiente y continua de los equipos críticos en los sistemas de tratamiento de agua. Este trabajo de investigación busca diseñar y proveer un Plan de Mantenimiento Integral que combine criterios técnicos basados en los manuales de los fabricantes, además del conocimiento práctico de los técnicos y encargados, agrupando así los equipos por ser estos de características similares, para facilitar su implementación, optimizando las operaciones y mantenimientos a lo largo de un año.

La propuesta tiene como objetivo no solo mantener la funcionalidad de los equipos lo mayor posible, sino también reducir tiempos muertos, optimizar recursos y prolongar la vida útil de los activos mediante una planificación estructurada y realista.

Objetivo General

1. Diseñar un Plan de Mantenimiento Integral para los equipos seleccionados, basado en un enfoque propio que combine los manuales de mantenimiento, la experiencia de campo de los técnicos, y una organización eficiente de actividades en un Cronograma Anual.

Objetivos específicos

1. Clasificar y agrupar los equipos según criterios como tipo, uso, criticidad, y frecuencia de mantenimiento.
2. Agrupar y estandarizar las labores comunes entre equipos para facilitar la planificación y el monitoreo.
3. Definir y codificar las actividades de mantenimiento específicas para cada grupo de equipos.
4. Crear un cronograma anual detallado que incluya las actividades preventivas y programadas por grupo de equipo y su frecuencia.
5. Plantear rutas de trabajo semanales optimizadas para los técnicos que maximicen la eficiencia y reduzcan tiempos muertos.

Perspectiva Teórica

La investigación se fundamenta en teorías y enfoques relacionados con el mantenimiento industrial, la gestión de activos y la optimización de recursos. Los aspectos teóricos abarcan lo que es la gestión del mantenimiento industrial, basada en los principios de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, esta área establece la importancia de planificar actividades regulares para asegurar la funcionalidad y longevidad de los equipos. Los manuales de fabricantes y la experiencia práctica de los técnicos son fuentes clave para la elaboración de un plan eficaz.

También se valoran aspectos como lo es la optimización de procesos, que se centra en el uso eficiente de recursos humanos, materiales y tiempo, diseñando cronogramas de trabajo que minimicen tiempos muertos y maximicen la productividad. Esto incluye herramientas como la programación de tareas y el análisis de tiempos.

La Codificación y Estandarización de Actividades se sustenta en metodologías que promueven la estandarización de procedimientos para facilitar la comprensión, el monitoreo y la ejecución de labores de mantenimiento. La codificación asegura que las actividades sean identificables y rastreables.

La experiencia en campo y las consultas con técnicos se consideran fundamentales para ajustar los tiempos estimados y diseñar un plan que sea realista y aplicable en la práctica.

El enfoque de Mantenimiento Basado en la Fiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) establece cómo la combinación de estrategias predictivas y preventivas puede maximizar la disponibilidad y el rendimiento de los equipos críticos.

Glosario de la propuesta

Cronograma Anual: Planificación detallada de actividades de mantenimiento distribuidas en un periodo de un año.

Codificación de Actividades: Sistema para asignar identificadores únicos a las tareas de mantenimiento, facilitando su gestión y monitoreo.

Rutas de Trabajo: Itinerarios planificados que organizan las actividades de mantenimiento de manera eficiente en función de la ubicación y prioridad de los equipos.

Tiempo de Ejecución: Duración estimada para completar una actividad específica de mantenimiento.

Agrupación de Labores: Organización de tareas similares o relacionadas en un solo bloque para mejorar la eficiencia operativa.

Manual de Mantenimiento: Documento proporcionado por el fabricante que detalla las especificaciones técnicas y procedimientos recomendados para el mantenimiento de un equipo.

Optimización de Recursos: Estrategia para maximizar el uso de tiempo, personal y materiales en el desarrollo de actividades.

Fiabilidad Operacional: Capacidad de un equipo o sistema para desempeñar su función de manera continua y sin fallas.

Propuesta

En este apartado se establece el Plan de Mantenimiento Preventivo, desde un enfoque práctico que combina criterios técnicos basados en los manuales de los fabricantes, además del conocimiento práctico de los técnicos y encargados. Para facilitar la implementación del plan y porque las características de los equipos lo permiten, se agrupan los equipos por ser de características similares y pensando que a futuro se puedan adquirir equipos de diferente marca pero que ingresen dentro del estándar de las labores que se van a realizar para este PMP en específico, optimizando las operaciones y mantenimientos a lo largo de un año.

Para facilitar la elaboración, como se comentó inicialmente, a continuación, se muestra la tabla 14, donde se identifican los 7 grupos de equipos creados donde se unifican las marcas, además de la nomenclatura técnica utilizada en estos para facilitar el análisis y entendimiento del PMP.

Tabla 15. Grupos de equipos y su nomenclatura técnica.

Grupo	Equipos	Nomenclatura Técnica
1	Bombas Centrífugas Horizontales	BH
2	Bombas Centrífugas Sumergibles	BS
3	Sopladores de Lóbulos Rotativos	SR

4	Sopladores Sumergibles	SS
5	Sopladores de Paletas	SP
6	Tornillo Tamiz	TT
7	Motores Eléctricos	ME

Fuente: Elaboración propia (Grupos de equipos y su nomenclatura técnica).

Además, como parte del cronograma anual del plan de mantenimiento preventivo, se crean 5 códigos que van a ser utilizados por los grupos de equipos creados que se encuentran tanto en las EBAR, como en las PTAR. Estos códigos se utilizarán de manera general ya que la frecuencia va a ser la misma para las labores a realizar en los diferentes equipos electromecánicos, de igual manera si los mantenimientos van a llegar a tener que ser programados por que implica un paro del equipo o no programado.

La frecuencia dentro del plan y encontrada a través del análisis de los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los diferentes equipos, va a ser la misma para las diferentes actividades creadas en el plan de mantenimiento a realizar, lo que si se va a diferenciar dentro del PMP son las actividades o labores específicas a realizar en cada uno de los grupos. Para poder aclarar esta diferenciación dentro del cronograma en el PMP, vendrá especificada después del código y separada por un guion, la nomenclatura técnica de cada uno de los grupos de equipos, como por ejemplo: REV-01-BCH, siendo BCH la nomenclatura técnica para Bomba Centrifuga Horizontal. A continuación, se muestran en la tabla 15 los códigos generales a utilizar en el PMP sin esta nomenclatura técnica.

Tabla 16. Códigos de actividades para el PMP.

Cantidad de Códigos	Código Actividad	Color de Código	Frecuencia
1	REV-01	Amarillo	Semanal
2	REV-PROG-01	Verde	Mensual
3	REV-PROG-02	Morado	Semestral
4	REV-PROG-03	Azul	Anual
5	REV-PROG-04	Rojo	2 años

Fuente: Elaboración propia (Códigos de actividades para el PMP).

Ya con las aclaraciones anteriores relacionadas a la realización del PMP, se puede dar a conocer la propuesta de este trabajo de investigación con el PMP en la tabla 16, donde ya son creados los grupos, generalizadas las labores a realizar sobre los equipos con su frecuencia, creados los códigos de actividad con su nomenclatura técnica, la cual sirve para diferenciar las actividades específicas a realizar en cada uno de los grupos. Cabe mencionar que no en todos los grupos de equipos se utilizará alguno de los 5 códigos creados, ya que en muchas de las agrupaciones de los equipos (BH, BS, SR, SS...) las frecuencias para la labor de mantenimiento no va a ser la misma:

Fuente: Elaboración propia (Plan de Mantenimiento Preventivo).

Rutas para el equipo técnico de la Dirección R y T.

Para realizar las rutas que van a realizar los técnicos del departamento de mantenimiento electromecánico de manera eficiente, y teniendo en cuenta la ubicación geográfica de los equipos instalados, ya plasmadas en el desarrollo dentro de la Tabla 3 y Tabla 4 de esta investigación, se propone visitar por semana los siguientes planteles, ya que todos los equipos presentes, tienen como mínimo una frecuencia semanal de labores no programadas, estos sectores serían los que se deberían de visitar el mismo día por los técnicos para su revisión ya que se encuentran en cercanía.

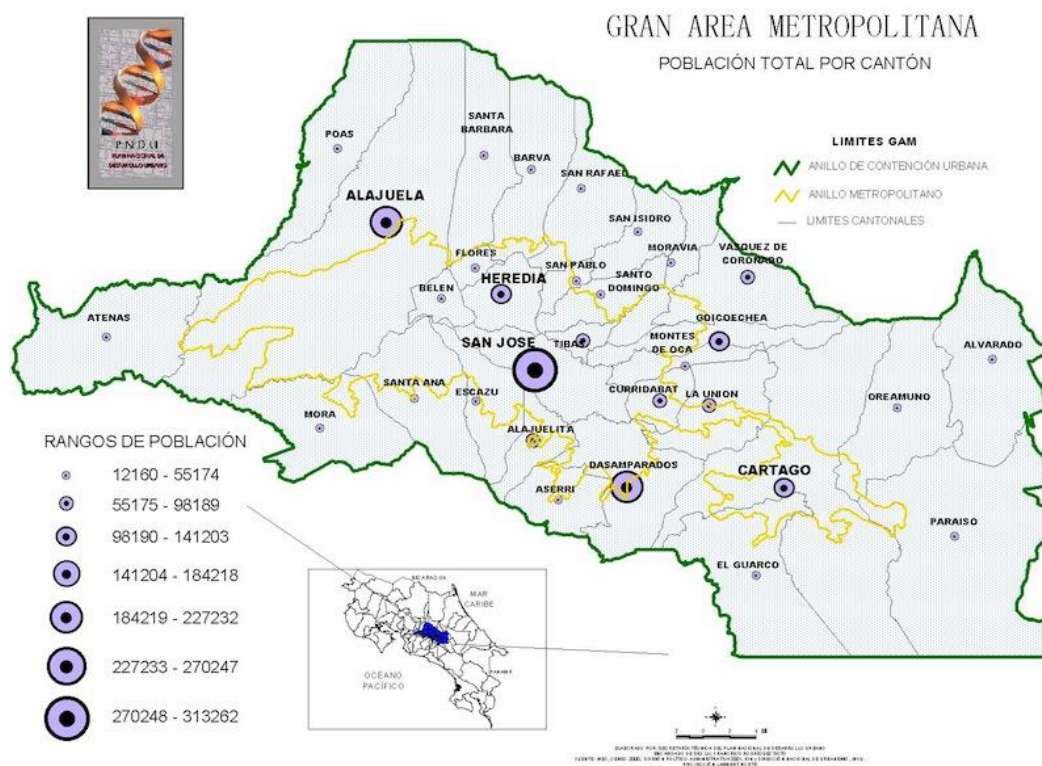
Cabe decir que actualmente el departamento de mantenimiento electromecánico cuenta con 4 personas en total para la mano de obra técnica y con dos vehículos con los que se movilizan a realizar las labores, por lo que el grupo se puede dividir en dos cuadrillas para atender ya sea lo preventivo o algún trabajo correctivo o pendiente que se pueda presentar. Además, el departamento de mantenimiento electromecánico de la Dirección R y T GAM, no solo debe dedicarse a realizar las labores preventivas en los equipos, sino que además se hace cargo dentro de los 21 planteles en temas de su instalación eléctrica, tanto la residencial, como la de potencia y control de los equipos electromecánico, coordinación de temas de obra civil, sanitaria y potable, por lo que queda claro que a lo largo del año esta mano de obra técnica se torna deficiente para la realización del PMP.

Tabla 18. Sectores de visita semanal.

Sector Desamparados	Sector Escazú, Santa Ana	Sector Tibás, Moravia y Sabanilla	Sector Moravia, San Pablo.	Sector Ciudad Colón, Puriscal.
lunes	martes	miércoles	jueves	viernes
EBAR Los Guido. EBAR Florita. EBAR San Esteban Rey. EBAR Cerámica Poás. EBAR Capri 1. EBAR Capri 2. EBAR Casa Campo.	PTAR Calle Lajas. PTAR Bosques de Santa Ana. PTAR Lindora. EBAR Lindora.	EBAR Florida Norte. EBAR Alta Moravia. EBAR Danzas del Sol. PTAR Altadena.	PTAR Monte Lindo. PTAR André Challé. PTAR Santa Isabel. PTAR Rincón Verde.	PTAR Boulevard: Santa Cecilia.

Fuente: Elaboración propia (Sectores de visita semanal).

Con respecto a lo que se plantea para el día lunes, ambas cuadrillas deberán asistir a este sector de Desamparados para solventar las inspecciones semanales que se requieren según el PMP, además cabe recalcar que el sector de Ciudad Colón, Puriscal, ruta colocada para día viernes, se sale del territorio de la GAM, como se nota en la siguiente imagen:



A continuación, se muestran con su nomenclatura técnica plasmada en el PMP, la cantidad de equipos que posee cada sitio a visitar, siendo estos los equipos que van a ser inspeccionados por los técnicos electromecánicos de la Dirección de R y T de la GAM:

Tabla 19. Cantidad equipos PTAR y nomenclatura.

PTAR	CANT.	NOMENCLATURA TÉCNICA	CANT.	NOMENCLATURA TÉCNICA
Bosques de Santa Ana	5	BS	2	SR
	1	TT		
André Challe	2	BS	1	SR

Santa Isabel	3	BS	1	SS
Lagos de Lindora	2	BS	4	SR
Monte Lindo	3	BS	1	SS
Boulevard Las Palmas	2	BS	2	SR
Rincón Verde II	3	BS	1	SR
Calle Lajas	3	BS	1	SS
Altadena	1	BS	2	SP
Santa Cecilia.	2	BS	0	No utiliza aireación

Fuente: Elaboración propia (Cantidad equipos PTAR y nomenclatura).

Tabla 20. Cantidad equipos EBAR y nomenclatura.

EBAR	CANT.	NOMENCLATURA TÉCNICA
La Florita	1	BH
Cerámica Poas	1	BS
San Esteban Rey	1	BH
Capri 1	1	BH
Capri 2	1	BH
Los Guido	2	BS
Casa Campo	2	BS
Alta Moravia	1	BH

Danzas del Sol	1	BS
Florida Norte	1	BH
Lindora	2	BS

Fuente: Elaboración propia (Cantidad equipos EBAR y nomenclatura).

GLOSARIO

ACCIONA AGUA: Empresa encargada del proyecto de saneamiento. Grupo global de desarrollo y gestión de soluciones sostenibles de infraestructura, especialmente de energías renovables.

(accionagua.es)

Agrupación de Labores: Organización de tareas similares o relacionadas en un solo bloque para mejorar la eficiencia operativa

Codificación de Actividades: Sistema para asignar identificadores únicos a las tareas de mantenimiento, facilitando su gestión y monitoreo

Cronograma Anual: Planificación detallada de actividades de mantenimiento distribuidas en un periodo de un año.

Emulsión: Dispersión de un líquido en otro no miscible con él. (Diccionario Real Academia Española)

Fiabilidad Operacional: Capacidad de un equipo o sistema para desempeñar su función de manera continua y sin fallas.

GAM: Siglas para Gran Área Metropolitana.

JBIC: Siglas para Japan Bank for International Cooperation encargado de prestar dinero para la implementación del proyecto PTAR TAJOS. (jbic.go.jp)

Manual de Mantenimiento: Documento proporcionado por el fabricante que detalla las especificaciones técnicas y procedimientos recomendados para el mantenimiento de un equipo

Mantenimiento Correctivo: Reparación o reemplazo de componentes o sistemas tras una falla

Mantenimiento Predictivo: Estrategias basadas en la monitorización y análisis de datos para predecir fallas antes de que sucedan.

Mantenimiento Preventivo: Actividades planificadas regularmente para prevenir fallas en los equipos antes de que ocurran.

MIDEPLAN: Siglas para Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.

Optimización de Recursos: Estrategia para maximizar el uso de tiempo, personal y materiales en el desarrollo de actividades

PAPS: Siglas para Programa de Agua Potable y Saneamiento.

Rutas de Trabajo: Itinerarios planificados que organizan las actividades de mantenimiento de manera eficiente en función de la ubicación y prioridad de los equipos

SICOP: Siglas para Sistema Integrado de Compras Públicas. (sicop.go.cr)

Tiempo de Ejecución: Duración estimada para completar una actividad específica de mantenimiento

BIBLIOGRAFÍA

LA NACION. (JULIO de 2022) <https://www.nacion.com/opinion/editorial-paso-adelante-en-tratamiento-de-aguas>

LA NACION. (JULIO de 2022). Obtenido de LA NACION:
<https://www.nacion.com/opinion/editorial-paso-adelante-en-tratamiento-de-aguas>

Rivas, W. L. (2012). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.

Bedoya, J. C. (2012). *ESTUDIO DEL PROCESO DE NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Cenicio, E. C. (2018). *Diseño de Plan de Mantenimiento basado en confiabilidad*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.

SULZER. (27 de Julio de 2022). *Equipos de bombeo para aguas residuales*. Obtenido de Sulzer:
<https://www.sulzer.com>

GARGIL. (22 de Junio de 2021). *Equipo de bombeo sumergible*. Obtenido de GARGIL:
<https://www.gargil.es>

SULZER. (12 de enero de 2022). *Manual de operacion y mantenimiento Sulzer*. Uruca, San Jose, Costa Rica.

Sacristán. (2024). *Sinopsis de Mantenimiento Preventivo*. FC editorial, España.

SULZER. (2022). *Catalogo SULZER Gama ABS RW200-650*. Sevilla.

GRUNDFOS. (2021). *Catálogo de diseño para bombeo*. Bjerringbro: Grundfos holding A/S.

Fractal. (2024). *Gestión del mantenimiento*. Obtenido de FRACTTAL: www.fractal.com/es/

EMAIMT. (13 de AGOSTO de 2022). *EMAIMT*. Obtenido de EMAINT:
<https://www.emaint.com/es/mtbf-mttf-mtr>

FLUKE. (26 de Setiembre de 2022). *Fluke*. Obtenido de Fluke: <https://www.Fluke.com/es-cr/productos>

Economipedia. (27 de Setiembre de 2022). *Economipedia*. Obtenido de Economipedia:
<https://www.economipedia.com>

APENDICE

Apéndice A. Catálogo de Soplador Sumergible TSURUMI.

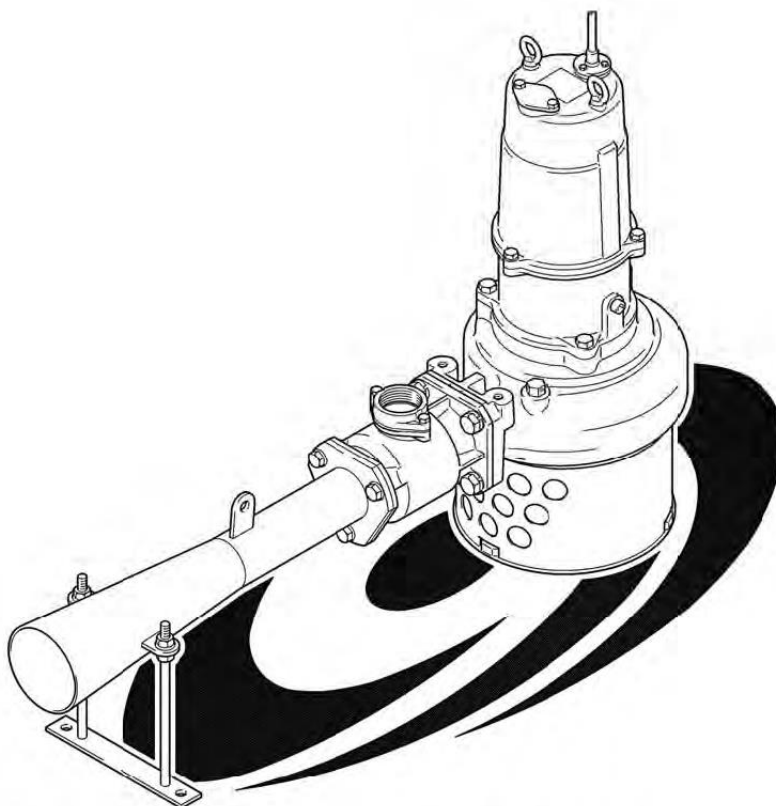


17200302/B-10156-3

BER Series

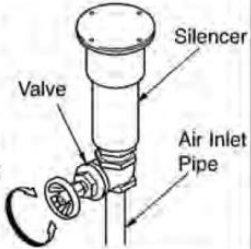
Submersible Ejector

OPERATION MANUAL



TSURUMI MANUFACTURING CO., LTD.

Regular Inspection

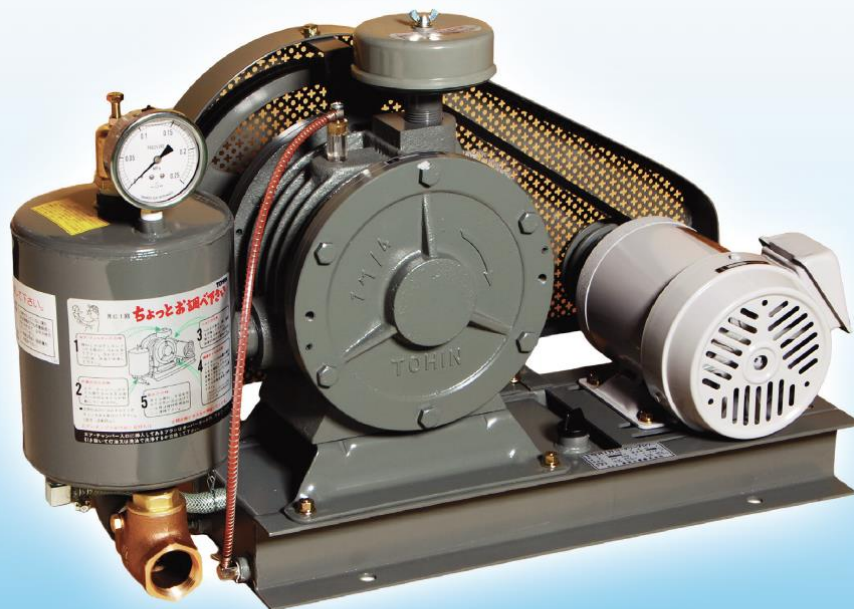
Interval	Inspection Item
EveryDay	<ul style="list-style-type: none"> ■ Measure operating current ● To be below the rated current. ■ Measure power voltage ● Power supply voltage tolerance (within $\pm 5\%$ of the rated voltage)
Monthly	<ul style="list-style-type: none"> ■ Measure insulation resistance ● Reference insulation resistance = $1M\Omega$ or greater <i>Note: If the insulation resistance has become notably lower than the previous inspection, an inspection of the motor will be necessary.</i> ■ Ejector inspection ● A noticeable drop in performance may indicate wear in the impeller, suction cover, etc., or else clogging of the strainer stand, etc. Remove the clogged debris, and replace any worn parts. ■ Air inlet system check ● If performance drops significantly, check for blockage of the air inlet pipe, and for damage to the submerged part of the pipe that might cause water to leak into the pipe. Check for clogging of the silencer, and wash if necessary. 
Semi-yearly	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inspection of lifting chain or rope ● Replace if damage, corrosion, or wear has occurred to the chain or the rope. Remove if foreign object is attaching to it.
Yearly	<ul style="list-style-type: none"> ■ Oil inspection ● Check the oil every 12 months or after 6,000 hours of use, whichever comes first. <i>Note: Refer to details of oil inspection and oil change on this page.</i>
Every 2 years	<ul style="list-style-type: none"> ■ Change oil ● Change the oil every 24 months or after 9,000 hours of use, whichever comes first. ■ Designated oil : Turbine Oil VG32 (Additive -free) <i>Note: Refer to details of oil inspection and oil change on this page.</i> ■ Change mechanical seal <i>Note: Specialized know-how is required for inspecting and replacing the mechanical seal. Consult with your nearest dealer or Tsurumi representative.</i>
Every 2 to 5 years	<ul style="list-style-type: none"> ■ Overhaul ● This should be carried out even if there are no problems with the product. The frequency depends on how continuously the product is in use. <i>Note: Consult with your nearest dealer or Tsurumi representative.</i>

Apéndice B. Catálogo de Soplador de Paletas TOHIN.



ROTARY VANE BLOWER

HC Series • FD Series • SD Series




TOHIN VIETNAM INDUSTRY

SP/SPV

Drainage
Plastic



Construction features

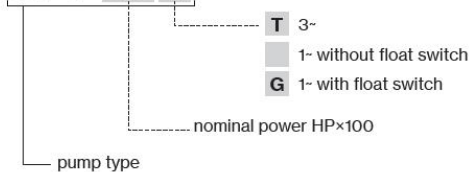
Pump body	polypropylene
 Impeller	Noryl®
Mechanical seal	double lip seal
Motor shaft	stainless steel AISI 416 with ceramic bush
Free passage	Ø max 4 mm (SP 40/60) Ø max 7 mm (SP 80/100) Ø max 15 mm (SPV)
Max submergence	5 m
Liquid temperature	0 - 40 °C
Cable	H05 RN8F, 10 m (SP 40/60) H07 RN8F, 10 m (SP 80/100, SPV 80/100)
G	float switch

Motor

2 Poles induction motor	1- 1x220V - 60H (with thermal protection)
	3- 3x380V - 60Hz (SPV 80/100)
Insulation class	F
Protection degree	IPX8

1- 110V - 60Hz	
TYPE	I (A)
SP 40	2,0
SP 60	4,2
SP 80	7,4
SP 100	10,2
SPV 80	5,2
SPV 100	7,6

SPV 80 G



TYPE	LOTS		CONTAINER	
	TRUCK		CONTAINER	
	PALLET (cm)	N° pumps	PALLET (cm)	N° pumps
SP40-60	80×120×175	135	80×120×205	162
SP 80-100	80×120×145	57	80×120×190	76
SPV 80-100	80×120×145	57	80×120×190	76



SP



SPV



**Gardner
Denver**

**PARTS LIST
OPERATING AND
SERVICE MANUAL**

HELIFLOW

**INDUSTRIAL
SERIES
BLOWERS**

4" GEAR DIAMETER

**Models
HYCL_BA
HYCM_BA**



**HF-7-600
Version 09
August 29, 2018**

SERVICE CHECK LIST –

Air Filter - Operating conditions determine frequency of service. See “Air Filter,” SECTION 6, page 35.

Motor Lubrication - Refer to SECTION 2, page 12.

Every 8 Hours Operation

1. Check the reservoir oil level - add oil if required. See SECTION 5, page 24. If oil consumption is high, refer to “Excessive Oil Consumption,” page 42.
2. Observe if the unit loads and unloads properly.
3. Check discharge pressure and temperature.

Every 125 Hours Operation

1. Check for dirt accumulation on oil/aftercooler core faces and the cooling fan. If cleaning is required, clean the exterior fin surfaces of the cores by blowing compressed air carrying a nonflammable safety solvent in a direction opposite that of the cooling fan air flow. This cleaning operation will keep the exterior cooling surfaces clean and ensure effective heat dissipation.

Every 1000 Hours Operation

1. Change oil filter element.

Every 4000 Hours Operation

1. Change the compressor lubricant. UNDER ADVERSE CONDITIONS, CHANGE MORE FREQUENTLY (refer to “Oil Change Interval”, Figure 5-3, page 26). Flush system if required.

Every Year

1. Check the relief valve for proper operation. See Section 4, page 17.
2. Change oil separator, see “Removal of Oil Separator for Inspection or Replacement”, Section 5, page 24, for further details (or when 8 psid pressure differential across the element).

MAINTENANCE SCHEDULE (See Detail Notes above)

Maintenance Action	As Indicated by AutoSentry Controller	Every 8 Hours	Every 125 Hours	Every 1000 Hours	Every 4000 Hours	Every Year
Check/Change Air Filter	•					
Change Oil Separator	•					•
Check Reservoir Oil Level **		•				
Check for Proper Load/Unload		•				
Check Dirt Accumulation on Cooler			•			
Change Oil Filter Element & Clean Oil Return Strainer				•		
Change Compressor Lubricant (AEON 4000) *					•	
Check Relief Valve						•
Check Condition of Hoses					•	•
Check Operation of Condensate Removal Solenoid Valve		•				
Change Inlet Valve Seals						•

* See “Oil Change Interval Chart”, Figure 5-3, page 26, for specific lubricant life.

** Must be checked when the compressor is stopped and the air/oil mixture is separated.

Apéndice E. Catálogo Bomba Sumergible FEKA VS.

ISTRUZIONI PER L'INSTALLAZIONE E LA MANUTENZIONE (IT)
INSTRUCTIONS FOR INSTALLATION AND MAINTENANCE (GB)
INSTRUCTIONS POUR L'INSTALLATION ET LA MAINTENANCE (FR)
INSTALLATIONS- UND WARTUNGSANLEITUNGEN (DE)
INSTRUCTIES VOOR INSTALLATIE EN ONDERHOUD (NL)
INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO (ES)
ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ (GR)
ИНСТРУКЦИИ ПО МОНТАЖУ И ТЕХОБСЛУЖИВАНИЮ (RU)
INSTRUÇÕES PARA A INSTALAÇÃO E A MANUTENÇÃO (PT)
INSTALLATIONS- OCH UNDERHÅLLSANVISNINGV(SE)
INSTRUCTIUNI PENTRU INSTALARE SI INTRETINERE (RO)
إرشادات التركيب والصيانة (AR)

FEKA VS GRINDER



10. MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA



La electrobomba, en el funcionamiento normal, no requiere ningún tipo de mantenimiento (excepto el control del aceite de estanqueidad), gracias a la junta mecánica lubricada en cámara de aceite y a los cojinetes lubricados de por vida. La electrobomba solo la puede desmontar personal especializado y cualificado que posea los requisitos establecidos por las normativas específicas en la materia. En cualquier caso, todas las intervenciones de reparación y mantenimiento se deben realizar solo después de desconectar la electrobomba de la red de alimentación.

Durante el desmontaje es necesario tener mucha precaución con los cuerpos cortantes, que pueden provocar heridas.

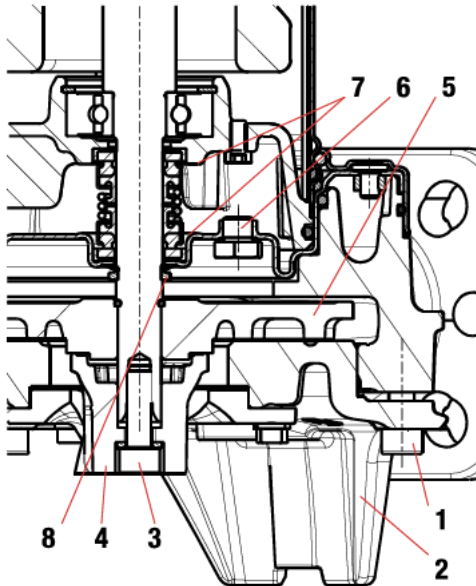


Fig. 8

10.1. Control y cambio de aceite de estanqueidad

- Aflojar y quitar los 3 tornillos (1) y levantar la base de la bomba (2).
- Utilizar una pinza para mantener el cabezal del triturador, aflojarlo y quitar el tornillo (3).
- Quitar el cabezal del triturador (4). Extraer el rotor (5) del eje.
- Recoger la lengüeta, el anillo de protección contra la arena (8) y los dos semi-anillos de fijación. Aflojar y quitar los 4 tornillos del cuerpo y levantar.
- Llegados a este punto, volcar la bomba, aflojar y quitar el tapón (6). Inclinarse de tal manera que salga el aceite del orificio del tapón (6) y echarlo en un recipiente.
- Analizar el aceite: en caso de que presente partículas de agua o abrasivas (por ej., arena) se recomienda controlar el estado de la junta mecánica (7) y, si es necesario, sustituirla (en un centro especializado).
- Cambiar en este último caso también el aceite con aproximadamente 170 g de aceite tipo MARCOL 152 ESSO.
- Restablecer el nivel de aceite dentro de la cámara de aceite de estanqueidad con un embudo específico introducido en el orificio del tapón (6).
- Volver a apretar el tapón (6) en su alojamiento y realizar en orden inverso las operaciones del desmontaje para volver a montar la bomba después de aplicar en el alojamiento del anillo de protección contra la arena (8) una cantidad adecuada de grasa al teflón.

EL ACEITE USADO SE DEBE ELIMINAR RESPETANDO LAS NORMAS VIGENTES.

10.2. Cambio de triturador

Ver Fig. 9 al final del manual

10.3. Limpieza del rotor

Ver Fig. 10 al final del manual

10.4. Nivelación del rotor

Seguir los pasos siguientes:

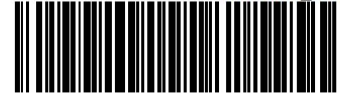
1. Aflojar completamente los tornillos de fijación.
2. Apretar suavemente los tornillos.
3. Apretar suavemente los tornillos de tope.
4. Aflojar los tornillos al menos tres vueltas.
5. Apretar el tornillo de fijación 180°.
6. Apretar los tornillos con un par de 7 Nm.

Apéndice F. Catálogo Bomba Sumergible FLYGT.



Installation, Operation, and
Maintenance Manual

90016101_2.0



Flygt 3127



Type of maintenance	Purpose	Inspection interval
Initial inspection	A Xylem-authorized personnel checks the pump condition. From the results, the personnel recommends the intervals for the periodical inspection and overhaul for the installation.	Within the first year of operation.

Type of maintenance	Purpose	Inspection interval
Periodical inspection	The inspection prevents operational interruptions and machine breakdowns. The measures to increase performance and pump efficiency are decided for each application. They can include such things as impeller trimming, wear part control and replacement, control of zinc-anodes and control of the stator.	Up to every year Applies to normal applications and operating conditions at media (liquid) temperatures <40°C (104°F).
Overhaul	The overhaul lengthens the operating lifetime of the product. It includes the replacement of key components and the measures that are taken during an inspection.	Up to every three years Applies to normal applications and operating conditions at media (liquid) temperatures <40°C (104°F).

**INSTALLATION, OPERATION,
AND MAINTENANCE MANUAL**
WITH PARTS LIST



T SERIES® PUMPS

MODELS
T3A3-B INCLUDING: /F, /FM

GORMAN-RUPP PUMPS

www.grpumps.com

©1996 Gorman-Rupp Pumps

Printed in U.S.A.

Preventive Maintenance Schedule

Item	Service Interval*				
	Daily	Weekly	Monthly	Semi-Annually	Annually
General Condition (Temperature, Unusual Noises or Vibrations, Cracks, Leaks, Loose Hardware, Etc.)	I				
Pump Performance (Gauges, Speed, Flow)	I				
Bearing Lubrication		I			R
Seal Lubrication (And Packing Adjustment, If So Equipped)		I			R
V-Belts (If So Equipped)			I		
Air Release Valve Plunger Rod (If So Equipped)			I	C	
Front Impeller Clearance (Wear Plate)				I	
Rear Impeller Clearance (Seal Plate)				I	
Check Valve					I
Pressure Relief Valve (If So Equipped)					C
Pump and Driver Alignment					I
Shaft Deflection					I
Bearings					I
Bearing Housing					I
Piping					I
Driver Lubrication – See Mfgr's Literature					I

Legend:

I = Inspect, Clean, Adjust, Repair or Replace as Necessary

C = Clean

R = Replace

* Service interval based on an intermittent duty cycle equal to approximately 4000 hours annually. Adjust schedule as required for lower or higher duty cycles or extreme operating conditions.

**INSTALLATION, OPERATION,
AND MAINTENANCE MANUAL**
WITH PARTS LIST



SUPER T SERIES® PUMPS

MODELS
T3A3S-B INCLUDING: /F, /FM, /WW, /WWS

GORMAN-RUPP PUMPS

www.grpumps.com

©2000 Gorman-Rupp Pumps

Printed in U.S.A.

Preventive Maintenance Schedule

Item	Service Interval*				
	Daily	Weekly	Monthly	Semi-Annually	Annually
General Condition (Temperature, Unusual Noises or Vibrations, Cracks, Leaks, Loose Hardware, Etc.)	I				
Pump Performance (Gauges, Speed, Flow)	I				
Bearing Lubrication		I			R
Seal Lubrication (And Packing Adjustment, If So Equipped)		I			R
V-Belts (If So Equipped)			I		
Air Release Valve Plunger Rod (If So Equipped)			I	C	
Front Impeller Clearance (Wear Plate)				I	
Rear Impeller Clearance (Seal Plate)				I	
Check Valve					I
Pressure Relief Valve (If So Equipped)					C
Pump and Driver Alignment					I
Shaft Deflection					I
Bearings					I
Bearing Housing					I
Piping					I
Driver Lubrication – See Mfgr’s Literature					I

Legend:

I = Inspect, Clean, Adjust, Repair or Replace as Necessary

C = Clean

R = Replace

* Service interval based on an intermittent duty cycle equal to approximately 4000 hours annually. Adjust schedule as required for lower or higher duty cycles or extreme operating conditions.

**INSTALLATION, OPERATION,
AND MAINTENANCE MANUAL**
WITH PARTS LIST



SUPER T SERIES® PUMPS

MODELS
T3A65S-B INCLUDING: /F, /FM

GORMAN-RUPP PUMPS

www.grpumps.com

©2003 Gorman-Rupp Pumps

Printed in U.S.A.

Adobe Acrobat

Preventive Maintenance Schedule

Item	Service Interval*				
	Daily	Weekly	Monthly	Semi-Annually	Annually
General Condition (Temperature, Unusual Noises or Vibrations, Cracks, Leaks, Loose Hardware, Etc.)	I				
Pump Performance (Gauges, Speed, Flow)	I				
Bearing Lubrication		I			R
Seal Lubrication (And Packing Adjustment, If So Equipped)		I			R
V-Belts (If So Equipped)			I		
Air Release Valve Plunger Rod (If So Equipped)			I	C	
Front Impeller Clearance (Wear Plate)				I	
Rear Impeller Clearance (Seal Plate)				I	
Check Valve					I
Pressure Relief Valve (If So Equipped)					C
Pump and Driver Alignment					I
Shaft Deflection					I
Bearings					I
Bearing Housing					I
Piping					I
Driver Lubrication – See Mfgr’s Literature					I

Legend:

I = Inspect, Clean, Adjust, Repair or Replace as Necessary

C = Clean

R = Replace

* Service interval based on an intermittent duty cycle equal to approximately 4000 hours annually. Adjust schedule as required for lower or higher duty cycles or extreme operating conditions.

INSTALLATION, OPERATION, AND MAINTENANCE MANUAL

WITH PARTS LIST



T SERIES[®] PUMPS

MODELS
T4A3-B INCLUDING: /F, /FM

GORMAN-RUPP PUMPS

www.grpumps.com

©1983 Gorman-Rupp Pumps

Printed in U.S.A.

Preventive Maintenance Schedule

Item	Service Interval*				
	Daily	Weekly	Monthly	Semi-Annually	Annually
General Condition (Temperature, Unusual Noises or Vibrations, Cracks, Leaks, Loose Hardware, Etc.)	I				
Pump Performance (Gauges, Speed, Flow)	I				
Bearing Lubrication		I			R
Seal Lubrication (And Packing Adjustment, If So Equipped)		I			R
V-Belts (If So Equipped)			I		
Air Release Valve Plunger Rod (If So Equipped)			I	C	
Front Impeller Clearance (Wear Plate)				I	
Rear Impeller Clearance (Seal Plate)				I	
Check Valve					I
Pressure Relief Valve (If So Equipped)					C
Pump and Driver Alignment					I
Shaft Deflection					I
Bearings					I
Bearing Housing					I
Piping					I
Driver Lubrication – See Mfgr’s Literature					I

Legend:

I = Inspect, Clean, Adjust, Repair or Replace as Necessary

C = Clean

R = Replace

* Service interval based on an intermittent duty cycle equal to approximately 4000 hours annually. Adjust schedule as required for lower or higher duty cycles or extreme operating conditions.

**INSTALLATION, OPERATION,
AND MAINTENANCE MANUAL**
WITH PARTS LIST



SUPER U SERIES PUMPS

MODELS
U4B65S-B INCLUDING: /F

GORMAN-RUPP PUMPS

www.grpumps.com

©2004 Gorman-Rupp Pumps

Printed in U.S.A.

Preventive Maintenance Schedule

Item	Service Interval*				
	Daily	Weekly	Monthly	Semi-Annually	Annually
General Condition (Temperature, Unusual Noises or Vibrations, Cracks, Leaks, Loose Hardware, Etc.)	I				
Pump Performance (Gauges, Speed, Flow)	I				
Bearing Lubrication		I			R
Seal Lubrication (And Packing Adjustment, If So Equipped)		I			R
V-Belts (If So Equipped)			I		
Air Release Valve Plunger Rod (If So Equipped)			I	C	
Front Impeller Clearance (Wear Plate)				I	
Rear Impeller Clearance (Seal Plate)				I	
Check Valve					I
Pressure Relief Valve (If So Equipped)					C
Pump and Driver Alignment					I
Shaft Deflection					I
Bearings					I
Bearing Housing					I
Piping					I
Driver Lubrication – See Mfgr’s Literature					I

Legend:

I = Inspect, Clean, Adjust, Repair or Replace as Necessary

C = Clean

R = Replace

* Service interval based on an intermittent duty cycle equal to approximately 4000 hours annually. Adjust schedule as required for lower or higher duty cycles or extreme operating conditions.

Operating Instructions

HUBER Micro Strainer ROTAMAT® Ro9



HUBER SE
Industriepark Erasbach A1

92334 Berching

Original operating instructions
Version 08/23

a) Wearing parts

Our guarantee does not include wearing parts that are subject to natural wear during operation. Wear parts are parts that are subject to increased wear due to their function. The level of wear depends greatly on the conditions of use, operating life and maintenance of the system. The life of the brushes depends substantially on the amount of grit contained within the wastewater. With the usual average amounts of grit, the average anticipated brush life is approx. 800 running hours.

These are the main wear parts of the machine:

- Cleaning brushes
- Plastic screw bearing (on machines > 6200 mm or size 700 respectively)
- Screen basket
- Wear protection spiral

9.2 Overview – regular repair work

Daily:

- Check screenings container and replace or empty it if necessary to avoid back-up of screenings into the discharge unit.

Weekly:

- Check the general function of the machine by visual inspection according to chapter 9.3.1.
- Check the press zone as described in chapter 9.3.3.

Monthly:

- Clean the machine as described in chapter 9.3.2.
- Check the air injection pipes (HUBER SE standard level control) or the level control system applied for dirt and proper function.
- Clean the (optional) dirt trap, if any, in front of the solenoid valve. Repeated cleaning may be necessary if the water is very dirty.

Yearly:

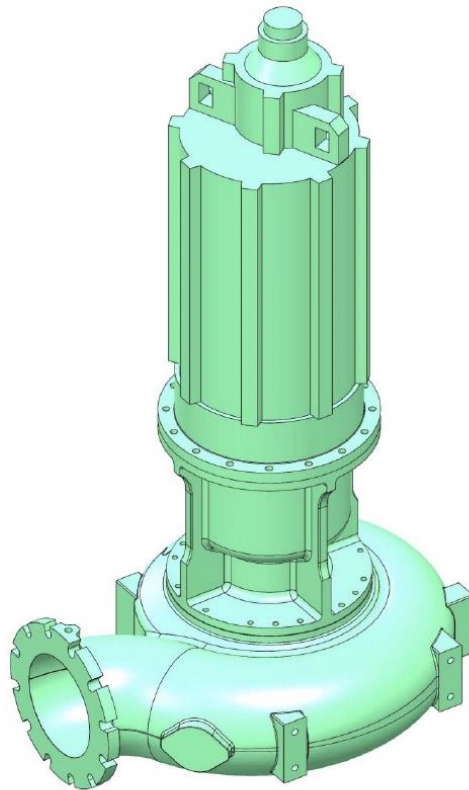
- Check the switch-on level upstream of the screen according to chapter 9.3.4.
- Check all screw connections as described in chapter 9.3.6.

Apéndice M. Catálogo Bomba Sumergible VAUGHAN.



S-SERIES ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMPS

INSTALLATION, OPERATION & MAINTENANCE INSTRUCTIONS



VAUGHAN CO., INC.

364 Monte Elma Road, Montesano, WA 98563
Phone: 1-360-249-4042 / Fax: 1-360-249-6155
Toll Free Phone (US only): 1-888-249-CHOP (2467)
Web Site: www.chopperpumps.com
Company E-mail: info@chopperpumps.com

SECTION 7: MAINTENANCE

ROUTINE MAINTENANCE

MONTHLY:

1. Check amperage draw to the pump motor and compare to that measured at startup. Make sure that power draw does not exceed allowable amperage to the motor at full load.
2. Visually check the condition of the oil in the clear reservoir to make sure it is not contaminated or milky.
3. If your pump is equipped with recirculation system check operation of the nozzle, the deflector, and the 3-way valve. You may want to take this opportunity to reverse or otherwise adjust the mixing pattern.

ANNUALLY:

Remove pump from the pit and inspect for wear or damaged parts. Check impeller clearance from cutter bar. It should be no greater than 0.025" maximum. Follow the procedure below applicable to your pump model to adjust impeller to cutter bar clearance or replace impeller and cutter bar as required. Check for smooth shaft rotation by rotating the pump shaft by hand. Be especially alert to rough spots



Serie WW05

Modelo 3872

BOMBA SUMERGIBLE PARA ALCANTARILLADO



SULZER

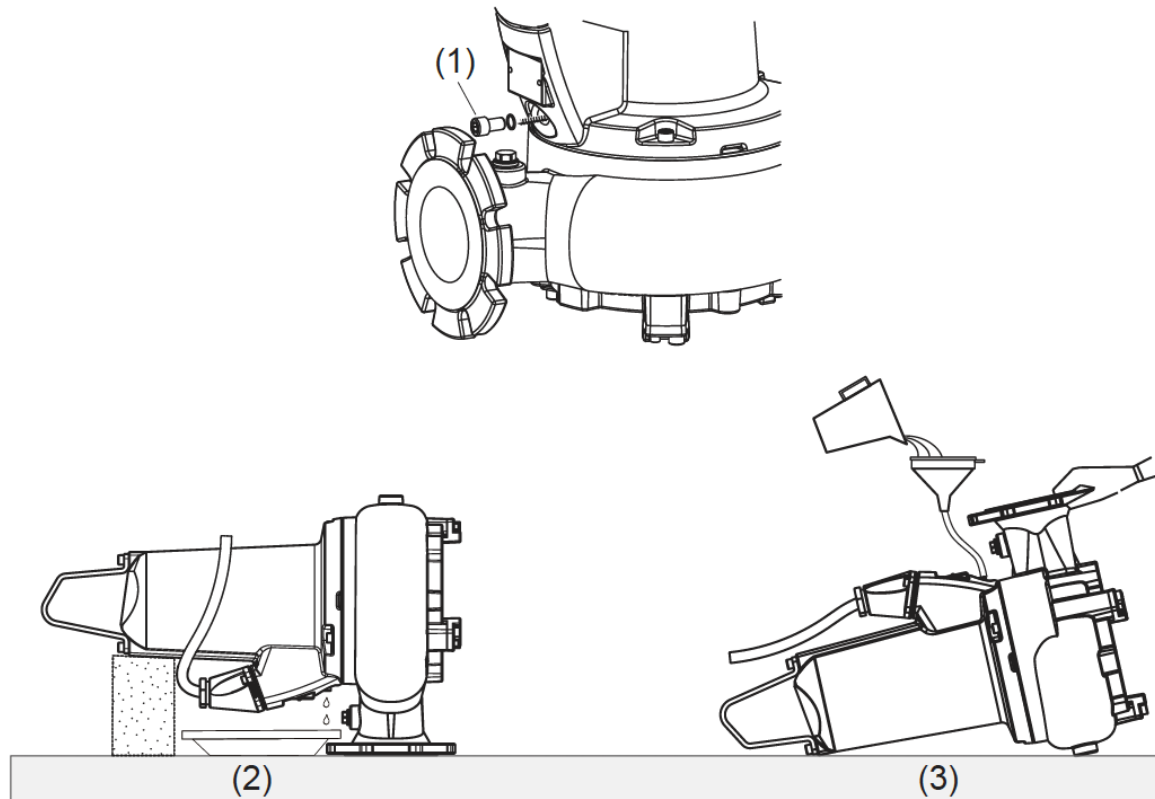
Original instructions

Installation, operation and maintenance instructions
Submersible Sewage Pump Type ABS XFP PE1 - PE3



14.2.1. Drain and fill the seal chamber (PE1 & PE2)


About this task



- 1 Drain plug screw
- 2 Drain
- 3 Fill

Procedure

1. Loosen the drain plug screw (1) enough to release any pressure that may have built-up, and re-tighten

	NOTE
	Before doing so, place a cloth over the plug screw to contain any possible spray of oil as the pump de-pressurizes

2. Place the pump in a horizontal position, sitting on its discharge flange, with the motor housing supported from underneath.

	CAUTION
	To prevent the pump from toppling over ensure it is supported to lie flat on its discharge flange.

3. Position an adequate container to receive the waste oil.
4. Remove the plug screw and seal ring (1) from the drain hole.
5. After the oil is fully drained lay the pump flat, and rotate so that the drain hole is positioned to the top.

Apéndice O. Cotizaciones empresa ZEBOL.



Zebol S. A.
 Cedula Juridica: 3-101-064341
 Phone Number: (506) 2437-7900
 La Recta, 50 mts al norte del edificio de la Cruz Roja 20701 Palmares, Alajuela, Costa Rica

COTIZACION : 107314

FECHA : 20/05/2024

Datos del cliente:

Cliente : INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS **Telefono:**
Atencion: DAVID ORTEGA MUÑOZ **Fax:** 2666-3597
Referencia : Repuestos Equipos Gorman Rupp **Email:** dortega@aya.go.cr

Condiciones de venta:

Tiempo de entrega: 6 a 8 Semanas luego e OC y adelanto cuando apliqu **Forma de pago:** Crédito
Termino de entrega : EN INSTALACIONES DEL CLIENTE **Validez de la oferta:** 15 dias

Detalle de la cotizacion:

Estimado(a) Sr.(A); por este medio me permito presentarle oferta según sus necesidades:

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNI	DESC %	TOTAL
0012910	ROL BOMBA GORMAN RUPP S1749	1.00	\$48.09		\$48.09
0012910	ROL BOMBA GORMAN RUPP 23252-013	1.00	\$54.00		\$54.00
0012910	ROL BOMBA GORMAN RUPP S1088	1.00	\$67.91		\$67.91
0012910	ROL BOMBA GORMAN RUPP S375	1.00	\$290.49		\$290.49
0012910	ROL BOMBA GORMAN RUPP S1040	1.00	\$204.23		\$204.23
0012910	ROL BOMBA GORMAN RUPP 23276-009	1.00	\$75.67		\$75.67
0012910	RETENEDOR BOMBA GORMAN RUPP S1352	1.00	\$28.38		\$28.38
0012910	SELLO MECANICO BOMBA GORMAN RUPP 46513-150	1.00	\$464.24		\$464.24
0012910	SELLO MECANICO BOMBA GORMAN RUPP 46512-074	1.00	\$1,195.20		\$1,195.20
0012910	EMPAQUE CAMARA SELLO BOMBA GORMAN RUPP 10959G 20000	1.00	\$4.80		\$4.80
0012910	EMPAQUE CAMARA SELLO BOMBA GORMAN RUPP 10959G 19410	1.00	\$68.28		\$68.28
0012910	ESPACIADOR ENSAMBLE ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 13130-3 17040	1.00	\$2.52		\$2.52
0012910	ESPACIADOR ENSAMBLE ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 13130 17040	1.00	\$5.30		\$5.30
0012910	SEPARADOR IMPULSOR A SELLO BOMBA GORMAN RUPP 37J 17090	1.00	\$8.80		\$8.80
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP S1748	1.00	\$5.85		\$5.85
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25154-447	1.00	\$45.62		\$45.62
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25152-446	1.00	\$9.24		\$9.24
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25154-276	1.00	\$67.73		\$67.73
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25154-258	1.00	\$15.52		\$15.52
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25152-276	1.00	\$10.96		\$10.96
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25154-022	1.00	\$2.71		\$2.71
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP S1674	1.00	\$7.14		\$7.14
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25152-273	1.00	\$9.60		\$9.60
0012910	O-RING BOMBA GORMAN RUPP 25154-273	1.00	\$25.61		\$25.61
0012910	EJE BOMBA GORMAN RUPP 11398 16040	1.00	\$879.16		\$879.16
0012910	EJE BOMBA GORMAN RUPP 38514-564 1706H	1.00	\$1,466.66		\$1,466.66
0012910	EJE BOMBA GORMAN RUPP 38514-819 1706H	1.00	\$1,502.19		\$1,502.19
0012910	EJE BOMBA GORMAN RUPP 38514-563 16040	1.00	\$579.31		\$579.31
0012910	EJE BOMBA GORMAN RUPP 10529 16040	1.00	\$902.93		\$902.93

Visitenos en nuestra página web
www.zebol.com



SOLUCIONES QUE FLUYEN
 Costa Rica - Panama
 Palmares Tel: (506) 2437-7900 | Guadalupe Tel: (506) 2437-7980 | Nicoya Tel: (506) 2437-7970 | Taller Tel: (506) 2437-7950 | Cobano Tel: (506) 2437-7940 | Fax: (506) 2453-3196

0012910	CUÑA EJE BOMBA GORMAN RUPP N0608 15990	1.00	\$2.83	\$2.83
0012910	CUÑA EJE BOMBA GORMAN RUPP N0608 17040	1.00	\$110.40	\$110.40
0012910	CUÑA EJE BOMBA GORMAN RUPP N0612 17040	1.00	\$74.68	\$74.68
0012910	IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 11406 11010	1.00	\$869.43	\$869.43
0012910	IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 11406 1718H	1.00	\$2,503.87	\$2,503.87
0012910	IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 38619-011 1718H	1.00	\$5,980.92	\$5,980.92
0012910	IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 10528 11010	1.00	\$928.35	\$928.35
0012910	IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 38618-002 11010	1.00	\$1,767.74	\$1,767.74
0012910	TORNILLO IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP F1004S 1500G	1.00	\$8.74	\$8.74
0012910	TORNILLO IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP F1004S 1704G	1.00	\$0.01	\$0.01
0012910	TORNILLO IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP DM1004S 17090	1.00	\$52.27	\$52.27
0012910	TORNILLO IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP DM1004S 15991	1.00	\$4.43	\$4.43
0012910	ARANDELA IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 31167-029 16000	1.00	\$85.27	\$85.27
0012910	ARANDELA IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 31167-029 1706H	1.00	\$83.37	\$83.37
0012910	ARANDELA IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 38329-040 17130	1.00	\$59.85	\$59.85
0012910	ARANDELA IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 10278 17090	1.00	\$74.25	\$74.25
0012910	ARANDELA IMPULSOR BOMBA GORMAN RUPP 10278 15030	1.00	\$16.62	\$16.62
0012910	VISOR DE ACEITE BOMBA GORMAN RUPP S1471	1.00	\$52.95	\$52.95
0012910	VISOR DE ACEITE BOMBA GORMAN RUPP 26714-021	1.00	\$368.50	\$368.50
0012910	VALVULA DE ALIVIO BOMBA GORMAN RUPP 26662-005	1.00	\$31.46	\$31.46
0012910	VALVULA DE ALIVIO BOMBA GORMAN RUPP 46431-803	1.00	\$492.13	\$492.13
0012910	EMPAQUE CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP 38683-268 18000	1.00	\$2.71	\$2.71
0012910	EMPAQUE CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP 38683-268 19410	1.00	\$156.88	\$156.88
0012910	EMPAQUE CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP 38683-271 19410	1.00	\$89.77	\$89.77
0012910	EMPAQUE CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP 38683-248 18000	1.00	\$2.71	\$2.71
0012910	VENTEO CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP S1530	1.00	\$11.27	\$11.27
0012910	VENTEO CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP AP0802 15079	1.00	\$4.56	\$4.56
0012910	VENTEO CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP 26717-006	1.00	\$258.53	\$258.53
0012910	VENTEO CAJA ROLES BOMBA GORMAN RUPP AP0802 17040	1.00	\$13.98	\$13.98
0012910	VALVULA CHECK BOMBA GORMAN RUPP 46411-060	1.00	\$259.52	\$259.52
0012910	VALVULA CHECK BOMBA GORMAN RUPP 46411-100	1.00	\$1,899.37	\$1,899.37
0012910	VALVULA CHECK BOMBA GORMAN RUPP 46411-095	1.00	\$2,129.28	\$2,129.28
0012910	VALVULA CHECK BOMBA GORMAN RUPP 46411-062	1.00	\$297.44	\$297.44
0012910	EMPAQUE BRIDA SUCCION BOMBA GORMAN RUPP 11412G 19370	1.00	\$11.76	\$11.76

Visitenos en nuestra página web
www.zebol.com



SOLUCIONES QUE FLUYEN
 Costa Rica - Panama

Palmares Tel: (506) 2437-7900 | Guadalupe Tel: (506) 2437-7980 | Nicoya Tel: (506) 2437-7970 | Taller Tel:
 (506) 2437-7950 | Cobano Tel: (506) 2437-7940 | Fax: (506) 2453-3196

0012910	EMPAQUE BRIDA SUCCION BOMBA GORMAN RUPP 11412G 19410	1.00	\$140.38	\$140.38
0012910	EMPAQUE BRIDA SUCCION BOMBA GORMAN RUPP 11389G 19410	1.00	\$268.14	\$268.14
0012910	EMPAQUE BRIDA SUCCION BOMBA GORMAN RUPP 11389G 19370	1.00	\$17.98	\$17.98
0012910	EMPAQUE BRIDA DESCARGA BOMBA GORMAN RUPP 25113-033	1.00	\$5.66	\$5.66
0012910	EMPAQUE BRIDA DESCARGA BOMBA GORMAN RUPP 1674GC 19410	1.00	\$98.57	\$98.57
0012910	EMPAQUE BRIDA DESCARGA BOMBA GORMAN RUPP 1676G 19410	1.00	\$122.52	\$122.52
0012910	EMPAQUE BRIDA DESCARGA BOMBA GORMAN RUPP 25113-034	1.00	\$8.56	\$8.56
0012910	PLATO DESGASTE BOMBA GORMAN RUPP 11407A 15990	1.00	\$277.93	\$277.93
0012910	PLATO DESGASTE BOMBA GORMAN RUPP 11407A 1718H	1.00	\$2,138.33	\$2,138.33
0012910	PLATO DESGASTE BOMBA GORMAN RUPP 46451-757	1.00	\$4,535.81	\$4,535.81
0012910	PLATO DESGASTE BOMBA GORMAN RUPP 10532A 15990	1.00	\$313.58	\$313.58
0012910	PLATO DESGASTE BOMBA GORMAN RUPP 46451-385	1.00	\$1,208.56	\$1,208.56
0012910	KIT ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 44163-259	1.00	\$4,837.87	\$4,837.87
0012910	KIT ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 44163-318	1.00	\$20,395.58	\$20,395.58
0012910	KIT ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 44163-425	1.00	\$21,613.13	\$21,613.13
0012910	KIT ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 44163-259	1.00	\$4,837.87	\$4,837.87
0012910	KIT ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 44163-261	1.00	\$5,573.26	\$5,573.26
0012910	KIT ROTATIVO BOMBA GORMAN RUPP 44163-388	1.00	\$6,173.51	\$6,173.51

Atentos a cualquier consulta

SUBTOTAL \$	99,321.23
DESC % \$	0.00
FLETE\$	0.00
IMPUESTO \$	12,911.76
TOTAL\$	112,232.99

Alejandro Hernández Fernández

Correo : asesorexterno6@zebol.com

Telefono :

Observaciones

Visitenos en nuestra página web
www.zebol.com



SOLUCIONES QUE FLUYEN
Costa Rica - Panama

Palmares Tel: (506) 2437-7900 | Guadalupe Tel: (506) 2437-7980 | Nicoya Tel: (506) 2437-7970 | Taller Tel: (506) 2437-7950 | Cobano Tel: (506) 2437-7940 | Fax: (506) 2453-3196

Página 3 de 5



Zebol S. A.
Cedula Juridica: 3-101-064341
Phone Number: (506) 2437-7900
La Recta, 50 mts al norte del edificio de la Cruz Roja 20701 Palmaraes, Alajuela, Costa Rica

COTIZACION : 103941

FECHA : 11/03/2024

Datos del cliente:

Cliente : INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS
Atencion: DAVID ORTEGA MUÑOZ
Referencia : Kit e Impulsor Bomba Flygt

Telefono:
Fax: 2666-3597
Email: dortega@aya.go.cr

Condiciones de venta:

Tiempo de entrega: 6 a 8 Semanas luego e OC y adelanto cuando aplique

Forma de pago: CONTADO

Termino de entrega : EN INSTALACIONES DEL CLIENTE

Validez de la oferta: 15 dias

Detalle de la cotizacion:

Estimado(a) Sr.(A); por este medio me permito presentarle oferta según sus necesidades:

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNI	DESC %	TOTAL
0001432	KIT REPARACION P/ 3127.090-890 6931900	1.00	\$2,410.42		\$2,410.42
0009854	IMPULSOR M 157MM P/ 3127 FLYGT	1.00	\$1,683.02		\$1,683.02

Atentos a cualquier consulta

SUBTOTAL \$	4,093.44
DESC % \$	0.00
FLETE\$	0.00
IMPUESTO \$	532.15
TOTAL\$	4,625.59

Alejandro Hernández Fernández

Correo : asesorexterno6@zebol.com

Telefono :

Observaciones

SOLUCIONES QUE FLUYEN
Costa Rica - Panama

Palmares Tel: (506) 2437-7900 | Guadalupe Tel: (506) 2437-7980 | Nicoya Tel: (506) 2437-7970
Taller Tel: (506) 2437-7950 | Cobano Tel: (506) 2437-7940 | Fax: (506) 2453-3196

Apéndice P. Cotizaciones empresa ALSARA.



Razón Social: Alsara Technologies S.A

Tel: 2452-1213

Cédula Jurídica: 3101447673

COTIZACION N° 1887

FECHA: 19/07/2024

Cliente	Telefono
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	2242-5000

Contacto:

DAVID ORTEGA MUÑOZ

Referencia:

ESTUDIO DE MERCADO SM-2024-222

CONDICIONES DE VENTA

Forma de pago:

Crédito a 30 Días

Vigencia de la oferta:

15 Días

Tiempo de entrega:

2 A 3 DIAS DESPUES DE RECIBIR OC Y PAGO

Garantía:

UN AÑO CONTRA DEFECTOS DE FABRICACION SEGÚN FABRICA

CODIGO	DESCRIPCION	CTD	% DESC	PRECIO UNIT.	PRECIO NETO
COT	Mantenimiento preventivo, correctivo con repuestos de Bomba Sumergible (Marca Sulzer modelo XFP80C PE35)	1.00	0.00%	\$1,780.00	\$1,780.00
COT	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca Sulzer modelo XFP100E PE105)	1.00	0.00%	\$2,070.00	\$2,070.00
COT	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca Sulzer modelo XFP150E PE150)	1.00	0.00%	\$2,070.00	\$2,070.00
COT	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca Sulzer modelo EJ30D-3MS)	1.00	0.00%	\$2,390.00	\$2,390.00
COT	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Bomba Sumergible (Marca FLIGT modelo 3127 170-0816 de 11HP)	1.00	0.00%	\$5,650.00	\$5,650.00
COT	Mantenimiento preventivo, correctivo con repuestos de Agitador de Fondo (Marca Sulzer modelo RW)	1.00	0.00%	\$2,450.00	\$2,450.00
COT	Mantenimiento preventivo, correctivo con repuestos de Aireador Sumergible (Marca Sulzer modelo XTA 152)	1.00	0.00%	\$1,950.00	\$1,950.00

COT	Mantenimiento preventivo, con suministro de repuestos de Aireador Sumergible (Marca TSURUMI PUMP modelo 22-BER5 de 22KW)	1.00	0.00%	\$2,950.00	\$2,950.00
-----	--	------	-------	------------	------------

CONDICIONES DEL SERVICIO SEGUN PLIEGO DE CONDICIONES SE INCLUYEN KITS DE REPARACION BASICOS QUE CONTIENEN, SELLO MECANICO, ORINGS, EMPAQUES Y RODAMIENTOS.

Atentos a cualquier consulta,

Hugo Aguilar
Teléfono: 8846-4400
haguilar@alsaracr.com

SubTotal	\$21,310.00
Desc % 0.00	\$0.00
Imp. Ventas	\$2,770.30
Total	\$24,080.30

Condiciones

- Los tiempos de entrega ofrecidos son definidos por los fabricantes y podrán ser modificados por ellos sin previo aviso, sin que esto implique ninguna responsabilidad para Alsara Technologies S.A. (Según Art.363, Código Comercio).
- Alsara Technologies, S.A. no será responsable de entregar equipos, o brindar servicios, que no estén explícitamente indicados en esta cotización, ni cantidades diferentes a las indicadas en la misma.
- El cliente no deberá asumir que se incluyen otros accesorios, o servicios, no descritos en esta cotización.
- Alsara Technologies, S.A. no se hará responsable por atrasos y /o perdidas de equipos producto de situaciones ajenas a nuestro control.
- La garantía de los equipos ofertados se aplicará con base en las condiciones y términos indicados por el fabricante.
- Los equipos o servicios adquiridos a partir de esta cotización, serán propiedad de Alsara Technologies hasta que el cliente cancele el saldo pendiente por el equipo o servicio, a menos que sea una venta de crédito debidamente respaldada por título ejecutivo o contrato equivalente.

Apéndice Q. Cotizaciones empresa AMINSA.



Ambiente e Ingeniería A.E.I. S.A.

Cédula Jurídica 3101685873
Dirección: 300 metros oeste del Ebais, Roblealto, San José De La Montaña, Barva, Heredia
Teléfono: 88820411
Email: info@aminsacr.com
Sitio Web: www.aminsacr.com

Proforma V. 4.3

Número: 1020

Fecha y hora de emisión: 19-06-2024 10:54:49 pm

Fecha de vencimiento: 27-06-2024

Actividad económica: 741402

Cliente: INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Nombre Comercial: AYA
Número de identificación: 4000042138
Dirección: Diagonal al cuerpo de bomberos de Pavas, Navarra, Pavas, San José, San José
Teléfono: 25436658
Email: info@aminsacr.com

Contacto:

Teléfono:
Email:

Información financiera

Condición de Venta: Crédito. Plazo a 30 día
Código de Moneda: CRC
Tipo de Cambio: CRC 1.00
Medio de pago: Transferencia - Depósito bancario

No	COD	PRODUCTO	CANT	UNI	PRECIO	DESCUENTO	IMPUESTO	TOTAL DE LÍNEA
1	85	Servicios de mantenimiento	1.00	Sp	CRC 485,000.00	CRC 0.00	IVA 13% CRC 63,050.00	CRC 548,050.00

Servicio de mantenimiento de soplante paletas Tohin, incluye cambio de rodamientos, retenedor, lubricador de aceite, aceite y fajas

Código CABYS: 8715600009900

Comentario:

Tiempo de mantenimiento: 1 semana en taller AMINSA

¡AMINSA le agradece una vez más la confianza depositada en nuestros servicios!

Pago mediante transferencia bancaria a nombre de Ambiente e Ingeniería AEI, S.A, cédula Jurídica : 3-101-685873

Banco de Costa Rica:

Colones: Cuenta Cliente: 15201001031568851 / IBAN: CR33015201001031568851

Dólares: Cuenta Cliente: 15201001045661813 / IBAN: CR10015201001045661813

BAC San José:

Dólares Cuenta Cliente: 953662376 / IBAN: CR89010200009536623760

Colones Cuenta Cliente: 953662384 / IBAN: CR79010200009536623843

SINPE MOVIL: 6054-6009

Enviar el comprobante de pago al correo : info@aminsacr.com

El pago deberá ser cancelado en la moneda en que se ha sido ofertada. En caso de realizarse el cambio a otra divisa, deberá utilizarse el tipo de cambio oficial de venta emitido por el BCCR el día de la emisión de la factura.

Posterior a un mes de la fecha de vencimiento de la factura, devengará un 2% de interés mensual. Si el cliente cae en mora o impago, o da señas de que su situación financiera se encuentra comprometida o bien es de conocimiento público y notorio, AMINSA podrá ejercer gestión de cobro en su totalidad por el precio de venta acordado.

AMINSA no tiene responsabilidad por entregar artículos en cantidades distintas a los expresados en la factura.

AMINSA garantiza que sus productos cumplen con la descripción proporcionada al comprador por medio de su oferta y de la Ficha Técnica del producto.

El cliente deberá revisar los productos y notificar a AMINSA de cualquier reclamo por faltantes, defectos y/o daños. Si el cliente no notifica en un plazo máximo de 24 horas después de recibidos los bienes, se entenderán recibidos de conformidad a su entera satisfacción.

Página 1 / 2

Comprobante generado por: www.facturaprofesional.com

Servicios gravados:	CRC 485,000.00
Monto Total:	CRC 485,000.00
Descuento:	- CRC 0.00
Subtotal:	CRC 485,000.00
Total IVA:	+ CRC 63,050.00
Otros Impuestos:	+ CRC 0.00
Total:	CRC 548,050.00



Ambiente e Ingeniería A.E.I. S.A.

Cédula Jurídica: 3101685873
Dirección: 300 metros oeste del Ebals, Robleaito, San José De La Montaña, Barva, Heredia
Teléfono: 88820411
Email: info@aminsacr.com
Sitio Web: www.aminsacr.com

Proforma V. 4.3

Número: 909

Fecha y hora de emisión: 01-04-2024 12:06:46 pm
Fecha de vencimiento: 09-04-2024
Actividad económica: 741402

Cliente: INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Nombre Comercial: AYA
Número de Identificación: 4000042138
Dirección: Diagonal al cuerpo de bomberos de Pavas, Navarra, Pavas, San José, San José
Teléfono: 25436658
Email: info@aminsacr.com

Contacto:

Teléfono:
Email:

Información financiera

Condición de Venta: Crédito. Plazo a 30 día
Código de Moneda: CRC
Tipo de Cambio: CRC 1.00
Medio de pago: Transferencia - Depósito bancario

No	COD	PRODUCTO	CANT	UNI	PRECIO	DESCUENTO	IMPUESTO	TOTAL DE LINEA
1	419	Servicio de suministro de repuestos Kit de overhaul para soplador marca Gardner Denver serie Robuschi RSW45 serial 1421882 Código CABYS: 8715600009900	1.00	Sp	CRC 4,615,000.00	CRC 0.00	IVA 13% CRC 599,950.00	CRC 5,214,950.00
2	420	Servicio de suministro de repuestos Kit de overhaul para soplador marca Gardner Denver serie HellFlow modelo HF408 serial S415637 Código CABYS: 8715600009900	1.00	Sp	CRC 1,250,000.00	CRC 0.00	IVA 13% CRC 162,500.00	CRC 1,412,500.00

Comentario:

Tiempo de entrega:

Repuestos Robuschi: 16 - 18 semanas tras aprobación

Repuestos HellFlow: 6 - 8 semanas tras aprobación

¡AMINSA le agradece una vez más la confianza depositada en nuestros servicios!

Pago mediante transferencia bancaria a nombre de Ambiente e Ingeniería AEI, S.A, cédula Jurídica : 3-101-685873

Banco de Costa Rica:

Colones: Cuenta Cliente: 15201001031568851 / IBAN: CR33015201001031568851
Dólares: Cuenta Cliente: 15201001045661813 / IBAN: CR10015201001045661813

BAC San José:

Dólares Cuenta Cliente: 953662376 / IBAN: CR89010200009536623760
Colones Cuenta Cliente: 953662384 / IBAN: CR79010200009536623843

SINPE MOVIL: 6054-6009

Enviar el comprobante de pago al correo : info@aminsacr.com

El pago deberá ser cancelado en la moneda en que se ha sido ofertada. En caso de realizarse el cambio a otra divisa, deberá utilizarse el tipo de cambio oficial de venta emitido por el BCCR el día de la emisión de la factura.

Posterior a un mes de la fecha de vencimiento de la factura, devengará un 2% de interés mensual. Si el cliente cae en mora o impago, o da señas de que su situación financiera se encuentra comprometida o bien es de conocimiento público y notorio, AMINSA podrá ejercer gestión de cobro en su totalidad por el precio de venta

Servicios gravados:	CRC 5,865,000.00
Monto Total:	CRC 5,865,000.00
Descuento:	- CRC 0.00
Subtotal:	CRC 5,865,000.00
Total IVA:	+ CRC 762,450.00
Otros Impuestos:	+ CRC 0.00
Total:	CRC 6,627,450.00

Apéndice R. Cotizaciones empresa INNOVAGUA.



Proforma

Fecha	Proforma #
13/9/2024	QG24-109

San Isidro, Calle 151, Vázquez de Coronado,
San Jose, 11101 COSTA RICA
T +506.2245.0269 F +506.2245.0270
www.innovagua.com

Nombre/Dirección
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Vencimiento	Proyecto
14/10/2024	

Item	Descripción	Cant	U/M	Costo Unidad	Total
999999	Screen basket Ro9 E/300 P/N 50014084	1	ea	4,797.00	4,797.00T
999999	Brush with clamp Ro9 E/300 P/N 301481	1	ea	547.00	547.00T
999999	Spiral (Wearing bar) R 126 10/5 1xturn P/N 560016	4	ea	139.25	557.00T
999999	Edge protection rubber profile - neoprene 560x 60x 2 5xbo9 P/N 50014085	2	ea	225.00	450.00T
99974	Servicio de mantenimiento preventivo Incluye las siguientes actividades: * Revisión de los elementos de operación y control de la máquina. * Revisión del equipo de daños visibles y recomendaciones correspondientes para eliminarlos. * Revisión de conexionado y prensaestopas de motor eléctrico esté ajustado. * Revisión del desgaste del tornillo y los componentes de compresión. * Revisión de que no existan sonidos extraños. * Limpieza del cepillo y la pantalla o tamiz. * Revisión del sistema de lavado, solenoide y resto de componentes. * Entrega de un informe detallado con actividades realizadas.	1	ea	450.00	450.00T
Tiempo de Entrega:4-6 Semanas. Pago:Crédito 30 días.		Subtotal		USD 6,801.00	
		Impuesto de Venta (13,0%)		USD 884.13	
Phone #	E-mail	Total		USD 7,685.13	
+506.6144.4323	george@innovagua.com				



Apéndice S. Sondeo de mercado realizado para los servicios y repuestos.

Solicitud de estudio de mercado o sondeo	Consecutivo: SM-2024-031	Código: ADM-91-01-F7	
Estudio de Mercado :		N° versión: 03	
Sondeo de Mercado :	X		
N° de Registro :			
<p>El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, le agradece su disposición a participar en el siguiente estudio o sondeo de mercado, cuyos resultados ayudarán a conocer</p>			

er y analizar las condiciones, características y tendencias del mercado en torno al objeto contractual que se indica, para determinar la viabilidad de la contratación, además de los precios de referencia que ofrece el mercado.

Por favor enviar respuesta a la dirección dortega@aya.go.cr, jugalde@aya.go.cr

Unidad solicitante	Dirección de Recolección y Tratamiento GAM	Objetivo del Estudio o Sondeo:	El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados requiere adquirir los servicios de mantenimiento preventivo, correctivo y suministro de repuestos para las labores de mantenimiento de equipos especializado de saneamiento de la Dirección RyT-GAM.
Clasificación del objeto	Bienes/Servicios		
Modalidad de contratación	Según demanda		
Si indicó otro específico			
Descripción del objeto contractual	Se requiere adquirir servicios de mantenimiento para varios equipos electromecánicos de las Estaciones de Bombeo (EBAR) y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicadas en el Gran	Mercado objeto de análisis:	Adquirir servicios para el mantenimiento de los equipos electromecánicos de las Estaciones de bombeo de Aguas Residuales (EBAR) y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales(PTAR) y Estaciones de Control de Aguas Residuales (ECAR) ubicadas en la Gran Área Metropolitana de San José (GAM). Requisitos de la empresa:

	<p>Área Metropolitana de San José (GAM). administradas por la Dirección de Recolección y Tratamiento GAM.</p>		<p>Empresas especializadas en servicios de mantenimiento preventivo y correctivo en equipo especial electromecánico. Deberá contar con representación nacional del fabricante de los repuestos suministrados. Deberá contar con un taller de servicio autorizado para el diagnóstico y reparación de los equipos suministrados. Deberá contar con personal profesional con mínimo 5 años de experiencia y técnico certificado por el fabricante para el diagnóstico y reparación de los equipos con mínimo 2 años de experiencia. Además de Ingenieros ingresados en CFIA.</p>
<p>Evaluador del estudio de mercado</p>	<p>David Ortega Muñoz</p>		
<p>Plazo del contrato</p>	<p>12 meses</p>		

Apéndice T. Rutina de mantenimiento para ROBUSHI ROBOX.

CONTROLLO - CHECK CONTROLE KONTROLLE - CONTROL	OPERAZIONE - OPERATION - OPERATION EINGRIFF - OPERACION	FREQUENZA-FREQUEN- CY-FREQUENCE -HÄUFI- GKEIT-FRECUENCIA			
		h1	h	S	M
BULLONI DI FISSAGGIO / <i>FIXING BOLTS</i> / BOUTONS DE FIXATION / BEFESTIGUNGSDÜBEL / BULONES DE FIJACIÓN	Controllo del serraggio / <i>Fixing check</i> / Contrôl du serrage / <i>Kontrolle der Befestigung</i> / Control del apriete	3			
LUBRIFICAZIONE <i>LUBRIFICATION</i> LUBRIFICATION SCHMIERUNG LUBRICACIÓN	Livello olio / <i>Oil level</i> / Niveau d'huile / <i>Ölstand</i> / Nivel aceite	3		1	
	Pressione olio / <i>Oil pressure</i> / Pression huile / <i>Öldruck</i> / Presión aceite	3		1	
	Filtro olio / <i>Oil filter</i> / Filtre à huile / <i>Ölfiter</i> / Filtro aceite	500	8000		12
	Pulizia dello scambiatore olio/aria / <i>Heat exchanger cleaning</i> / Nettoyage de l'échangeur huile/air / <i>Reinigung des Öl-Luftaustauschers</i> / Limpieza del intercambiador aceite/aire		4000		12
	Filtro demister / <i>Demister filter</i> / Pré-filtre / <i>Filter Demister</i> / Filtro Demister		4000		12
	Perdite di olio / <i>Oil leakages</i> / Fuites d'huile / <i>Ölleckagen</i> / Pérdidas de aceite	3	1		
	Sostituzione dell'olio / <i>Oil change</i> / Vidange d'huile / <i>Ölwechsel</i> / Sustitución del aceite	500	8000		12
FILTRO ASPIRAZIONE <i>INLET FILTER</i> FILTRE D'ASPIRATION SAUGFILTER FILTRO ASPIRACIÓN	Intasamento (max depressione -45 mbar) / <i>Clogging</i> (max depressione -45 mbar) / <i>colmatage</i> (dépression max -45 mbar) / <i>Verschmutzung</i> (max. Druckverlust -45 mbar) / <i>atasco</i> (max depresión -45mbar)			1	
	Sostituzione dell'elemento filtrante / <i>Element replacement</i> / remplacement du média filtrant / <i>Austausch Filterelement</i> / sustitución del filtro de aire		8000		12
FILTRO AVVIAMENTO / <i>STARTING STRAINER</i> / FILTRE DE DEMARRAGE / <i>ANSAUGFILTER</i> / FILTRO ARRANQUE	Eliminazione se al controllo risulta pulito / <i>Elimination if it is clean at check</i> / Elimination s'il est propre au contrôle / <i>Entfernung, wenn bei Kontrolle sauber</i> / Eliminación si en el control resulta limpio		500		
CABINA / <i>NOISE ENCLOSURE</i> / CA- POT / <i>SCHALLHAUBE</i> / CABINA	Pulizia delle griglie di ventilazione / <i>Ventilation slot cleaning</i> / Nettoyage des grilles de ventilation / <i>Reinigung der Lüftungsgitter</i> / Limpieza de las rejillas de ventilación		1000		6
TRASMISSIONE <i>TRANSMISSION</i> TRANSMISSION RIEMENTRIEB TRANSMISIÓN	Controllo dell'allineamento / <i>Alignment check</i> / Contrôle de l'alignement / <i>Kontrolle der Ausrichtung</i> / Control de la alineación	1	2000		
	Controllo dell'usura delle cinghie / <i>Belt wear check</i> / Contrôle de l'usure des courroies / <i>Kontrolle der Abnutzung der Riemen</i> / Control del desgaste de las correas	1	4000		
	Tensione delle cinghie / <i>Belt tension check</i> / Tension des courroies / <i>Riemenspannung</i> / Tensión de las correas	1	2000		
	Sostituzione delle cinghie / <i>Belt replacement</i> / Remplacement des courroies / <i>Austausch der Riemen</i> / Sustitución de las correas		16000		24
COMPRESSORE / <i>COMPRESSOR</i> / COMPRESSEUR / <i>KOMPRESSOR</i> / COMPRESOR	Revisione generale / <i>General inspection</i> / Révision générale / <i>Allgemeine Revision</i> / Revisión general		35000		36
SISTEMA DI CONTROLLO / <i>MONITORING SYSTEM</i> / SYSTEME DE CONTROLE / <i>KONTROLLSYSTEM</i> / SISTEMA DE CONTROL	Verifica della funzionalità / <i>Operation check</i> / Vérification du fonctionnement / <i>Überprüfung des Betriebs</i> / Control de las funciones	3			
VALVOLA RITEGNO - <i>CHECK VALVE</i> - CLAPET DE RETENUE - <i>RÜCKSCHLAGVENTIL</i> - VALVULA DE RETENCIÓN	Controllo della tenuta / <i>Seal tightness control</i> / Contrôle de l'étanchéité / <i>Prüfung der Dichtigkeit</i> / Control del cierre		8000		12
VALVOLA SICUREZZA - <i>SAFETY VALVE</i> SOUPAPE DE SECURITE - <i>SICHERHEITSVENTIL</i> - VALVULA DE SEGURIDAD	Controllo funzionamento / <i>Operation check</i> / Contrôle du fonctionnement / <i>Betriebskontrolle</i> / Control del funcionamiento		8000		12
MOTORE - <i>ENGINE</i> - MOTEUR MOTOR - MOTOR	Lubrificazione / <i>Lubrication</i> / Lubrification / <i>Schmierung</i> / Lubricación	Vedi paragrafo 8.3 <i>See paragraph 8.3</i> voir paragraphe 8.3 Siehe Paragraph 8.3 ver párrafo 8.3			
	Revisione generale / <i>General revision</i> / Révision générale / <i>Generalüberholung</i> / Revisión general	Vedi indicazioni del costruttore <i>See the manufacturer indication</i> voir les indications du fabricant Siehe Herstellerangaben ver las indicaciones del fabricante			

h1- ore di lavoro iniziali dal primo avviamento
h- ore di lavoro
S- settimane calendariali
M- mesi calendariali
In caso di doppia indicazione applicare quella che si verifica per prima

h1-operation hours from the first start-up
h-operation hours
S-weeks
M-months
In case of double indication, apply the first one

h1-heures ouvrées initiales à compter du premier démarrage
h- heures de fonctionnement
S- semaines calendaires
M- mois calendaires
En cas de double indication, appliquer celle qui a lieu en premier

h1- Arbeitsstunden ab dem ersten Start
h- Arbeitsstunden
S- Kalenderwochen
M- Kalendemonate
Bei Mehrfachnennung gilt die Zeitanzeige, die als erstes eintritt.

h1- horas de trabajo iniciales desde la primera puesta en marcha
h- horas de trabajo
S- semanas del calendario
M- meses del calendario
En caso de doble indicación, aplicar la que se produzca antes