

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la Planta de tratamiento de  
agua potable del municipio de Cogua Cundinamarca**

**Caso de estudio: Cámara de vacío**

**Ing. Andrés Heladio Rodríguez Azuero**

**Ing. Henry Alejandro Cubillos Forero**

**Ing. José Alberto Muñoz Calvo**

**Universidad ECCI**

**Dirección de posgrados**

**Gerencia de Mantenimiento**

**Bogotá, D.C.**

**2019**

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la Planta de tratamiento de  
agua potable del municipio de Cogua Cundinamarca**

**Caso de estudio: Cámara de vacío**

**Ing. Andrés Heladio Rodríguez Azuero**

**Ing. Henry Alejandro Cubillos Forero**

**Ing. José Alberto Muñoz Calvo**

**Trabajo de investigación para optar al título de especialistas en Gerencia de  
Mantenimiento**

**Ing. Miguel Ángel Urián Tinoco**

**Especialista en gerencia de mantenimiento**

**Universidad ECCI**

**Dirección de posgrados**

**Especialización Gerencia de Mantenimiento**

**Bogotá, D.C.**

**2019**

## **Dedicatoria**

El resultado de este proyecto va dedicado en primer lugar a Dios por haber sido nuestra guía y fortaleza en todo este andar estudiantil; en segundo lugar, a cada uno de los que son miembro de nuestras familias, nuestros padres, hermanos(as), parejas, hijos por ser siempre el apoyo incondicional, el impulso y sobre todo el soporte de todo el esfuerzo durante todo el tiempo y que han ayudado y llevado hasta donde estamos ahora. Por último y no menos importantes, a todos los docentes que nos acompañaron en el posgrado, con sus vivencias, consejos y espiritualidad, que sigan siendo los formadores de nuevas generaciones sin dejar esa calidez humana que los caracterizo.

Muchas Gracias

**Ing. Andrés Heladio Rodríguez Azuero**

**Ing. Henry Alejandro Cubillos Forero**

**Ing. José Alberto Muñoz Calvo**

## **RESUMEN**

Los costos en el área de mantenimiento ha sido hoy en día el motivo de discrepancia de muchas organizaciones, debido a que, es preferible dejar que un equipo se deteriore y quede inservible, a llevarlo a un correcto mantenimiento, prolongando la vida útil del mismo.

El objeto principal de la presente tesis es la implementación de una herramienta ofimática la cual ayudara al plan de mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos que hacen parte de la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable de la EAAAZ del municipio de cogua, Cundinamarca, los cuales se encontraban fuera de servicio al momento de iniciar la propuesta de proyecto; después de analizar los equipos se determinó que no era necesario reemplazarlos, sino que con un debido mantenimiento correctivo queda el equipo operativo y con la propuesta de mantenimiento preventivo, evitar que el equipo vuelva a estado de falla.

## **PALABRAS CLAVE**

Costo Beneficio, Mantenimiento, preventivo, predictivo y correctivo, indicadores, control de procesos, control de costos, análisis de falla, criticidad, organización, cámara de vacío.

## **SUMMARY**

The costs in the area of maintenance has been the reason for disagreement of many organizations today, because it is preferable to let a team deteriorate and become unusable, to take it to a proper maintenance, prolonging the useful life of it.

The main objective of this thesis is the implementation of a corrective and preventive maintenance plan for the equipment that is part of the vacuum chamber of the EAAAZ drinking water treatment plant in the municipality of Cogua, Cundinamarca, which they were out of service at the time of initiating the project proposal; After analyzing the equipment, it was determined that it was not necessary to replace them, but with corrective maintenance due, the equipment remains operational and with the proposal of preventive maintenance, to prevent the equipment from returning to fault status.

## **KEYWORDS**

Cost Benefit, Maintenance, preventive, predictive and corrective, indicators, process control, cost control, failure analysis, criticality, organization, and vacuum chamber.

## TABLA DE CONTENIDO

1	Título de Investigación.....	11
2	Problema de Investigación .....	11
2.1	Descripción de problema .....	11
2.2	Formulación del Problema.....	12
2.3	Sistematización del Problema.....	12
3	Objetivo de la Investigación.....	13
3.1	Objetivo General.....	13
3.2	Objetivos Específicos .....	13
4	Justificación y delimitación.....	13
4.1	Justificación .....	13
4.2	Delimitación .....	14
4.3	Limitaciones (normativas, tiempo, económicas, financieras, etc.).....	15
5	Marco Conceptual .....	15
5.1	Estado del Arte .....	15
5.1.1	Estado del Arte Locales.....	15
5.1.2	Estado del Arte Nacional.....	19
5.1.3	Estado del Arte Internacionales.....	22
5.2	Marco teórico.....	26
5.2.1	Campana de Vacío .....	26
5.2.2	Bomba de vacío.....	29
5.2.3	Importancia del Mantenimiento .....	29
5.2.4	La Finalidad del Mantenimiento .....	30
5.2.5	Porque se debe Gestionar el Mantenimiento.....	30
5.2.6	Tipos de Mantenimiento.....	31
5.2.7	Análisis de Criticidad .....	33
5.2.8	Análisis de Fallas .....	36
5.2.9	Análisis de Modo Efecto de Falla .....	37

5.2.10	Análisis de Causa Raíz .....	37
5.2.11	Las Causas de los Fallos.....	38
5.2.12	Indicadores de Confiabilidad en la Gestión del Mantenimiento .....	39
5.2.13	Indicadores de Mantenimiento .....	41
5.3	Marco Normativo / Legal .....	42
5.4	Marco Histórico .....	43
6	Marco metodológico .....	47
6.1	Recolección de la información .....	47
6.1.1	Tipo de Investigación .....	47
6.1.2	Fuentes de obtención de la información.....	49
6.1.3	Herramientas de la Investigación .....	51
6.1.4	Metodología de la Investigación .....	55
6.1.5	Recopilación de la información.....	56
6.2	Análisis de la información.....	66
6.2.1	Cámara de vacío .....	68
6.3	Propuesta de Solución .....	72
6.3.1	Puesta en marcha de equipos.....	72
6.3.2	Mantenimiento cuatrimestral de los equipos.....	77
6.3.3	Mantenimientos correctivos.....	91
6.3.4	Análisis precios unitarios de los mantenimientos .....	93
7	Resultados Obtenidos.....	95
8	Análisis financiero.....	108
8.1	ROI puesta en marcha.....	109
8.2	ROI POR MANTENIMIENTO.....	110
9	Conclusiones y Recomendaciones .....	111
9.1	Conclusiones.....	111
9.2	Recomendaciones .....	112
10	Bibliografía.....	114

## TABLA DE CONTENIDO IMÁGENES

Ilustración 1 Paso de ingreso de agua y generación de vacío. En “Funcionamiento campana de vacío”, por Degremont Colombia S.A., 1997, Ingeniería tratamiento de aguas, Vol. I, pág11. Derechos de autor por Degremont Colombia S.A.....	27
Ilustración 2 Extracción de vacío y salida de agua. En “Funcionamiento campana de vacío”, por Degremont Colombia S.A., 1997, Ingeniería tratamiento de aguas, Vol. I, pág11. Derechos de autor por Degremont Colombia S.A. ....	28
Ilustración 3 Maricopa, 2009. Rotary Vane Pump. Recuperado de <a href="https://www.google.com">https://www.google.com</a> .....	29
Ilustración 4 Mantenimiento su implementación y gestión, Torres Leandro, pág. 121, 2009 .....	31
Ilustración 5. Guevara W. 2015, Metodología para evaluar el factor confiabilidad en la gestión de proyectos de diseño de equipos industriales, Recuperado de <a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a> .....	34
Ilustración 6 García S. 2003, organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial, Vol. I, pág25. Derechos de autor por Díaz de Santos .....	36
Ilustración 7 Tipos de Investigación científica. Recuperado de <a href="https://www.tesiseinvestigaciones.com/tipo-de-investigacioacuten-a-realizarse.html">https://www.tesiseinvestigaciones.com/tipo-de-investigacioacuten-a-realizarse.html</a> .....	48
Ilustración 8 Rodríguez Andrés, Diagrama de decisiones, Bogotá 2018 Archivo de autoría propia .....	51
Ilustración 9 Cubillos A, Formato de registro de Mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ. ....	53
Ilustración 10 Cubillos A, Formato de registro de Mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ .....	53
Ilustración 11 Cubillos A, información de Mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ.....	54
Ilustración 12 Cubillos A, Información de mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ.....	54
Ilustración 13 Mapa de procesos EAAAZ Recuperado de <a href="https://www.eaaaz.com.co/organigrama/uncategorised/organigrama">https://www.eaaaz.com.co/organigrama/uncategorised/organigrama</a> 2015 Archivo de autoría de EAAAZ .....	57
Ilustración 14 Misión y visión EAAAZ Recuperado de <a href="https://www.eaaaz.com.co/mision-y-vision/uncategorised/mision">https://www.eaaaz.com.co/mision-y-vision/uncategorised/mision</a> 2015 Archivo de autoría de EAAAZ .....	57
Ilustración 15 Cubillos Alejandro, Diagrama de Funcionamiento Planta de tratamiento de agua, Cogua 2018 Archivo de autoría propia .....	58
Ilustración 16 Cubillos A, Registro de componentes del sistema de vacío, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ.....	61
Ilustración 17 Cubillos A, Bombas de vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ .....	62

Ilustración 18Cubillos A, Ficha técnica Bombas de vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ .....	63
Ilustración 19 Cubillos A, Estructura de la válvula rompe vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ.....	63
Ilustración 20Cubillos A, Componentes de la válvula rompe vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ .....	64
Ilustración 21Cubillos A, Descripción de partes de la válvula rompe vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ.....	66
Ilustración 22Muñoz José, No disponibilidad de equipos, Cogua 2018 Archivo de autoría propia .....	67
Ilustración 23Muñoz José, Criticidad de equipos, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	67
Ilustración 24Muñoz José, Equipos a intervenir, Cogua 2018 Archivo de autoría propia .....	68
Ilustración 25Válvula de compuerta, Recuperado de <a href="https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_redes/">https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_redes/</a> .....	68
Ilustración 26Cubillos, A. Rodríguez, A. Muñoz, J. Componentes de válvula, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	69
Ilustración 27Bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría de EAAAZ .....	69
Ilustración 28Cubillos, A. Rodríguez, A. Muñoz, J. Componentes de motor, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	70
Ilustración 29 Flotador, Cogua 2018 Archivo de autoría de EAAAZ .....	70
Ilustración 30Cubillos, A. Rodríguez, A. Muñoz, J. Componentes de flotador, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	71
Ilustración 31Tablero eléctrico, Cogua 2018 Archivo de autoría de EAAAZ.....	71
Ilustración 32APU Válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	73
Ilustración 33Estado del acople de las bombas, Cogua 2018 Archivo de autoría EAAAZ.....	74
Ilustración 34APU Bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	75
Ilustración 35APU flotador y sistema eléctrico, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	76
Ilustración 36APU flotador y sistema eléctrico, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	76
Ilustración 37 Hoja de tareas estándar para cada equipo, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	78
Ilustración 38Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	79
Ilustración 39 Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	80
Ilustración 40Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	81
Ilustración 41Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	82
Ilustración 42Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.....	83
Ilustración 43Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia.	84
Ilustración 44 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	85
Ilustración 45 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	86
Ilustración 46 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	87

Ilustración 47	Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	88
Ilustración 48	Hoja de mantenimiento flotador, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	89
Ilustración 49	Hoja de mantenimiento tablero, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	90
Ilustración 50	Hoja de mantenimiento tablero, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	91
Ilustración 51	APU mantenimiento, Cogua 2018 Archivo de autoría propia	94
Ilustración 52	Carta EAAAZ, Cogua 2018 Archivo de autoría EAAAZ	95
Ilustración 53	Contratación para mantenimiento de cámara de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría EAAAZ	96
Ilustración 54	Contratación para mantenimiento de cámara de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría EAAAZ	97
Ilustración 55	Contratación para mantenimiento de cámara de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría EAAAZ	98
Ilustración 56	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	99
Ilustración 57	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	100
Ilustración 58	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	101
Ilustración 59	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	102
Ilustración 60	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	103
Ilustración 61	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	104
Ilustración 62	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	105
Ilustración 63	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	106
Ilustración 64	Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cogua 2019 Archivo de autoría EAAAZ	107
Ilustración 65	Costos anuales de mantenimiento, Cogua 2019 Archivo de autoría propia	109
Ilustración 66	Incremento de aditivos, Cogua 2019 Archivo de autoría propia	109

## **1 Título de Investigación**

Propuesta para implementación de un plan de mantenimiento preventivo caso de estudio: cámara de vacío planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cogua Cundinamarca

## **2 Problema de Investigación**

### **2.1 Descripción de problema**

La cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable del acueducto municipal de Cogua Cundinamarca se encarga de realizar la mezcla del agua bruta con los reactivos, esto con el fin de formar el engrosamiento de los flóculos, a través de la estructura hidráulica de la cámara de vacío, donde la bomba se encarga de producir una agitación por medio de la aspiración de modo continuo a sí mismo el accionamiento de la apertura y cierre de la válvula de comunicación con la atmosfera por medio de un relé eléctrico y un sensor de nivel más conocido como flotador.

Este sistema asegura la homogeneidad del lecho y asentamiento momentáneo de los fangos los cuales se acumulan en los concentradores. Este proceso de formación de lodos se realiza por medio de la agitación del agua uniformemente en toda la superficie del fondo de la planta con movimientos de arriba hacia abajo durante el vaciado de la campana, lo cual permite que el agua tenga niveles de purificación más asertivas, ya que dicha estructura y sistemas de la planta de tratamiento ayudan a aumentar el rendimiento de la decantación y realizar una verdadera filtración de impurezas en el agua.

En los últimos seis meses, se han registrado numerosas fallas en la cámara de vacío cuya acción es la decantación del manto de lodos para el sistema de suministro de agua hacia los filtros, dando como resultado, la falta de agitación en la parte inferior de la planta generando falla en la

floculación, cuya función principal es mantener el manto de lodos en suspensión por medio de la extracción de aire de la campana de vacío.

El problema radica en que, en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cogua hasta la fecha, no cuenta con un adecuado plan de mantenimiento preventivo para la cámara de vacío en el proceso del agua de tratamiento, lo que conlleva a realizar mantenimientos correctivos sobre la falla, interrumpiendo de manera considerable el proceso de la floculación en periodos operacionales, hasta por un tiempo de 24 horas, trayendo consigo altos niveles de turbidez y de color en el suministro de agua a los usuarios, teniendo reprocesos en el tratamiento del agua y lavado continuo de los filtros.

Realizando un análisis de criticidad de la cámara de vacío, siendo el equipo con mayor importancia en el proceso de potabilización del agua, surgió la pregunta que da inicio al planteamiento de este proyecto de grado.

## **2.2 Formulación del Problema**

¿Cuáles son las metodologías de confiabilidad que mejor se adaptan a la bomba de vacío de planta de tratamiento de agua de Cogua Cundinamarca?

## **2.3 Sistematización del Problema**

¿Cómo determinar la metodología de mantenimiento que mejor se adapte a la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable de Cogua?

¿Qué políticas de mantenimiento son las más aptas para proponer un indicador que aumente la confiabilidad del equipo y aporte al mejoramiento continuo en la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable de Cogua?

¿Qué modelo de implementación es el más adecuado para el plan de mantenimiento preventivo a la planta de tratamiento del Municipio de Cogua?

### **3 Objetivo de la Investigación**

#### **3.1 Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento que garantice la confiabilidad de la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable de Cogua

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio de las funciones de la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Cogua con el fin de detectar las fallas más ocurrentes en el sistema.
- Establecer las metodologías de mantenimiento aplicables al sistema estudiado buscando el incremento de la confiabilidad
- Diseñar una herramienta ofimática para la implementación del plan de mantenimiento teniendo en cuenta la metodología que aumenten la confiabilidad de la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Cogua.

### **4 Justificación y delimitación**

#### **4.1 Justificación**

Junto a la constante evolución de los procesos y gestión de mantenimiento en el sector empresarial, se debe mantener un estándar de calidad y de gestión según las normas nacionales e internacionales para brindar un buen servicio y a la vez permita conservar los sistemas productivos de una organización, buscando cada día estar a la vanguardia de la actualidad, con

el fin que la organización cuente con mejores procedimientos y procesos; siendo el caso puntual la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Cogua, ya que no está a la vanguardia de los procesos y procedimientos del mantenimiento actual, al contrario, se corrige en el momento que ocurre una falla, aplicando en un 100% mantenimientos correctivos, lo que genera una baja disponibilidad de la mayoría de los equipos que abarcan el suministro y la continuidad del servicio de agua potable al municipio de Zipaquirá, Cogua y Nemocón; de esta situación surge la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo para la organización con el cual permita estandarizar, organizar, aumentar la disponibilidad, fiabilidad, vida útil y costo del mantenimiento, empezando con la cámara de vació.

Al implementar el plan de mantenimiento preventivo para la cámara de vació de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Cogua, se logrará la optimización de los recursos a nivel operacional y financiero, aumentando la disponibilidad del equipo y evitando altos costos de mantenimiento, consiguiendo un control exhaustivo del estado del equipo, detección de anomalías, anticipación a las averías esto se traduce a garantizar el mínimo costo con una máxima efectividad del equipo.

## **4.2 Delimitación**

Con esta implementación para el departamento de mantenimiento se justifica la importancia de contar con un plan de mantenimiento para la empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá, para que su ejecución se plasme en la planta de tratamiento del Municipio de Cogua. Para la elaboración investigativa del presente trabajo se desarrollara en el municipio de Cogua Cundinamarca, en las plantas de tratamiento de agua potable, de la empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá, en la cual se estudiara las fallas del equipo y de acuerdo al análisis se presentara una propuesta de

mantenimiento, por lo cual el tiempo establecido para la recolección de datos es de seis meses, desde el mes de julio del 2018 a enero del 2019, con el fin de ser presentado para la sustentación de grado.

#### **4.3 Limitaciones (normativas, tiempo, económicas, financieras, etc.)**

La primera limitante para la ejecución de este proyecto es la falta de documentación sobre procesos de mantenimientos realizados a nivel interno en la empresa, solo se cuenta con planos y fichas técnicas de fabricante (de algunos equipos).

### **5 Marco Conceptual**

#### **5.1 Estado del Arte**

##### **5.1.1 Estado del Arte Locales**

En el año 2012, el estudiante John Richard Díaz Tapias (Jhon Richard Díaz Tapias, 2012) de la Universidad (ECCI) Escuela Colombiana de Carreras Industriales, diseño un plan de mantenimiento preventivo, a la empresa MAB Ingeniería y transporte del sector de hidrocarburos de minería. Esta investigación la dirigió al personal involucrado en el área de mantenimiento, con el fin de que los involucrados puedan tomar acciones al presentarse una falla en el activo; En segundo lugar, fundamento su metodología en el diagnóstico de activos, identificando los errores al elaborar un plan de mantenimiento preventivo, sin las especificaciones técnicas del fabricante. Luego de este hallazgo logró determinar las tareas principales que deberían ir en el plan de mantenimiento de la organización, además de esto generó estrategias de productividad al ajustar las tareas principales teniendo como resultado un impacto de mejora en la disponibilidad y mantenibilidad de los activos. A partir del anterior documento se tomaran los datos más idóneos

que puedan aportar a esta investigación de propuesta de mantenimiento para la bomba de vacío, por otra parte el estudiante John Díaz fundamentó su investigación en el diagnóstico de los activos, la cual aportará a los estudios del sistema de la bomba de vacío.

En el año 2013 el estudiante Juan Sebastián Rodríguez Guerrero (Juan Rodríguez , 2013) de la Universidad (ECCI) Escuela Colombiana de Carreras Industriales, elaboró su trabajo de grado en la planeación de un programa de mantenimiento preventivo, dicho trabajo expone varias metodologías las cuales le ayudaron a determinar qué plan de mantenimiento es el más acorde a su entorno laboral, en primera instancia el señor Juan Rodríguez, realizó un inventario de los activos, este fue seleccionado por dependencias, luego de determinar el inventario, realizó una matriz de criticidad la cual le ayudó a establecer la priorización de los activos que deben ser intervenidos. Luego de dicho análisis, ejecuto una jerarquización de los activos, en el cual priorizo las actividades de mantenimiento, desarrollando un planteamiento de control de rutinas de tareas las cuales le ayudaron a establecer pautas de desarrollo de actividades de mantenimiento, las cuales fueron generados por las metodologías MTTR (tiempo medio de reparación) y MTBF (tiempo medio entre fallas), este tipo de metodologías ayudaron mejorar la confiabilidad y la mantenibilidad del área de mantenimiento. A partir del trabajo citado, se podrá establecer metodologías y conocimientos básicos de mantenimientos preventivos que ayuden establecer los análisis de confiabilidad que mejor se adapte a la bomba de vacío, en donde se busca disminuir las fallas de este equipo.

Los ingenieros James Ricardo Avellaneda Carreño, Alex Fernando pardo Orozco, Yesica Mariela Laverde peña (James Avellaneda, Alex Pardo y Yessica Laverde, 2017) estudiantes de la universidad (ECCI) Escuela Colombiana de Carreras Industriales del año 2017, describieron en este informe la adaptación de la(s) metodología(s) más adecuada(s) para eliminar la(s) falla(s) de alto impacto que se puedan presentar en las unidades de bombeo de la estación de Caucasia, en la cual exponen un análisis de causa raíz de los problemas que se presentan en dichos activos, en esta investigación recopilaron datos que les permitieron tener hallazgos de las fallas más comunes que se presentan en estos activos, dichas investigaciones fueron comparadas con los siguientes tipos de investigación, exploratoria, analítica, crítica y proyectiva en las cuales pudieron determinar las fallas más concurrentes que se presentan, por consiguiente aplicaron la metodología de las 5 “m” la cual les ayudo a identificar los fallos que se presentan en los sistemas de los activos de manera eficaz en cada una de las etapas del proceso de las estaciones de bombeo trayendo como resultado una mejora continua en sus labores. A partir de esta información se analizará los tipos de metodologías implementados en esta investigación, para así poder detectar las posibles fallas que se presentan en la bomba de vacío de la planta regional de Cogua Cundinamarca, ya que el informe describe varios tipos de bombas de las cuales podremos recolectar y analizar la información que recolectemos y así de esta manera confrontar las diferentes metodologías aplicables a esta investigación

Para el año 2011, los ingenieros Welmar Gerraen Gutiérrez Rodríguez y Javier Antonio Zúñiga Pardo (Welmar Gutiérrez & Javier Zúñiga, 2011) estudiantes de la universidad (ECCI) Escuela Colombiana de Carreras Industriales del año 2011, realizaron una investigación sobre los diferentes modelos de gestión de mantenimiento preventivo, cuyo objetivo principal de su

investigación fue indagar sobre las diferentes estándares de mantenimiento, y de acuerdo al análisis de los estándares propuestos de mantenimiento, poder desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que más sea acorde a nuestra investigación , de esta manera vincularemos de forma más detallada las tareas que se deben implementar al ejecutar un PM,(Mantenimiento Preventivo) de esta manera se analizará las metodologías estudiadas en el informe de la cuales se establecerá un método de análisis de criticidad y gestión de confiabilidad el cual ayudará a desarrollar un plan de mantenimiento más indicado para la bomba de vacío de la planta regional de Cagua. Este informe brinda la información necesaria para aumentar la productividad y vida útil de los activos con metodologías, como de MTTR (tiempo medio entre reparaciones), MTBF (Tiempo medio entre fallas) las cuales ayudarán a aumentar el rendimiento de los activos, con una de las técnicas más utilizadas en las normas, las cuales se encuentran los indicadores de gestión los cuales garantizarán la confiabilidad del plan de mantenimiento propuesto.

En el año 2018 los Estudiantes Danilo Andrés López Moreno y Julián Camilo Reina Barrera (Danilo López & Julián Reina, 2018) estudiantes de la universidad (ECCI) Escuela Colombiana de Carreras Industriales del año 2018, propusieron un programa de mantenimiento preventivo para el equipo Twin Evolution 22.50 para la empresa EMPACOR S.A , el objetivo principal de esta investigación fue aumentar el alcance de las condiciones de productividad del activo twin, su investigación se centra en la recolección de datos durante un periodo de fracción del año y de igual modo se comparó con la del año anterior, al tener esta base de datos se pudo realizar un análisis de la información obtenida y de acuerdo a lo estudiado de los datos se pudo plantear una propuesta de mantenimiento preventivo, de la misma manera se recogerán datos de la bomba de

vacío del municipio de Cagua, para establecer un plan de mantenimiento asertivo para este activo, es decir que de esta investigación se tomaran ciertos criterios para poder desarrollar una investigación al proyecto que se presentara en este documento.

### **5.1.2 Estado del Arte Nacional**

(Sánchez, 2017) El Ingeniero Andrés Camilo Peña Sánchez de la universidad militar nueva granada realizo un diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la planta de tratamiento de agua potable del municipio de muzo (Boyacá), con el fin de garantizar a los habitantes del municipio los mejores estándares de calidad en el suministro de agua y la continuidad del servicio ya que se estaba viendo comprometida a causa de los constantes fallos por la no disponibilidad de los equipos, inicialmente diagnostico los diferentes activos y sistemas operativos estableciendo procedimientos estandarizados para la ejecución operativa y de mantenimiento, por medio de frecuencia optima del mantenimiento preventivo, realizo un análisis de criticidad para determinar en qué flujo apuntarían el presupuesto de mantenimiento, para lograr la ejecución del plan de mantenimiento evalúa 3 opciones identificando la más rentable y eficaz por medio de outsourcing, proveedores de la planta de tratamiento de agua potable o personal de planta. De acuerdo al estudio de la presente investigación, se tomarán los temas que más aporten al desarrollo de la investigación de la bomba de vacío, por lo cual se estudiarán los temas como procedimientos estandarizados, estándares de calidad y análisis del diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo que pueda sustentar la propuesta de mantenimiento para el sistema de la planta de tratamiento de Cagua Cundinamarca.

Se resalta a los ingenieros Angie consuelo López Núñez, Brayan Fernando Jiménez Sabogal(Angie consuelo López Núñez, 2016) de la universidad Distrital Francisco José de Caldas por medio del Manual de operación y mantenimiento planta de tratamiento de agua potable san Antonio- Asociación Sucuneta, cuya finalidad es facilitar cada uno de los procesos identificando todos las etapas desde la captación hasta la distribución del agua potable, evaluando las responsabilidades en la operación y el mantenimiento preventivo y correctivo. Evaluaron cada uno de los subsistemas del tratamiento del agua tales como captación, mezcla rápida, floculantes, sedimentación, filtración, almacenamiento, recolección y muestreo evaluando independiente cada área y por medio de matriz de criticidad ejecutar la mejor opción de mantenimiento garantizando un alto nivel de satisfacción en el cliente interno y externo, brindando confiabilidad y calidad de producto final. En relación con la anterior investigación de los ingenieros Angie consuelo López Núñez, Brayan Fernando Jiménez Sabogal, se podrá extraer las metodologías de mantenimiento utilizadas en el proceso de floculación, sedimentación y mezcla rápida, ya que la presente investigación sobre la planta de tratamiento de Cogua Cundinamarca se centra en estos temas y de acuerdo al análisis y estudio de esta tesis se podrán establecer mantenimientos para la bomba de vacío.

En el año 2014, los estudiantes Eduardo Antonio Castillo Padilla, Jhon Jairo López (Eduardo Antonio Castillo Padilla, Jhon Jairo López López, 2014) de la Universidad (Autónoma del caribe), elaboraron un plan de mantenimiento preventivo para las válvulas del sistema de bypass, activos de la empresa generadora de energía zona franca Celsia S.A E.S.P, partiendo de recomendaciones de fabricantes de válvulas, manuales de operación. Generando un aumento considerable en la disponibilidad reduciendo sobrecostos asociados a mantenimientos correctivos y disminución en la producción, logrando el punto óptimo de disponibilidad con la máxima

eficacia y efectividad en la planeación y ejecución del mantenimiento. De acuerdo a la anterior investigación se tomará como referencia las recomendaciones del fabricante para proponer un plan de mantenimiento para la bomba de vacío de la planta de tratamiento de Cogua Cundinamarca, ya que el anterior estudio se puede evidenciar que elaboraron un plan de mantenimiento de acuerdo a las especificaciones del fabricante, así mismo se tomaran los datos más adecuados para el desarrollo de esta investigación.

En el año 2011, los ingenieros Sandra Milena Sánchez Gamba Y María Paula Peña Bernal (Sandra Sánchez & María Peña, 2011), de la Universidad de la Salle elaboraron una propuesta para el mejoramiento para la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Bituima Cundinamarca en la cual realizaron un diagnostico e identificación de cada una de las unidades de la planta de tratamiento de agua potable para diseñar alternativas de mejoramiento a las unidades de la planta, entre ellas la floculación, dicho estudio lo enfocaron en alternativas económicas y ambientales las cuales pudieran recomendar las mejores estrategias de mejoramiento para la planta de tratamiento del municipio de Bituima. Con respecto a la presente investigación, se recolectaran datos que puedan aportar a la investigación de proponer un plan de mantenimiento para la bomba de vacío de la planta de tratamiento de agua potable de Cogua Cundinamarca, así mismo analizaremos las metodologías y alternativas que se propusieron en la unidad de la floculación, y de acuerdo a las especificaciones dadas por las ingenieras tomar los mejores criterios para el mejoramiento de la floculación y aplicarlas para el desarrollo del presente proyecto.

Los Ingenieros Arlenson Amed Bolaño Rivera y Jorge Armando Chávez Villamil (Arlenson Bolaño & Jorge Chávez, 2012), realizaron un diseño de mantenimiento preventivo para las

bombas que trasiegan combustible del bote Urabá de la empresa Petrocomercial, en la cual basaron su investigación en aplicar las últimas tendencias de riesgos para los equipos y de esta manera establecer cuáles son los equipos críticos a el fin de determinar el diseño que más se adecue al mantenimiento preventivo bajo la metodología RBI (Metodología Basada en Riesgos), combinándolas con las metodologías de seguridad, confiabilidad, y rentabilidad dando como resultado beneficios operacionales y económicos a la entidad y a la vez aportando mejoramiento a la disponibilidad de los equipos. La anterior investigación dará como sustento a la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la bomba de vacío de la planta de tratamiento de agua de Cogua Cundinamarca, ya que la presente recopila información de las metodologías como criticidad, confiabilidad, rentabilidad y seguridad, de las cuales se tomarán los datos más aptos para el desarrollo de la presente investigación

### **5.1.3 Estado del Arte Internacionales**

El ingeniero Miguel Mora Gómez (Mora Gómez, España 2015) presenta la tesis doctoral Eficiencia energética y mantenimiento de grupos sumergidos de pozo profundo en comunidades de regantes, donde el objetivo de esta, es desarrollar, validar y aplicar un modelo de gestión para trabajos de mantenimiento en bombeos de pozo, que deberá servir como herramienta transversal en la toma de decisiones para la gestión de este tipo de instalaciones.

La metodología seguida para validar el modelo propuesto se basa en la comparación de un conjunto de indicadores del pozo patrón en dos situaciones: la actual (medición en campo de funcionamiento), frente a una situación potencial (funcionamiento del bombeo según los valores de catálogo del fabricante), de forma que, si los costes de operación potenciales son inferiores a los costes de operación actuales, es recomendable llevar a cabo labores de mantenimiento

preventivo. Asimismo, para el cálculo de los costos asociados al mantenimiento preventivo de las instalaciones de pozo, se propuso una metodología que contempla los costes asociados a dicho mantenimiento, como son los costes de grúa y los costes de taller. Las metodologías implementadas permiten ser una guía de apoyo para el cálculo de presupuesto, y poder presentar la propuesta como desarrollo de esta tesis.

El ingeniero Luis Barbera Martínez (Barbera Martínez, España 2014) sustenta en su tesis Técnicas y métodos avanzados para la toma de decisiones en la gestión de activos y mantenimiento, conjunto de técnicas y métodos avanzados como soporte a la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de activos y mantenimiento. La problemática existente en las empresas y entornos industriales en donde se requieren un número considerable de activos físicos y donde la disponibilidad de estos activos afecta directamente en la disponibilidad total de la planta y, por consiguiente, en la producción; se desarrolla un modelo avanzado para la gestión integral del mantenimiento en plantas industriales, considerando el contexto estratégico y operacional existente, y atendiendo a una serie de aspectos reales necesarios para convertir un modelo teórico en un modelo real de gestión del mantenimiento, como por ejemplo, considerar las posibles restricciones que podrían limitar el diseño de los planes de mantenimiento preventivo y los recursos necesarios para ello. También tiene en cuenta el proceso de selección de repuestos críticos (coste de inventario Vs coste por indisponibilidad de equipos críticos) así como la afectación positiva de las e-tecnologías (e-maintenance) en la gestión moderna del mantenimiento. El modelo desarrollado alinea los objetivos locales del mantenimiento con los objetivos globales del negocio y describe cómo gestionar y optimizar de una manera real y continua todos los procesos que tienen que ver con la planificación, programación y ejecución del mantenimiento. Este documento permite analizar desde un punto de vista más concreto, las

alternativas en planes de mantenimiento que se adecuan a solucionar la pregunta problema planteada en la tesis objetivo de esta propuesta.

La ingeniera Wendy Pérez González (Pérez González, Cuba, 2015) presenta el documento Mantenimiento basado en el riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el Hotel Playa Cayo Santa María, se desarrolla en el Hotel Playa Cayo Santa María entidad subordinada a la Delegación Territorial Centro de Gaviota S.A, donde se realiza el análisis de fallos a los equipos del sistema de abasto de agua caliente a los bungalows, el inadecuado funcionamiento de los mismos provoca el detenimiento total de la prestación del servicio e incluso no se llega a brindar el producto con la calidad deseada y se puede ver afectado el personal que allí labora, empleando un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR) para evitar las consecuencias de las fallas y minimizar su impacto. Además, se analizan los costos generales de la actividad de mantenimiento asociados a la ocurrencia de paradas en los equipos objetos de estudio. Como principales resultados de la investigación se arrojó que el procedimiento seleccionado posibilitó determinar los problemas que afectan la prestación del servicio, así como detectar las oportunidades de mejora que mayor impacto pueden tener en el incremento del desempeño de la Gestión de Mantenimiento en el hotel. Este documento permite identificar los pasos necesarios para adaptar un plan de mantenimiento a un equipo en constante falla, situación similar al caso de estudio presentado en la presente tesis.

El ingeniero Edwin Jesús Alave Alavi (Alave Alavi, Bolivia, 2016) presenta el documento desarrollo e implementación de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para micro centrales hidroeléctricas, realizado con la finalidad de implementar un programa de mantenimiento basado en el riesgo, enfocado en la fiabilidad de operación de las micro centrales, a fin de disminuir las horas de parada no programadas, elevar la disponibilidad del sistema y

minimizar los costos asociados al mantenimiento. Para lograr esto, se utilizó el proceso de la metodología de mantenimiento basado en el riesgo: Comunicación y consulta; Establecer el contexto; Identificar los riesgos; Analizar los riesgos; Evaluar los riesgos; Tratar el riesgo; Monitorear y revisión del riesgo. Este análisis sirvió de base para seleccionar las fallas de mayor riesgo e identificar los riesgos más críticos para reducirlos y mantenerlos dentro de un nivel aceptable, también esta metodología resulta muy eficaz para reducir costes en las actividades de mantenimiento y enfocar las actividades de mantenimiento en los elementos verdaderamente críticos, y se observa que aproximadamente el 80% de los riesgos en una planta están asociados únicamente al 20% de las actividades y elementos. Una vez detectados los riesgos críticos, se diseñó el programa de mantenimiento y se planteó la ejecución de la metodología. De no ser corregidos a tiempo, pueden originar fallas que impactarían significativamente en el funcionamiento, seguridad y medio ambiente. El documento permite tener claridad en la identificación de las fallas, siendo de gran ayuda para resolver el objeto de estudio en el caso presentado.

El ingeniero Anali del Valle Martínez Rodríguez (Martínez Rodríguez, Venezuela, 2013) sustenta el documento eficiencia de sistemas de mantenimiento implantados en unidades turbogeneradoras de plantas compresoras de gas, donde se evalúa la eficiencia de sistemas de mantenimiento implantados en unidades turbogeneradoras de plantas compresoras de gas mediante los indicadores de desempeño durante los años 2011 y 2012. Mediante este estudio se identifica que la falla con mayor recurrencia está asociada al sistema de control de gas combustible, siendo la mala calidad de repuesto/vida útil, la causa raíz más impactante. Así mismo, se precisa la planta con mayor índice de criticidad y se observa que el mantenimiento correctivo es la filosofía más aplicada. No obstante, las tecnologías de diagnóstico son empleadas ampliamente, exceptuando el

análisis de aceite en uso mediante laboratorio. También se destaca que los factores con mayor incidencia en el cumplimiento de las actividades de mantenimiento de acuerdo con su programación son la adquisición de materiales y repuestos, y el traslado del personal al sitio. Además, se determinan los indicadores de desempeño de la Planta más crítica, existiendo variaciones significativas en su comportamiento, y se evalúa el alcance del mantenimiento, cuya deficiencia principal se encuentra en la ejecución por ausencia de los recursos materiales necesarios. Este documento permite enfocar el comportamiento de la primera fase de la implementación del plan de mantenimiento en la cámara de vacío, las consecuencias generadas y los planes de acción a implementar en los demás equipos de la organización.

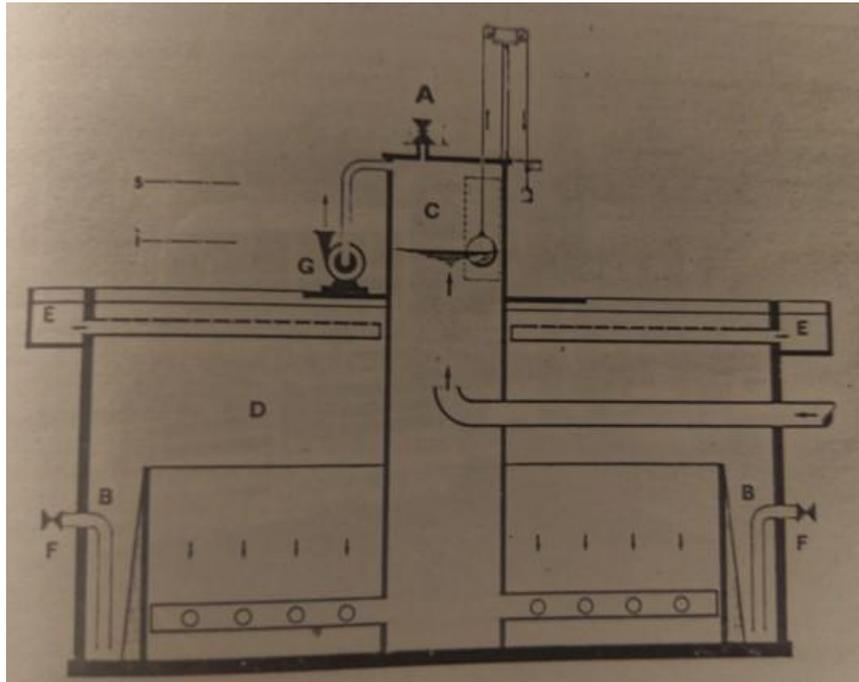
## **5.2 Marco teórico**

El presente trabajo se analizarán temas relacionados con el mantenimiento preventivo, con el fin de dar soporte a las estrategias que mejor se adapten a un plan de PM (Mantenimiento Preventivo) para una bomba de vacío de la planta regional, como base de esta investigación se tomaran libros y guías que describan los temas y técnicas de PM (Mantenimiento Preventivo), los cuales ayudaran al desarrollo del plan de mantenimiento el cual se adecue a los sistemas operacionales del Activo, con el fin de enfatizar tareas principales de mantenimiento y así mejorar la confiabilidad y disponibilidad del activo.

### **5.2.1 Campana de Vacío**

Su operación se divide en dos tiempos.

## Primer Tiempo



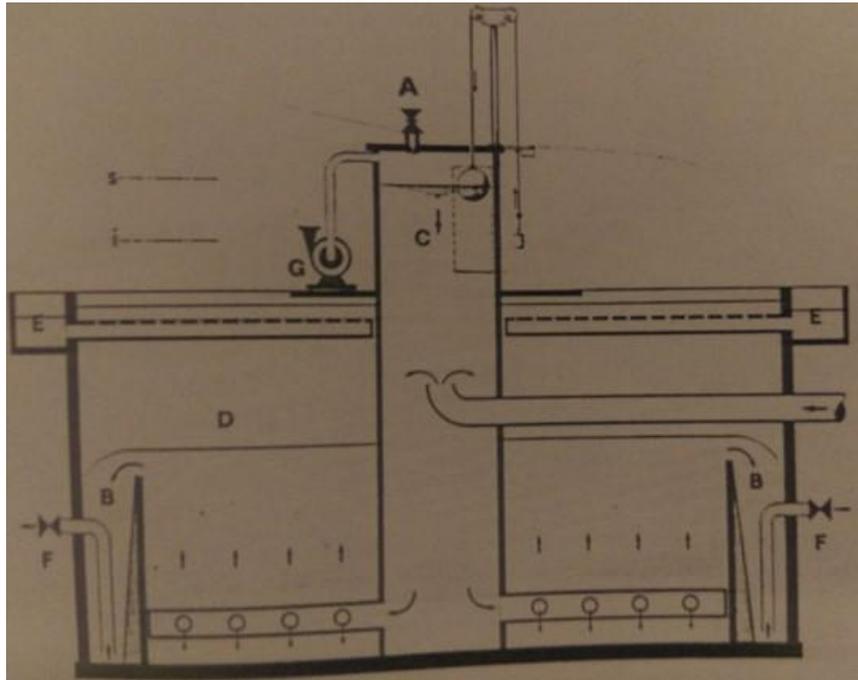
*Ilustración 1 Paso de ingreso de agua y generación de vacío. En "Funcionamiento campana de vacío", por Degremont Colombia S.A., 1997, Ingeniería tratamiento de aguas, Vol. I, pág11. Derechos de autor por Degremont Colombia S.A.*

Desde el momento que ingresa el agua bruta con los reactivos en la cámara de vacío (C), la cual está en comunicación con el colector inferior del decantador; se aspira el aire contenido en esta cámara por medio de una bomba de vacío (G). El caudal aspirado por la bomba de vacío (G), debe ser inferior al caudal de agua bruta y, por ello, una parte de esta se almacena en la cámara, donde el nivel se eleva progresivamente, mientras otra parte continúa alimentando el colector inferior del decantador.

Cuando el nivel en la cámara alcanza un determinado valor (regulado en el arranque entre 0,60m y 1m, según la naturaleza del tratamiento a realizar en el fluido) un dispositivo del tipo flotador, acciona la apertura brusca de una válvula automática rompevacío (A) de comunicación de la cámara con la atmosfera. El colector general, situado en la parte inferior del decantador, es de gran sección, con el fin de no crear pérdidas de carga excesivas y asegurar una velocidad de flujo

suficientemente rápida. Los orificios de las ramificaciones están dispuestos de forma que el reparto del agua sea absolutamente uniforme sobre el fondo del decantador.

### Segundo Tiempo



*Ilustración 2 Extracción de vacío y salida de agua. En "Funcionamiento campana de vacío", por Degremont Colombia S.A., 1997, Ingeniería tratamiento de aguas, Vol. I, pág11. Derechos de autor por Degremont Colombia S.A.*

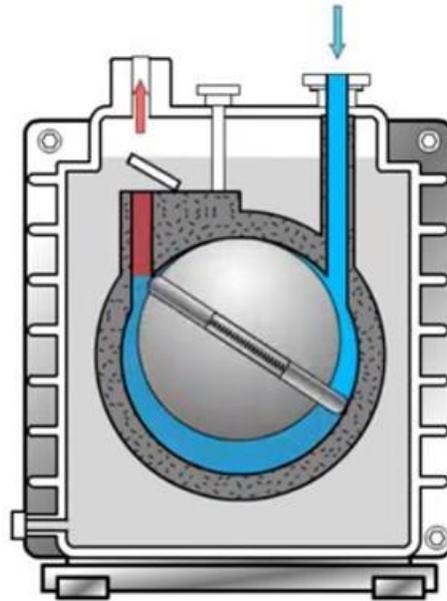
Cuando el agua alcanza el nivel superior (S) en la cámara de vacío (C) y la válvula automática rompevacío (A) se abre, el agua que se encuentra al interior de la cámara de vacío penetra en el decantador (D). Los lodos se elevan con el agua.

El exceso de lodos penetra en los concentradores (B). El agua decantada sale por los canales (E).

Cuando el agua alcanza el nivel inferior (I) al interior de la cámara, la válvula automática rompevacío (A) se cierra. Los lodos asentados en el concentrador (B) son extraídos periódicamente por la válvula automática (F), y empieza de nuevo el primer tiempo.

### 5.2.2 Bomba de vacío

El funcionamiento de la bomba de vacío, consiste en aspirar el aire contenido en la estructura de la campana de vacío, provocando que el nivel de agua aumente considerablemente, independiente del sistema, la bomba de vacío sigue operando constantemente 24/7, así la válvula automática rompevacío actué, no afecta la operación de la bomba de vacío.



*Ilustración 3 Maricopa, 2009. Rotary Vane Pump. Recuperado de <https://www.google.com>*

### 5.2.3 Importancia del Mantenimiento

El objetivo fundamental del mantenimiento es garantizar que los activos cumplan con la función para la cual fueron diseñados, aplicando estrategias para general un porcentaje alto de disponibilidad con el máximo rendimiento y efectuando la optimización del costo de mantenimiento y prolongación del ciclo de vida.

## 5.2.4 La Finalidad del Mantenimiento

“La finalidad del mantenimiento entonces es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicio con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible”

## 5.2.5 Porque se debe Gestionar el Mantenimiento

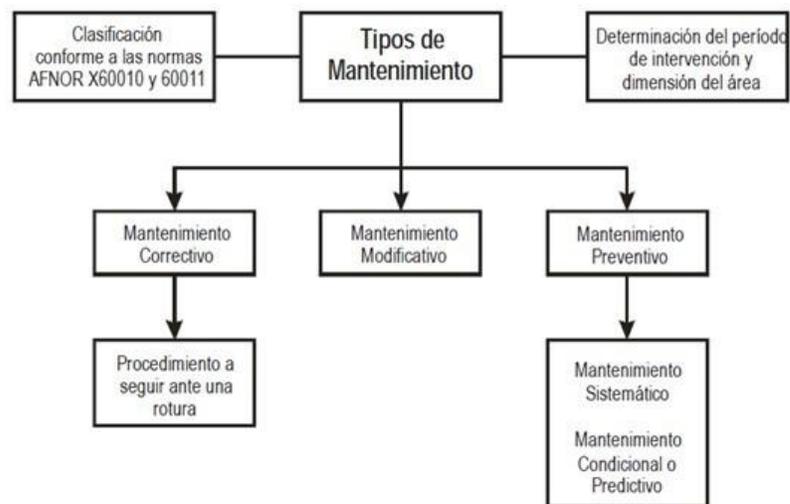
La gestión óptima del Mantenimiento según se basa cuatro ideas.

1. “Porque la competencia obliga a rebajar costos” Es de vital importancia analizar la optimización máxima del mantenimiento basada en gestión de repuestos, activos, mano de obra generando siempre un enfoque en seguir los lineamientos de la organización y la obtención de los objetivos corporativos con el mínimo costo y máxima efectividad.
2. “Porque han aparecido multitudes de técnicas que es necesario analizar para analizar si su implementación supondría una mejora en los resultados de la empresa” de aquí parte el enfoque de un correcto análisis en la tomar de decisión para aplicar un plan mantenimiento con el fin de cuál sea la metodología (Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Predictivo, TPM, RCM, Sistemas GMAO) garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los activos mejoramiento continua.

3. "Porque los departamentos necesitan estrategias" para lograr cumplir con los lineamientos de las políticas de la organización
  
4. "Porque la calidad, la seguridad y las interrelaciones con el medio ambiente son temas de vital importancia" Mantenimiento se tiene que convertir en un departamento multifuncional y multidisciplinario estar en la capacidad de brindar oportuna respuesta a todos los requerimientos de la organización

### 5.2.6 Tipos de Mantenimiento

Los diferentes tipos de mantenimiento mostrado en la figura 1, están direccionados al análisis previo de las diferentes metodologías, identificar que tipo de mantenimiento es el más funcional para cada uno de los activos que componen el sistema productivo, garantizando que los equipos cumplan la función para la cual fueron diseñados alineándose con los objetivos de productividad, calidad y costos de la organización.



### **5.2.6.1 Mantenimiento Preventivo**

“Aquellas tareas que se realizan con el objeto de mantener el equipo en perfecto estado de conservación, de forma que preste un determinado nivel de servicio todo el tiempo que sea posible” (Rodrigo, 2015). El mantenimiento preventivo se basa en la planificación y control de inspecciones periódicas por medio frecuencias de mantenimiento de acuerdo a recomendaciones de fabricante, listas de chequeo, inspecciones visuales, rutas de lubricación todo esto encaminado a la prevención de fallas y prolongación de la vida útil del activo.

### **5.2.6.2 Mantenimiento Correctivo**

“El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.” El mantenimiento correctivo se efectúa cuando el elemento o subsistema falla, basado en la condición, hallazgos encontrados en una inspección preventiva el dejar llevar a un activo a mantenimiento de tipo correctivo puede llegar a disminuir la disponibilidad y confiabilidad generando altos costos.

### **5.2.6.3 Mantenimiento Predictivo**

“En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.” (Tores, Mantenimiento su implemetacion y gestion, 2005, pág. 136)

Radica en analizar variables funcionales del equipo las cuales generan como resultado final condiciones del estado del mismo, las ventajas principales de este tipo de mantenimiento es no parar la operación productiva del equipo. La inspección de las variables analizadas en el equipo tales como termografía, análisis de vibración, partículas magnéticas, tintas penetrantes entre otras, se pueden realizar de forma periódica o continua, buscando predecir las fallas futuras.

#### **5.2.6.4 Mantenimiento Modificativo**

“Con este nombre se conocen las acciones que lleva a cabo mantenimiento, tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de esta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.” (Tores, Mantenimiento su implementación y gestión, 2005, pág. 126)

#### **5.2.7 Análisis de Criticidad**

“El análisis de criticidad es una de las metodologías que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante.” (Gutiérrez, 2008, pág. 28)

Por medio del análisis de criticidad se reconocen los equipos críticos del proceso productivo de la empresa, determinando planes de acción efectivos para mitigar en su máxima expresión la no disponibilidad del activo, siendo esta herramienta una metodología viable como punto de partida para generar un plan de mantenimiento y determinar cuánto dinero se invierte a cada grupo de activos.

La criticidad se puede expresar como:

$$\text{Críticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

“La frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está definida como: el impacto y la flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.” (Ramirez, 2017, pág. 24)

Los fundamentos para un análisis de criticidad son:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costo (Operacional / Mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

De acuerdo a los resultados la criticidad se mide por medio de una matriz de frecuencia por consecuencia de falla, como se muestra en la figura

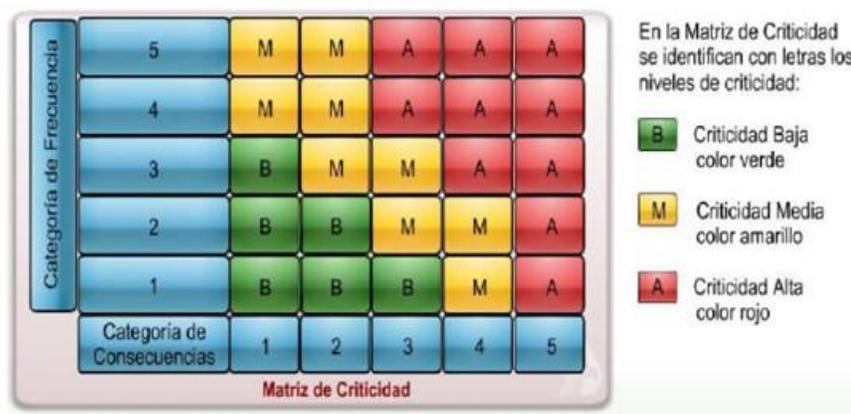


Ilustración 5. Guevara W. 2015, Metodología para evaluar el factor confiabilidad en la gestión de proyectos de diseño de equipos industriales, Recuperado de <https://www.researchgate.net>

De acuerdo a los resultados de la matriz de criticidad, los colores permiten identificar el mayor o menor riesgo que corre la organización por la falla de un activo crítico.

**Equipos Críticos:** Son los equipos que más atención y planificación de mantenimiento se le debe brindar puesto que una falla en sus componentes o sistemas afecta drásticamente los objetivos de productividad de la organización.

**Equipos Importantes:** Estos equipos presentan una no disponibilidad por avería o mal funcionamiento afecta a la organización, pero sus consecuencias son asumibles.

**Equipos Prescindibles:** En este grupo se encuentran equipos de baja afectación en los resultados de la compañía representando una pequeña incomodidad al proceso o un costo no muy representativo.

Los grupos de criticidad descritos anteriormente se pueden evidenciar en la figura 3, analizando de acuerdo al tipo de criticidad su incidencia a nivel de seguridad, medio ambiente, producción, calidad y mantenimiento.

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

*Ilustración 6* García S. 2003, *organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*, Vol. I, pá25. Derechos de autor por Díaz de Santos

## 5.2.8 Análisis de Fallas

“El termino modo de falla es usado para referirse a las posibles maneras en que un componente puede fallar. Un componente puede tener uno o más modos de falla.” (J., 2002, pág. 25). Es se define como un examen sistemático que se realiza al equipo o componente en fallo así determinar la causa raíz de la misma, administrar la información analizada y lograr la confiabilidad del activo.

### **5.2.9 Análisis de Modo Efecto de Falla**

Esta metodología analiza la evaluación del riesgo considerando las causas de falla potenciales que se pueden llegar a presentar en sus etapas de vida útil, apoya a la correcta evaluación del riesgo y a tomar una ruta de acción para dar solución a fallas que puede presentar el activo.

Evalúa los riesgos presentes en la compañía mediante la identificación de tres criterios severidad, ocurrencia y detección.

La severidad es el impacto al realizar el planteamiento de la AMEF este valor no cambia, dado que el riesgo y el impacto es el mismo, la ocurrencia es la cantidad de veces que puede presentarse un modo de falla en un determinado tiempo y la detección es que tan fácil se puede llegar a identificar una falla en el equipo, el resultado de estas tres variables nos arrojan un valor de número de riesgo final, este valor se debe contrastar con el valor inicial el cual debe ser inferior una vez aplicado los planes de acción estratégicos para mitigar los modos de falla.

### **5.2.10 Análisis de Causa Raíz**

“El análisis de averías o análisis de causa raíz tiene como objetivo determinar las causas que provocan los fallos para adoptar medidas preventivas que las eviten.” (Garrido, RENOVETEC Ingeniera del Mantenimiento, 2012, pág. 4)

Es la herramienta utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas en los equipos, las cuales a ser identificadas y corregidas desde su origen evitaran la ocurrencia de las mismas. Es una estrategia de identificación de causas fundamentales que conducen a fallos recurrentes, las causas identificadas son lógicas y es un análisis efectivo el cual identifica la relación causal que conduce al sistema equipo o componente a la falla.

### 5.2.11 Las Causas de los Fallos

Al fallar un equipo generalmente su ocurrencia es por uno de estos ocho motivos de causas de fallo:

- “Fallos de Diseño.” Pueden ser variados y su ocurrencia radica en la selección incorrecta en los materiales de fabricación, la sobrecarga a la capacidad de trabajo del mismo, un sistema de control que permite la fatiga o provoca el fallo, sistema de lubricación o refrigeración inadecuado.
- “Suministro de material con deficiencia.” Este fallo se presenta cuando los materiales suministrados para la fabricación son incorrectos o se ha generado un almacenamiento erróneo de los repuestos, los cuales antes de su montaje ya han presentado un deterioro significativo, al no seguir las recomendaciones de almacenamiento estipulado por el fabricante.
- “Fallo de montaje.” Cuando se realiza una instalación inadecuada del equipo o sus sistemas del mismo.
- “Fallos en la operación.” Este tipo de fallo tiene relación a los siguientes orígenes: errores de interpretación, factores físicos del operador, factores psicológicos, factores de procedimiento, falta de seguimiento de un proceso, falta de formación técnica o capacitación del recurso humano.
- “Por un fallo de mantenimiento.” Esta puede estar relacionada con una orden de trabajo no realizada o mal ejecutada.
- “Fallas en las condiciones de los suministros.” Tiene relación a cada uno de los suministros externos como energía eléctrica, agua, aire, etc.

- “Fallos provocados por condiciones externas anormales.” Los equipos están diseñados para funcionar en condiciones determinadas, pero no bajo cualquier condición de abuso.
- “Falla como consecuencia de otra falla.” Esta avería se ocasiona por otro sistema u equipo en falla.

## **5.2.12 Indicadores de Confiabilidad en la Gestión del Mantenimiento**

Los indicadores de gestión de mantenimiento permiten generar un panorama del comportamiento del mantenimiento como unidad operacional dentro de la compañía, generar un análisis de los datos resultantes a nivel de disponibilidad, mantenibilidad, costo y así tomar planes de acción para el mejoramiento continuo para aumentar la eficiencia y eficacia del mantenimiento.

### **5.2.12.1 Diez Reglas Fundamentales para un Buen Sistema de Indicadores**

- “Los resultados deben medir lo que realmente la empresa espera del departamento de mantenimiento.” Es fundamental realizar una buena planificación de que indicadores medibles aportaran para el desarrollo de resultados y metas de la organización.
- “Los indicadores deben ser representativos y fáciles de medir.” Buscar que el indicador sea funcional y de fácil comprensión para personas ajenas.
- “los indicadores de resultados deben tener en cuenta a los clientes internos.”

Normalmente para el área de mantenimiento el cliente interno es producción, donde se debe apreciar los requerimientos de este departamento e ir de la mano para que el producto final cumpla con los estándares requeridos de calidad, seguridad y medio ambiente.

- “Analizando la posibilidad de medir tiempos y procesos.” Es fundamental disponer de indicadores que evalúen los tiempos de parada, esperas y reparaciones ya que la variable que no se mide no se controla.
- “Análisis de indicadores de la competencia.” Este es un punto referente para analizar la viabilidad de la compañía ante otra organización y buscar planes de acción para generar un incremento en la innovación y competitividad.
- “Esfuerzo en implementar una cultura de medición en los técnicos.” Se debe implantar en el recurso humano un enfoque por el mejoramiento continuo, basado en buenas prácticas de operación, control y capacitación que desarrolle al máximo las habilidades técnicas y administrativas de cada uno de los integrantes que conforman el área de mantenimiento, cuando se tiene un equipo multifuncional y multidisciplinario los resultados serán de más fácil alcance.
- “Utilice solo e indispensablemente los indicadores de su interés.” Es primordial abarcar únicamente los indicadores que midan la efectividad como organización, y no un número excesivo que no genere un valor agregado a estos resultados.
- “Preocupación por involucrar al equipo en la identificación del indicador.” Con este se consigue la motivación del equipo y se tomara en serio el análisis de los indicadores.
- “Analizar la eficiencia de su indicador.” Es elemental comprender que un indicador es un medio, nunca un fin y por lo tanto es una herramienta para alcanzar el mejoramiento continuo.
- “Eliminar o cambiar aquellos indicadores que se precise.” Se requiere hacer un balance de cada uno de los indicadores que se tienen implementados, para así determinar si estos indicadores son eficientes y siguen el camino de los objetivos

propuestos, o se requiere una reestructuración de los mismos, para seguir alineados a los nuevos retos presentados en la organización.

### **5.2.13 Indicadores de Mantenimiento**

#### **5.2.13.1 Fiabilidad**

“La fiabilidad es la medida de los tiempos buenos de funcionamiento de un equipo.”

Al aumentar este parámetro se reducirá el número de averías del equipo, tanto en número como en severidad.

#### **5.2.13.2 Disponibilidad**

“La disponibilidad es el porcentaje de tiempo total que un equipo está disponible para cumplir la función para la cual fue diseñado.”

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\textit{Tiempo Operativo}}{\textit{Tiempo Neto Disponible}}$$

Tiempo operativo = Tiempo Neto Disponible – Tiempos en Pero en Línea

Tiempo neto disponible = Tiempo Total Programado + Tiempo de Paro Programado

#### **5.2.13.3 MTBF Tiempo Medio entre Fallas**

MTBF Tiempo medio entre fallos, nos permite conocer la frecuencia con el que suceden las averías de los equipos de la planta.

$$\text{MTBF} = \frac{\textit{N° de Horas Totales del Periodo del Tiempo Analizado}}{\textit{Horas Totales}}$$

#### 5.2.13.4 MTTR Tiempo Medio entre Reparaciones

Con este indicador se evalúa la efectividad de mantenimiento para realizar una reparación en un equipo al lograr un MTTR menor este indica se reducen los tiempos muertos del equipo.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo Invertido en Reparaciones}}{\text{Numero Total de Reparaciones}}$$

#### 5.2.13.5 Costo de Mantenimiento por Facturación

Este indicador evidencia el costo que tiene que disponer la organización para el mantenimiento.

Con el resultado de este indicador se puede tomar planes de acción para replantear las estrategias de mantenimiento o seguir mejorando con los procedimientos actuales.

$$\text{CMPF} = \frac{\text{facturacion en la Empresa en el Periodo}}{\text{Costos Totales de Mantenimiento en ese Periodo}}$$

### 5.3 Marco Normativo / Legal

La empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá, es una empresa de prestación de servicios la cual se rige bajo las siguientes normas y resoluciones:

- **Norma NTC-ISO 9001 versión 2015**, la cual garantiza los procesos de la entidad. Esta norma es la encargada estandarizar el sistema gestión de calidad.
- **Decreto 1575 de 2007** “*Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*” (Ministro de la Protección Social & Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007) , esta norma establece los estándares de calidad del agua los cuales la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá debe cumplir para el tratamiento, almacenamiento y distribución de agua potable cumpliendo con los criterios que la norma establece para la calidad del agua.

- **Resolución 2115 del 2017** “*Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*” (Ministro de la Protección Social & Ministro de Ambiente, 2007), esta resolución vela por los procedimientos del laboratorio de las características físicas y químicas para el agua de consumo humano.
- **RAS 2000** “*La Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico entrega al país esta primera actualización de los títulos B-Sistemas de Acueducto, C-Sistemas de Potabilización, D-Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales, El Tratamiento de aguas residuales, F-Aseo Urbano y G-Aspectos complementarios*” (República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000) Es una normativa del sector de agua potable y saneamiento básico que se encarga de establecer criterios y recomendaciones para la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y de saneamiento básico, esta norma se presenta por medio de títulos los cuales describen las normas técnicas colombianas para el control y calidad del agua. Para el área de acueducto el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico se encuentra en la sección II del título B, allí podemos encontrar las condiciones generales de operación y mantenimiento que debe tener una planta de tratamiento.

#### **5.4 Marco Histórico**

AÑO 1972 la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá realizo la construcción del sistema de Acueducto Regional Zipaquirá, Cogua Y Nemocón por medio de la CAR, de

acuerdo con los contratos suscritos en 1971 entre la CAR y los Municipios nombrados anteriormente, donde estos reembolsarían los recursos invertidos en el proyecto con una inversión de aproximadamente de \$18.8 millones de pesos, Zipaquirá con \$13.2 millones, Cogua con \$3,6 millones y Nemocón con \$2.0 millones. La CAR, manejó el Sistema del Acueducto regional hasta diciembre de 1977, fecha a partir de la cual cada uno de los Municipios asumió la responsabilidad de su operación, administración y mantenimiento.

La administración de este acueducto fue cedida a los 3 Municipios, así: (El 31 de marzo del mismo año, se entregó por acta la planta de tratamiento del acueducto regional).

- Zipaquirá en un 70%
- Nemocón en un 19%
- Cogua en un 11%

La planta de tratamiento regional compacta tipo pulseitor, fue diseñada y construida por la compañía DEGRÉMONT, en la vereda Alto de la Cruz localizada en el municipio de Cogua Cundinamarca, fue planteada con un Caudal de diseño: 150 litros/seg. (540 m<sup>3</sup>/h), esta es la capacidad operacional de la planta para condiciones normales, siendo posible llevarla hasta un 10% de su capacidad normal sin que la calidad del afluente sea alterada considerablemente.

Básicamente el objetivo de esta estructura es tratar el agua cruda y transformarla en agua clarificada para el consumo humano, el proceso de potabilización inicia desde la captación del agua, y luego es distribuida a través de una tubería hasta la planta de tratamiento regional compacta, al llegar a la cámara de mezcla rápida en donde se le aplica los reactivos para que realice el proceso de floculación y decantación, el tipo de químico utilizado es PAC 01 “Policloruro de Sodio”, el reactivo tiene como efecto neutralizar las cargas eléctricas de las

partículas coloidales contenidas en el agua, de forma que la fuerza de repulsión tiende atraerlas y gracias a este proceso los floc's descenden de forma gravitacional por el peso de las cargas, este floc que se forma es conocido como manto de lodos el cual se mantiene en la parte inferior de la planta; este lodo se mantiene en suspensión, gracias al sistema de la bomba de vacío, cuya función es ingresar una columna de aire a través de la cámara de vacío para que el lodo se mantenga en un movimiento constante y no se cólmate en la parte inferior de la planta, para la extracción de lodos, se establece a través del manual de la planta que el tiempo de purga de lodos sea de 4 horas según el caudal de entrada y condiciones del agua. luego de este proceso el agua clarificada pasa por los filtros en el cual pasa por el proceso de retener materias en suspensión, el cual el fluido pasa a través de un material poroso el cual contribuye a la filtración del agua clarificada, por último el agua pasa por un viaducto al tanque de contacto, durante ese trayecto el agua se le aplica cloro el cual ayudará a eliminar las bacterias y microorganismos que pueda tener el agua clarificada, luego es conducida por una Tubería en A.C. de 14" y 16", la cual es trasportada por gravedad hacia los tanques de almacenamiento de la ciudad de Zipaquirá, y por último es distribuida por toda la ciudad para el consumo.

La estructura de la planta de tratamiento tipo pulseitor está construida por un tanque rectangular, en donde su interior se puede encontrar el canal de acceso, con una serie de tolvas y una canaleta de recolección de agua clarificada. Todo esto construido en concreto reforzado y a su vez impermeabilizado con una presión de 3000 psi. A continuación, se presentará las dimensiones generales de la estructura de la planta de tratamiento:

✓ Longitud	14, 50 m
✓ Ancho	10,50 m
✓ Altura Total	4,50 m

✓ Altura del Agua	4,00 m
✓ Volumen	609 m <sup>3</sup>

Equipos que conforman la estructura de la planta de tratamiento de agua potable:

- Una campa de vacío
- Un conjunto de entrada de agua cruda a la campana, constituido por:
  - ✓ Tubería prefabricada en acero, incluyendo pasa muro y demás accesorios para la entrada a la campana de vacío, desde la estructura de repartición existente
- Un conjunto de puesta a la atmosfera compuesta por:
  - ✓ Un pasa muro
  - ✓ Una válvula PIC de diafragma
  - ✓ Una electroválvula
  - ✓ Tuberías y Accesorios en acero
- Filtros Aquazur

Los filtros están constituidos por 4 tanques rectangulares contruidos en concreto reforzados impermeabilizados con soporte de presión de 3000 psi y las dimensiones generales de estos filtros son:

✓ Longitud	8,00 m
✓ Ancho	3,50 m
✓ Altura	4,60 m
✓ Volumen Unitario	47,60 m <sup>3</sup>
✓ Área de Filtración	28 m <sup>2</sup>
✓ Cantidad de Filtros	4 u.

- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| ✓ Caudal Unitario         | 201,60 m <sup>3</sup> |
| ✓ Caudal Total            | 403,20 m <sup>3</sup> |
| ✓ Velocidad de Filtración | 7,20 m/h              |
- Bomba de lavado
  - Suministro de aire de lavado
  - Dosificadoras de sulfato de aluminio
  - Tablero eléctrico
  - Sistema de cloración
  - Sistema de dosificación
    - ✓ Tanques de preparación de 2000 lts
    - ✓ Agitador para tanque de preparación de 1.0 Hp
    - ✓ 4 bombas de dosificación de 0.9 Hp

## **6 Marco metodológico**

### **6.1 Recolección de la información**

#### **6.1.1 Tipo de Investigación**

La investigación en la que se fundamenta esta tesis es de dos tipos, estudio de casos y Seccional.

Tabla N° 1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
• Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
• Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
• Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
• Explicativa	Da razones del porqué de los fenómenos.
• Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
• Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
• Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
• Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

*Ilustración 7 Tipos de Investigación científica. Recuperado de <https://www.tesiseinvestigaciones.com/tipo-de-investigacioacuten-a-realizarse.html>*

El tipo de investigación estudio de caso, se centra en analizar los sistemas de la cámara de vacío sobre todo el tratamiento de purificación del agua, ya que el proceso realizado por la cámara de vacío es de los más importantes en la planta.

Para el tipo de investigación seccional, permite centrarse y recopilar toda la información necesaria de los sistemas que incluyen la cámara de vacío, información que hasta la fecha es incompleta.

Los resultados de este tipo de investigación entregan un panorama superficial del tema, pero es el primer paso inevitable para cualquier tipo de investigación posterior que se quiera llevar a cabo.

### **6.1.2 Fuentes de obtención de la información**

La siguiente es para dar soporte a la investigación, en donde se presentará las fuentes primarias y secundarias las cuales se expondrán a continuación, con el fin de procesar la adquisición de datos y de esta manera dar una solución al desarrollo de la temática planteada en los objetivos de la presente investigación

#### **6.1.2.1 Fuentes primarias**

Es importante señalar que la información obtenida como fuente primaria para esta investigación, fue obtenida a través del manual de operación de la planta de tratamiento, en la cual se evidencia las especificaciones técnicas de operación y estructura civil de la planta de tratamiento, en el cual se indago el manual encontrando que el manual no cuenta con especificaciones técnicas sobre los equipos eléctricos que conforman el sistema de la cámara de vacío, y sus demás componentes.

Por otra parte se realizó la búsqueda de información por la página principal de DEGRÉMONT, en la cual se evidencia que los manuales existentes en la página, no presentan especificaciones técnicas de los equipos eléctricos de las plantas de tratamiento, por lo cual se realiza una investigación de los equipos que más se asemejan a los presentes en la planta de tratamiento, ya que en este mismo informe, en el marco histórico se describe que las plantas de tratamiento fueron construidas en el año 1972 la cual estaba bajo la administración de la CAR bajo el nombre de sistema de acueducto regional de Zipaquirá, Cogua y Nemocón, La CAR, manejó el Sistema del Acueducto regional hasta diciembre de 1977, fecha a partir de la cual cada uno de los Municipios asumió la responsabilidad de su operación, administración y mantenimiento, en lo

cual nunca se entregaron manuales eléctricos del sistema de acueducto, lo que ha llevado a realizar una exhaustiva búsqueda de los componentes eléctricos de acuerdo a la desperdicia de los operadores y supervisores, los cuales manifiestan el por qué se realizan mantenimientos correctivos en la planta de tratamiento. Es decir que las especificaciones técnicas que aparecen en los anteriores capítulos, son especificaciones técnicas que más se asemejan a los equipos eléctricos de la planta.

### **6.1.2.2 Fuentes secundarias**

Para la obtención de información del equipo de la cámara de vacío, se realizó a través del manual de operación de la planta de tratamiento de agua potable, en donde especifica los componentes del sistema, pero no cuenta con manuales eléctricos de dichos sistemas, al indagar la información del informe técnico del manual se evidencio la siguiente información:

El sistema que compone la estructura de la cámara de vacío está compuesto por:

- ✓ 2 válvulas pinch de 4"
- ✓ 1 válvulas pinch de 2"
- ✓ 2 válvula tipo mariposa de 4"
- ✓ 1 válvula tipo mariposa de 2"
- ✓ 2 bombas de vacío

Los cuales se describen en el numeral 6.1.1.4 en el cual se detalla las especificaciones técnicas de las bombas de vacío, por otra parte, las válvulas pinch de 4 y 2 pulgadas, mariposa 4 y 2 pulgadas no se evidencian en dicho numeral por lo cual se colocaron las especificaciones técnicas del sitio web.

### 6.1.3 Herramientas de la Investigación

Mediante de las siguientes herramientas descritas a continuación se pretende describir la criticidad del sistema que compone a la cámara de vacío, es donde se establecerán pautas para desarrollar el análisis de criticidad de los activos para que por medio de este aplicar un control asertivo de tiempos de mantenimiento preventivos y de esta manera desarrollar tareas estandarizadas de mantenimiento.

#### 6.1.3.1 Diagrama de Decisión

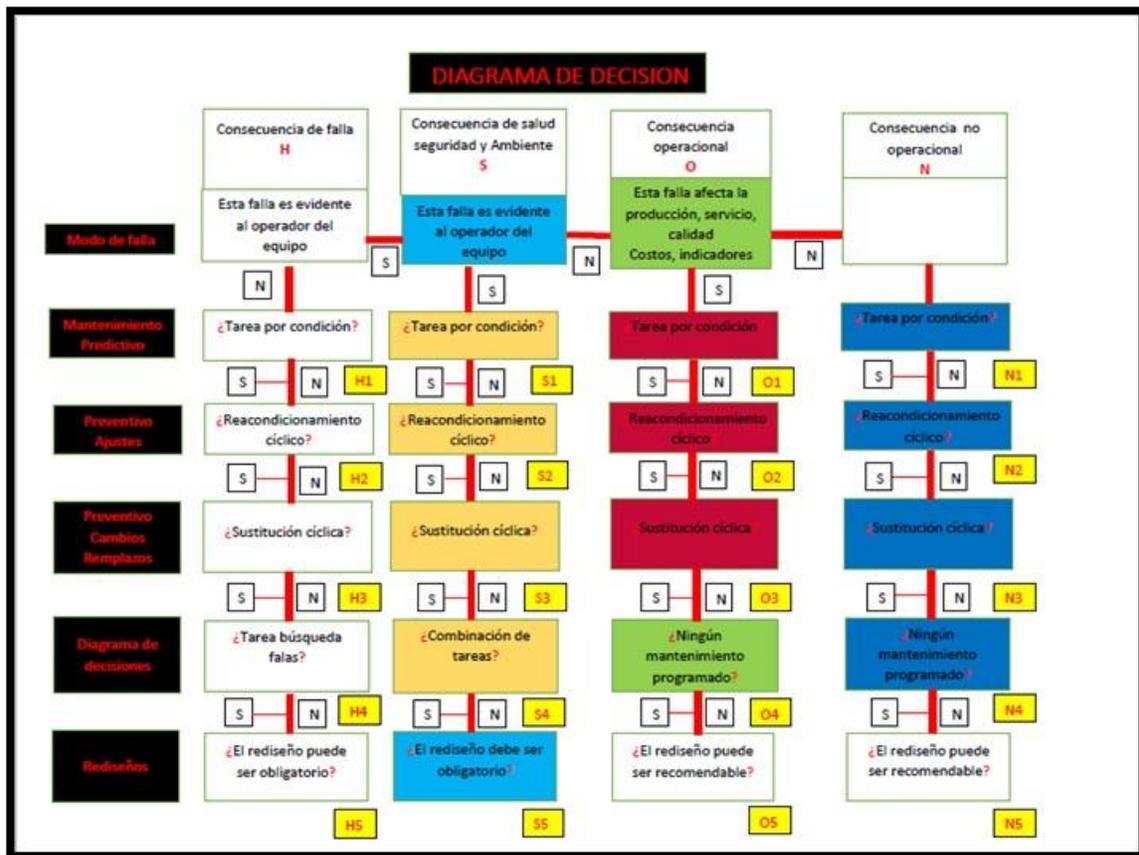


Ilustración 8 Rodríguez Andrés, Diagrama de decisiones, Bogotá 2018 Archivo de autoría propia

### **6.1.3.2 Herramienta Ofimática**

Por medio del análisis de este diagrama de decisiones se logró determinar los modos de fallo que se presentan en el sistema de la cámara de vacío, en el que se detectó los modos de falla en la *Estructura de repartición para la cámara de vacío sistema*, gracias al resultado arrojado del análisis del diagrama de decisiones, se pudo establecer tareas de trabajo estandarizado y además de diseñar una herramienta ofimática la cual ayudara aumentar la confiabilidad del sistema de la cámara de vacío.

Por medio del desarrollo de una planilla ofimática de Excel, se busca garantizar aumentar la confiabilidad y conservación de cada uno de los componentes del sistema de la cámara de vacío, en la cual presenta una lista desplegable en la que se puede evidenciar el consolidado de las especificaciones técnicas de cada elemento que compone del sistema de la cámara de vacío, la herramienta ofimática está diseñada para insertar la fecha, hora y costo de mano de obra de cada mantenimiento, también cuenta con indicadores de colores “verde, amarillo y rojo” los cuales son un indicador de advertencia para que el usuario tenga la facilidad de ver qué día y mes del mantenimiento está próximo a realizar, además de consolidar la información de todo el mantenimiento, también cuenta con una tabla de registro de mantenimientos, y consolidado de tiempos y costos de mano de obra por técnicos y auxiliares de mantenimiento los cuales se pueden ver reflejados en el menú principal.

### 6.1.3.3 Menú principal

Código:	06EV	<b>Registro de mantenimiento</b>		
Nombre del equipo:	Bomba de Vacío No 2	Fecha Actual	01/10/2018	
Marca:	Voges		Fecha del Mito	23/08/2018
Nº serie:	Z50-C4-02		Proximo Mito	21/12/2018
Modelo:	800636		Total Horas de Mito	03:00
Numero de motor:	M8PP-180M/3		Proximo Cambio de Aceite	21/11/2018 51 Días para el cambio
Potenda:	1/12 a 50 v		Proximo Cambio de Empaques	29/02/2019 341 Días para el cambio
Frecuenda:	60 Hz		Proxima Lubricación	21/12/2018 81 Días para el cambio
Velocidad angular:	1710		Mano de Obra de Mito	\$ 47.500,00
Voltaje:	220 a 440 v		Descripción del Mito:	
Corriente:	3.6 Amp			
Presión:	N.A			
Tamaño:	N.A			
Operación:	Eléctrico			
Descripción del equipo:	Formación manto de lodos			

Ilustración 9Cubillos A, Formato de registro de Mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ.

Código:	02VS	<b>Registro de mantenimiento</b>		
Nombre del equipo:	Válvula pinch 2 de 4"	Fecha Actual	01/10/2018	
Marca:	Anort		Fecha del Mito	22/08/2018
Nº serie:	SKW		Proximo Mito	20/12/2018
Modelo:	A1S1316		Total Horas de Mito	02:10
Numero de motor:	N.A		Proximo Cambio de Aceite	20/11/2018 50 Días para el cambio
Potenda:	N.A		Proximo Cambio de Empaques	18/02/2019 140 Días para el cambio
Frecuenda:	60 HZ		Proxima Lubricación	20/12/2018 80 Días para el cambio
Velocidad angular:	N.A		Mano de Obra de Mito	\$ 34.305,56
Voltaje:	34 V DC		Descripción del Mito:	
Corriente:	N.A			
Presión:	10 Baras			
Tamaño:	Cuatro pulgadas			
Operación:	Manguito flexible			
Descripción del equipo:	Rompe vacío			

Ilustración 10Cubillos A, Formato de registro de Mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ

En el menú principal de la herramienta de Excel se puede ver la lista desplegable específicamente en el ítem de código, en esta sección están las especificaciones técnicas de cada componente, en el otro costado en la parte superior de Registro de mantenimientos se puede ver los ítems del mantenimiento realizado, esta sección cuenta con fecha del mantenimiento realizado, en la siguiente se encuentra el ítem de la fecha del próximo mantenimiento, las siguientes tres son los

indicadores de advertencia de cambios, de aceite, empaques y lubricación y por último el costo de la mano de obra del mantenimiento realizado a cada componente

#### 6.1.3.4 Registro de Mantenimientos

CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	FECHA	DESCRIPCION
04EV	Cámara de Vacío	Anort	Mezcla rápida para sulfato de aluminio	21/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
01VS	Válvula pinch 1 de 4"	Anort	Rompe vacío	22/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
02VS	Válvula pinch 2 de 4"	Anort	Rompe vacío	23/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
64V	Válvula de mariposa de 4" №1	Thury	Sacado de lodos (Parte lateral izquierda)	24/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
65V	Válvula de mariposa de 4" №2	Thury	Sacado de lodos (Parte lateral derecho)	25/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
66V	Válvula de mariposa de 4" №2	Thury	Sacado de lodos (Parte lateral derecho)	26/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
05EV	Bomba de Vacío №1	Voges	Formación manto de lodos	27/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
06EV	Bomba de Vacío №2	Voges	Formación manto de lodos	28/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques
07EV	Soplador de lóbulos	Voges	Operación lavado de filtros	29/08/2017	Cambio de Aceite, Lubricacion, cambio de empaques

*Ilustración 11 Cubillos A, información de Mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ*

En la tabla se encuentran registrados los mantenimientos realizados a cada uno de los equipos, los cuales se pueden ver en el menú principal, estos mantenimientos solo presentan evidencia del año 2017, sin informe de realización, solo se otorgaba la confianza al contratista de que a cabalidad realizase las tareas respectivas.

#### 6.1.3.5 Intervención de mano de obra de cada equipo

Equipo	Número de Personal	Cargo	Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Horas Totales	Costo de hora labor	Costo de mano de Obradel Mitto
Cámara de Vacío	2	Tec		0:00	0:00			
Válvula pinch 2 de 4"	2	Tec		0:00	0:00			
Válvula de mariposa de 4" №2	2	Tec		0:00	0:00			
Bomba de Vacío №1	2	Tec		0:00	0:00			
Soplador de lóbulos	2	Tec		0:00	0:00			
Soplador de lóbulos	1	Ing		0:00	0:00			

*Ilustración 12 Cubillos A, Información de mantenimiento, Excel, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ*

Esta la tabla, debía ser registrado el número de personal y cargo, lo demás esta formulado para que automáticamente los datos se sobrescriban y calcule el costo de la obra de mantenimiento.

Esta tabla no tiene actualización por parte de EAAAZ debido a que se originó la decaída de los mantenimientos por el incremento elevado del costo por parte de los contratistas

#### **6.1.4 Metodología de la Investigación**

Para el objetivo específico “Realizar un estudio de las funciones de la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Cogua con el fin de detectar las fallas más ocurrentes en el sistema”. Se realizó una visita a la planta de tratamiento donde se evidencio el estado actual del equipo, que componentes se encuentran para cambio y aquellos que solo requieran un mantenimiento preventivo.

En el objetivo “Establecer las metodologías de mantenimiento aplicables al sistema estudiado buscando el incremento de la confiabilidad” se busca conocer, cuál de las metodologías conocidas e implementadas en los sistemas integrados de mantenimiento se adecua más al caso de estudio.

Para el siguiente objetivo “Generar la propuesta para la implementación del plan de mantenimiento teniendo en cuenta la metodología más adecuada” se debe implementar la metodología más acertada del objetivo anterior, teniendo en cuenta que cumpla a cabalidad la meta del objetivo específico objeto estudio de este documento.

En este objetivo “Identificar las estrategias que aumenten la confiabilidad de la cámara de vacío de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Cogua.” Se analizarán los resultados obtenido al ser ejecutado el primer mantenimiento de la cámara de vacío, con la recopilación de datos, optimizar y garantizar la confiabilidad del equipo con respecto a su operación en el tiempo implementado.

### **6.1.5 Recopilación de la información**

La empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá se certificó en el año 2017 en la norma ISO 9001 versión 2015, al certificarse la empresa en esta norma ha traído como resultado la reforma de cada uno de sus procesos, por lo cual hasta ahora la empresa está en el estudio y estandarización de sus procesos.

La empresa se compone por tres subgerencias las cuales son: la Subgerencia Técnica y operativa, Subgerencia Administrativa y financiera, Subgerencia Comercial, en donde en el presente organigrama el área de mantenimiento no ha sido creada, solo cuenta con un área que se llama operario y ayudante de mantenimiento el cual cuenta con 2 personas para el área de dirección de agua potable, actualmente se está planteado la necesidad de crear el área de mantenimiento, ya que la empresa no cuenta con esta área y por ello el mantenimiento ha sido tercerizado, por esta razón los mantenimientos realizados en las plantas de tratamiento siempre han sido correctivos, y esto ha provocado la indisponibilidad de los activos y conservación de los mismos a la vez se evidencia que la empresa no cuenta con hojas y especificaciones técnicas de los equipos que componen a las plantas de tratamiento, el propósito principal de esta investigación es diseñar un plan de mantenimiento preventivo en el cual se establezca tareas estandarizados, diseño de indicadores de confiabilidad y de esta manera presentar el análisis de datos de esta propuesta para que generen esta área y de esta manera tener una supervisión de los mantenimientos y registro de los mismos.

La siguiente imagen se muestra el organigrama establecido por la EAAAZ





- |  |   |
|--|---|
| 1. Llegada de agua bruta               | 7. Tubos perforados de reparación de agua bruta |
| 2. Campana de vacío                    | 8. Tranquilizadores                             |
| 3. Interruptor de flotador             | 9. Concentradores de fangos                     |
| 4. Dispositivo de vacío                | 10. Válvulas de extracción de fangos            |
| 5. Válvula automática rompe vacío      | 11. Canales de agua decantada                   |
| 6. Canal de distribución de agua bruta | 12. Adición de reactivos                        |

El funcionamiento de la planta de tratamiento inicia en la introducción de agua cruda que ingresa a través de una tubería (1) de 14" Ac (Tubería prefabricada en Acero), al mismo tiempo se le aplica los reactivos (12), el agua pasa a la campana de vacío (2), allí las partículas más conocidas como floc se unen a través de la neutralización de cargas, cuya función es la atracción de partículas unas a otras. Este proceso se conoce como aglomeración de partículas, cuyo peso descienden al canal de distribución de agua bruta (6), la bomba de vacío (4) funcionan creando un vacío, sacando el aire contenido en la campana, provocando que las partículas se mantengan en movimiento, cuando el nivel del agua sube, se activa la válvula automática rompevacío (5) en el momento que el agua realiza contacto con el interruptor del flotador, expulsa aire a través de la Válvula generando que el agua caiga súbitamente, luego de esta acción los lodos se dispersan al tener contacto con los tranquilizadores (8), cuya función es que los lodos se esparzan por esta sección para que estos se almacenen en los concentradores de fangos (9), finalmente dichos lodos son bombeados a través de las válvulas de extracción de fangos y el agua clarificada pasa por los canales de agua decantada (11) al sistema de filtros, donde finalmente el agua clarificada

se le aplica cloro liquido en el tanque de contacto para que el agua sea distribuida a los tanques de almacenamiento.

## 6.1.5.2 Componentes del sistema de Acueducto del tratamiento de agua potable

### 6.1.5.2.1 Electroválvulas

CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº SERIE	MODELO	TIPO	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
05 EV	Bomba de Vacío № 1	252-C4-03	802638	Motor Eléctrico	Eléctrico	Formación manto de lodos
06 EV	Bomba de Vacío № 2	252-C4-02	802638	Motor Eléctrico	Eléctrico	Formación manto de lodos
07 EV	Soplador de lóbulos	252-C4-01	802638	Motor Eléctrico	Eléctrico	Operación lavado de filtros
08 EV	Bomba centrífuga	L 802818	TMJPP 220 NR 6	Motor Eléctrico	Eléctrico	Bomba lavado de filtros
09 EV	Bomba suministro de cloro	0513-00055	Prisma 45 3N	Motor Eléctrico	Eléctrico	Bomba lavado de filtros
21 EV	Válvula solenoide de 4" № 1	2w-025-08	EV220B	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
22 EV	Válvula solenoide de 4" № 2	2w-025-08	EV220B	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
23 EV	Válvula solenoide de 4" № 3	2w-025-08	EV220B	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
24 EV	Válvula solenoide de 4" № 4	2w-025-08	EV220B	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
25 EV	Válvula solenoide de 4" № 5	2w-025-08	EV220B	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
26 EV	Válvula solenoide de 4" № 6	2w-025-08	EV220B	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
27 EV	Solenoides de control de 1/2" № 1	2w160-15	018F4517	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
28 EV	Solenoides de control de 1/2" № 2	2w160-15	018F4517	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
29 EV	Solenoides de control de 1/2" № 3	2w160-15	018F4517	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
30 EV	Solenoides de control de 1/2" № 4	2w160-15	018F4517	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
31 EV	Solenoides de control de 1/2" № 5	2w160-15	018F4517	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos
32 EV	Solenoides de control de 1/2" № 6	2w160-15	018F4517	Bobina de Tensión	Eléctrico	Sacado de lodos

### 6.1.5.3 Sistema que compone la estructura de la cámara de vacío

Está compuesto por:

- ✓ 2 válvulas pinch de 4"
- ✓ 2 válvula tipo mariposa de 4"
- ✓ 1 válvula tipo mariposa de 2"
- ✓ 2 bombas de vacío



*Bomba de Vacío # 01*



*Bomba de Vacío # 02*

*Ilustración 17Cubillos A, Bombas de vacío, Cagua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ*

El funcionamiento de las bombas de vacío en la planta regional compacta del municipio de Cagua, se caracterizan por extraer el aire de la campana de vacío, sus características son las siguientes:

<b>EQUIPO</b>	Bomba de Vacío № 1	Bomba de Vacío № 2
<b>MARCA</b>	Voges	Voges
<b>N° SERIE</b>	252-C4-03	252-C4-02
<b>MODELO</b>	802638	802638
<b>NUMERO DE MOTOR</b>	MJPP-180Mr2	MJPP-180Mr3
<b>POTENCIA</b>	1/12 a 50 v	1/12 a 50 v
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz	60 Hz
<b>VELOCIDAD ANGULAR</b>	1710	1710
<b>VOLTAJE</b>	220 a 440 v	220 a 440 v
<b>CORRIENTE</b>	2,6 Amp	2,6 Amp
<b>TIPO</b>	Motor Eléctrico	Motor Eléctrico
<b>OPERACIÓN</b>	Eléctrico	Eléctrico
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Formación manto de lodos	Formación manto de lodos

*Ilustración 18 Cubillos A, Ficha técnica Bombas de vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ*



*Ilustración 19 Cubillos A, Estructura de la válvula rompe vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ*

Nombre del Equipo	Válvula pinch de 4"	
Gama de presión	10 Bares	
Tamaño	Cuatro pulgadas	
Tipo de válvula	Manguito flexible	
Nombre del Equipo	Válvula de mariposa de 4"	
Tamaño	4 pulgadas	
Gama de presión	150 psi	
<b>Material</b>	Fundición de Hierro	
Tipo de actuador	El actuador de pistón con movimiento axial rotativo de 90º	
Nombre del Equipo	Válvula de mariposa de 2"	
Tamaño	4 pulgadas	
Gama de presión	150 psi	
<b>Material</b>	Fundición de Hierro	
Tipo de actuador	Manual	

*Ilustración 20Cubillos A, Componentes de la válvula rompe vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ*

Este sistema de válvulas tienen como función inyectar aire a la cámara de vacío, esto para realizar la mezcla rápida de sulfato de aluminio y se forme los floc's, al realizar la aglomeración de floc's, pasan a ser lodos los cuales ingresen a los canales de distribución de agua bruta, este proceso mantiene el manto de lodos en movimiento para que estos se decanten en los concentradores de fangos para que finalmente estos sean extraídos a través de las válvulas de extracción de fangos. A continuación, se describirá el sistema que compone este equipo.

✓ **2 válvulas pinch de 4"**

En las válvulas tipo pinch (4"), también conocidas como válvulas de pellizco o válvulas de manguito flexible, el funcionamiento de estas válvulas consiste en la

estanqueidad mediante la estrangulación de la misma conducción que es un tubo flexible llamado 'sleeve', el cual es el único componente en contacto con el medio.

✓ **2 válvula tipo mariposa de 4”**

✓ **1 válvula tipo mariposa de 2”**

Una válvula de mariposa es un dispositivo cuya función es interrumpir o regular el flujo de fluido en un conducto, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante una placa, denominada «mariposa», que gira sobre un eje. Al disminuir el área de paso, aumenta la pérdida de carga local en la válvula, reduciendo el flujo.

✓ **2 bombas de vacío**

La bomba de vacío, también denominada bomba centrífuga, es actualmente la máquina más utilizada para bombear fluidos en general. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible.

#### 6.1.5.4 Válvulas

CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº SERIE	TAMAÑO	PRESION MAXIMA	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
64 V	Válvula de mariposa de 4" № 1	AF 8900	4 pulgadas	150 psi	Fundición de Hierro	Sacado de lodos (Parte lateral izquierda)
65 V	Válvula de mariposa de 4" № 2	AF 8900	4 pulgadas	150 psi	Fundición de Hierro	Sacado de lodos (Parte lateral derecho)
68 V	Válvula entrada de agua cruda	AF 8900	14 pulgadas	150 psi	Fundición de Hierro	Entrada de agua cruda
69 V	Válvula de purgas 3"	A 2070	3 pulgadas	150 psi	Fundición de Hierro	Purga de Lodos

*Ilustración 21Cubillos A, Descripción de partes de la válvula rompe vacío, Cogua 2015 Archivo de autoría de EAAAZ*

#### 6.2 Análisis de la información

En base a la información recopilada en las visitas realizadas a la planta de tratamiento, los reportes y diagnósticos a los cuales se tuvo acceso, se encontraron fallas tangibles en los mantenimientos que deberían ser ejecutados y/o supervisados por el EAAAZ, lo más notable de las fallas era la ausencia de mantenimientos predictivos y preventivos en todo el sistema que compete la cámara de vacío.

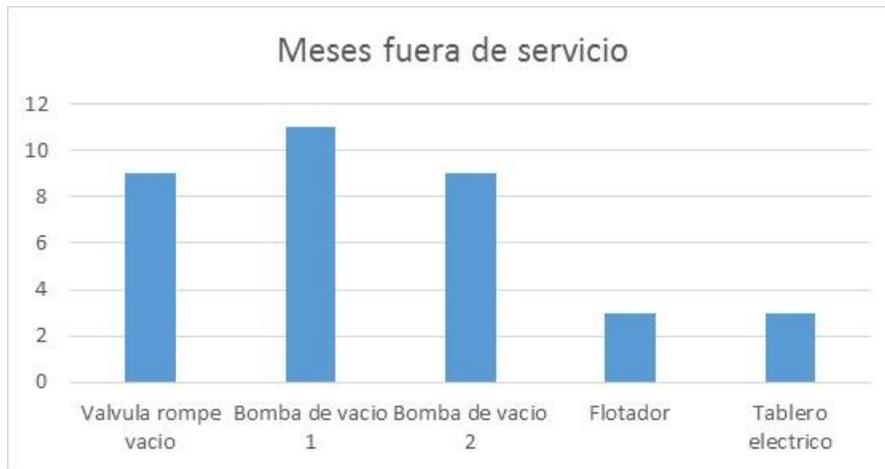


Ilustración 22 Muñoz José, No disponibilidad de equipos, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

El punto de partida es la determinación de criticidad del sistema de vacío, identificar el o los equipos que representan una mayor operatividad en todo el proceso de decantación del agua, ya que hace parte del primer proceso de filtración, lo que le da una criticidad alta dentro de la planta.

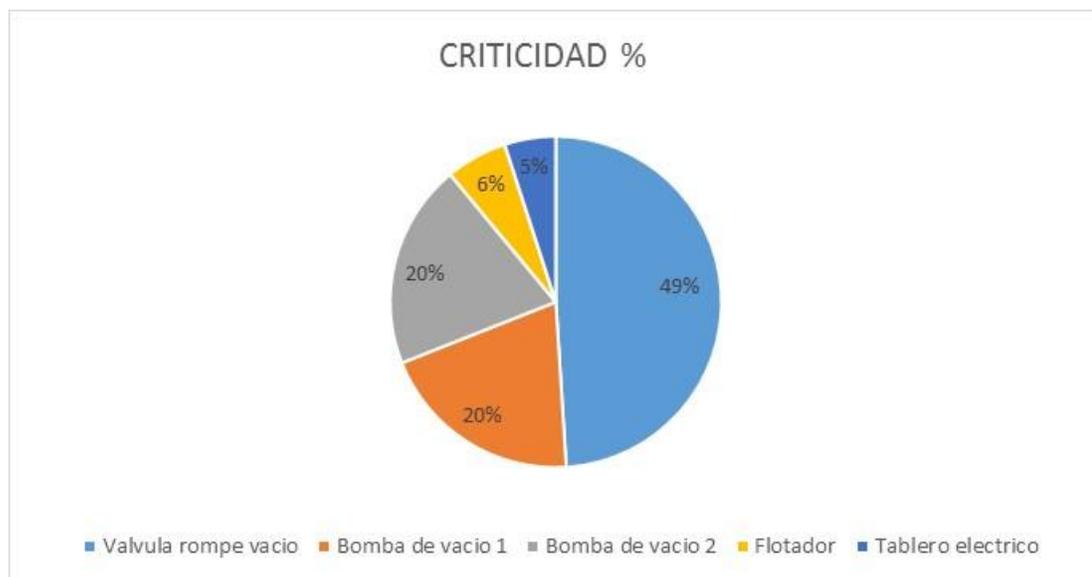


Ilustración 23 Muñoz José, Criticidad de equipos, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

La debida identificación de los equipos del sistema, permite efectuar una extensa búsqueda de las partes y el respectivo mantenimiento para garantizar la elongación de la vida útil del equipo.

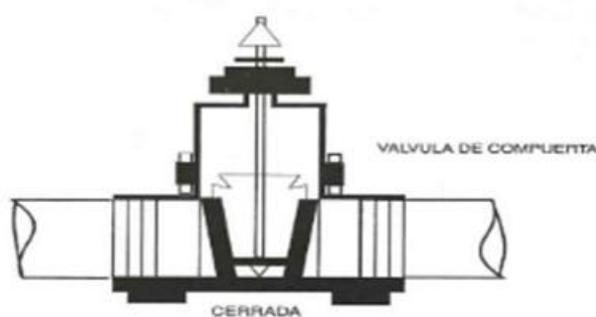
EQUIPOS	MESES FUERA DE SERVICIO	CRITICIDAD %
Valvula rompe vacio	9	49
Bomba de vacio 1	11	20
Bomba de vacio 2	9	20
Flotador	3	6
Tablero electrico	3	5

*Ilustración 24* Muñoz José, Equipos a intervenir, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

## 6.2.1 Cámara de vacío

### 6.2.1.1 Válvula rompevacío.

En la válvula, la correcta identificación de los elementos, permitió establecer aquellos que requieren de una constante atención, aquellos que están sometidos a lubricación y que dependen de un correcto fluido eléctrico.



*Ilustración 25* Válvula de compuerta, Recuperado de [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_redes/](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_redes/)

De esta manera se estableció una tabla de componentes para poder desarrollar las hojas de tareas estandarizadas.

Valvula Rompevacio	Requiere/Revision	
	Lubricacion	Electrica
Componente		
Valvula Pinch	X	X
Valvula de restriccion	X	
Solenoides		X

Ilustración 26 Cubillos, A. Rodríguez, A. Muñoz, J. Componentes de válvula, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

### 6.2.1.2 Bombas de Vacío.

Las bombas constituyen el 40% de criticidad de todo el sistema, y de las cuales depende que trabaje a satisfacción la campana; el sistema tiene la factibilidad de operar en simultaneo con las dos bombas, en caso que una falle, se cierra su compuerta de purga de la válvula rompe vacío, y solo se deja operativo la otra parte de la válvula, lo cual determina que ambas bombas deben estar con una confiabilidad del 100%, con el fin de que el sistema no vaya a fallar.



Ilustración 27 Bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría de EAAAZ

Se establecen los componentes a intervenir en los mantenimientos, y el trabajo estandarizado en las hojas de tareas.

Bombas de Vacío	Requiere/Revision		
	Lubricacion	Electrica	Ajuste
Rotor			X
Motor	X	X	X
Acople			X

*Ilustración 28* Cubillos, A. Rodríguez, A. Muñoz, J. Componentes de motor, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

### 6.2.1.3 Flotador.

Trabaja en conjunto entre la válvula rompe vacío y las bombas de vacío, cuando el nivel de agua lleva al flotador a un nivel máximo, la bomba de vacío frena y se activa la válvula rompiendo el vacío generado, el agua desciende y el flotador regresa a un nivel mínimo.

Si el flotador falla, no se romperá el vacío, esto ocasionara un aumento de presión en el sistema, dañando seriamente los componentes e incluso la estructura de la cámara de vacío.



*Ilustración 29* Flotador, Cagua 2018 Archivo de autoría de EAAAZ

Se establecen los componentes a intervenir en los mantenimientos, y el trabajo estandarizado en las hojas de tareas.

Flotador	Requiere
Componente	Ajuste
Flotador	X
Sistema de poleas	X
Contrapeso	X

*Ilustración 30*Cubillos, A. Rodríguez, A. Muñoz, J. Componentes de flotador, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

#### 6.2.1.4 Tablero Eléctrico.

Los solenoides que hacen parte de la cámara de vacío y los motores de las bombas de vacío van conectados a un solo tablero, este tablero controla y temporiza los equipos de tal manera que operen bajo los requerimientos de la planta con respecto al caudal de agua a tratar.



*Ilustración 31*Tablero eléctrico, Cogua 2018 Archivo de autoría de EAAAZ

Se verifica, que elementos están averiados y requieren cambio, además se verifican voltajes y corriente tanto de ingreso como salida, para conocer las condiciones a las que opera el tablero.

Después de revisar toda la información, organizar y determinar el punto inicial del plan de mantenimiento a implementar, se determina un esquema inicial de puesta en marcha de los equipos, en base a los conocimientos adquiridos, se realiza un barrido de precios actuales del mercado, para poder tener un comparativo del costo actual de los equipos nuevos vs el mantenimiento correctivo de los mismos para que se encuentren en estado operativo.

### **6.3 Propuesta de Solución**

#### **6.3.1 Puesta en marcha de equipos.**

Se plantea una propuesta inicial que corresponde a realizar un mantenimiento correctivo a cada uno de los equipos mencionados anteriormente, la cual cuenta con los costos asociados de los repuestos, mano de obra, herramientas y equipos a usar para colocar en modo operativo el sistema de la cámara de vacío.

Después de ser inspeccionado cada uno de los componentes a intervenir, mediante una valoración de funcionamiento y estado de los mismos, se presentará una propuesta económica para que la EAAAZ pueda evaluarla.

##### **6.3.1.1 Puesta en marcha Válvula automática rompe vacío.**

Teniendo en cuenta aquellos elementos importantes como son las válvulas de cerramiento, las compuertas, las válvulas de purga y solenoides, además de eso, la acometida eléctrica

de los componentes; y verificando que no es necesario reemplazar partes, se genera la siguiente tabla.

<b>APU PUESTA EN MARCHA MANTENIMIENTO CAMARA DE VACIO EAAAZ</b>					
<b>VALVULA AUTOMATICA ROMPEVACIO</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO SIN IVA</b>	<b>VALOR TOTAL SIN IVA</b>
1	Mantenimiento valvula pinch de 4in, incluye suministro y cambio de solenoide, y accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 220.000	\$ 440.000
2	Mantenimiento valvula mariposa de 4in, incluye suministro y cambio de solenoide, y accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 100.000	\$ 200.000
3	Mantenimiento valvula mariposa de 2in, incluye suministro y cambio de solenoide, y accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 75.000	\$ 150.000
4	Suministro e instalacion de cableado de control Calibre 12 TC 105°C 300v comprobado por norma vigente incluyendo terminales, marcacion y todos los accesorios para su correcto funcionamiento.	metro	15	\$ 6.500	\$ 97.500
5	Suministro e instalacion de tuberia EMT de 1/2 in, incluye accesorios, soportes y accesorios para su correcto funcionamiento	metro	15	\$ 3.300	\$ 49.500
6	Caja de conexión, incluye perilla, terminales, marcacion y todos los accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	1	\$ 13.000	\$ 13.000
				<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$ 950.000</b>

*Ilustración 32APU Válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia*

### 6.3.1.2 Puesta en marcha bombas de vacío.

En la revisión de los motores, se encontró que tenían muy bajo nivel de aceite, no presentaban fugas; algo importante es la falta de un acople entre uno de los motores con la bomba número 2, el cual estaba operando mediante el uso de una correa.



**Bomba1**

**Bomba 2**

*Ilustración 33 Estado del acople de las bombas, Cogua 2018 Archivo de autoría EAAAZ*

Se establece el siguiente APU.

APU PUESTA EN MARCHA MANTENIMIENTO CAMARA DE VACIO EAAAZ					
BOMBAS DE VACIO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
1	Mantenimiento y ajuste de valvulas, incluye accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 60.000	\$ 120.000
2	Mantenimiento y limpieza de motor, incluye nivelacion de aceite	und.	2	\$ 80.000	\$ 160.000
3	Fabricacion de pieza, acople entre motor y bomba de vacio, incluye accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	1	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000
4	Mantenimiento de valvulas sistema bypass para las bombas de vacio.	und.	2	\$ 60.000	\$ 120.000
5	Mantenimiento y cambio de solenoides, mantenimiento de camara de intercambio de bombas, incluye revision electrica y sus componentes.	und.	2	\$ 200.000	\$ 400.000
				<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$ 3.200.000</b>

*Ilustración 34APU Bombas de vacío, Cagua 2018 Archivo de autoría propia*

### 6.3.1.3 Mantenimiento flotador y tablero eléctrico.

Se debe inspeccionar el estado del flotador; en la visita realizada, fue detallado que el sistema de flotador va dentro de la cámara de vacío, por lo tanto, no se tuvo acceso a un registro fotográfico a menos que fuese desarmado el sistema.

Con respecto al tablero eléctrico, la debida inspección de las conexiones con los respectivos equipos, el estado de las acometidas para contemplar el cambio de cable y de elementos eléctricos defectuosos, afortunadamente todo el tablero se encuentra operativo.

APU PUESTA EN MARCHA MANTENIMIENTO CAMARA DE VACIO EAAAZ					
FLOTADOR Y SISTEMA ELECTRICO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
1	Ajuste de tension de cuerda, verificar estado.	und.	1	\$ 30.000	\$ 30.000
2	Ajuste de sistema de poleas y contrapeso	und.	2	\$ 30.000	\$ 60.000
3	Revisión y mantenimiento de malla de boya y estructura del flotador	und.	1	\$ 90.000	\$ 90.000
4	Verificación de tensiones, voltajes y estado de cableado de tablero electrico	und.	1	\$ 90.000	\$ 90.000
				<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$ 270.000</b>

Ilustración 35 APU flotador y sistema eléctrico, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

El costo total estimado (se le llama estimado, debido a que hay componentes internos de los sistemas, los cuales no conocemos su estado, y pueda que esto haga incrementar o disminuir el valor de la propuesta) incluye el costo de herramienta, mano de obra y transporte.

FLOTADOR Y SISTEMA ELECTRICO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
1	Visita tecnica para diagnostico y evaluacion de equipos.	und.	1	\$ 300.000	\$ 300.000
2	Transporte de equipos, herramienta e insumos	und.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
<b>APU VALVULA ROMPE VACIO</b>					<b>\$ 950.000</b>
<b>APU BOMBAS DE VACIO</b>					<b>\$ 3.200.000</b>
<b>APU FLOTADOR Y SISTEMA ELECTRICO</b>					<b>\$ 270.000</b>
				<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$ 4.920.000</b>

Ilustración 36 APU flotador y sistema eléctrico, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

El valor total en el cuadro anterior, es el valor estimado que tendría poner en marcha el sistema de la cámara de vacío.

### **6.3.2 Mantenimiento cuatrimestral de los equipos.**

Se diseña un trabajo estandarizado de mantenimiento que abarca cada uno de los componentes de los equipos identificados en la matriz de criticidad.

Se desarrolla el siguiente trabajo estandarizado con el objetivo de que las actividades de mantenimiento al sistema de vacío sean realizadas de tal forma que cada técnico involucrado conozca cómo realizar de forma correcta la labor y que parámetros debe contemplar para la actividad de mantenimiento general al sistema de vacío.

Estos formatos deben ser manejados por el jefe o área encargada del mantenimiento de la planta; se espera que hagan parte de las hojas de vida de las maquinas.

Planta:



## Hoja de Tareas Estandarizadas ( General Tareas )

<b>Departamento / Área:</b> MANTENIMIENTO		<b>Tiempo Disponible de Operación:</b> 7 HORAS		<b>Preparado por:</b> ALEJANDRO CUBILLOS			
<b>Nombre de la Operación:</b> MANTENIMIENTO MECANICO Y ELECTRICO SISTEMA DE VACIO		<b>Equipo:</b> MANTENIMIENTO		<b>Página:</b> 1 de 1		<b>Fecha:</b> 01-oct-18	

<b>CONOCIMIENTOS</b>				<b>ENTRENAMIENTOS</b>			
ESTUDIOS TECNICOS O TECNOLOGICOS EN ELECTROMECANICA				CULTURA ORGANIZACIONAL DE LEAAAZ			
ESTUDIOS TECNICOS O TECNOLOGICOS EN MECANICA				MANEJO DE AGUA POTABLE TECNICO			
ESTUDIOS TECNICOS O TECNOLOGICOS EN ELECTRICIDAD				TRABAJO ESTANDARIZADO EAAAZ			
MANEJO BASICO DE HERRAMIENTAS				TRABAJOS EN ALTURA			

<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea:	HIT: (T18)	Otros:	Tiempo de Ciclo de la tarea (min)	Frecuencia: (V=Veces / (D=Día, S=Semana, M=Mes, A=Año))		Tiempo de Ciclo Total : (Diario)
	1	REALICE BLOQUEO ELECTRICO EN TABLERO DE CONTROL		SE DEBE CUMPLIR SECUENCIA MANDATORIA DE PASOS DE LA TAREA 1 A LA TAREA 13		4	M	30,00
	2	REVISAR AJUSTE GENERAL DE TORNILLERIA VALVULAS SISTEMA DE VACIO				4	M	30,00
	3	REVISAR ESTADO DE EMPAQUETADURA BRIDAS VALVULAS SISTEMA VACIO				4	M	30,00
	4	INSPECCION VISUAL A ESTRUCTURA				4	M	30,00
	5	REVISAR EL CORRECTO SELLO DE VALVULA ROMPE VACIO				4	M	30,00
	6	LUBRICAR EJES Y PIÑONES DE VALVULAS				4	M	30,00
	7	REALIZAR AJUSTE DE SISTEMA SENSOR DE NIVEL				4	M	30,00
	8	AJUSTE MECANICO DE TORNILLERIA DE ANCLAJE BOMBA 1-2 DE VACIO				4	M	30,00
	9	VERIFICAR AJUSTE DE COUPLING Y ALINEACION MOTOR-BOMBA 1-2 DE VACIO				4	M	30,00
	10	VERIFICAR ESTADO Y NIVEL DE ACEITE EN BOMBA DE VACIO 1-2				4	M	30,00
	11	REVISION ELECTROMECANICA DE MOTORES 1-2				4	M	30,00
	12	REVISION Y AJUSTE DEL TABLERO ELECTRICO				4	M	30,00
	13	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO				4	M	30,00
<b>Tiempo Total: (Ponderado diariamente) Min</b>								390,00

Bloque de Firmas				Histórico de Alteraciones			
T	Umos:	SUPERVISOR MTT O	INGENIERO MTT O	GERENTE MTT O	Fecha:	Nombre:	Descripción de la alteración:
1	Firma						
	Fecha						
2	Firma						
	Fecha						
3	Firma						
	Fecha						

Ilustración 37 Hoja de tareas estándar para cada equipo, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

### 6.3.2.1 Mantenimiento cuatrimestral válvula rompe vacío.

El mantenimiento a realizar es de carácter predictivo y preventivo, con el fin de preservar este equipo, el cual tiene un costo nuevo de sesenta millones (60.000.000) de pesos aproximado de fábrica. Con el debido cuidado y siguiendo las instrucciones, se prolongará la vida útil del equipo hasta que sea necesario.

PS 0320		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento:		MANTENIMIENTO	
Tarea #		Descripción de la Tarea:			Fecha:		Preparado por:	
2		REVISAR AJUSTE GENERAL DE TORNILLERÍA VALVULAS SISTEMA DE VACÍO			01-oct-18		ALEJANDRO CUBILLOS	
Descripción del Equipo / Numero:				Localización:		Tiempo Est.		
MANTENIMIENTO				PLANTA REGIONAL		TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACÍO		
						30Min		
Sim.	No	Descripción del Paso: (Que)	Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagramas: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
	1	Revisar cada uno de los tornillos que componen el sistema de vacío, que estén ajustados	Realice ajuste a tornillería válvula 1 derecha y válvula 2 en sentido de las manecillas del reloj asegurando el correcto torque de cada tornillo. Foto 1		 <p>FOTO 1</p>  <p>FOTO 2</p>			
			Verifique que los tornillos no presente fisuras o corrosión de ser así cambien los tornillos. Foto 2					
<b>Bloque de Firmas</b>					Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
Turno		SUPERVISOR MTO	INGENIERO MTO	GERENTE MTO				
1	Firma							
	Fecha							
2	Firma							
	Fecha							
3	Firma							
	Fecha							

Página 4 de 10	PS 0321		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO	
	Tarea #	3	Descripción de la Tarea: REVISAR ESTADO DE EMPAQUETADURA BRIDAS VALVULAS SISTEMA VACIO			Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS
	Descripción del Equipo / Numero:			Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO				Tiempo Est.
	MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL					30Min
✓	Sim:	No	Descripción del Paso: (Que)		Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)		
			1 verifique el estado de la empaquetadura		Realice una inspeccion visual a cada uno de los empaque este bridas. Foto 1		 <p>FOTO 1</p>  <p>FOTO 2</p>		
			2 verifique no deteccion de fugas		verifique que no se pres enten fugas en cada una de las bridas.				
<b>Bloque de Firmas</b>						Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
<b>Turno</b>			<b>SUPERVISOR MITO</b>	<b>INGENIERO MITO</b>	<b>GERENTE MITO</b>				
1	Firma								
	Fecha								
2	Firma								
	Fecha								
3	Firma								
	Fecha								

Ilustración 39 Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

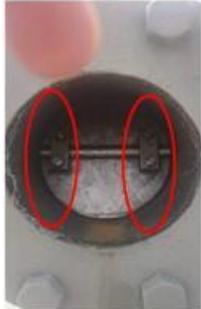
Página 6 de 19	PS 0323		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO			
	Tarea #	5	Descripción de la Tarea: REVISAR EL CORRECTO SELLO DE VALVULA ROMPE VACIO			Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS		
	Descripción del Equipo/ Numero:			Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO						Tiempo Est.
	MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL							30Min
✓	Sim	No	Descripción del Paso: (Que)			Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)					
		1	verifique movimiento valvulas rompe vacio			Realice accionamiento manual desde el selector girandolo a la derecha y verifique el movimiento de la lenteja de la valvula rompe vacio Foto 1					
		2	sello de valvulas rompe vacio			Asegure que las lenteja de las valvulas rompe vacio esten realizando sello correcto con el cuerpo de la valvula de tal forma que se garantice el vacio el sistema Foto 2					
		3	ajuste de tornillos y verificacion de eje			asegure que los tonillos se encuentre ajustados que no presente fracturas y verifique que el eje no este pandeado Foto 3					
						  					
<b>Bloque de Firmas</b>						Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:			
Turno		SUPERVISOR MITO		INGENIERO MITO		GERENTE MITO					
1	Firma										
	Fecha										
2	Firma										
	Fecha										
3	Firma										
	Fecha										

Ilustración 40 Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

Página 7 de 19	PS 0324		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>		Departamento: Área:		MANTENIMIENTO		
	Tarea #	6	Descripción de la Tarea:		LUBRICAR EJES Y PIÑONES DE VALVULAS	Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS
	Descripción del Equipo / Numero:			Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO				Tiempo Est.
MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL					30Mn	
✓	Ord.	No	Descripción del Paso: (Que)		Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)		
			1 Limpieza general		Retire la grasa presente el sistema verifique estado de tornillos en fin que no presente corrosión y rebabas sobresalientes, seguidamente aplique grasa considerablemente sobre toda la superficie del tornillo		<div style="text-align: center;">FOTO 1</div> 		
			2 Lubricación de valvulas		Realice apertura y cierre de cada valvula asegurandose que el desplazamiento sea suave Foto 1				
<b>Bloque de Firmas</b>							Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:
Turno			SUPERVISOR MITTO		INGENIERO MITTO		GERENTE MITTO		
1	Firma								
	Fecha								
2	Firma								
	Fecha								
3	Firma								
	Fecha								

Ilustración 41 Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

Página 14 de 10	PS 0331		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO		
	Tarea #	13	Descripción de la Tarea:		UESAS DE FUNCIONAMIENTO		Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS
	Descripción del Equipo/ Numero:			Localización:		TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO				Tiempo Est.
	MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL						30Min
✓	Ord.	No	Descripción del Paso: (Que)		Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
			1 Pruebas de funcionamiento		Realice encendido del sistema general verificando funcionamiento de bombas, sensor de nivel, valvulas rombe vacio, final de carrera realice pruebas visules a la salidad del agua decantado y envielas a laboratorio					
<b>Bloque de Firmas</b>							Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
Turno			SUPERVISOR MITO		INGENIERO MITO		GERENTE MITO			
1	Firma									
	Fecha									
2	Firma									
	Fecha									
3	Firma									
	Fecha									

Ilustración 42 Hoja de mantenimiento válvula rompe vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

### 6.3.2.2 Mantenimiento cuatrimestral bombas de vacío.

Después del debido mantenimiento correctivo y que el acople faltante haya sido mecanizado y colocado en la bomba número 2, se debe realizar mantenimiento preventivo según hojas de ruta estandarizadas.

Página 5 de 10		PS 0322 <b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO	
Tarea #	4	Descripción de la Tarea:	INSPECCION VISUAL A ESTRUCTURA		Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS
Descripción del Equipo / Numero:			Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO				Tiempo Est.
MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL					30Min
Sim.	No	Descripción del Paso: (Que)	Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
	1	Revisar el estado de las soldaduras de la estructura	Verifique visualmente que las soldaduras de toda la estructura no se encuentren fisuradas o rotas y que las piezas se encuentren bien unidas, si alguna se encuentra en mal estado reportela para que el soldador del area la corrija, para garantizar que cuando el sistema este en funcionamiento no se generen fallas ni se presenten ruidos anormales por desajuste Foto 1.		<div style="text-align: center;">FOTO 1</div> 			
	2	revisar el estado de las soldaduras de bombas de vacío	Asegure que los anclajes de motor y bomba se encuentran asegurados que las soldaduras de la base de las bombas no presentan fractura. Foto 2					
					<div style="text-align: center;">FOTO 2</div>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>Bomba de Vacío # 01</span> <span>Bomba de Vacío # 02</span> </div>			
<b>Bloque de Firmas</b>					Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
Turno	Firma	SUPERVISOR MITO	INGENIERO MITO	GERENTE MITO				
1	Fecha							
2	Fecha							
3	Fecha							

Ilustración 43 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

PS 0326		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO	
Tarea #	8	Descripción de la Tarea:	AJUSTE MECANICO DE TORNILLERA DE ANCLAJE BOMBA 1-2 DE VACIO		Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS
Descripción del Equipo / Numero:			Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO				Tiempo Est.
MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL					30Min
Sim.	No	Descripción del Paso: (Que)	Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
	1	Ajuste tornilleria	Realice ajuste a las 16 tornillos de motor 1 y 2 , los bomba 1 y 2 y las bases garantizando el ajuste de cada tornillo Foto 1-2		 <div style="text-align: right;">FOTO 1</div>			
	2	Ajuste tomilleria bridas de entrada y salida bomba	Realice ael ajuste en sentido de las manesillas del reloj a cada uno de los tornillos que asegura los flanches					
					 <div style="text-align: right;">FOTO 2</div>			
					 <div style="text-align: right;">FOTO 3</div>			
<b>Bloque de Firmas</b>					Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
Turno		SUPERVISOR MTO	INGENIERO MTO	GERENTE MTO				
1	Firma							
	Fecha							
2	Firma							
	Fecha							
3	Firma							
	Fecha							

Ilustración 44 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

PS 0376		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO	
Tarea #	9	Descripción de la Tarea:	VERIFICAR AJUSTE DE COUPLING Y ALINEACION MOTOR-BOMBA 1-2 DE VACIO		Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS
Descripción del Equipo / Numero:			Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO				Tiempo Est.
MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL					30Min
Am.	No	Descripción del Paso: (Que)	Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
✓	1	Verifique Acoplamiento motor Bomba	Revise el ajuste correcto de motor bomba ajuste en coupling alineacion, ajuste los prisiones del acople. Este procedimiento se realiza a bomba 1 y 2 Foto 1		<div style="text-align: center;">FOTO 1</div> 			
	2							
	3							
Bloque de Firmas					Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
Turno		SUPERVISOR MITO	INGENIERO MITO	GERENTE MITO				
1	Firma							
	Fecha							
2	Firma							
	Fecha							
3	Firma							
	Fecha							

Ilustración 45 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

Página 11 de 10	PS 0328		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO			
	Tarea #	10	Descripción de la Tarea: VERIFICAR ESTADO Y NIVEL DE ACEITE EN BOMBA DE VACIO 1-2			Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS		
	Descripción del Equipo/ Numero:			Localización:		TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO					Tiempo Est.
	MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL							30Min
<input checked="" type="checkbox"/>	Sim.	NO	Descripción del Paso: (Que)		Detalle del Paso: (Como y Porque)			Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
			1 Nivel de aceite		verifique el correcto un aceite en bomba 1y 2 y viscosidad del mis mo Foto 1			<div style="text-align: center;">FOTO 1</div> 			
<b>Bloque de Firmas</b>						Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:			
Turno			SUPERVISOR MITO	INGENIERO MITO	GERENTE MITO						
1	Firma										
	Fecha										
2	Firma										
	Fecha										
3	Firma										
	Fecha										

Ilustración 46 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

PS 0329		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO	
Tarea #	11	Descripción de la Tarea:	REVISION ELECTROMECANICA DE MOTORES 1-2		Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS
Descripción del Equipo/ Numero:		Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO				Tiempo Est.	30Min
MANTENIMIENTO		PLANTA REGIONAL						
Ord.	No	Descripción del Paso: (Que)	Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
1		Verificar parte electrica general de los dos motores	Retire la tapa de la bornera del motor con una copa 10mm y un ratóche, debe realizar revision electrica de bobinados de cada motor utilizando pinza voltiamperimetrica o multímetro, ajustar conexiones, para descartar problemas como circuito abierto o a tierra y recalentamiento en conductores por falsos contactos. Foto 1					
2		Verificar conectores de potencia	Realice inspeccion visual ygarantice que elconector de los motores se encuentra en buen estado para garantizar que no se presenten fallas de alimentacion durante el proceso.					
3		Realizar inspeccion mecanica a los dos motores de la mesa	<p>Arranque el motor yesucube si se presentan ruidos anormales, para verificar el estado de los rodamientos. En caso de ser necesario cambielos.</p> <p>Retire la tapa de proteccion de la ventanilla (Foto 2-3) yoon una brocha limpie la ventanilla de cada motor.</p> <p>Revise el estado de la ventanilla, observe que la ventanilla se encuentra en buen estado, que no presenta desgaste por rozamiento contra la carcasa yque no esta fisurada en ningun lado, para garantizar la ventilacion del sistema</p>					
4		Verificar consumo electrico del motor	Comparelo con la placa de caracteristicas del motor, este consumo debe encontrarse dentro de la corriente nominal del motor.					
<b>Bloque de Firmas</b>					Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
Turno	Firma	SUPERVISOR MITO	INGENIERO MITO	GERENTE MITO				
1	Fecha							
2	Fecha							
3	Fecha							

Ilustración 47 Hoja de mantenimiento bombas de vacío, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

### 6.3.2.3 Mantenimiento cuatrimestral flotador.

Para este elemento, se aplica un mantenimiento predictivo, una adecuada inspección a cada uno de los componentes del sistema, garantizara su adecuada operación.

Página No. de ID	PS 0325		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: MANTENIMIENTO				
	Tarea #	7	Descripción de la Tarea:		REALIZAR AJUSTE DE SISTEMA SENSOR DE NIVEL	Fecha:	01-oct-18			
	Descripción del Equipo/ Numero:		Localización:		Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS				
	MANTENIMIENTO		PLANTA REGIONAL		TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO					
							Tiempo Est.	30Min		
✓	Sim.	No	Descripción del Paso: (Que)		Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)			
			1	verifique sensor de flotador	Realice inspección visual a flotador evidenciado que no presente contenido de agua en la parte interna de ser así genere el cambio, mida conmutación de contactos Foto 1		 			
			2	verifique estado de guaya	Realice inspección visual a toda la extensión de la guaya verificando que no presente líneas rotas. Foto 2		 			
			3	Final de carrera	Verifique la conexión de cableado del micro y conmutación de contactos NA/ NC Foto 3					
			4	Accionadores contrapesa	Verifique el ajuste de la contrapesa y las distancia de los accionadores para que realicen la correcta conmutación de micro accionador de válvula rompedora.					
<b>Bloque de Firmas</b>								Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:
Turno			SUPERVISOR MITO		INGENIERO MITO		GERENTE MITO			
1	Firma									
	Fecha									
2	Firma									
	Fecha									
3	Firma									
	Fecha									

Ilustración 48 Hoja de mantenimiento flotador, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

#### 6.3.2.4 Mantenimiento cuatrimestral tablero eléctrico.

La revisión predictiva del tablero, analizando y verificando cada uno de los breaker, contactores, indicadores y cableado; definirá y cerrará los mantenimientos preventivos en los tiempos establecidos, ya que la última prueba corresponderá a la prueba de operación a satisfacción del equipo.

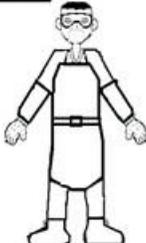
Página 1 de 10	PS 0319		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO			
	Tarea #	1	Descripción de la Tarea: REALICE BLOQUEO ELECTRICO ENTABLERO DE CONTROL			Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS		
	Descripción del Equipo/ Numero:			Localización:		TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO					Tiempo Est.
	MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL							30 Min
✓	Sim.	No	Descripción del Paso: (Que)		Detalle del Paso: (Como y Porque)		Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, etc.)				
		1	Realizar cierre de energia peligrosa		Se debe desenergizar el equipo electricamente para garantizar el no accionamiento del sistema en la etapa de mantenimiento(Foto 1)		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>FOTO 1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>FOTO 2</p>  </div> </div>				
		2	Alistar Elementos de proteccion personal		Alistar los EPP'S requeridos para realizar esta labor según el hombre de seguridad (Foto 2)						
		3	Alistar herramientas		Alistar la herramienta necesaria para realizar la labor, verificar el correcto estado de esta (Foto 3)		<div style="text-align: center;"> <p>FOTO 3</p>  </div>				
		5									
<b>Bloque de Firmas</b>							Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:		
<b>Turno</b>			<b>SUPERVISOR MTO</b>	<b>INGENIERO MTO</b>	<b>GERENTE MTO</b>						
1	Firma										
	Fecha										
2	Firma										
	Fecha										
3	Firma										
	Fecha										

Ilustración 49 Hoja de mantenimiento tablero, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

Página 13 de 10	PS 0330		<b>Hoja de Instrucción de Tarea</b>			Departamento: Área:		MANTENIMIENTO			
	Tarea #	12	Descripción de la Tarea: REVISION Y AJUSTE DEL TABLERO ELECTRICO			Fecha:	01-oct-18	Preparado por:	ALEJANDRO CUBILLOS		
	Descripción del Equipo/ Numero:			Localización:	TRABAJO ESTANDARIZADO SISTEMA DE VACIO					Tiempo Est.	
	MANTENIMIENTO			PLANTA REGIONAL						30Min	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ord.	No	Descripción del Paso: (Que)		Detalle del Paso: (Como y Porque)			Diagrama: (Herramientas, Piezas Especiales, EPP Especial, Layout, e.t.c.)			
		1	Revisar conectores		Observe que los conectores de control y de potencia de tablero se encuentre en buen estado y realice ajuste de estos para garantizar que durante el proceso no se van a desconectar. (Foto 1)			<div style="text-align: center;">FOTO 1</div> 			
		2	Ajuste de terminales de potencia y contactores		Realice ajuste general a tablero de potencia y contactores limpia de contactos y mediciones de bobinas y resistencia, puestas a tierra Foto 1						
		3									
<b>Bloque de Firmas</b>								Fecha:	Nombre:	Descripción del cambio:	
Turno		SUPERVISOR MITO		INGENIERO MITO		GERENTE MITO					
1	Firma										
	Fecha										
2	Firma										
	Fecha										
3	Firma										
	Fecha										

Ilustración 50 Hoja de mantenimiento tablero, Cagua 2018 Archivo de autoría propia

### 6.3.3 Mantenimientos correctivos.

Después de que se haya realizado la puesta en marcha de los equipos, la empresa contratista deberá entregar un informe de mantenimiento, en el que se registre la actividad realizada, el estado general del equipo, novedades y recomendaciones. De dicho informe deberá dejarse una copia en la hoja de vida del equipo y otra a la supervisión del contrato,

junto con el registro fotográfico de cada mantenimiento en donde se pueda observar el estado del equipo; además de eso, un diagnóstico de las piezas sometidas a desgaste que estén próximas a cambio y aquellas que por su uso lo requieran.

Debido a que en las visitas realizadas no fue permitido intervenir los equipos del sistema para conocer sus partes internas ya que el acueducto no cuenta con los manuales de los mismos; este listado de piezas y elementos, deberá ser estudiado en relación a sus costos, periodicidad de cambio, criticidad dentro del equipo para determinar el plan de mantenimiento correctivo.

En los procesos de licitación, el acueducto debe informar al contratista que anexo a la cotización, se incluya en los repuestos el tiempo de repuesta de atención cuando se presente un correctivo, el cual no debe ser mayor a cinco (5) días hábiles y que esto no implican mayor costo para el acueducto durante el periodo que dura la garantía que no debe ser menor a veinticuatro (24) meses (recomendable); por lo tanto, el contratista deberá ofrecer el soporte técnico y la disponibilidad de repuestos NUEVOS para realizar el mantenimiento correctivo, por fallas que se presenten en los equipos durante este tiempo, garantizando su correcto funcionamiento.

El contratista deberá garantizar en el mercado la disponibilidad y venta de repuestos originales para los equipos, al igual que la asistencia técnica en servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, durante el tiempo estipulado en el contrato.

Si por algún motivo se da por cancelado el contrato de mantenimientos, el contratista deberá relacionar un listado de repuestos recomendados y el distribuidor para los primeros

mantenimientos preventivos y correctivos para cada una de los elementos, a fin de ser empleados por el acueducto una vez se termine la garantía.

#### **6.3.4 Análisis precios unitarios de los mantenimientos**

Con precios actuales, de contratistas que realizan este tipo de mantenimientos; se procede a calcular el costo de cada mantenimiento, este precio esta sujeto a las condiciones del proveedor del servicio.

APU MANTENIMIENTO CUATRIMESTRAL CAMARA DE VACIO EAAAZ					
VALVULA AUTOMATICA ROMPEVACIO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
1	Mantenimiento valvula pinch de 4in, incluye accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 25.000	\$ 50.000
2	Mantenimiento valvula mariposa de 4in, incluye accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 25.000	\$ 50.000
3	Mantenimiento valvula mariposa de 2in, incluye accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 25.000	\$ 50.000
4	Ajuste, calibracion, lubricacion e inspeccion de componentes	global	6	\$ 15.000	\$ 90.000
BOMBAS DE VACIO					
5	Mantenimiento y ajuste de valvulas, incluye accesorios para su correcto funcionamiento.	und.	2	\$ 20.000	\$ 40.000
6	Mantenimiento y limpieza de motor, incluye nivelacion de aceite	und.	2	\$ 30.000	\$ 60.000
7	Mantenimiento de valvulas sistema bypass para las bombas de vacio.	und.	2	\$ 10.000	\$ 20.000
8	Mantenimiento intercambiador de bombas .	und.	2	\$ 10.000	\$ 20.000
FLOTADOR Y SISTEMA ELECTRICO					
9	Ajuste de tension de cuerda, verificar estado.	und.	1	\$ 10.000	\$ 10.000
10	Ajuste de sistema de poleas y contrapeso	und.	2	\$ 10.000	\$ 20.000
11	Verificacion de tensiones, voltajes y estado de cableado de tablero electrico	und.	1	\$ 40.000	\$ 40.000
ITEMS ADICIONALES					
12	Transporte de equipos, herramienta e insumos	und.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
				<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>\$ 650.000</b>

Ilustración 51 APU mantenimiento, Cogua 2018 Archivo de autoría propia

## 7 Resultados Obtenidos.

El día 08 de noviembre de 2018, se obtuvo un comunicado por cuenta de la EAAAZ, enunciando interés en el plan de mantenimiento que estábamos realizando, el cual querían conocer a fondo, evaluarlo, y determinar su viabilidad para aplicarlo en la planta.



Zipaquirá Noviembre 08 de 2018

Ingenieros:

Andrés Rodríguez  
Alejandro Cubillos  
José Muñoz

Respetados señores:

La Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá muestra interés en las constantes visitas realizadas a la planta de tratamiento por cuenta de ustedes; en especial, el enfoque presentado sobre los equipos que hacen parte del primer proceso de floculación, los cuales están fuera de operación alrededor de 11 meses, lo que ha generado incremento en los costos de decantación, debido a que se ha necesitado el uso adicional de químicos para suplir el proceso que realizaba la cámara de vacío.

En vista del análisis que ustedes están realizando, buscando la puesta en marcha de la cámara de vacío, adicional, la implementación y mejoramiento de los planes de mantenimiento que son deficientes en la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá, solicitamos amablemente se nos autorice conocer y evaluar el objeto estudio de la tesis, y determinar su viabilidad para ser o no implementado en los equipos a intervenir.

Adicional, autorizamos a los presentes, hacer uso de las instalaciones, manuales e información documentada para el correcto desarrollo de la tesis, no sin antes aclarar que los registros fotográficos deben ser de uso **privado**, cualquier uso indebido de esta información será reconocido como plagio y con llevar a sanciones respectivas.

Se espera que todo este proceso se lleve a cabo de la mejor manera y se pueda poner en operación la cámara de vacío y seguir suministrando agua potable a los municipios de manera eficiente y segura.



**MAURICIO RUÍZ**  
DIRECTOR DE AGUA POTABLE E.A.A.A.Z ESP

**Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá – EAAAZ E.S.P.**  
📍 Cra 15 N°1 Sur-11 📞 5953888 / 018000-912010 🌐 eaaaz.com.co ✉ eaaazes@gmail.com  
📱 Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá

En los días siguientes a la llegada de la comunicación, el Ing. Alejandro Cubillos, les hace entrega del documento en Excel, con los formatos y el texto relacionado con los costos y la propuesta de puesta en marcha acompañada de los mantenimientos cuatrimestrales.

A mediados del mes de noviembre, la EAAAZ hace pública la solicitud de cotización para el mantenimiento correctivo de los componentes de la cámara de vacío; fue posible tener acceso al documento final, aceptando la cotización presentada por la empresa **Jerc Electricidad, Instrumentación Y Electrónica S.A.S.** cuya matrícula es NIT:2986165-5.

CONTRATACIÓN DIRECTA MEDIANTE ÓRDEN DE COMPRA O DE SERVICIOS ARTÍCULO 52  
RESOLUCIÓN No. 275 DE 2015

No. De orden:	2018-157																																																							
ÁREA GENERADORA DE LA NECESIDAD:	Subgerencia Técnica Operativa																																																							
DESCRIPCIÓN DEL BIEN O SERVICIO:	MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA EL SISTEMA DE LA CÁMARA DE VACÍO DE LA PLANTA REGIONAL																																																							
PLAZO:	Hasta el 04 de Febrero de 2019																																																							
FORMA DE PAGO	UN SOLO PAGO UNA VEZ SEA REALICE EL CAMBIO Y RECIBIDO A SATISFACCION POR PARTE DEL SUBGERENTE TECNICO OPERATIVO Y PREVIA PRESENTACION DE LA FACTURA O CUENTA DE COBRO.																																																							
VALOR:	Cinco millones cuatrocientos cincuenta y nueve mil, con ciento veinticinco pesos M/C.T.E. (\$5.459.125,00).																																																							
JUSTIFICACIÓN:	<p>DEBIDO A LAS ALTAS PRECIPITACIONES QUE PRESENTA EL CLIMA ACTUAL, SE REQUIERE DE LA FUNCIONALIDAD DE LA CAMATRA DE VACIO, LA CUAL SE ENCUENTRA FUERA DE FUNCION POR FALTA DE MANTRENIMIENTO, LA CÁMARA DE VACÍO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE COGUA CUNDINAMARCA SE ENCARGA DE REALIZAR LA MEZCLA DEL AGUA BRUTA CON LOS REACTIVOS, ESTO CON EL FIN DE FORMAR EL ENGROSAMIENTO DE LOS FLÓCULOS, A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA DE LA CÁMARA DE VACÍO, EN DONDE LA BOMBA SE ENCARGA DE PRODUCIR UNA AGITACIÓN POR MEDIO DE LA ASPIRACIÓN DE MODO CONTINUO A SÍ MISMO EL ACCIONAMIENTO DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE COMUNICACIÓN CON LA ATMOSFERA POR MEDIO DE UN RELÉ ELÉCTRICO Y UN SENSOR DE NIVEL MÁS CONOCIDO COMO FLOTADOR. ACTUALMENTE SE REQUIERE DE LA FUNCIÓN DE LA CÁMARA DE VACÍO CON EL FIN DE PRESERVAR LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DEL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL AGUA.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">COTIZACION No. 406</th> </tr> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Arreglo Sistema de Evacuación de lodos y Alumbrado tanques Galería lavado de filtros Planta</th> </tr> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Regional Cogua</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">ITEM</th> <th style="text-align: center;">Cant</th> <th style="text-align: center;">DETALLE</th> <th style="text-align: center;">valor unitario</th> <th style="text-align: center;">Valor total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Suministro Conduleta LB 1/2"</td> <td style="text-align: right;">\$ 6.125</td> <td style="text-align: right;">\$ 12.250</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td>suministro Prensa cable plástico PG 13 1/2"</td> <td style="text-align: right;">\$ 1.700</td> <td style="text-align: right;">\$ 10.200</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Suministro coraza industrial metal plástica de 1/2"</td> <td style="text-align: right;">\$ 4.800</td> <td style="text-align: right;">\$ 14.400</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Suministro Conector recto para coraza metal plástica</td> <td style="text-align: right;">\$ 3.500</td> <td style="text-align: right;">\$ 10.500</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Suministro conector curvo para coraza metal plástica</td> <td style="text-align: right;">\$ 6.200</td> <td style="text-align: right;">\$ 24.800</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td>Suministro cable de cobre encauchetado 4x16</td> <td style="text-align: right;">\$ 5.000</td> <td style="text-align: right;">\$ 60.000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Suministro 1/4 de aceite móvil 20w50</td> <td style="text-align: right;">\$ 25.000</td> <td style="text-align: right;">\$ 25.000</td> </tr> </tbody> </table>	COTIZACION No. 406					Arreglo Sistema de Evacuación de lodos y Alumbrado tanques Galería lavado de filtros Planta					Regional Cogua					ITEM	Cant	DETALLE	valor unitario	Valor total	1	2	Suministro Conduleta LB 1/2"	\$ 6.125	\$ 12.250	2	6	suministro Prensa cable plástico PG 13 1/2"	\$ 1.700	\$ 10.200	3	3	Suministro coraza industrial metal plástica de 1/2"	\$ 4.800	\$ 14.400	4	3	Suministro Conector recto para coraza metal plástica	\$ 3.500	\$ 10.500	5	4	Suministro conector curvo para coraza metal plástica	\$ 6.200	\$ 24.800	6	12	Suministro cable de cobre encauchetado 4x16	\$ 5.000	\$ 60.000	7	1	Suministro 1/4 de aceite móvil 20w50	\$ 25.000	\$ 25.000
COTIZACION No. 406																																																								
Arreglo Sistema de Evacuación de lodos y Alumbrado tanques Galería lavado de filtros Planta																																																								
Regional Cogua																																																								
ITEM	Cant	DETALLE	valor unitario	Valor total																																																				
1	2	Suministro Conduleta LB 1/2"	\$ 6.125	\$ 12.250																																																				
2	6	suministro Prensa cable plástico PG 13 1/2"	\$ 1.700	\$ 10.200																																																				
3	3	Suministro coraza industrial metal plástica de 1/2"	\$ 4.800	\$ 14.400																																																				
4	3	Suministro Conector recto para coraza metal plástica	\$ 3.500	\$ 10.500																																																				
5	4	Suministro conector curvo para coraza metal plástica	\$ 6.200	\$ 24.800																																																				
6	12	Suministro cable de cobre encauchetado 4x16	\$ 5.000	\$ 60.000																																																				
7	1	Suministro 1/4 de aceite móvil 20w50	\$ 25.000	\$ 25.000																																																				

NATURALEZA DE LOS RECURSOS	8	1	Suministro Microswicht	\$ 35.000	\$ 35.000	
	1		Suministro Selector 3 posiciones	\$ 16.000	\$ 16.000	
	9	1	Suministro Tubo en acero inox. de 2m x 8" para guía boya	\$ 1.120.000	\$ 1.120.000	
	10	1	Suministro Desengrasante	\$ 12.000	\$ 12.000	
	11	1	Suministro Caja de paso tramontina 20x20 cm	\$ 120.000	\$ 120.000	
	12	1	Suministro Malla metálica de 0,9 mt x 1 mt	\$ 20.000	\$ 20.000	
	13	3	Suministro Conectores wagon	\$ 5.000	\$ 15.000	
	14	1	Suministro Tubo silicona	\$ 19.100	\$ 19.100	
	15	4	Suministro Hoja de segueta	\$ 5.500	\$ 22.000	
	16	1	Suministro Chanel 4x4cm x 1 m	\$ 25.000	\$ 25.000	
	17	9	Suministro Abrazadera para chanel de 112"	\$ 1.250	\$ 11.250	
	18	4	Suministro Pernos de 3/8"	\$ 12.000	\$ 48.000	
	19	1	Suministro pintura azul x 1/16	\$ 6.500	\$ 6.500	
	20	1	Suministro Brocha de 1 "	\$ 4.500	\$ 4.500	
	21	1	Suministro Tinher x 1/2 botella	\$ 3.500	\$ 3.500	
	22	1	Suministro Disco de corte pulidora	\$ 6.500	\$ 6.500	
	23	5	Día de servicio técnico dos personas para trabajos sistema de evacuación de lodos.	\$ 400.000	\$ 2.000.000	
	24	6	Transportes desplazamientos a Planta Regional	\$ 36.000	\$ 216.000	
	25	3	Suministro reflector LED SMD 100W 100/240V 6500k Lumek	\$ 110.000	\$ 330.000	
	26	1	Trabajo en alturas, 2 técnicos para desconexión de lámparas 96" y desmontaje	\$ 400.000	400.000.00	
					<b>SUBTOTAL</b>	\$ 4.587.500
					<b>IVA</b>	\$ 871.625
					<b>TOTAL</b>	\$ 5.459.125
	NATURALEZA DE LOS RECURSOS					
	<b>RUBRO</b>		<b>NOMBRE DEL RUBRO</b>		<b>VALOR</b>	

Ilustración 54 Contratación para mantenimiento de cámara de vacío, Cagua 2018 Archivo de autoría EAAAZ

PRESUPUESTALES :	341003	Prestación del servicio de mantenimiento eléctrico y mecánico a las plantas de tratamiento (Regional, Galán, Alto del Águila)	\$ 5.459.125,00
BENEFICIARIO DE LA ORDEN:	<b>NOMBRE:</b> Jerc Electricidad, Instrumentación Y Electrónica S.A.S. <b>NIT:</b> 2988165-5 <b>REPRESENTANTE LEGAL:</b> Jorge Enrique Robayo Contreras <b>CC:</b> 2988165 de Cogua		
<p><b>MAURICIO JAIR RUIZ JIMÉNEZ</b> DIRECTOR DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE</p> <p><b>LUZ JANETH BERNAL BAYONA</b> SUBGERENTE ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO</p> <p>V.B. Ing. <b>HENRY ELKIN MONTES ROJAS</b>, Gerente General EAAAZ EOP  Revisó: <b>WILMER GUAYACUNDO GÓMEZ</b>, Jefe Oficina Asesora Jurídica EAAAZ EOP</p>			

*Ilustración 55 Contratación para mantenimiento de cámara de vacío, Cogua 2018 Archivo de autoría EAAAZ*

El día 18 de enero, la empresa **JERC** hace entrega de un informe, sobre las actividades realizadas para la puesta en marcha de los equipos que componen la cámara de vacío y otras tareas adicionales no contempladas en el caso de estudio.

**JERC**

Jorge Enrique Robayo Contreras  
Nit. 2.986.185 - 5 Régimen común

ELECTRICIDAD INSTRUMENTACIÓN Y ELECTRÓNICA  
Carrera 3 Nº 2-75 Cagua Celular 318192886

**INFORME TRABAJOS REALIZADOS E.A.A.A.Z  
PLANTA REGIONAL COGUA**

Informe No.001  
Zipaquirá, ENERO 18 de 2019  
Cliente: **Empresa de Acueducto, Alcantarillado, Aseo de Zipaquirá** NIT.: 800.005.900-9  
Contacto: Ing. Mauricio Ruiz  
Cargo: Supervisor de plantas EAAAZ E.S.P.  
Dirección Cra 15 No. 1 Sur – 11 Zipaquirá.

Ref.: Arreglo Sistema de Evacuación de lodos y Alumbrado tanques Galería lavado de filtros, realizados en Planta Regional Cagua.

Cordial saludo,

A continuación le presentamos el informe por los servicios prestados en el servicio de la Referencia.

**TRABAJOS REALIZADOS EN PLANTA REGIONAL COGUA.**

- 26/12/2018... Se revisa sistema de vaciado de lodos, se revisa interruptor de descarga y se encontró funcionando incorrectamente

*Ilustración 56 Trabajos realizados en la cámara de vacío, Cagua 2019 Archivo de autoría EAAAZ*

# JERC

Jorge Enrique Robayo Contreras  
Nit. 2.986.165 - 5 Régimen común

ELECTRICIDAD INSTRUMENTACIÓN Y ELECTRÓNICA  
Carrera 3 N° 2-75 Coqua Celular 3118192886



- 26/12/2018 se revisa sistema de electroválvulas de compuertas de vacío y funcionamiento, encontrando que a veces se quedan pegadas, se encuentra la entrada de las válvulas de vacío sin malla de protección, Se encuentra que la boya no tiene guía para su funcionamiento, se destapa brida y se saca boya. Y el sistema no funciona bien, se toman medidas para guía de boya, se revisa resortes de electroválvulas y se encuentra en el recipiente aceite emulsionado, tubería metálica mal instalada y sin conduletas o prensa cables a la salida .



Se encontró caja de selector electroválvulas en mal estado y sin tapar bien.

- 26/12/2018 Se revisa sistema de alumbrado galería lavado de filtros encontrando 3 lámparas fluorescentes Slim de 96" sin funcionar.

*Ilustración 57 Trabajos realizados en la cámara de vacío, Coqua 2019 Archivo de autoría EAAAZ*

- 27-28/12/2018 Se desconectan y desmontan 3 lámparas fluorescentes Slim de 96



- 27-28/12/2018 Se montan 3 lámparas led LUMEK de 100W 100-240V, se hacen pruebas de funcionamiento.



- 27-28/12/2018 Se desconectan electroválvulas de cortina sistema de vacío, se desconectan cables de swicht y de caja de selector electroválvulas; se sacan cables de tubería y se desmonta tubería conduit metálica.



- 28-29/12/2018 Se hace montaje de tubería pintada con perfil chanel y abrazaderas para perfil chanel, se colocan conduletas LB y prensa cable para llegada a caja conexiones de electroválvulas de cortina, se hace limpieza a cortinas electroválvulas, se monta caja tramontina de 20x20cm, se cablea por tubería y se adapta coraza a la llegada de cables a caja de selector de 20x20cm.





- 28-29/12/2018 Se conectan nuevamente electroválvulas, selector en caja tramontina 20x20cm.

- 14/01/2019..Se lleva e instala cilindro de 2m x 20cm de diámetro externo en acero inoxidable.304 Calibre 18, se observa que el sistema de boya esta mal estado y la cuerda, se desmonta cuerda y accesorios para arreglo.



- 14/01/2019 Se adiciona aceite en los compartimientos de resortes de electroválvulas se aplica silicona y se instalan, se coloca malla a cortinas.



- 14/01/2019 Se coloca cuerda y accesorios para el funcionamiento. se observa que la boya no queda bien nivelada por los accesorios que tiene, se desmonta para hacer accesorios.

# JERC

Jorge Enrique Robayo Contreras  
Nit. 2.986.165 - 5 Régimen común

ELECTRICIDAD INSTRUMENTACIÓN Y ELECTRÓNICA  
Carrera 3 Nº 2-75 Cagua Celular 3118192886



- 14/01/2019 Se adiciona aceite 80W90 a bomba de vacío y se coloca en funcionamiento para pruebas.



- 15/01/2019 Se lleva accesorios maquinados en teflón para boya se coloca y se hacen pruebas.



- 15/01/2019 Se realizan pruebas y ajustes quedando trabajando el sistema, se observa que se queda pegada la cortina del lado derecho, se destapa mecanismo y se observa mucho desajuste en piñones.



- 16/01/2019 Se hacen pruebas y calibración del sistema y se entrega trabajo al Ing. Mauricio Ruiz.

En el informe, se puede comparar las tareas realizadas con aquellas que fueron especificadas en el análisis de la información, lo cual llena de satisfacción conocer el interés por ejecutar paso a paso el caso de estudio de esta tesis.

Se espera que los mantenimientos preventivos puedan ser aplicados acorde al plan formulado y sea beneficioso para la vida útil de los equipos, y, además, sea utilizado para los demás equipos involucrados en otras áreas del proceso de potabilización.

## **8 Análisis financiero**

La planta de tratamiento de agua, se ha visto afectada considerablemente a nivel económico debido al incremento en mantenimientos correctivos a todo lo largo de los equipos que hacen parte de la planta.

Puntualmente en la cámara de vacío, donde los sistemas que lo componen están fuera de servicio, ha llevado al uso de aditivos químicos y reprocesos de limpieza que generan sobrecostos como el cambio de filtros de resinas aniónicas; la planta objeto de estudio, cuenta con cuatro (4) filtros, cada filtro tiene un costo de veinticinco millones de pesos (25'000.000) , su vida útil es de 10 años y este filtro no está diseñado para trabajar sobre los químicos aditivos adicionales que hacen parte del nuevo proceso, lo cual disminuye su vida útil en un 65%.

Si se habla de los 4 filtros, cada 6-7 años se estaría realizando una inversión aproximada de 100'000.000 (cien millones de pesos) en el cambio de los 4 filtros.

COSTO PUESTA EN MARCHA Y MANTENIMIENTOS 2019		COSTO MANTENIMIENTOS PREVENTIVO AÑO 2020 Y POSTERIORES	
Puesta en marcha de equipos	\$ 4.920.000	Mantenimiento Enero	\$ 650.000 + IPC
Mantenimiento preventivo (Mayo 2019)	\$ 650.000	Mantenimiento Mayo	\$ 650.000 + IPC
Mantenimiento preventivo (Septiembre 2019)	\$ 650.000	Mantenimiento Septiembre	\$ 650.000 + IPC
Costos mantenimientos 2019 sin iva	\$ 6.220.000	Costo mantenimiento por año a partir del según año	\$ 1950000 + IPC

Ilustración 65 Costos anuales de mantenimiento, Cogua 2019 Archivo de autoría propia

## 8.1 ROI puesta en marcha

RELACION DE VALOR DE CONSUMO QUIMICOS Y REACTIVOS						
2018	SULFATO DE ALUMINIO	PAC	CLORO GASEOSO	SODA EN ESCAMAS	HIPOCLORITO DE SODIO	Valor Total
Enero	\$ 30.450	\$ 58.125	\$ 5.892.800	\$ 82.650	\$ 232.000	\$ 6.296.025
Febrero	\$ 30.450	\$ 58.125	\$ 5.892.800	\$ 82.650	\$ 232.000	\$ 6.296.025
Marzo	\$ 35.232	\$ 7.783.750	\$ 7.366.000	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 25.984.292
Abril	\$ 35.232	\$ 7.926.334	\$ 7.410.196	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 26.171.072
Mayo	\$ 35.232	\$ 8.068.918	\$ 7.454.657	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 26.358.117
Junio	\$ 35.232	\$ 8.211.502	\$ 7.499.385	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 26.545.429
Julio	\$ 35.232	\$ 8.354.086	\$ 7.544.381	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 26.733.009
Agosto	\$ 35.232	\$ 8.496.670	\$ 7.589.648	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 26.920.860
Septiembre	\$ 35.232	\$ 8.639.254	\$ 7.635.186	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 27.108.982
Octubre	\$ 35.232	\$ 8.781.838	\$ 7.680.997	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 27.297.377
Noviembre	\$ 35.232	\$ 8.924.422	\$ 7.727.083	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 27.486.047
Diciembre	\$ 35.232	\$ 9.067.006	\$ 8.963.416	\$ 8.182.350	\$ 2.616.960	\$ 28.864.964
					<b>PROMEDIO</b>	<b>\$ 28.175.505</b>

Ilustración 66 Incremento de aditivos, Cogua 2019 Archivo de autoría propia

Debido al incremento en el uso de aditivos químicos para suplir el proceso de decantación inicial que realizaba la cámara de vacío, los costos se incrementaron considerablemente cada mes casi 20 millones por encima del valor inicial que se facturaba cuando se encontraba en operación la

cámara de vacío; esto debido a que un contratista notifico que la válvula rompevacío debía ser cambiada en su totalidad y su costo de fabricación supera los 60 millones de pesos.

El mes de enero se pusieron en marcha todos los equipos de la cámara de vacío con un costo de \$ 5'459.125 para así evitar el uso de los aditivos adicionales y generar un ahorro significativo para la entidad.

$$\text{AHORRO} = \text{GASTO} - \text{INVERSION}$$

$$\text{AHORRO ENERO} = \text{GASTO DE QUIMICOS DICIEMBRE} - \text{PROMEDIO GASTO QUIMICO MENSUAL} - \text{PUESTA EN MARCHA EQUIPOS}$$

$$\text{AHORRO ENERO} = 28'864.964 - 6'296.025 - 5'459.125$$

$$\text{AHORRO ENERO} = 17'109.814$$

El valor calculado anteriormente es el ahorro por parte de la EAAAZ, ya que, al estar operando la cámara de vacío, no fue necesario el uso de los aditivos adicionales.

## 8.2 ROI POR MANTENIMIENTO

En los meses siguientes a la puesta en marcha de los equipos de la cámara de vacío, se tendrá un ahorro promedio igual al valor del ahorro en el mes de enero.

$$\text{AHORRO PROMEDIO} = 17'109.814$$

En cuanto a los mantenimientos, el tiempo estimado de parada para el mantenimiento de los equipos que hacen parte de la cámara de vacío, es de 4 horas con un costo de \$ 650.000

$$\text{ROI} = \frac{\text{BENEFICIO OBTENIDO} - \text{INVERSION}}{\text{INVERSION}}$$

$$\text{ROI} = \frac{17.109.814 - 650.000}{650.000}$$

$$\text{ROI} = \$25.32$$

Lo cual nos dice que por cada peso invertido en el mantenimiento, el acueducto está teniendo un ahorro promedio de 25 pesos mes, sin interrumpir la puesta en servicio del suministro de agua, ya que la cámara de vacío cuenta con un sistema bypass.

## **9 Conclusiones y Recomendaciones**

### **9.1 Conclusiones**

- ✓ Al analizar el sistema de la cámara de vacío por partes ayudó a determinar la función específica de cada equipo que compone este sistema, además al realizar el análisis con el diagrama de decisiones fue más fácil identificar los modos de falla de cada componente y gracias a esto se pudo proponer una mejora al establecer una guía de trabajo estandarizado el cual busca garantizar operaciones de mantenimiento asertivas.
- ✓ Se logró proponer un diseño de una herramienta ofimática, la cual ayudara a mejorar a los técnicos de mantenimiento a ejecutar los mantenimientos dentro del tiempo establecido descrita por la herramienta, ya que la misma le informa cuantos días le quedan para ejecutar el mantenimiento a través de indicadores de colores, esta herramienta no solo ayudara a aumentar la productividad, sino que también aportara a la eliminación de procedimientos no estandarizados y aportara el aumento de la conservación de los equipos, generando más mantenimientos preventivos que correctivos.

- ✓ Al no tener un manual de los equipos que componen al sistema de la cámara de vacío, se pudo determinar las fallas por medio de la hoja de decisión, ya que no se contaba con hojas de vida y especificaciones técnicas de los equipos, y al encontrar las fallas se pudo establecer tareas de mantenimiento preventivo de acuerdo al análisis de la hoja de decisión, por lo cual se puede concluir que se pueden estandarizar tareas por medio de análisis de criticidad.
  
- ✓ Al diseñar trabajos estandarizados a los equipos ayudara a que los contratistas realicen los procedimientos de mantenimiento preventivo con mayor asertividad en menos tiempo lo cual trae como resultado la reducción a los costos de mano de obra y generando una preservación en la integridad de cada equipo que compone al sistema de la cámara de vacío.

## **9.2 Recomendaciones**

- ✓ Se informa que la herramienta ofimática no es un estándar de mantenimiento preventivo, solo es un sistema que ayudara a estar atentos a los tiempos que se deben ejecutar los mantenimientos.
  
- ✓ La herramienta ofimática es un instrumento el cual fue diseñado para las necesidades de la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá, por lo cual se recomienda realizar ajustes de los elementos que quieran plasmar en la herramienta ofimática, con el

objetivo de obtener mejores resultados a la hora de un análisis consolidado de mantenimientos y costos.

- ✓ Se recomienda que cuando se realice el análisis de criticidad de los equipos, y estos no tengan hoja de vida y especificaciones técnicas, se debe inspeccionar el activo para verificar si este tiene una placa de información el cual ayudara a establecer parámetros técnicos del equipo y de esta manera generar un estándar de tareas específicas para dicho equipo.
- ✓ Se recomienda un seguimiento a las tareas propuestas de mantenimiento preventivo, ya que los equipos no cuentan con ficha técnica, se recomienda realizar un análisis constante para poder determinar si dichas tareas son las acordes al equipo o analizar la falla y establecer la mejor opción de mantenimiento que esta pueda adaptarse.
- ✓ Se recomienda al acueducto, capacitar al personal para que se puedan desempeñar actividades de mantenimiento a nivel interno, y en lo posible contemplar en el almacén, stock de repuestos para los mantenimientos preventivos y correctivos.

## 10 Bibliografía

- ✓ Garrido, RENOVETEC Ingenieroa del Manteneinto, 2012
- ✓ Tores, Mantenimiento su implemetacion y gestion, 2005
- ✓ Ingeniera tratamiento de aguas, Vol. I, Degremont Colombia S.A., 1997
- ✓ Basico, M. d. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico RAS. Bogota.
- ✓ CARDENAS, Y. A. (26 de septiembre de 2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación. Obtenido de [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154).
- ✓ SISTEC, A. (s.f.). Solución en tratamientos de agua. Obtenido de Planta de tratamiento de agua potable: <http://www.aguasistec.com/planta-detratamiento-de-agua-potable.php> (2016)
- ✓ Torres, E. (2016). Plantas de tratamiento de agua potable y residual. Bogotá: Toma de apuntes.