

 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigente Mineducación	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
	Dependencia	Aprobado		Pág.
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(164)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>JOSE ALFONSO MANOSALVA TRILLOS</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>DE INGENIERIAS</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>LUBYNG EDGARDO LLAÍN OBREGÓN</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>APOYO AL ÁREA OPERATIVA DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA CESAR EN LA SUPERVISIÓN DE LOS EMPALMES REALIZADOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN Y EN LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EJECUTADOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES</b>		
<b>RESUMEN</b>			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO BAJO LA MODALIDAD DE PASANTÍAS, CONTIENE INFORMACIÓN RECOLECTADA EN CAMPO DE LA PTAP Y LAS PTAR DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA CESAR, CON EL FIN DE REALIZAR DIAGNÓSTICOS DE SUS ESTADOS Y BRINDAR INFORMACIÓN A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS ÚTIL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS MISMAS. TAMBIÉN, ENCONTRAMOS EL DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS GENERADOS EN LA PTAP. POR ULTIMO, INFORMACIÓN ACERCA DE LOS PROCESOS LLEVADOS A CABO EN LA INSTALACIÓN DE EMPALMES HECHOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION DEL MUNICIPIO.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS: 164</b>	<b>PLANOS: 2</b>	<b>ILUSTRACIONES: 133</b>	<b>CD-ROM: 1</b>



APOYO AL ÁREA OPERATIVA DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE  
AGUACHICA CESAR EN LA SUPERVISIÓN DE LOS EMPALMES REALIZADOS EN  
LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN Y EN LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO EJECUTADOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE Y AGUAS RESIDUALES

AUTOR.

JOSE ALFONSO MANOSALVA TRILLOS

Propuesta de trabajo de grado en modalidad pasantías para optar por el título de Ingeniero  
Civil

DIRECTOR

ING. LUBYNG EDGARDO LLAÍN OBREGON

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Abril 2020

## Índice

<b>Capítulo 1. Apoyo al área operativa de la empresa de servicios públicos de Aguachica cesar en la supervisión de los empalmes realizados en las redes de distribución y en los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la empresa.....	1
1.1.1 Misión.....	2
1.1.2 Visión. ....	2
1.1.3 Objetivos de la empresa.....	2
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.....	4
1.1.5 Descripción de la dependencia al que fue asignado. ....	5
1.1.5.1 Funciones.....	5
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia .....	7
1.2.1. Planteamiento del problema. ....	13
1.3 Objetivos de la pasantía.....	14
1.3.1 Objetivo General. ....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4. Descripción de las actividades a desarrollar.....	15
<b>2. Enfoques referenciales .....</b>	<b>20</b>
2.2 Enfoque legal.....	25

<b>3. Informe de cumplimiento de trabajo.....</b>	<b>26</b>
3.1 Brindar apoyo técnico al sistema de tratamiento de agua potable mediante la supervisión de los procesos de operación mantenimiento, y adecuación verificando el cumplimiento de los lineamientos establecidos por los entes de control.....	26
3.1.1 Identificar los procesos de operación y mantenimiento de las estructuras de la planta de tratamiento de agua potable.....	26
3.1.2 Realizar una evaluación del estado actual de las estructuras de la planta de tratamiento de agua potable. ....	26
3.1.3 Supervisar los mantenimientos realizados a las estructuras que componen el sistema de tratamiento de agua potable. ....	34
3.1.4 Registrar los mantenimientos ejecutados a las estructuras del sistema de tratamiento de agua potable. ....	35
3.1.5 Hacer entrega al área operativa de un informe con la información recolectada en campo durante el tiempo de supervisión en la PTAP. ....	47
3.2 Elaborar una propuesta técnica y económica denominada “Construcción de la estructura de tratamiento de lodos generados por la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Aguachica Cesar”, para el correcto manejo de lodos producidos por la PTAP..	47
3.2.1 Presentar una breve descripción de la problemática generada al no contar con un sistema de tratamiento de lodos. ....	47
3.2.2 Elaborar un diseño hidráulico del sistema de tratamiento de lodos para la planta de tratamiento de agua potable. ....	49

3.2.4 Desarrollar una propuesta económica del costo total de la construcción del sistema de tratamiento de lodos. ....	71
3.2.5 Realizar un manual de procedimientos de operación y mantenimiento de la estructura de tratamiento de lodos de la PTAP. ....	73
3.2.6 Estimar costos de operación del sistema de tratamiento de lodos de la PTAP.	73
3.3 Supervisar los procesos de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del municipio de Aguachica Cesar, con el fin de sistematizar los procedimientos ejecutados en la planta Puerto Mosquito y Jerusalén. ....	74
3.3.1 Hacer un reconocimiento de las estructuras existentes a los sistemas de aguas residuales Jerusalén y Puerto Mosquito. ....	74
3.3.2 Realizar una evaluación del estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén. ....	83
3.3.3 Hacer un reconocimiento del manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén. ....	90
3.3.4 Plantear un cronograma de mantenimiento de las estructuras que contemplan el sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén. ....	90
3.3.5 Actualizar y complementar el manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén. ....	92
3.3.6 Actualizar el plano en planta de las estructuras existentes del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén. ....	93

3.3.7 Hacer un reconocimiento del manual de operación del sistema de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.....	95
3.3.8 Supervisar que los procesos ejecutados en la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito cumpla con los parámetros de calidad estipulados. ....	102
3.3.9 Calcular los costos reales de cada uno de los procesos ejecutados en la planta Puerto Mosquito.....	107
3.3.10 Determinar un promedio mensual del costo de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.....	107
3.3.11 Calcular un presupuesto anual de inversión en la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.....	108
3.4 Supervisar los puntos de empalmes realizados en las redes de distribución existentes con las nuevas a instalar durante la ejecución del contrato “Ampliación y optimización de las redes de distribución del sistema del acueducto urbano (FASE I) municipio de Aguachica departamento Cesar “contrato 033 02/11/2018.....	108
3.4.1 Identificar los puntos de empalme a supervisar. ....	108
3.4.2 Supervisar los procesos ejecutados para realizar los empalmes de las redes antiguas con las nuevas. ....	109
3.4.3 Identificar y registrar cada uno de los accesorios utilizados en los puntos de empalmes. ....	109
3.4.4 Informar irregularidades que se lleguen a presentar al momento que se estén realizando los empalmes al área operativa de la ESPA. ....	133
<b>Diagnóstico final .....</b>	<b>135</b>

<b>Conclusiones.....</b>	<b>137</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>139</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>141</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>142</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa.....	4
Figura 2. Parrilla instalada en línea de aducción.....	28
Figura 3. Filtración de agua en compuerta del desarenador 1.....	28
Figura 4. Sistema de recolección de agua de rebose en el desarenador 1.....	29
Figura 5. Llegada de agua en sistema de rebose sin inclinación.....	30
Figura 6. Prototipo del lecho filtrante.....	31
Figura 7. Macro medidor existente 1 fuera del funcionamiento.....	32
Figura 8. Macro medidor existente 2 fuera de funcionamiento.....	33
Figura 9. Macro medidor existente 3 fuera de funcionamiento.....	33
Figura 10: limpieza a rejilla de bocatoma.....	35
Figura 11. Rejilla de bocatoma libre de obstrucción.....	36
Figura 12. Retiro de material superficial en los desarenadores.....	36
Figura 13. Desarenadores en funcionamiento.....	37
Figura 14. Desagüe de desarenador.....	38
Figura 15. Lavado de desarenador con manguera a presión.....	38
Figura 16. Lavado de desarenador con manguera a presión.....	39
Figura 17. Desarenador libre de lodo.....	39
Figura 18. Floculadores de pantalla en funcionamiento.....	40
Figura 19. Floculador evacuando lodo.....	41
Figura 20. Lavado de floculador con manguera a presión.....	41
Figura 21. Floculador libre de lodos.....	42

Figura 22. Sedimentador en funcionamiento.....	43
Figura 23. Sedimentador desocupado.....	43
Figura 24. Lavado de Sedimentador con manguera a presión.....	44
Figura 25. Inicio de desagüe de filtro.....	45
Figura 26. Filtro con bajo nivel de agua.....	45
Figura 27. Proceso de retro lavado.....	46
Figura 28. Llenado nuevamente del filtro.....	46
Figura 29. Punto de vertimiento de lodos.....	51
Figura 30. Toma de muestra de lodos en punto de vertimiento.....	51
Figura 31. Muestras por estructuras.....	52
Figura 32. Muestras de lodos en probetas de 1000 ml.....	52
Figura 33: lodos sedimentados en probetas de 1000ml.....	53
Figura 34 Resultados obtenidos de informe previamente realizado.....	56
Figura 35. Espesores mínimos de losas sin vigas interiores.....	63
Figura 36. Esquema con cargas aplicadas a las losas.....	64
Figura 37. Tubería de llegada de aguas residuales.....	75
Figura 38. Desarenador.....	75
Figura 39. Caja de mezcla de homogeneización.....	76
Figura 40. Manjol.....	76
Figura 41. Aliviaderos.....	77
Figura 42. Tubería de entrada de agua residual.....	78
Figura 43. Rejillas de cribado.....	78
Figura 44. Compuertas de entrada a los desarenadores.....	79

Figura 45. Desarenadores.....	80
Figura 46. Canaleta parshall.....	80
Figura 47. Tanque de homogeneización.....	81
Figura 48. Sedimentador primario.....	81
Figura 49. Tanque de aireación.....	82
Figura 50. Tanque biológico.....	82
Figura 51. Tubería de llegada de caudal de aguas residuales.....	84
Figura 52. Desarenador en funcionamiento.....	85
Figura 53. Salida del caudal de los desarenadores.....	85
Figura 54. Manjol con obstrucción.....	86
Figura 55. Manjol con obstrucción.....	86
Figura 56. Desarenadores sin compuertas.....	87
Figura 57. Mantenimiento realizado a los desarenadores.....	88
Figura 58. Vegetación presente en el área de la PTAR.....	89
Figura 59. Vegetación presente en el área de la PTAR.....	89
Figura 60. Toma de medidas en la PTAR de Jerusalén.....	94
Figura 61. Toma de medidas en la PTAR de Jerusalén.....	94
Figura 62. Toma de medidas de las estructuras en la PTAR de Jerusalén.....	95
Figura 63. Tubería de entrada agua residual.....	96
Figura 64. entrada al desarenador con rejillas de cribado.....	97
Figura 65. Desarenadores.....	98
Figura 66. Canaleta parshall.....	99
Figura 67. Tanque de homogeneización.....	99

Figura 68. Sedimentador primario.....	100
Figura 69. Tanque de aireación. ....	101
Figura 70. Tanque biológico.....	101
Figura 71. Registro de datos en medio físico. ....	103
Figura 72. Phmetro y conductímetro .....	104
Figura 73. Resultados de análisis de las características del agua. ....	106
Figura 74. Croquis a mano alzada de empalme #1.....	110
Figura 75. Croquis a mano alzada de empalme #1.....	110
Figura 76. Croquis a mano alzada de empalme #1.....	111
Figura 77. Excavación para empalme N° 1 .....	112
Figura 78. Corte con sierra de tubería existente .....	112
Figura 79. Instalación de accesorios en tubería existente.....	113
Figura 80. Accesorios instalados en nueva tubería para empalme N°1 con tubería existente .....	113
Figura 81. Instalación de accesorios para empalme N° 1.....	114
Figura 82. Accesorios instalados en tubería nueva para empalme N° 1 .....	114
Figura 83. Anclaje de seguridad en ubicación de accesorios .....	115
Figura 84. Empalme #12 y dirección de empalme H. ....	116
Figura 85. Excavación de zanja para instalación de accesorios de empalme H.....	117
Figura 86. Zanja para continuación de empalme H con tubería instalada.....	117
Figura 87. Continuación de tubería de empalme H.....	118
Figura 88. Accesorios de empalme H.....	118
Figura 89. Accesorios empalme H .....	119

Figura 90. Tubería nueva donde se conecta el empalme H.....	119
Figura 91. Instalación de accesorios en tubería nueva .....	120
Figura 92. Instalación de accesorios en tubería nueva de empalme H.....	120
Figura 93. Accesorios en tubería nueva de empalme H .....	121
Figura 94. Accesorios en tubería nueva de empalme H .....	121
Figura 95. Accesorios en tubería nueva de empalme H .....	122
Figura 96. Accesorios en tubería nueva de empalme H .....	122
Figura 97. Cernido del material de relleno.....	123
Figura 98. Sellamiento de empalme H .....	123
Figura 99. Compactación de material de relleno de empalme H .....	124
Figura 100. Sellamiento final de empalme H.....	124
Figura 101. Accesorios instalados de empalme #5. ....	125
Figura 102. Anclaje de seguridad en accesorios. ....	126
Figura 103. Accesorios de empalme #5 con anclaje de seguridad.....	126
Figura 104. Accesorios de empalme #5. ....	127
Figura 105. Accesorios de empalme #5. ....	127
Figura 106. Corte de tubería de asbesto cemento e instalación de accesorios .....	128
Figura 107. Instalación de accesorios en tubería existente.....	129
Figura 108. Accesorios conectados a tubería existente .....	129
Figura 109. Accesorios conectados en tubería existente. ....	130
Figura 110. Accesorios conectados en tubería existente .....	130
Figura 111. Accesorios para empalme N° 2.....	131
Figura 112. Anclaje de seguridad en cambio de dirección.....	131

Figura 113. Corte e instalación de accesorios en tubería nueva.....	132
Figura 114. Instalación de accesorios de empalme N° 2.....	132
Figura 115. Instalación de accesorios de empalme N° 2.....	133
Figura 116. Sellamiento de empalme N° 2.....	133

## Lista de tablas

Tabla 1. Matriz DOFA. ....	7
Tabla 2. Actividades a desarrollar. ....	15
Tabla 3. Resultados obtenidos para cada muestra tomada. ....	54
Tabla 4. Promedio por muestras. ....	55
Tabla 5. Criterios de diseño para lechos de secado de arena. ....	59
Tabla 6. Tiempo de digestión del sistema por temperatura promedio. ....	61
Tabla 7. Parámetros de diseño establecidos para lecho de secado. ....	62
Tabla 8. Precio unitario por cada actividad. ....	70
Tabla 9. Presupuesto. ....	72
Tabla 10. Cronograma de mantenimiento de las estructuras de la PTAR Jerusalén. ....	91
Tabla 11. Resultados de análisis de las características del agua en los procesos unitarios. .....	105
Tabla 12. Rangos Ph. ....	105
Tabla 13. Rangos conductividad. ....	106
Tabla 14. Empalme #1. ....	111
Tabla 15. ....	115
Tabla 16. ....	125
Tabla 17. ....	128

## Resumen

El presente trabajo de grado contiene la información de la labor que se realizó en la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica Cesar, como pasante de la Universidad Francisco de Paula Santander, donde se brindó apoyo al Área de División Técnica y Operativa de la empresa.

Donde se buscó reconocer cada una de las estructuras existentes en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales y posteriormente su funcionalidad y respectivos mantenimientos realizados, con el fin de realizar diagnósticos de sus estados, encontrar fallas en los sistemas y brindar la información a la empresa. Se actualizaron y plantearon cronogramas de operación y mantenimientos de las estructuras, se actualizó el plano en planta de la planta de tratamiento de aguas residuales Jerusalén, y se sacó un valor del costo de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito. También, se elaboró una propuesta técnica y económica del diseño hidráulico de una estructura de tratamiento de los lodos generados en el lavado de las estructuras en la planta de tratamiento de agua potable, donde se incluyó su costo de construcción, de operación y su manual de operación y mantenimiento.

Por otro lado, se apoyó al área operativa en la supervisión de unos empalmes realizados en las redes de distribución del municipio, donde se identificó y registro cada uno de los accesorios utilizados, esto con el fin de garantizar el correcto desarrollo en los procesos constructivos.

Por último, cabe mencionar que las actividades desarrolladas buscaban principalmente fortalecer los procesos llevados a cabo dentro de la empresa, en el área en la cual se brindó apoyo.

## **Introducción**

Este es el informe final de trabajo de grado modalidad desarrollado bajo la modalidad pasantía, titulado “Apoyo al área operativa de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica Cesar en la supervisión de los empalmes realizados en las redes de distribución y en los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales”.

Inicialmente, por la falta de información acerca del estado actual de las estructuras que componen la planta de tratamiento de agua potable del municipio, se busca realizar un diagnóstico del estado en que se encuentra, mediante la supervisión y evaluación física y operativa del sistema arrojando resultados confiables.

Por otra parte, se desarrolla una propuesta de una estructura que se encargue de tratar los lodos generados en la planta potabilizadora de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, ya que actualmente se están teniendo problemas ambientales y legales por estar vertiendo estos lodos a cuerpos de aguas naturales.

Se busca actualizar y complementar información la cual se brindará a la empresa de las PTAR con las que cuenta (Jerusalén y Puerto Mosquito), información como costos de operación, plano en planta, estado actual de las estructuras y manuales de operación son muy deficientes en algunas de estas.

Por último, con el fin de garantizar la correcta instalación de unos empalmes realizados en las redes de distribución del municipio, se brinda supervisión técnica a estos procesos, identificando y evidenciando los accesorios usados en los procesos constructivos.

# **Capítulo 1. Apoyo al área operativa de la empresa de servicios públicos de Aguachica cesar en la supervisión de los empalmes realizados en las redes de distribución y en los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales**

## **1.1 Descripción de la empresa**

La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Aguachica E.S.P., es una entidad adscrita a la Administración Municipal que presta servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado a la población de la zona urbana del Municipio de Aguachica, esta empresa se transforma según Acuerdo No. 0006 de 1998 en Empresa Industrial y Comercial del Estado, de una forma extemporánea debido a que el plazo que había dado el legislador a través del artículo 2 de la Ley 286 de 1996, era hasta el 04 de enero de 1998. Hoy en día solo es permitida la constitución de empresas por acciones para la prestación de los servicios públicos a que se refiere el artículo 17 de la Ley 142 de 1994.

Es así como se determinó dentro de algunas alternativas de solución jurídica que el municipio optara por constituirse como una Sociedad por acciones Simplificadas S.A.S. Esta subespecie asociativa, creada mediante la Ley 1258 de 2008, se ha convertido en una opción asociativa de reveladoras ventajas para los empresarios del país y encajan dentro de la primera exigencia hecha por la Ley 142 de 1994, para la constitución de E.S.P. de Aguachica. (ESPA, Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, 2019)

**1.1.1 Misión.** “Somos una empresa dedicada a la organización y prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la ciudad de agua chica cesar, para satisfacer las necesidades de los clientes con oportunidad, eficiencia, continuidad y calidad en niveles de excelencia, generando como valores agregados constante, el fomento del crecimiento socio-económico sostenible de la zona urbana con responsabilidad social empresarial, mediante la gestión del talento humano, los recursos físicos y la modernización tecnológica que garantice bajo principios y valores éticos la sostenibilidad económica, financiera y ambiental”. (ESPA, Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, 2019)

**1.1.2 Visión.** “Ser en el año 2020 una empresa reconocida regional y nacionalmente como modelo en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, caracterizada por una gestión orientada a resultados, que promueva con responsabilidad social empresarial el mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía en general, con un talento humano de altos niveles en sus competencias; así como, por un comportamiento acorde con los principios y valores éticos”. (ESPA, Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, 2019)

**1.1.3 Objetivos de la empresa.** Organizar y prestar de forma eficiente y eficaz los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del municipio de Aguachica cesar.

Construir, mantener y reparar oportunamente la infraestructura para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del municipio de Aguachica cesar.

Desarrollar una cultura orientada al manejo, mejoramiento y protección del medio ambiente que garantice la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del municipio de Aguachica cesar

Promover el desarrollo del control social y la participación ciudadana en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del municipio de Aguachica Cesar

Garantizar la rentabilidad económica y social requerida para la sostenibilidad de la empresa en el corto, mediano y largo plazo

Establecer una cultura orientada al cliente, soportada con procesos organizacionales efectivos que respondan a las necesidades y oportunidades del mercado. (ESPA, Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, 2019)

### 1.1.4 Descripción de la estructura organizacional

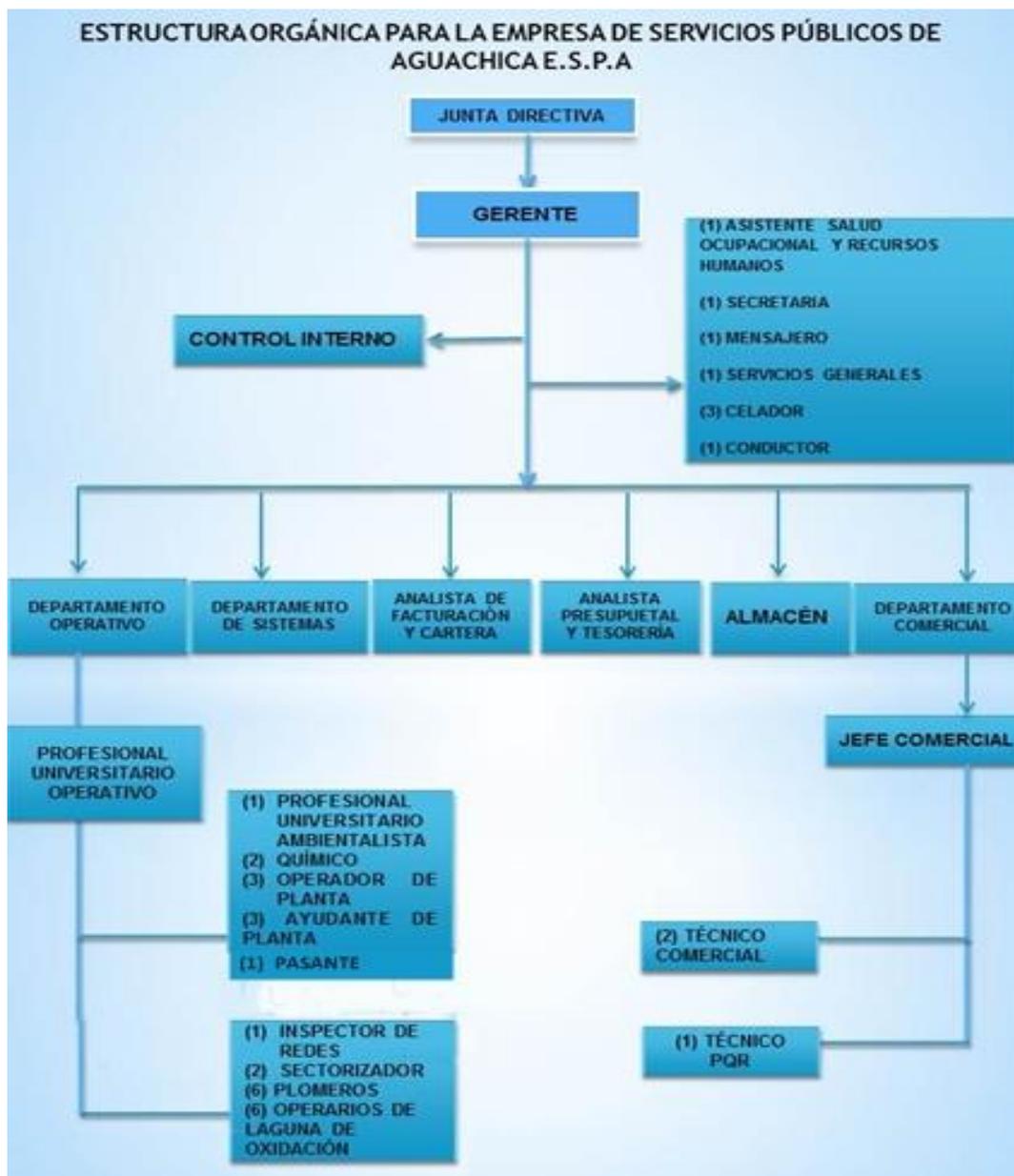


Figura 1. Estructura organizacional de la empresa.

Fuente: (ESPA, Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, 2019)

Modificado. (Autor, 2019)

### **1.1.5 Descripción de la dependencia al que fue asignado.**

#### **Área de división técnica y operativa**

La empresa de servicios públicos de Aguachica cuenta en su organización con la dependencia de Profesional universitario operativo, esta dependencia es la encargada de orientar, organizar, estipular políticas y acoger planes, programas y proyectos para ejecutar todas las actividades relacionadas con el área operativa, estipuladas por la empresa conforme a las normas institucionales y legales vigentes. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

**1.1.5.1 Funciones.** Ejecutar políticas, planes, programas y normas establecidas por la entidad en materia operativa. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Planear, coordinar, dirigir y evaluar programas y planes de trabajo del personal a su cargo, así como los programas de capacitación que se requieran. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Velar por la conservación y mantenimiento de máquinas, instalaciones y demás elementos que forman parte de la dotación de la dependencia de su cargo. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Atender las quejas y los reclamos de los usuarios y darle la solución oportuna como: previa verificación de la irregularidad presentada. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Diseñar, revisar, analizar y actualizar sistemas y métodos de trabajo para optimizar y agilizar procedimientos establecidos. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Impartir aprobación previa verificando en el campo, a las ACTAS DE RECIBO de obras. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Preparar mensualmente un informe relacionado con las actividades del área operativa y comercial para entregárselos al señor Gerente. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Ejercer vigilancia y control en el manejo de los accesorios, productos químicos y otros elementos. Las demás funciones que le asigne su superior inmediato acorde con la naturaleza del cargo. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Cumplir con todo lo determinado por la ley 142, resoluciones y circulares de los organismos que vigilan la prestación de los servicios públicos domiciliarios, en lo referente a su competencia y a la empresa en general. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Preparar y suministrar a la Gerencia información oportuna y confiable en los aspectos relacionados con la División Operativa. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Las demás funciones relacionadas con el cargo que le asigne su jefe inmediato. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

Trato amable, cordial y eficiente al momento de dirigir el personal a cargo y llevar relaciones interpersonales con otros miembros de la empresa. (ESPA, Área de División Técnica y Operativa, 2019)

**Nota.** El jefe inmediato durante el desarrollo de la pasantía será el Ingeniero civil Lubyng Edgardo Llaín Obregon, Jefe del área de división técnica y operativa de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica Cesar.

## 1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia

Tabla 1. Matriz DOFA.

<i>Análisis interno</i>	
<i>Debilidades(D)</i>	<i>Fortalezas(F)</i>
<b>D1.</b> Deficiente supervisión de los procesos operativos.	<b>F1.</b> Profesionales capacitados para la prestación del servicio público de acueducto.
<b>D2.</b> Poca gestión en procesos para el mejoramiento en la eficiencia de las plantas de tratamiento	<b>F2.</b> Alta capacidad de liderazgo de proyectos a cargo de la Empresa de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Aguachica E.S.P.

**MATRIZ DOFA**

**D3.** Inadecuada gestión del manejo de los residuos inorgánicos generados por la planta de tratamiento de agua potable

**F3.** Procesos de planeación enfocados en el beneficio de la población del municipio del Aguachica.

**D4.** Deficiente nivel de mantenimiento de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable y aguas residuales del municipio.

**F4.** Sistema de comunicaciones interno con un alto nivel de establecimiento.

**D5.** Desactualización de la información de las estructuras de las plantas de tratamientos en el municipio de Aguachica Cesar.

**F5.** Sistema de comunicación Empresa-Comunidad altamente fortalecido y confiable.

---

Oportunidades (O)	Estrategias (DO)	Estrategias (FO)
<p><b>O1.</b> Existencia de propuestas de mejoramiento de las estructuras de las plantas de tratamiento, para la correcta prestación del servicio de abastecimiento de agua potable.</p>	<p>La colaboración de entidades interesadas en la información del estado actual de los sistemas de tratamientos, permitirán garantizar el correcto desarrollo del proceso de evaluación.</p>	<p>La presencia de profesionales competentes y altamente capacitados permitirá el fortalecimiento de la entidad prestadora de servicios públicos, así como de los procesos que esta realiza.</p>
<p><b>O2.</b> Formulación de proyectos relacionados con la conservación y mejoramiento de las condiciones ambientales de las fuentes abastecimiento de agua potable.</p>	<p>La contribución de los actores de la academia será importante en la medida de complemento de los procesos de generación de soluciones y apoyo profesional, por lo cual se hace necesaria su vinculación.</p>	<p>La estrecha relación academia-empresa de servicios públicos ESPA ESP; facilitara el proceso de retroalimentación de conocimientos y propuestas.</p>
<p><b>O3.</b> Profesionales de la región, competentes y altamente capacitados para realizar los procesos de supervisión de los procesos</p>	<p>La adecuada disposición de los entes territoriales, permite el impulso de apropiados procesos de expansión y mejora del</p>	<p>El establecimiento de los costos reales de operación de la PTAR se considera como una herramienta indispensable para la</p>

que componen la prestación del servicio público de acueducto y alcantarillado.

servicio de acueducto en el municipio.

realización de estudios económicos dentro de la empresa.

**O4.** Disposición de la administración municipal y ESPA, para gestionar programas y proyectos en pro del mejoramiento del servicio de acueducto.

La presencia de profesionales competentes y disposición de recursos, permitirán la realización de adecuaciones de los sistemas de tratamientos

El correcto tratamiento de los materiales inorgánicos generados por la planta de tratamiento de agua potable evitará problemas ambientales y legales a la empresa.

**O5.** Presencia de actores de la academia interesados en la implementación de nuevas propuestas para el mejoramiento continuo del servicio

Con la adecuada vinculación profesional y la correcta formulación del proceso, a partir de un diagnóstico y análisis del estado actual de la PTAR, se brindarán bases indispensables para la realización de una propuesta para mejoras en su eficiencia

La vinculación interdisciplinaria de las distintas entidades, permitirá el correcto desarrollo y la mejora continua de los servicios prestados por la ESPA.

---

**Tabla 1.***MATRIZ DOFA (Continuación)*

<b>Amenazas (A)</b>	<b>Estrategias (DA)</b>	<b>Estrategias (FA)</b>
<b>A1.</b> Desconocimiento de proceso de deterioro de las estructuras de las plantas de tratamientos	A partir de la identificación de falta de procesos de mantenimiento a las estructuras de tratamientos, se contará con herramientas para la adecuada gestión operativa de mejoras en la aplicación de procesos	Los procesos de comunicación empresa-pasante, permitirán dar a conocer las problemáticas en materia de falta de mantenimiento de las estructuras de las plantas de tratamientos.
<b>A2.</b> Deficientes recursos económicos para ejecución de proyectos de mantenimiento de infraestructura física para la prestación del servicio de acueducto.	La presencia de profesionales encaminados a la supervisión operativa permitirá la adecuada gestión de los procesos, por lo cual se logrará encontrar las mejores opciones a nivel de calidad, brindando obras mejor ejecutadas.	El compromiso profesional es importante a la hora de brindar información del estado de los sistemas de tratamientos para realizar propuestas de mejoras en el
<b>A3.</b> Deficiencia en la calidad de formulación y ejecución, de los programas	Por medio del seguimiento de los procesos de mantenimiento y operación	La correcta vinculación e intercomunicación profesional, permitirá la

---

de mantenimiento y reparación, así como ampliación de la infraestructura de los sistemas de tratamientos del Municipio.	de los sistemas de tratamientos, se garantizara la prestación del buen servicio en el casco urbano municipal.	mejora en la calidad de los programas de ampliación, mantenimiento y reparación del sistema de tratamientos del municipio
---	---	---

<b>A4.</b> Variaciones constantes en los niveles del caudal de la fuente abastecedora de agua potable.	El establecimiento y puesta en marcha de manuales de reparaciones y operaciones de las estructuras	Por medio de la comunicación, gestión y articulación de los distintos actores involucrados, se
--	--	--

<b>A5.</b> Crecimiento y expansión poblacional acelerada en el casco urbano del municipio.	de los sistemas de tratamientos, permitirá garantizar y mejorar continuamente el servicio	lograra la identificación acertada de los procesos de operación y mantenimiento de los sistemas
--	---	---

<b>A6.</b> Establecimiento de captaciones ilegales de agua potable.	prestado a la comunidad	
---	-------------------------	--

---

**Fuente.** (Pasante, 2019)

**1.2.1. Planteamiento del problema.** En el municipio de Aguachica, Cesar, en estos momentos se encuentran iniciando procesos que permitan optimizar el funcionamiento y la operación de la planta de tratamiento de agua potable y de aguas residuales que se encuentran a cargo de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica (ESPA).

En lo referente a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), esta requiere una supervisión permanente de sus estructuras, verificando el adecuado mantenimiento de las mismas y realizando una evaluación de su estado.

Por otra parte, se plantea realizar una propuesta de diseño de una estructura que se encargue del tratamiento de los lodos generados en la PTAP, y que actualmente son descargados directamente en las corrientes naturales de la quebrada Buturama, causando serios problemas medioambientales. Esta estructura permitiría mitigar los impactos medioambientales y evitar problemas legales a la ESPA.

En cuanto a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el municipio cuenta con 2 plantas en operación, una ubicada en el corregimiento de Jerusalén y otra en el corregimiento de Puerto Mosquito. La PTAR de Jerusalén por su antigüedad requiere de una evaluación inmediata de su infraestructura para describir su estado actual, y plantear soluciones que permitan mejorar su estado, labor complicada dado que no se cuentan con planos en planta del sistema que agilicen este proceso, para plantear un cronograma para el mantenimiento de las estructuras de la planta. Por otro lado, la PTAR de Puerto Mosquito, aunque se encuentra en funcionamiento, requiere de una supervisión técnica que verifique cada uno de los procesos

ejecutados de acuerdo a los parámetros de calidad establecidos por los entes de control, además de realizarse una estimación de los costos reales de operación del sistema.

Por último, para brindar un mejor servicio a los usuarios, se contempla la instalación de nuevas redes de distribución en el municipio, proceso que será efectuado en el contrato “Ampliación y Optimización de las redes de distribución del sistema del acueducto urbano (Fase 1) del municipio de Aguachica, departamento del Cesar, Contrato 033 del 02/11/2018”, donde se llevaran a cabo los empalmes pertinentes de las redes de distribución existentes con las nuevas.

Por lo anteriormente expuesto, la empresa ESPA requiere de pasantes que brinden acompañamiento técnico en estos procesos para reforzar el mejoramiento en los sistemas de tratamiento de aguas residuales y potables del municipio de Aguachica, Cesar.

### **1.3 Objetivos de la pasantía**

**1.3.1 Objetivo General.** Apoyar al área operativa de la empresa de servicios públicos de Aguachica Cesar en la supervisión de los empalmes realizados en las redes de distribución y en los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales.

**1.3.2 Objetivos específicos.** Brindar apoyo a la supervisión de los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en el sistema de tratamiento de agua potable, verificando el cumplimiento de los lineamientos establecidos por los entes de control.

Elaborar una propuesta técnica y económica denominada “Construcción de la estructura de tratamiento de lodos generados por la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Aguachica Cesar”, para el correcto manejo de lodos producidos por la PTAP.

Supervisar los procesos de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del municipio de Aguachica Cesar, con el fin de sistematizar los procedimientos ejecutados en la planta Puerto Mosquito y Jerusalén.

Supervisar los puntos de empalmes realizados en las redes de distribución existentes con las nuevas a instalar durante la ejecución del contrato “Ampliación y optimización de las redes de distribución del sistema del acueducto urbano (FASE I) municipio de Aguachica departamento Cesar “contrato 033 02/11/2018.

#### 1.4. Descripción de las actividades a desarrollar

En la **tabla 2.** Se detallan las actividades a desarrollar

*Tabla 2. Actividades a desarrollar.*

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades a desarrollar en la empresa para hacer posible el cumplimiento de los <b>Objetivos Específicos.</b>
Apoyar al área operativa de la empresa de servicios públicos en los	Brindar apoyo técnico al sistema de tratamiento de agua potable mediante la	Identificar los procesos de operación y mantenimiento de las estructuras de la planta de

<p>procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales del municipio de Aguachica cesar.</p>	<p>supervisión de los procesos de operación mantenimiento, y adecuación verificando el cumplimiento de los lineamientos establecidos por los entes de control.</p>	<p>tratamiento de agua potable.</p> <p>Realizar una evaluación del estado actual de las estructuras de la planta de tratamiento de agua potable.</p> <p>Supervisar los mantenimientos realizados a las estructuras que componen el sistema de tratamiento de agua potable.</p> <p>Registrar los mantenimientos ejecutados a las estructuras del sistema de tratamiento de agua potable.</p> <p>Hacer entrega al área operativa de un informe con la información recolectada en campo durante el tiempo de supervisión en la PTAP.</p>
<p>Apoyar al área operativa de la empresa de servicios públicos en los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales del municipio de Aguachica cesar.</p>	<p>Elaborar una propuesta técnica y económica denominada “Construcción de la estructura de tratamiento de lodos generados por la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Aguachica Cesar”, para el correcto manejo de lodos producidos por la PTAP.</p>	<p>Presentar una breve descripción de la problemática generada al no contar con un sistema de tratamiento de lodos.</p> <p>Elaborar un diseño hidráulico del sistema de tratamiento de lodos para la planta de tratamiento de agua potable.</p> <p>Investigar precios de las estructuras que contemplan el sistema de tratamiento de lodos.</p> <p>Desarrollar una propuesta económica del costo total de la construcción del sistema de tratamiento de lodos.</p> <p>Realizar un manual de procedimientos de operación y mantenimiento de la estructura de</p>

---

tratamiento de lodos de la PTAP.

Estimar costos de operación del sistema de  
tratamiento de lodos de la PTAP.

---

Hacer un reconocimiento de las estructuras  
existentes a los sistemas de aguas residuales  
Jerusalén y Puerto Mosquito.

Realizar una evaluación del estado actual  
del sistema de tratamiento de aguas residuales  
Jerusalén.

Hacer un reconocimiento del manual de  
operación y mantenimiento del sistema de  
tratamiento de aguas residuales Jerusalén.

Plantear un cronograma de mantenimiento  
de las estructuras que contemplan el sistema de  
tratamiento de aguas residuales Jerusalén.

Actualizar y complementar el manual de  
operación y mantenimiento del sistema de  
tratamiento de aguas residuales Jerusalén.

Apoyar al área  
operativa de la empresa de  
servicios públicos en los  
procesos de operación y

Supervisar los procesos de  
operación y mantenimiento de  
los sistemas de tratamiento de  
aguas residuales del municipio

Actualizar el plano en planta de las  
estructuras existentes del sistema de tratamiento

<p>mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales del municipio de Aguachica cesar.</p>	<p>de Aguachica Cesar, con el fin de sistematizar los procedimientos ejecutados en la planta Puerto Mosquito y Jerusalén.</p>	<p>de aguas residuales Jerusalén.</p> <p>Hacer un reconocimiento del manual de operación del sistema de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.</p> <p>Supervisar que los procesos ejecutados en la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito cumpla con los parámetros de calidad estipulados.</p> <p>Calcular los costos reales de cada uno de los procesos ejecutados en la planta Puerto Mosquito.</p> <p>Determinar un promedio mensual del costo de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.</p> <p>Calcular un presupuesto anual de inversión en la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.</p>
<p>Apoyar al área operativa de la empresa de servicios públicos en los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales del municipio de Aguachica cesar.</p>	<p>Supervisar los puntos de empalmes realizados en las redes de distribución existentes con las nuevas a instalar durante la ejecución del contrato “Ampliación y optimización de las redes de distribución del sistema del acueducto urbano (FASE I) municipio de Aguachica</p>	<p>Identificar los puntos de empalme a supervisar.</p> <p>Supervisar los procesos ejecutados para realizar los empalmes de las redes antiguas con las nuevas.</p> <p>Identificar y registrar cada uno de los accesorios utilizados en los puntos de empalmes.</p> <p>Informar irregularidades que se lleguen a presentar al momento que se estén realizando los</p>

---

departamento Cesar “contrato	empalmes al área operativa de la ESPA.
033 02/11/2018.	Hacer entrega al área operativa de la ESPA de un informe con la información recolectada en campo durante el tiempo de supervisión de los procesos de instalación de los empalmes en las nuevas redes de distribución.

---

**Fuente.** (Pasante, 2019)

## 2. Enfoques referenciales

### 2.1 Enfoque conceptual.

**Sistemas de acueducto.** Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la captación de agua, el tratamiento, el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión. (RAS 2010, Título B).

**Red de distribución o Red pública.** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo. (RAS 2000, Título A).

**Tubería.** Ducto de sección circular para el transporte de agua. (RAS 2000, Título A).

**Planta de tratamiento de agua potable PTAP.** Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable. (RAS 2000, Título A).

**Captación.** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento. (RAS 2010, Título B)

**Desarenador.** Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica. (RAS 2000, Título B)

**Bocatoma** Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto. (RAS 2000, Título A).

**Agua cruda** Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento. (RAS 2000, Título A).

**Agua potable** Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 475 de 1998, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud. (RAS 2000, Título A).

**Mezcla rápida** Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua. (RAS 2000, Título A).

**Sedimentación.** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad. (RAS 2000, Título A).

**Filtración** Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso. (RAS 2000, Título A).

**Sólidos suspendidos.** Pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua; no disueltas. (RAS 2000, Título A).

**Macromedición.** Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores. (RAS 2000, Título A).

**Operación** Conjunto de acciones para mantener en funcionamiento un sistema. (RAS 2000, Título A).

**Mantenimiento.** Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen. (RAS 2000, Título A).

**Norma de calidad del agua potable** Valores de referencia admisibles para algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad. (RAS 2000, Título A).

**Planta de tratamiento de agua residual PTAR.** Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales. (RAS 2000, Título A). (RAS 2000, Título A).

**Laguna de maduración.** Laguna de estabilización diseñada para tratar efluente secundario o agua residual previamente tratada por un sistema de lagunas (anaerobia - facultativa, aireada – facultativa o primaria - secundaria). Originalmente concebida para reducir la población bacteriana. (RAS 2000, Título A).

**Laguna facultativa.** Laguna de coloración verdosa cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. En el estrato superior de una laguna facultativa primaria existe una simbiosis entre algas y bacterias, en presencia de oxígeno; en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia de los sólidos sedimentables. (RAS 2000, Título A).

**Pretratamiento.** Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final. (RAS 2000, Título A).

**Rejilla.** Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes (RAS 2000, Título A).

**Agitación mecánica** Movimiento obtenido mediante dispositivos mecánicos (paletas, aspas, etc.) para producir turbulencia. (RAS 2000, Título A).

**Pozo o cámara de inspección** Estructura de ladrillo o concreto, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma tronco-cónica, y con tapa removible para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores. (RAS 2000, Título A).

**Lechos de secado.** Dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de lodos para que puedan ser manejados como material sólido. (RAS 2000, Título A).

**Lodo (en Potabilización).** Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante los procesos de tratamiento. (RAS 2000, Título A).

**Vertimiento.** Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

**Borde libre** Espacio comprendido entre el nivel máximo esperado del agua fijado por el sistema de rebose y la altura total de la estructura de almacenamiento. (RAS 2000, Título A).

**Deshidratación de lodos** Proceso de remoción del agua de lodos hasta formar una pasta.

**Accesorios** Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees etc. (RAS 2000, Título A).

**Anclaje.** Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna. (RAS 2000, Título B)

**Unión.** Accesorio cuya función es conectar tuberías y accesorios entre sí, como parte de una red de distribución de agua potable.

**Válvula.** Accesorio cuyo objetivo es regular y controlar el caudal y la presión de agua en una red de conducción y/o distribución de agua potable.

**Válvulas de compuerta.** Válvulas utilizadas para el cierre o apertura de tramos de tuberías en las redes de distribución secundaria. No se utilizan en las redes de distribución primaria, salida o entrada de tanques, descargues en tuberías o tanques.

**AutoCAD.** “Programa de graficación, herramienta básica para dibujar en arquitectura, ingeniería, diseño industrial, topografía, cartografía, geología, electricidad, electrónica; permite dibujar con precisión, corregir, copiar y modificar, los elementos gráficos.” (Giraldo, 2015).

## **2.2 Enfoque legal**

**Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.** Titulo A “aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico” RAS-2000, Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Santafé de Bogotá D.C. (RAS, Titulo A Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico, 2000)

### **3. Informe de cumplimiento de trabajo**

**3.1 Brindar apoyo técnico al sistema de tratamiento de agua potable mediante la supervisión de los procesos de operación mantenimiento, y adecuación verificando el cumplimiento de los lineamientos establecidos por los entes de control.**

**3.1.1 Identificar los procesos de operación y mantenimiento de las estructuras de la planta de tratamiento de agua potable.** Con el reconocimiento del manual existente en la Empresa de servicios públicos de Aguachica Cesar denominado “PROCEDIMIENTO PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA E.S.P.”, se identificaron cada uno de los procesos de operación que realiza cada estructura que compone la planta de tratamiento de agua potable y los respectivos mantenimientos que se les efectúan. Adicional a lo anteriormente mencionado, se hicieron visitas de campo donde se inspeccionó cada estructura del sistema.

**3.1.2 Realizar una evaluación del estado actual de las estructuras de la planta de tratamiento de agua potable.** Con el fin de garantizar la calidad y continuidad del servicio de agua potable a la comunidad, es necesario realizar evaluaciones en el sistema de tratamiento de agua potable, evaluación que será útil para la mejora continua del servicio ofrecido. Donde es importante reconocer cada uno de los procesos unitarios llevados a cabo en la planta, para luego identificar toda falla física e hidráulica presentes en ellas.

Inicialmente se realiza una investigación de los temas relacionados que permitan adquirir una ampliación de conocimientos y de esta manera hacer la evaluación más confiable; donde se buscaron trabajos de investigación similares, normativas vigentes como decretos y resoluciones, manuales de operación y mantenimiento de plantas potabilizadoras y demás documentos que brindaran información para el éxito de la investigación.

Se identificaron algunas falencias físicas en cuanto a las estructuras que es importante mencionar y tener en cuenta; a continuación se mencionan:

En la trayectoria de la línea de aducción se identificó la falta de una tapa, donde se instaló provisionalmente una parrilla metálica la cual no está asegurada y no siendo este el accesorio adecuado. Es importante resaltar el peligro que esto presenta, puesto que los operarios de la planta en ocasiones van a la bocatoma a realizar una limpieza en sus rejillas en horas de la noche y pasan sobre esta parrilla, la cual si en algún momento no llega a estar por algún motivo, puede percibirse fácilmente el riesgo.



*Figura 2. Parrilla instalada en línea de aducción.*

Fuente: Autor, 2019)

Se pudo evidenciar el mal estado de algunas de las compuertas en el desarenador, la cual al cerrarla para realizar el mantenimiento en el desarenador, se filtra cierta cantidad de agua por ella.



*Figura 3. Filtración de agua en compuerta del desarenador 1.*

Fuente: Autor, 2019)

Por otra parte, en los desarenadores al presentarse rebose de caudal, estos cuentan con un sistema de recolección y evacuación de esta agua la cual es descargada directamente a la quebrada, el inconveniente encontrado fue que en canales donde llega el agua para luego ser transportada por la tubería hacia la quebrada, no presenta ningún grado de inclinación con respecto a la horizontal, presentándose en muchas ocasiones taponamiento debido a la cantidad de lodos y materiales presentes en el agua e interviniendo en el libre transporte del fluido.



*Figura 4. Sistema de recolección de agua de rebose en el desarenador 1.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 5. Llegada de agua en sistema de rebose sin inclinación.*

Fuente: Autor, 2019)

La unidad de filtración de la planta de potabilización, cuenta con diferentes capas de diferentes materiales (Antracita y arena) las cuales están soportadas por una capa de grava, tanto el lecho filtrante como el lecho de sostén se encuentran en mal estado. Por lo cual se ve la necesidad de manera urgente de renovar estas capas puesto que hace más de diez años no se realiza, esto con el fin de garantizar que el lecho filtrante cumpla correctamente con su función.



*Figura 6. Prototipo del lecho filtrante.*

Fuente: Autor, 2019)

La planta de potabilización cuenta con dos sistemas de floculación (floculadores de placas horizontales y floculadores de Alabama), donde hace un tiempo se llevaron a cabo estudios donde se determinó que la eficiencia en los floculadores de placas horizontales no era la esperada y no se hicieron las respectivas correcciones. En vista de esta situación, se hizo un análisis donde se sacaron ciertas conclusiones de las posibles causas de esta problemática, a continuación se muestran:

1. El tiempo de retención en los floculadores no es el necesario para el proceso, ya que la velocidad y/o inclinación no es la adecuada.
2. Existe una caída en el paso del agua de los floculadores a la caja que conduce a los sedimentadores, donde puede presentarse el rompimiento del flou.

3. La separación de las placas no es la adecuada.

Por otra parte, actualmente la planta cuenta con tres macromedidores los cuales están fuera de servicio, puesto que no cumplen su función la cual es llevar un control de la cantidad de agua tratada saliente hacia los tanques de almacenamiento y la cual finalmente es distribuida a la comunidad.



*Figura 7. Macro medidor existente 1 fuera del funcionamiento.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 8. Macro medidor existente 2 fuera de funcionamiento.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 9. Macro medidor existente 3 fuera de funcionamiento.*

Fuente: Autor, 2019)

En cuanto a la ubicación de la planta de tratamiento de agua potable, está situada a 3km aproximadamente del casco urbano, por la misma vía que conduce al punto de captación (Bocatoma), es una vía destapada en condiciones de mal estado, al igual el trayecto de la planta a

la Bocatoma, viéndose afectada principalmente en épocas de lluvias el transporte y por ende la seguridad de los trabajadores de la planta al momento de tener que dirigirse a los respectivos puntos de mantenimientos (Bocatoma y desarenadores), ya que la escorrentía ocasiona la formación de lodos en la carretera.

Por último, se realizó una evaluación general de la planta de tratamiento de agua potable donde se determinó que a pesar de presentar las fallas físicas expuestas anteriormente, la planta se encuentra en buenas condiciones, la calidad del agua ofrecida a los usuarios no presenta ninguna inconformidad, cumpliendo con los parámetros establecidos en resolución 2115 de 2007, siendo esta apta para el consumo humano; esta información fue verificada al supervisar las pruebas y resultados en laboratorio y revisar los archivos de la información diariamente guardada. Los resultados del porcentaje del IRCA que es el valor más importante en cuanto a la calidad del agua ofrecida se encuentra en 0%, mes a mes durante todo el año 2019 se mantuvo este valor, no representando ningún riesgo en su calidad. En el apéndice A se puede contemplar los resultados obtenidos durante el año 2019.

**3.1.3 Supervisar los mantenimientos realizados a las estructuras que componen el sistema de tratamiento de agua potable.** Habiendo anteriormente identificado cada una de las estructuras de la PTAP, se realizó un seguimiento de cada limpieza y mantenimiento realizados a estas, donde se hizo un recorrido completo del sistema de tratamiento desde donde inicia todo el proceso (Bocatoma de captación), verificando que se estuvieran efectuando de manera correcta y en los tiempos estipulados los respectivos mantenimientos. Supervisar estas actividades son de gran importancia, ya que garantiza el buen funcionamiento de cada una de las estructuras y por

ende, garantiza una buena calidad de agua ofrecida a la comunidad. En el inciso 3.1.4 se evidencian los registros realizados a las actividades desarrolladas de mantenimiento a las estructuras de la PTAP.

**3.1.4 Registrar los mantenimientos ejecutados a las estructuras del sistema de tratamiento de agua potable.** A continuación, se describe la manera en que se realizaron las limpiezas y mantenimientos de las estructuras en su orden consecutivo de operación.

Inicialmente, cabe resaltar las limpiezas que se realizan a diario en la PTAP las cuales no están estipuladas en el cronograma puesto que esta actividad es deber diario del ayudante de la planta que este de turno realizarla. la primera de ellas es a las rejillas de la bocatoma, donde se retira el material que obstruya el paso del agua, dicha limpieza se hace dos veces al día (una en horas de la mañana y la siguiente en la tarde)



*Figura 10: limpieza a rejilla de bocatoma.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 11. Rejilla de bocatoma libre de obstrucción.*

Fuente: Autor, 2019)

También, realiza una limpieza simple en los desarenadores, donde se retira el material superficial presente evitando que se presente obstrucción en las estructuras del sistema.



*Figura 12. Retiro de material superficial en los desarenadores.*

Fuente: Autor, 2019)

Lo anteriormente mostrado son limpiezas simples, a continuación se describe la manera en que se realizaron mantenimientos de las estructuras en su orden consecutivo de operación.

## **DESARENADOR**

La planta de potabilización cuenta con dos desarenadores, los cuales en funcionamiento permanecen llenos, para realizar sus respectivos lavados se hace de manera individual, con el fin de no suspender el servicio mientras se hace la actividad, puesto que mientras se lava uno, el otro queda suministrando el fluido.



*Figura 13. Desarenadores en funcionamiento.*

Fuente: Autor, 2019)

Lo primero es abrir las valvulas de desagüe del desarenador y esperar hasta que baje su nivel completamente



*Figura 14. Desagüe de desarenador.*

Fuente: Autor, 2019)

Luego, haciendo uso de la manguera de presión se lavan las paredes desprendiendo los lodos y se ayuda a disolver los que están en el fondo del desarenador.



*Figura 15. Lavado de desarenador con manguera a presión.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 16. Lavado de desarenador con manguera a presión.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 17. Desarenador libre de lodo.*

Fuente: Autor, 2019)

## FLOCULADORES DE PANTALLA

Como lo estipulado en el manual, mensualmente se realiza el lavado de los floculadores. inicialmente se cierran las compuertas de entrada y se abren las de desague, con el fin de evacuar el agua contenida en ellos y posteriormente haciendo uso de la manguera de presión, retirar el material presente en sus paredes y fondo.



*Figura 18. Floculadores de pantalla en funcionamiento.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 19. Floculador evacuando lodo.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 20. Lavado de floculador con manguera a presión.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 21. Floculador libre de lodos.*

Fuente: Autor, 2019)

## **SEDIMENTADORES**

Como en las anteriores estructuras, se suspende la entrada de agua cerrando la valvula, y posteriormente abiendo la de desagüe y haciendo uso de la manguera de presión se retiran los lodos presentes en las paredes y en el fondo del sedimentador.



*Figura 22. Sedimentador en funcionamiento.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 23. Sedimentador desocupado.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 24. Lavado de Sedimentador con manguera a presión.*

Fuente: Autor, 2019)

Por ultimo, en cuanto a los filtros, la planta cuenta con diez, de los cuales al día se les hace mantenimiento normalmente a tres, donde se hace un retrolavado con el fin de desprender las particulas retenidas en la capa filtrante.

Lo primero que se hace es cerrar la valvula de entrada y abrir la valvula de desague para dejar que el nivel de agua baje, al estar los filtros conectados unos con otros, este otro le suministra agua la cual realiza el lavado desprendiendo cualquier suciedad presentada en la capa, este proceso dura máximo 15min.



*Figura 25. Inicio de desagüe de filtro.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 26. Filtro con bajo nivel de agua.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 27. Proceso de retro lavado.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 28. Llenado nuevamente del filtro.*

Fuente: Autor, 2019)

**3.1.5 Hacer entrega al área operativa de un informe con la información recolectada en campo durante el tiempo de supervisión en la PTAP.** Se hizo entrega de un documento digital al área operativa de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica Cesar donde se incluyó toda la información de las actividades llevadas a cabo durante el desarrollo de la pasantía en la planta de tratamiento de agua potable perteneciente a dicho municipio.

En el apéndice B se observa la carta de recibido del informe por parte del Ingeniero jefe del área operativa y el informe en el apéndice C.

**3.2 Elaborar una propuesta técnica y económica denominada “Construcción de la estructura de tratamiento de lodos generados por la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Aguachica Cesar”, para el correcto manejo de lodos producidos por la PTAP.**

**3.2.1 Presentar una breve descripción de la problemática generada al no contar con un sistema de tratamiento de lodos.** En el municipio de Aguachica, Cesar, en estos momentos se están realizando descargas de lodos contaminados a cuerpos de aguas naturales, sin darle la debida importancia a los problemas ambientales que esta actividad ocasiona, donde se ve afectada principalmente la turbiedad y color del cuerpo receptor presentando un aumento en estos factores. Es la planta de potabilización de agua del municipio quien está practicando esta acción, descargando los lodos que se generan en el lavado de las estructuras de la planta de tratamiento directamente a la quebrada Buturama sin previo tratamiento, incumpliendo lo estipulado en el artículo 119 de la resolución 1096 del 2000 que dice “ARTICULO 119.- TRATAMIENTO Y MANEJO DE LODOS. Los requisitos mínimos para el tratamiento y manejo de los lodos producidos en los procesos de sedimentación, y filtración producto de la

operación de las plantas de tratamiento, son aplicables a los cuatro niveles de complejidad del sistema. La descarga de los lodos debe sujetarse a las siguientes especificaciones: Para devolverlos directamente a la corriente de agua o descargarlos en alcantarillados, previo tratamiento, debe adquirirse un permiso de las autoridades competentes y deben realizarse estudios de impacto ambiental en el que se demuestre que no contravienen los artículos 72 y 73 del Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 expedido por el Ministerio de Salud - Normas sobre vertimiento a cuerpos de agua o alcantarillados públicos y el Decreto 302 de 2000 expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico. Si no es posible lo anterior, se deben llevar a lagunas de almacenamiento en donde se decanten y por extrafiltración y evaporación se elimine el agua de arrastre hasta dejar el lodo semisolidificado. De allí debe extraerse por sistema mecánico y transportarlo al punto de disposición final. Concentrar el lodo en concentradores, extraer dicho lodo y llevarlo a lagunas de secado en donde debe ser solidificado para luego transportarlo y depositarlo en el sitio que se acuerde. Secar el lodo por sistemas mecánicos: filtros prensa, centrifugado, filtros al vacío, o camas de secado, extraer la pasta desecada que se produce en ellos y transportarla hasta el lugar de almacenamiento. La descarga final del agua lixiviada, si se hace a un cuerpo de agua, debe cumplir con las normas de vertimiento que trata el artículo 72 del Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 del Ministerio de Salud.

Por lo anteriormente expuesto, se ve la necesidad de realizar una propuesta técnica y económica para la construcción una estructura que se encargue del tratamiento de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

**3.2.2 Elaborar un diseño hidráulico del sistema de tratamiento de lodos para la planta de tratamiento de agua potable.** Para proceder a realizar el diseño hidráulico de una estructura que trate los lodos generados en la planta de tratamiento de agua del municipio de Aguachica, lo primero que se realizó fue identificar las estructuras generadoras de lodos. Esta identificación se hizo en las visitas de campo, a continuación, se muestran:

### **Estructuras generadoras de lodos en la PTAP de Aguachica**

Cuando se desarrollan las actividades de lavado de las estructuras en la PTAT se desaguan y posteriormente se vierten los lodos contenidos en las estructuras en la quebrada Buturama, las estructuras generadoras de los lodos son las siguientes:

### **FLOCULADORES**

La planta actualmente cuenta con dos sistemas de floculación, los floculadores de placa horizontal y los floculadores de Alabama

#### **Floculadores de placa horizontal**

Nº de floculadores de placa horizontal: 6

#### **Floculadores de Alabama**

Nº de floculadores de Alabama: 3

#### **Sedimentadores**

Nº de sedimentadores: 6

Habiendo realizado la identificación y cantidad de estructuras generadoras de lodos en la PTAP, se procedió a realizar el cálculo de la cantidad de lodos totales vertidos en la quebrada Buturama de la siguiente manera:

### **Cálculo de la cantidad de lodos en los líquidos de desagüe de la PTAP**

Para calcular la cantidad de lodos presentes en los líquidos de desagüe de la planta, se fue al final de la tubería en el punto donde estaban siendo vertidos los lodos y se recogieron 3 muestras en tiempos diferentes por cada estructura en el momento de realizar el lavado que es cuando se evacua el agua, se depositaron en recipientes de 1 litro y se dejó en un proceso de decantación para observar la cantidad de lodos sedimentados por litro para finalmente hacer el cálculo total de los lodos producidos.

Las muestras fueron tomadas en el momento que las estructuras estaban a tope (en su nivel máximo).



*Figura 29. Punto de vertimiento de lodos.*

Fuente: Autor, 2019)

Se tomaron 3 muestras por cada estructura



*Figura 30. Toma de muestra de lodos en punto de vertimiento.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 31. Muestras por estructuras.*

Fuente: Autor, 2019)

Todas las muestras fueron depositadas en probetas de 1000 ml (1Lt) y se dejaron en reposo por 5 min para hallar el valor de lodos sedimentados.



*Figura 32. Muestras de lodos en probetas de 1000 ml.*

Fuente: Autor, 2019)



*Figura 33: lodos sedimentados en probetas de 1000ml.*

Fuente: Autor, 2019)

Los resultados de las muestras tomadas en campo se muestran a continuación:

Tabla 3. Resultados obtenidos para cada muestra tomada.

<b>Cantidad de lodos sedimentados en el lavado de las estructuras de la PTAP por cada 1000 ml</b>			
	Muestra N° 1 (ml)	Muestra N° 2 (ml)	Muestra N° 3 (ml)
Floculador 1	40	50	400
Floculador 2	50	50	440
Floculador 3	30	40	350
Floculador 4	40	40	380
Floculador 5	50	55	330
Floculador 6	30	30	360
Sedimentador 1	60	50	630
Sedimentador 2	50	50	700
Sedimentador 3	50	40	650
Floculador 7 y sedimentador 4	70	60	810
Floculador 8 y sedimentador 5	60	50	840
Floculador 9 y sedimentador 6	60	50	820

Fuente: Autor, 2019)

**Nota:** El floculador 7,8 y 9 compartían la compuerta de desagüe con los sedimentadores 4,5 y 6 respectivamente, por lo cual se tomaba una muestra para ambos.

Se procedió a promediar los valores obtenidos de carga de lodos en cada una de las muestras tomadas al inicio, medio y final del lavado de cada una de las estructuras que compone la planta de tratamiento, obteniendo los siguientes valores:

*Tabla 4. Promedio por muestras.*

	Muestra N° 1 (ml)	Muestra N° 2 (ml)	Muestra N° 3 (ml)
Promedi	49,166666	47,083333	559,16666
o	67	33	67

Fuente: Autor, 2019)

Como final se promedian estos tres valores promedio que se obtuvieron por cada muestra tomada, con el fin de obtener un valor de carga de lodos final por cada litro de agua, obteniendo el valor de:

**Carga Prom Final= 219ml/l**

luego, se tiene como parámetro el caudal de diseño promedio de vertimientos generados por las estructuras con que cuenta actualmente la planta de tratamiento, este valor fue tomado del estudio realizado por el Ingeniero ambiental y sanitario Pablo Herrera de la empresa de servicios públicos de Aguachica, el cual denominó “EVALUACION AMBIENTAL DEL VERTIMIENTO GENERADO POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUACHICA, CESAR”, el

cual se encuentra a disposición de la empresa, los resultados de este estudio se muestran a continuación (Ver Imagen##).

RESULTADO			
ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION	RESULTADO
(A) pH (23,1 °C) U de pH	SM 4500-H+ B	5.0 - 9.0	7,58
(A) Sólidos Suspendidos Totales mg/L	SM 2540 D	Remoción >80% Carga	11800
(A) DBO5 mg O2/L	SM 5210 B	Remoción >80% Carga	20,4
(A) DQO mg O2/L	SM 5220 C	N.R.	40,4
(A) Sulfatos mg SO4/L	SM 4500-SO4 E	N.R.	14,0
(A) Aluminio mg/L	SM 3111 D	N.R.	962,7546
(A) Solidos Totales mg/L	SM 2540 B	N.R.	12695
(A) Solidos Sedimentables mL/L	SM 2540 F	N.R.	150
(A) Temperatura °C	SM 2550 B	<40	23,1
(A) Caudal L/s	Volumétrico	Máximo 1.5 del caudal promedio por hora	7,00

Figura 34 Resultados obtenidos de informe previamente realizado.

### CARACTERIZAR EL VERTIMIENTO EXISTENTE CONFORME A LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PTAP.

Donde se tomó:

$$Q_d = 7 \text{ L/s}$$

Para obtener el volumen de agua total que se gasta en el lavado de las estructuras correspondientes, se cuenta con que este proceso para cada una de las estructuras se lleva a cabo en un tiempo estimado de 15 minutos máximo, por lo que el volumen de agua utilizada para cada estructura, sería el siguiente:

$$V \text{ por estructura} = 7 \frac{L}{s} * (15 \text{ minutos}) * (60 \frac{\text{seg}}{1 \text{ minutos}})$$

$$V \text{ por estructura} = 6300 \text{ litros}$$

Este valor calculado es el utilizado para el lavado de cada una de las estructuras, como se cuenta con 14 estructuras generadoras de lodos en total en la planta, tenemos que:

$$V \text{ Total de agua} = 6300 L * 14 \text{ und}$$

$$V \text{ Total de agua} = 88200 \text{ Litros}$$

Teniendo el volumen total de agua utilizada para el lavado de las estructuras y habiendo calculado la relación de sólidos sedimentables con respecto a 1 litro de agua, se procede a calcular el valor de sólidos sedimentables que se generaran al finalizar el lavado de las estructuras, y los cuales son los que serán llevados a los lechos de secado para su debido tratamiento, a continuación se presenta este procedimiento.

$$V \text{ Total de lodos} = V \text{ total de agua} * \text{relacion} \frac{\text{ml de ss}}{1 \text{ litro de agua}}$$

$$V \text{ Total de lodos} = 88200 L * 219 \frac{\text{ml}}{L} * \left( \frac{1L}{1000\text{ml}} \right) * \left( \frac{1\text{m}^3}{1000L} \right)$$

$$V \text{ Total de lodos} = 19,316 \text{ m}^3$$

## **DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAP**

La estructura determinada para tratar los lodos generados en el lavado de las estructuras de la PTAP de Aguachica fueron lechos de secado, a continuación se describe en que consiste este método y se determinan los parámetros de diseño.

### **TRATAMIENTO DE LODOS MEDIANTE LECHOS DE SECADO**

#### **Descripción de la unidad**

En definición, un lecho de secado es una estructura rectangular con un fondo de arena sobre grava graduada, donde se descargan inicialmente el resultado de los lodos húmedos generados en los procedimientos de lavado de las estructuras de la Planta Potabilizadora (Floculadores y sedimentadores), la técnica consiste en dejar por ciertos días determinados allí los lodos hasta obtener el grado de secado deseado, dicho secado se produce por drenaje en el filtro y deshidratación por evaporación. Posteriormente, son removidos manual o mecánicamente para su disposición final. La estructura cuenta con un sistema de drenaje ubicada en su parte inferior, en donde se recolecta el agua luego de filtrarse por las capas de arena y grava, y por último ser transportada a su punto de vertida.

## DISEÑO HIDRAULICO DE LOS LECHOS DE SECADO

Habiendo determinado el volumen total de lodos que se van a tratar en los lechos de secado, se procede a determinar los parámetros hidráulicos de cada lecho, según los criterios de diseño encontrados en las diferentes fuentes empleadas; teniendo en cuenta que debe cumplirse para el volumen requerido. En la tabla N° 5 se puede apreciar los parámetros establecido por Romero Rojas, 2018 en la tabla 26.25 de su libro “Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño”, los cuales serán los tenidos en cuenta para diseñar los lechos de secado.

*Tabla 5. Criterios de diseño para lechos de secado de arena.*

Características	Criterio
Área requerida per cápita	
Lodo primario	0,009 m <sup>3</sup> /c
Lodo primario y filtro percolador	0,15 m <sup>3</sup> /c
lodo primario y lodos activados	0,28 m <sup>3</sup> /c
Lodo precipitado químicamente	0,18 m <sup>3</sup> /c
Otros lodos	0,1 - 0,25 m <sup>3</sup> /c
Carga de sólidos secos	
Lodo primario	134 kg/m <sup>2</sup> año
Lodo primario y filtro percolador	110 kg/m <sup>2</sup> año
lodo primario y lodos activados	73 kg/m <sup>2</sup> año
Lodo precipitado químicamente	110 kg/m <sup>2</sup> año
Altura sobre la arena	0,5 - 0,9 m
Diámetro tubería de drenaje principal	> 0,10 m
Pendiente tubería de drenaje principal	> 1%
Distancia Entre drenajes	2,5 - 6 m
Distancia entre tuberías laterales de drenaje	2,5 - 3 m
Espesor de grava	20 - 46 cm
Tamaño de grava	3 - 25 mm
Profundidad de arena	20 - 46 cm
Coefficiente de uniformidad de la arena	< 4
Tamaño efectivo de la arena	0,3 - 0,75 mm
Ancho del lecho para limpieza manual	7,5 m
Longitud del lecho de secado	< 60m
Decantadores	Se recomienda sobre el perímetro 0,9 x 0,9 x 0,1 m para control de
Placa de salpicamiento	erosión de la arena

Rampas de acceso en concreto	A lo largo del eje central de los lechos para remoción de la pasta con volqueta
Cobertura	En plástico reforzado con fibra de vidrio
Profundidad de ampliación	20 - 40 cm generalmente. Debe producir una carga optima de 10 a 15 kg/m <sup>2</sup>
Operación	Para remoción manual la pasta debe contener un 30 a 40 % de sólidos. Se puede palear con rastrillo tipo pala con varias puntas separadas 2,5 cm entre sí.
Control	Para control de moscas se atacan las larvas con bórax y borato de calcio, los cuales no son peligrosos para el hombre ni para los animales domesticos, rociando el lodo, especialmente entre las gietas.

---

Fuente: (Romero Rojas, 2008)

Se determina según los criterios establecidos por (Romero Rojas, 2008) que la profundidad de la capa de lodo en cada uno de los lechos va a ser de 30cm, por lo que el área superficial que se requerirá para el tratamiento del volumen total de lodos, será la siguiente.

$$A_{\text{superficial}} = \frac{V_{\text{total de lodos}}}{H}$$

$$A_{\text{superficial}} = \frac{19,316 \text{ m}^3}{0,3\text{m}}$$

$$A_{\text{superficial}} = 64,387 \text{ m}^2$$

Para abarcar el área superficial necesaria para el tratamiento del total de lodos, se considera necesario implementar 3 lechos de secado en el sistema, los cuales contará con las siguientes dimensiones de Largo y Ancho:

$$A \text{ por lecho} = \frac{64,387 \text{ m}^2}{3 \text{ lechos}}$$

$$A \text{ por lecho} = 21,46 \text{ m}^2$$

Para determinar el largo y ancho de cada lecho, se tiene que según (Romero Rojas) en su libro nos dice que el largo de estos no debe pasar los 60 m, por lo tanto, se opta por tomar un largo de cada lecho de 7m, para lo que el ancho sería el siguiente:

$$\text{Ancho} = \frac{21,46 \text{ m}^2}{7 \text{ m}} = 3,07 \text{ m}$$

### **Tiempo requerido para la digestión de lodos**

El tiempo requerido para la digestión que se producirá en el sistema se determinará según la temperatura promedio de la región donde se implemente, en este caso en la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del Municipio de Aguachica Cesar; en la tabla 5 se muestran estos valores.

*Tabla 6. Tiempo de digestión del sistema por temperatura promedio.*

<b>Temperatur a °C</b>	<b>Tiempo de digestión (días)</b>
5	110
10	76
15	55

20	40
>25	30

Fuente: (Romero Rojas, 2008)

Para el presente caso como la temperatura en el Municipio está por encima de los 30°C se toma un tiempo de digestión según la tabla de 30 días.

$$t = 30 \text{ días}$$

Por criterios de diseño se toma un ancho de lecho de 3,1 m; los demás parámetros del lecho se determinan según lo establecido en el libro, en la tabla # se muestran estos parámetros establecidos:

*Tabla 7. Parámetros de diseño establecidos para lecho de secado.*

<b>Características</b>	<b>Valor asumido</b>
Tiempo de digestión	30 días
Largo	7 m
Ancho	3,1 m
Espesor de lodo	0,3 m
Borde libre	0,5 m
Espesor de arena	0,25 m
Tamaño efectivo de arena	0,5 mm
Espesor de grava	0,25 m
Tamaño de grava	20 mm
Diámetro de tubería de drenaje principal	5 "
Pendiente de tubería de drenaje principal	2%

Profundidad de aplicación 0,3 m

---

Fuente: Autor, 2019)

Algunos parámetros determinados en la tabla anterior, se establecieron según los criterios presentados por Jairo Alberto Rojas en sus libros Purificación del agua (Romero Rojas, PObabilizacion del agua., 2008) y tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño (Romero Rojas, Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño, 2000) en los que establece unos límites mínimos y máximos para ciertos parámetros que debe cumplir este tipo de sistema de tratamiento, en lo que respecta a la potabilización del agua.

### Diseño estructural

#### Dimensionamiento de las losas

Según la tabla C.9.5(c) (Ver figura 35) de la norma sismo resistente (NSR 10) para losas macizas sin ábacos y sin vigas interiores, se tiene que:

$f_y$ , MPa †	Sin ábacos ‡			Con ábacos ‡		
	Paneles exteriores		Paneles interiores	Paneles exteriores		Paneles interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde§		Sin vigas de borde	Con vigas de borde§	
280	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{40}$	$\frac{\ell_n}{40}$
420	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$
520	$\frac{\ell_n}{28}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{34}$	$\frac{\ell_n}{34}$

Figura 35. Espesores mínimos de losas sin vigas interiores.

Fuente: (NSR, 10)

$$h = \frac{ln}{33} = \frac{7}{33} = 0,213$$

Por criterio de diseño se toma la altura de las losas de los muros de 0,25 m.

### Evaluación de cargas

Se evalúa la condición crítica en que el lecho se encuentre totalmente lleno para determinar los momentos máximos que actúan a lo largo de las losas de los muros del lecho. A continuación se anexa un esquema de las cargas ejercidas:

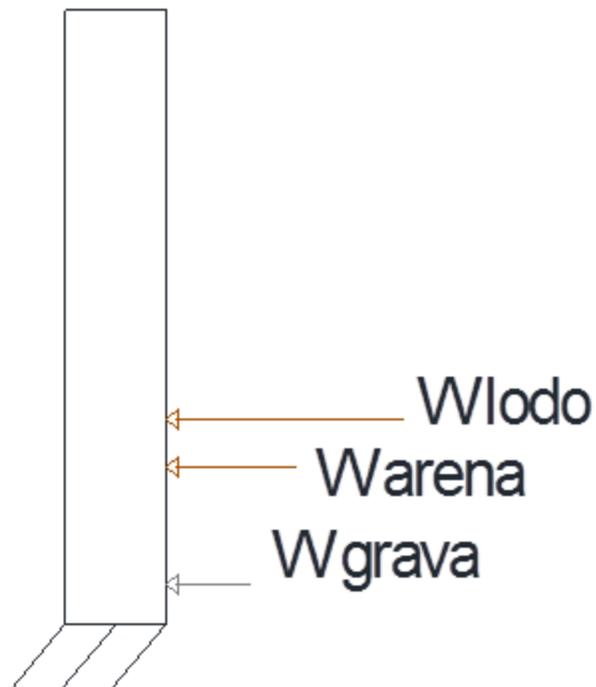


Figura 36. Esquema con cargas aplicadas a las losas.

Fuente: (Autor 2019)

Se calcula la carga  $W_{lodo}$  que actúa sobre la losa de la siguiente manera:

$$W_{lodo} = (Pe) * (h)$$

De dónde:

$W_{lodo}$ : Carga que ejerce el lodo

Pe: Peso Específico del agua

h: Distancia a la que está ejercida la carga

Asumiendo la condición crítica que es considerando que el lecho se encuentre totalmente lleno, tenemos que la carga  $W$  es:

$$W = \frac{10kn}{m^3} * 1,3m = \frac{13Kn}{m^2}$$

Mayorando la carga según lo establecido en la norma para carga viva, en este caso tenemos:

$$W = \frac{13Kn}{m^2} * 1,6 = 20,8 \frac{Kn}{m^2}$$

$$W = \frac{20,8kn}{m^2} * 7m = 145,6Kn/m$$

Ahora calculamos la presión que ejerce sobre los laterales el material granular que se implementará en el sistema, para el cual se tomaran los valores estándares que se han determinado en ensayo de laboratorios realizados en los diferentes documentos revisados.

$$Pe (\text{Arena}) = 15 \text{ Kn} / m^3$$

Pe (Grava) = 17 Kn/m<sup>3</sup>

$$Warena = \frac{15Kn}{m^3} * 0,25m * 7m = 26,25 Kn/m$$

$$WGrava = \frac{17Kn}{m^3} * 0,25m * 7m = 29,75Kn/m$$

Para el cálculo del momento se hace momento en el empotrado, teniendo:

$$\begin{aligned} Ma &= \left( \frac{1}{3} * 1,3m * \frac{145,6Kn}{m} * \frac{1,3m}{2} \right) + \left( \frac{1}{3} * 0,25 * \left( 29,75 * \frac{0,25}{2} \right) \right) + \left( 0,333 * \left( (26,25 * \frac{0,25}{2}) \right) \right) \\ &= 42,412 Kn.m \end{aligned}$$

El momento producido en el empotrado es de 42,412 Kn.m

### **Cálculo de la cuantía**

Se procede a calcular la cuantía para corroborar que cumpla con la cuantía mínima en losas macizas indicada en la NSR 10 en el capítulo C y posteriormente calcular el área de acero necesario.

$$Mu = \phi * \rho * fy \left( 1 - \left( 0,59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right) \right) b * d^2$$

De donde;

Mu: Momento ultimo mayorado

$\phi$ : Coeficiente de seguridad= 0,75

$\rho$  : *Cuantía*

b: Base del elemento, se adopta 1m

d: distancia efectiva

$$42,412 = 0,75 * \rho * 420000 \left( 1 - \left( 0,59 * \rho * \left( \frac{420}{24} \right) \right) \right) 1000 * 200$$

De dónde metiendo los diferentes valores, se obtuvo que la cuantía es:

$$\rho = 0,002904$$

Para el cual se tiene una cuantía de 0,002904, la cual se encuentra por encima de la mínima para losas macizas 0,0018

Con la siguiente ecuación se calculará el área de acero necesario:

$$A_s = \rho * b * d$$

De dónde:

$\rho$  = Cuantía obtenida para el acero

$b$  = Base del elemento, se adopta 1m

$d$  = Distancia efectiva

$$A_s = 0,002904 * 1000mm * 200mm = 580,8mm^2$$

Se toma como referencia el área de una varilla de media pulgada para determinar cuántas varillas de acero se necesitan para 1 metro de losa que se utiliza como referencia.

Área de varilla de media pulgada = 127 mm<sup>2</sup>

De dónde:

$$A_s = \frac{580,8\text{mm}^2}{127\text{mm}^2} = 4,57 \text{ und} \sim 5 \text{ und}$$

$$A_s = \frac{1\text{m}}{5\text{und}} = 0,2\text{m}$$

**Quedaría 1 varilla de 1/2" espaciada cada 0,2m en cada losa.**

Para absorber los esfuerzos generados en el concreto de la losa, por concepto de cambios de temperatura y retracción de fraguado, y permitir también un control eficiente de la fisuración, se debe colocar una parrilla de acero la cual permita controlar estos factores, requiriéndose en este sentido, perpendicular al acero principal antes calculado, la siguiente cantidad de varillas de acero.

Donde según para losas donde se empleen barras de acero corrugado con una resistencia de 420 Mpa o refuerzo electro soldado de alambre, se requiere una cuantía mínima de 0,0018, por lo que tendríamos entonces:

$$A_s = 0,0018 * 1000\text{mm} * 200\text{mm} = 360 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{360\text{mm}^2}{71\text{mm}^2} = 5,07 \text{ und} \sim 5 \text{ und}$$

$$A_s = \frac{1\text{m}}{5\text{und}} = 0,2\text{m}$$

### **Quedando para el acero por retracción y temperatura 1 varilla de 3/8” cada 0,2m**

Según la tabla c.4.2.1 y la c.4.3.1 de la NSR 10 para determinar que resistencia al concreto se debe conseguir para este tipo de estructura, donde para estructuras que requieran baja permeabilidad se debe utilizar un concreto clase P1 el cual debe tener como resistencia mínima a la compresión 28 Mpa, se opta por utilizar un concreto de 3500 Psi.

Se realizaron los respectivos planos de los lechos de secado los cuales están contemplados en el apéndice D.

### **3.2.3 Investigar precios de las estructuras que contemplan el sistema de tratamiento de lodos.**

Habiendo diseñado los lechos de secado, se hizo una lista de las actividades a realizar para hacer posible la construcción de los lechos de secados con el fin de investigar los precios que involucrarían construir la estructura en general. Se hizo uso de un software CYPE Ingenieros S.A. el cual arroja el valor unitario por actividad a realizar, en la tabla N° 8 se observan los valores investigados.

Tabla 8. Precio unitario por cada actividad.

<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>			
<b>1,1</b>	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO CON EQUIPO DE TOPOGRAFIA	m <sup>2</sup>	87,00	\$
<b>1,2</b>	CERRAMIENTO PROVISIONAL, INCL. MATERIALES NECESARIOS PARA SU CONSTRUCCION	m <sup>2</sup>	39,00	\$
<b>2</b>	<b>EXCAVACIONES</b>			
<b>2,1</b>	Excavacion manual por m3	m3	21,75	
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>			
<b>3,1</b>	Solado para cimiento concreto 2000 Psi e=0,04m	m2	86,99	\$
<b>3,2</b>	Concreto ciclopeo 60-40 para cimentación	m3	21,7	\$
<b>3,3</b>	Concreto de 3500 psi para losas de lecho	m2	149,96	\$
<b>4</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE LLEGADA Y DRENAJE</b>			
<b>4,1</b>	Suministro e instalacion de tuberia de llegaba a los lechos de 10 "	ml	20,00	\$
<b>4,2</b>	Suministro e instalacion de tuberia de dreanje lateral de 6 "	ml	42,00	\$
<b>4,3</b>	Suministro e instalacion de tuberia de dreanje principi de 8 "	ml	11,00	\$
<b>5</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE CAPAS DE MATERIAL GRANULAR</b>			
<b>5,1</b>	Suministro e instalacion de base granular de 20 mm	ml	16,28	\$
<b>5,2</b>	Suministro e instalacion de base granular de 0,25 mm	ml	16,28	\$
<b>6</b>	<b>CARPINTERIA METALICA</b>			
<b>6,1</b>	tuberia de soporte para techo	und	8,00	
<b>6,2</b>	techo en lamina plastica	m2	97,75	\$

**Nota:** los valores de la excavación para mejoramiento de suelo, solado para cimiento del mejoramiento y concreto del cimiento de mejoramiento se dejan en cero y con su respectivo espacio ya que en llegado caso de desarrollarse la propuesta la empresa de servicios públicos de Aguachica deberá hacer los estudios de suelo correspondientes en el lugar donde se construirán los lechos de secado y anexar estos valores. En el inciso 3.2.4 también se tiene esta consideración.

**3.2.4 Desarrollar una propuesta económica del costo total de la construcción del sistema de tratamiento de lodos.** Ser realizó un presupuesto del costo total para llevar acabo la construcción de los lechos de secado para tratar los lodos generados por las estructuras de la PTAP de Aguachica.

Tabla 9. Presupuesto.

<b>PRESUPUESTO</b>				
<b>OBJETO:</b>	<b>CONSTRUCCION DE LECHOS DE SECADO PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>			
<b>1,1</b>	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO CON EQUIPO DE TOPOGRAFIA	m <sup>2</sup>	<b>87,00</b>	
<b>1,2</b>	CERRAMIENTO PROVISIONAL, INCL. MATERIALES NECESARIOS PARA SU CONSTRUCCION	m <sup>2</sup>	<b>39,00</b>	
<b>2</b>	<b>EXCAVACIONES</b>			
<b>2,1</b>	Excavación manual por m3	m3	<b>21,75</b>	
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>			
<b>3,1</b>	Solado para cimiento concreto 2000 Psi e=0,04m	m2	<b>86,99</b>	
<b>3,2</b>	Concreto ciclópeo 60-40 para cimentación	m3	<b>21,7</b>	
<b>3,3</b>	Concreto de 3500 psi para losas de lecho	m2	<b>149,96</b>	
<b>4</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE LLEGADA Y DRENAJE</b>			
<b>4,1</b>	Suministro e instalación de tubería de llegaba a los lechos de 10 "	ml	<b>20,00</b>	
<b>4,2</b>	Suministro e instalación de tubería de drenaje lateral de 6 "	ml	<b>42,00</b>	
<b>4,3</b>	Suministro e instalación de tubería de drenaje principal de 8 "	ml	<b>11,00</b>	
<b>5</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE CAPAS DE MATERIAL GRANULAR</b>			
<b>5,1</b>	Suministro e instalación de base granular de 20 mm	ml	<b>16,28</b>	
<b>5,2</b>	Suministro e instalación de base granular de 0,25 mm	ml	<b>16,28</b>	

**3.2.5 Realizar un manual de procedimientos de operación y mantenimiento de la estructura de tratamiento de lodos de la PTAP.** Con ayuda de manuales implementados y contemplando los procesos de operación de los lechos de secado a implementar, se realizó un manual de procedimientos de operación y mantenimiento de las estructuras. En el apéndice E se puede observar.

**3.2.6 Estimar costos de operación del sistema de tratamiento de lodos de la PTAP.** Una vez construidos los lechos de secado, su costo operacional es muy insignificante, ya que solo implica el costo del personal de trabajo para la supervisión de operación y realización de los mantenimientos (el cual será el mismo personal contratado encargados de la planta de tratamiento de agua potable en este caso, por lo cual no se tendrá en cuenta) y los costos del material granular cuando sea necesario renovarlo, proceso que debe hacerse cada seis meses como se precisó en el manual indicado en el inciso 3.2.6. En la **tabla N°** se determina el costo de inversión semestral en el suministro de las capas.

**SUMINISTRO CAPAS DE MATERIAL GRANULAR SEMESTRAL**

	<b>LARG O (m)</b>	<b>ANCH O (m)</b>	<b>ALT O (m)</b>	<b>VOLUM EN</b>	<b>UNIDAD ES</b>	<b>CANTID AD</b>	<b>VR UNIT</b>	<b>VR TOTAL</b>
<b>CAPA GRAV A</b>	7	3,1	0,25	5,425	3	16,275	\$ 38.569, 00	\$ 627.710,4 8
<b>CAPA AREN A</b>	7	3,1	0,25	5,425	3	16,275	\$ 37.984, 00	\$ 618.189,6 0
<b>TOTAL</b>								\$ 1.245.900 ,08

**Nota:** los valores de disposición y transporte del material seco extraído de los lechos de secado no es tenido en cuenta ya que estos serán reutilizados dentro de la misma PTAP para otro proyecto desarrollado por el ingeniero ambiental.

**3.3 Supervisar los procesos de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del municipio de Aguachica Cesar, con el fin de sistematizar los procedimientos ejecutados en la planta Puerto Mosquito y Jerusalén.**

**3.3.1 Hacer un reconocimiento de las estructuras existentes a los sistemas de aguas residuales Jerusalén y Puerto Mosquito.** se realizaron visitas de campo a los sistemas de tratamiento de aguas residuales Jerusalen y Puerto Mosquito en compañía del ingeniero a cargo de ambos sistemas quien fue el encargado de hacer el recorrido indicando el nombre y función de cada una de las estructuras con las que se cuentan.

A continuación se menciona cada estructura y la funcionalidad que esta desempeña.

**PTAR Jerusalén**



*Figura 37. Tubería de llegada de aguas residuales.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 38. Desarenador.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 39. Caja de mezcla de homogeneización.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 40. Manjol.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 41. Aliviaderos.*

Fuente: (Autores, 2019)

### **PTAR Puerto Mosquito**

Inicialmente se hace un pre tratamiento con ciertas estructuras las cuales se encargan de separar y/o retener aquellos materiales organicos e inorganicos presentes en el agua cruda de tamaño significativo, con el fin de evitar daños en las estructuras de tratamiento.

Las estructuras utilizadas normalmente para los pre tratamientos son: rejillas, desarenadores, trampas de grasas.



*Figura 42. Tubería de entrada de agua residual.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 43. Rejillas de cribado.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 44. Compuertas de entrada a los desarenadores.*

Fuente: (Autores, 2019)

La PTAR Puerto mosquito cuenta con dos desarenadores como lo recomendado, donde al proceder a realizarles mantenimiento se suspende u



*Figura 45. Desarenadores.*

Fuente: (Autores, 2019)

La canaleta parshall cuenta con una regla en uno de sus costados laterales de donde se toma el registro diario del caudal que ingresa a la planta.



*Figura 46. Canaleta parshall.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 47. Tanque de homogeneización.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 48. Sedimentador primario.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 49. Tanque de aireación.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 50. Tanque biológico.*

Fuente: (Autores, 2019)

**3.3.2 Realizar una evaluación del estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén.** Habiendo realizado el respectivo reconocimiento de cada una de las estructuras que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén con las visitas de campo, se procedió a realizar un análisis físico y operativo del estado actual de las estructuras que componen la planta de tratamiento de aguas residuales Jerusalén en Aguachica Cesar.

A continuación se describe cada una de las fallencias encontradas en las estructuras del sistema.

En el transcurso del recorrido de reconocimiento de las estructuras del sistema de tratamiento se pudo percibir fácilmente el mayor problema que presenta la PTAR, el cual fue el taponamiento total que presentan cuatro de los ocho manjoles con los que cuenta el sistema, el cual debido a la obstrucción presente impide el paso de las aguas residuales estando estos fuera de funcionamiento. Cabe mencionar que debido a lo anteriormente expuesto, el sistema no está trabajando como se diseñó inicialmente, donde el caudal que sale del desarenador es repartido en todos los manjoles diseñados y posteriormente vertidos en las lagunas. Debido a este problema al estar los manjoles taponados, el caudal al presentarse la obstrucción se devuelve por la misma tubería a los otros manjoles llenando la capacidad máxima para lo que están diseñados haciendo de esta manera que todas las estructuras del sistema colapsen y superen la capacidad máxima de cada una no siendo este el correcto funcionamiento de estas, el personal de trabajo encargado afirmó que cuando llega gran cantidad de caudal de aguas residuales las estructuras se rebosan viéndose de esta manera la magnitud del problema.

A continuación se muestran algunas evidencias de las estructuras.

En las figuras 50, 51 y 52 se puede percibir el exceso de caudal de aguas residuales en la tubería de llegada, desarenador y posteriormente en la tubería de salida del desarenador la cual será conducida hasta los manjoles y finalmente a las lagunas.



*Figura 51. Tubería de llegada de caudal de aguas residuales.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 52. Desarenador en funcionamiento.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 53. Salida del caudal de los desarenadores.*

Fuente: (Autores, 2019)

En las figuras 53 y 54 se evidencia el material en los manjoles que impiden su funcionamiento, debido a la falta de mantenimientos en estos.



*Figura 54. Manjol con obstrucción.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 55. Manjol con obstrucción.*

Fuente: (Autores, 2019)

Por otra parte, en cuanto al funcionamiento y a los mantenimientos realizados a los desarenadores del sistema, se pudo observar lo mostrado a continuación.

El sistema de tratamiento cuenta con dos desarenadores, cada uno de ellos tienen con dos compuertas (de entrada y salida) las cuales al momento de querer realizarles mantenimiento, se cierran y automáticamente queda fuera de funcionamiento permitiendo desarrollar la actividad; pero, debido al deterioro de los desarenadores como se puede apreciar en la figura 54, actualmente la PTAR Jerusalem no cuentan con estas compuertas dificultando esta actividad y no siendo confiable el resultado de limpieza.



*Figura 56. Desarenadores sin compuertas.*

Los mantenimientos se realizan aún estando en funcionamiento los desarenadores donde el ayudante de la empresa ingresa al desarenador con la lamina de agua residual alta y con ayuda de una pala retira el material presente en el fondo de cada uno de los desarenadores.



*Figura 57. Mantenimiento realizado a los desarenadores.*

Fuente: (Autores, 2019)

Por ultimo se evidenció la poca limpieza y la gran cantidad de vegetacion en todo el area del sistema, presentando esto un peligro para los ayudantes a la hora de ir a supervisar o realizar cualquier mantenimiento en la PTAR, donde habitan animales peligrosos debido a la misma gran cantidad de vegetacion y falta de fumigacion en el lugar.



*Figura 58. Vegetación presente en el área de la PTAR.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 59. Vegetación presente en el área de la PTAR.*

Fuente: (Autores, 2019)

**3.3.3 Hacer un reconocimiento del manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén.** Se realizó el respectivo reconocimiento del manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén por medio de su lectura, actividad que facilitó el reconocimiento visual de las estructuras del sistema en las visitas de campo hechas durante la pasantía, de la cual se observó el no cumplimiento de muchas de las cosas planteadas dentro del manual y lo incompleto que se encuentra dicho manual.

**3.3.4 Plantear un cronograma de mantenimiento de las estructuras que contemplan el sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén.** Luego de reconocer cada una de las estructuras pertenecientes al sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén, se planteó un cronograma de mantenimiento mostrado a continuación, esto con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema en general.

#### **CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES JERUSALEN.**

Señores fontaneros del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén, a continuación, se establece el cronograma de mantenimiento de las estructuras pertenecientes a la PTAR el cual debe cumplirse correctamente con el fin de garantizar el buen funcionamiento del sistema, es importante recalcar que el ayudante encargado de

realizar los mantenimientos debe contar con la debida dotación como se describe en el manual operación del sistema de tratamiento de aguas residuales

Jerusalén en Aguachica Cesar.

*Tabla 10. Cronograma de mantenimiento de las estructuras de la PTAR Jerusalén.*

<b>Estructura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>	<b>Registro</b>
<b>Desarenadores</b>	El ayudante ingresa a los desarenadores y retira el material existente en el fondo con la ayuda de una pala	Cada 15 días	Ayudante de la PTAR	Libro de actividades, registro fotográfico.
<b>Manjoles</b>	El ayudante con ayuda de un palín o pala especial con cabo largo retira cualquier material que cause obstrucción en la estructura	Cada 15 días	Ayudante de la PTAR	Libro de actividades, registro fotográfico.

<b>Aliviaderos</b>	<b>El ayudante</b>	<b>Cada 15</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Libro de</b>
	realiza una	días	de la PTAR	actividades,
	inspección visual			registro
	y si es necesario			fotográfico.
	retira cualquier			
	material presente			
	que cause			
	obstrucción			

**Nota:** Cada vez que se realicen los respectivos mantenimientos, es deber del trabajador hacer un registro fotográfico de la labor realizada donde aparezca la fecha.

**3.3.5 Actualizar y complementar el manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén.** Luego de haber hecho el respectivo reconocimiento del Manual de operación del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén, se procedió a realizar ciertas modificaciones en su estructura, correcciones en la ortografía presentada y se modificó e incluyó nueva información que se describe a continuación:

- Se complementó y corrigió el título del manual existente en la empresa denominado “**MANUAL OPERACIÓN DEL SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES JERUSALEN EN AGUACHICA CESAR**” por el siguiente “**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES JERUSALÉN EN AGUACHICA CESAR**”, donde se inserta la palabra “mantenimiento”.

- Se modificó párrafos en la introducción, justificación y objetivos anexando nueva información y adecuando de manera coherente el texto.
- Se eliminan algunas actividades de limpieza que se deben hacer a las rejillas de cribado puesto que el sistema de tratamiento no cuenta con estas.
- Se describe los mantenimientos que se deben realizar a las estructuras del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén.
- Dentro del manual se incluyó el cronograma de mantenimiento propuesto para las estructuras que contemplan el sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén elaborado en el inciso 3.3.4

El manual actualizado anteriormente mencionado, fue entregado al área operativa de la empresa de servicios públicos, en el apéndice F se puede apreciar.

**3.3.6 Actualizar el plano en planta de las estructuras existentes del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén.** Se realizó un nuevo plano en planta del sistema de tratamiento de aguas residuales Jerusalén del municipio de Aguachica Cesar, luego de reconocer el plano con el que contaba la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, puesto que la información contenida dentro del plano no correspondía a lo presentado en campo. Inicialmente se hizo un recorrido de reconocimiento de toda la planta, se hizo un bosquejo a mano contemplando todas las estructuras existentes y se tomaron todas las medidas necesarias para posteriormente plasmar la información en un plano elaborado en el software AutoCAD.

En las figuras 59, 60 y 61 mostradas a continuación se aprecian las evidencias del procedimiento en las tomas de medidas realizadas en la PTAR Jerusalén.



*Figura 60. Toma de medidas en la PTAR de Jerusalén.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 61. Toma de medidas en la PTAR de Jerusalén.*

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 62. Toma de medidas de las estructuras en la PTAR de Jerusalén.*

Fuente: (Autores, 2019)

El plano realizado se puede contemplar en el apéndice G.

**3.3.7 Hacer un reconocimiento del manual de operación del sistema de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.** Se realizó la debida lectura del manual de operación del sistema de tratamiento de aguas residuales Puerto mosquito reconociendo cada una de las estructuras que la componen y la funcionalidad que cumple cada una. Inicialmente se hace un pre tratamiento con ciertas estructuras las cuales se encargan de separar y/o retener aquellos materiales organicos e inorganicos presentes en el agua cruda de tamaño significativo, con el fin de evitar daños en las estructuras de tratamiento.

Las estructuras utilizadas normalmente para los pre tratamientos son: rejillas, desarenadores, trampas de grasas.

Anexo al reconocimiento del manual, se hicieron visitas de campo donde se inspecciono visualmente cada estructura. A continuacion se observan algunas de las evidencias registradas.



*Figura 63. Tubería de entrada agua residual.*

Fuente: (Autores, 2019)

El caudal de aguas residuales llega a la planta de tratamiento y el primer proceso por el que pasa antes de llegar a las estructuras del sistema es por unas rejillas de cribado que es donde se retienen los sólidos más grandes, garantizando de esta manera que los procesos a realizar más adelante sean más efectivos.



*Figura 64. entrada al desarenador con rejillas de cribado.*

Fuente: (Autores, 2019)

La PTAR Puerto mosquito cuenta con dos desarenadores como lo recomendado, donde al proceder a realizarles mantenimiento se suspende uno y el otro queda en funcionamiento con el fin de no suspender totalmente el proceso.



*Figura 65. Desarenadores.*

Fuente: (Autores, 2019)

La canaleta parshall cuenta con una regla en uno de sus costados laterales de donde se toma el registro diario del caudal que ingresa a la planta lo que permite llevar un control del caudal entrante.



*Figura 66. Canaleta parshall.*

Fuente: (Autores, 2019)

Se cuenta con dos tanques de homogenización, los cuales se encargan de homogenizar todas las aguas residuales que ingresan por medio de unos motores sumergibles



*Figura 67. Tanque de homogeneización.*

Fuente: (Autores, 2019)

Luego de pasar por los tanques de homogenización, las aguas residuales entran por flujo ascendente a los sedimentadores primarios donde se retienen sólidos en unas placas inclinadas que se encuentran al fondo de cada sedimentador.



*Figura 68. Sedimentador primario.*

Fuente: (Autores, 2019)

El siguiente paso es el proceso de inyección de aire en los denominados tanques de aireación, este proceso se realiza con el fin de darle las condiciones necesarias



*Figura 69. Tanque de aireación.*

Fuente: (Autores, 2019)

Compuestos por rosetones plasticos que se encargan de hacer el proceso donde se acumulan las bacterias encargandose de degradar la materia



*Figura 70. Tanque biológico.*

Fuente: (Autores, 2019)

El proceso de remoción final se realiza en los sedimentadores secundarios donde el flujo ingresa y los materiales presentes se sedimentan por gravedad, el flujo tratado es arrojado al caño El Cristo el municipio.

**3.3.8 Supervisar que los procesos ejecutados en la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito cumpla con los parámetros de calidad estipulados.** Se identificaron cuales eran los parámetros de calidad que se evaluaban en la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito, los cuales brindaban información de la eficiencia de cada uno de los procesos unitarios de tratamiento. A continuación, se explica cada parámetro tenido en cuenta y la manera en que se evaluaban.

## **DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS UNITARIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### **Medición de parámetros (pH, conductividad) en los diferentes componentes.**

La medición de parámetros en aguas residuales es importante porque permite determinar el estado inicial del agua con el estado final después de un proceso de tratamiento. Los parámetros evaluados constituyen una medida directa o indirecta de la calidad ambiental con el fin de apoyar la salud humana y ecológica.

El pH es una medida utilizada para determinar la acidez o la alcalinidad de una sustancia. Influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como las incrustaciones en las redes de distribución y la corrosión.

La conductividad es la expresión numérica de la habilidad que posee el agua para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en su valencia y en la movilidad de iones disueltos, produce una modificación en la conductividad.

Para la medición de estos parámetros fisicoquímicos se realizan recolecciones del agua residual en cada proceso de tratamiento con la ayuda y supervisión de la ingeniera química, luego llevadas al laboratorio para la respectiva anotación y análisis de datos.

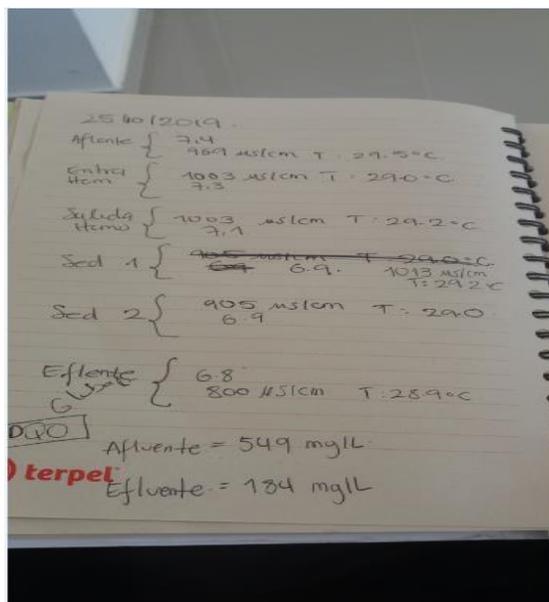


Figura 71. Registro de datos en medio físico.

Fuente: (Autores, 2019)



*Figura 72. Phmetro y conductimetro*

Fuente: (Autores, 2019)

### **Digitalización y Tabulación de la información**

Para la digitalización y tabulación de la información recogida de las muestras de agua residual se utiliza la plataforma Excel con el fin de organizar los datos de mejor manera, mediante tablas y diagramas de barras que permite una mejor lectura e interpretación de la información obtenida.

Tabla 11. Resultados de análisis de las características del agua en los procesos unitarios.



Resultados de análisis de las características del agua de los procesos unitarios de la PTAR vía Pto Mosquito

Proceso	Parámetros		
	PH	Conductividad	Temperatura
Entrada	7.3	836µs/cm	28.6°C
Entrada Homogenización	7.2	849µs/cm	28.4°C
Salida Homogenización	6.9	929µs/cm	28.6°C
Sedimentador primario	6.9	979µs/cm	29.6°C
Sedimentador secundario	6.9	977µs/cm	28.4°C
Efluente 1	6.9	949µs/cm	28.6°C
Efluente 2	6.9	740µs/cm	28.7°C

Tabla 12. Rangos Ph.

PH	Rango
Acido	0-5.9
Óptimo	6-0-9-0
Alcalino	9.1-14

Fuente: (Autor, 2019)

Tabla 13. Rangos conductividad.

Conducti vidad	Rango
<b>Baja</b>	50-1500
<b>Media</b>	1501-10000
<b>Alta</b>	>10000

Fuente: (Autor, 2019)

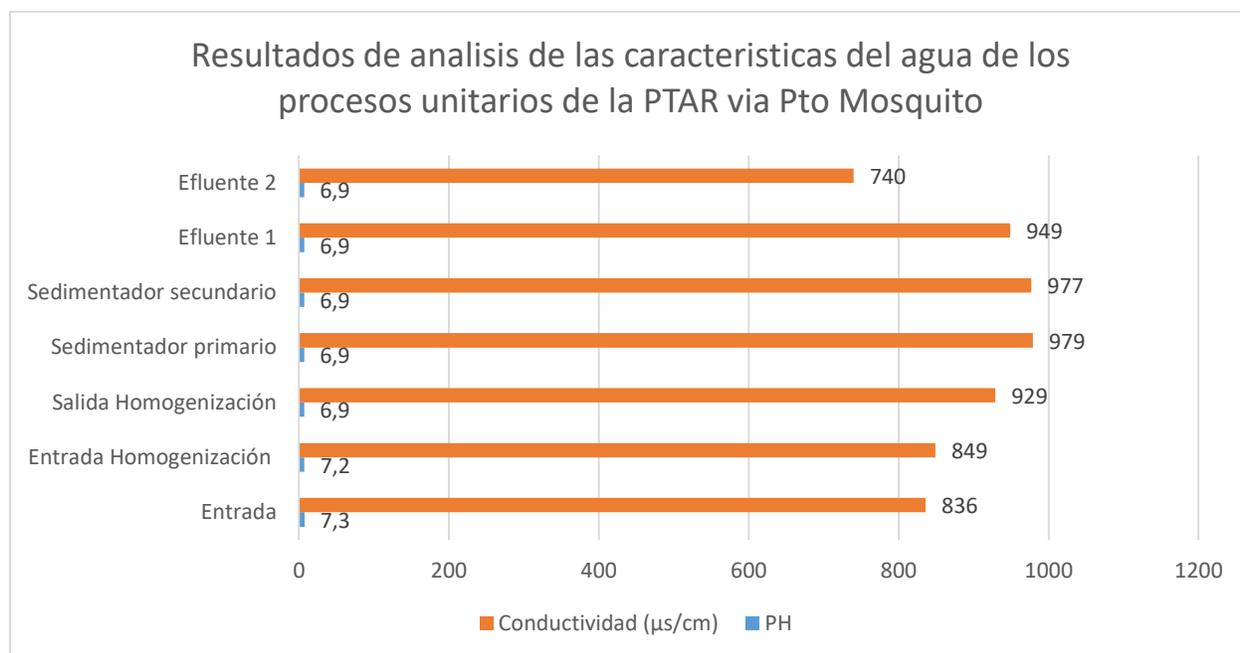


Figura 73. Resultados de análisis de las características del agua.

Fuente: (Autor, 2019)

## Interpretación y análisis de la información

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario precisar que el agua que ingresa a la PTAR presenta un pH óptimo que permite deducir que al agua puede ser tratada de manera menos dificultosa, es decir, el agua no está descontaminada pero es fácil su manejo para el posterior tratamiento. De acuerdo a la tabla se puede observar que a medida que el tratamiento avanza por cada proceso el pH del agua se va acercando al rango óptimo, indicador adecuado para el agua que va a ser vertida al cuerpo hídrico. En cuanto a la conductividad es necesario precisar que mientras el agua va transcurriendo por cada proceso, la conductividad va aumentando y se mantiene en un rango bajo, concluyendo que el agua no es pura puesto que, a menor conductividad, más pura el agua, por lo cual es necesario reforzar y mejorar los procesos de tratamiento.

**3.3.9 Calcular los costos reales de cada uno de los procesos ejecutados en la planta Puerto Mosquito.** Para proceder a calcular los costos reales de cada uno de los procesos ejecutados en la Planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito, fue indispensable las visitas de campo realizadas donde se reconocieron cada uno de los procesos llevados a cabo para el correcto funcionamiento del sistema. En el inciso 3.3.10 se determina un promedio mensual de los procesos de operación de la PTAR Puerto mosquito.

**3.3.10 Determinar un promedio mensual del costo de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.** Luego de identificar los conceptos que implican en el correcto desarrollo de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales

Puerto mosquito, se estimó un promedio mensual del costo de operación de la PTAR; esta estimación puede contemplarse en el apéndice H.

**3.3.11 Calcular un presupuesto anual de inversión en la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito.** Habiendo estimado el promedio mensual del costo de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito en el inciso 3.1.10, se procedió el presupuesto de inversión anual de operación. En el apéndice I se puede evidenciar

**3.4 Supervisar los puntos de empalmes realizados en las redes de distribución existentes con las nuevas a instalar durante la ejecución del contrato “Ampliación y optimización de las redes de distribución del sistema del acueducto urbano (FASE I) municipio de Aguachica departamento Cesar “contrato 033 02/11/2018.**

**3.4.1 Identificar los puntos de empalme a supervisar.** Con el apoyo del ingeniero contratista de la empresa Unión Temporal Acueducto Urbano a cargo de la supervisión de los empalmes a realizar en las redes de distribución existentes con las nuevas a instalar durante la ejecución del contrato “Ampliación y optimización de las redes de distribución del sistema del acueducto urbano (FASE I) municipio de Aguachica departamento Cesar “contrato 033 02/11/2018, se hizo una programación por semanas de los empalmes a realizar en las cuatro semanas de supervisión.

Semana 1: Empalme # 1 (Calle 5A CON CARRERA 1)

Semana 2: Empalme H (Calle 5 con carrera 19)

Semana 3: Empalme # 5 (Calle 3 con carrera 16)

Semana 4: Empalme # 2 (Calle 2 con carrera 11)

Se realizaron visitas al lugar de ubicación de cada empalme y reconociendo los planos pertenecientes a cada uno de ellos, se visualizó como iba a ser el desarrollo de instalación de los empalmes.

**3.4.2 Supervisar los procesos ejecutados para realizar los empalmes de las redes antiguas con las nuevas.** Al momento de supervisar cada uno de los empalmes a realizar, se garantizaba técnicamente que los accesorios fueran instalados correctamente y que fueran los estipulados en los planos, dando cumplimiento a cabalidad de ellos. En el inciso 3.4.3 de este documento se pueden apreciar las evidencias tomadas en campo de los procesos constructivos llevados a cabo.

**3.4.3 Identificar y registrar cada uno de los accesorios utilizados en los puntos de empalmes.**

Antes de dar inicio a los procesos de instalación de los empalmes en las redes de distribución, se reconocieron los planos pertinentes y se realizó un croquis a mano de cada uno para ver de una manera más clara en campo la ubicación de cada accesorio, se garantizaba que cada accesorio fuera instalado correctamente y que fueran los contemplados en los planos. Estos esquemas permitieron identificar de una manera más fácil los accesorios correspondientes en cada empalme. La figura 74,75 y 76 representan los croquis hechos de los empalmes 1, 2 y H respectivamente.

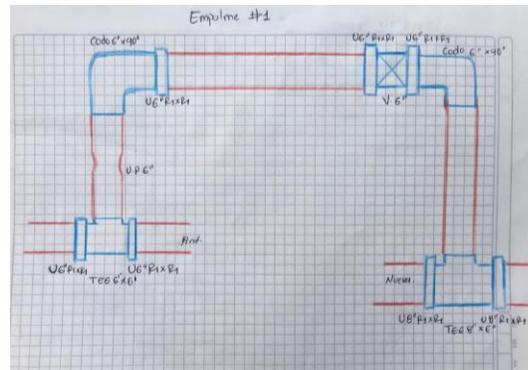


Figura 74. Croquis a mano alzada de empalme #1.

Fuente: (Autor, 2019)

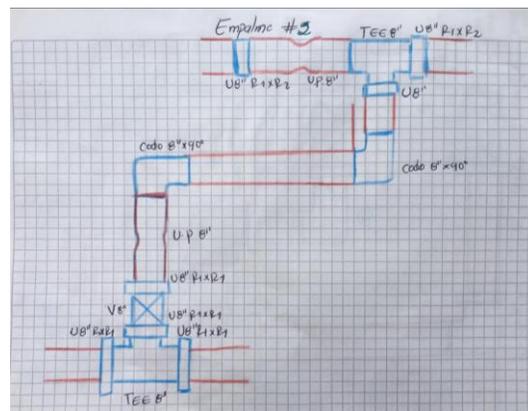


Figura 75. Croquis a mano alzada de empalme #2.

Fuente: (Autor, 2019)

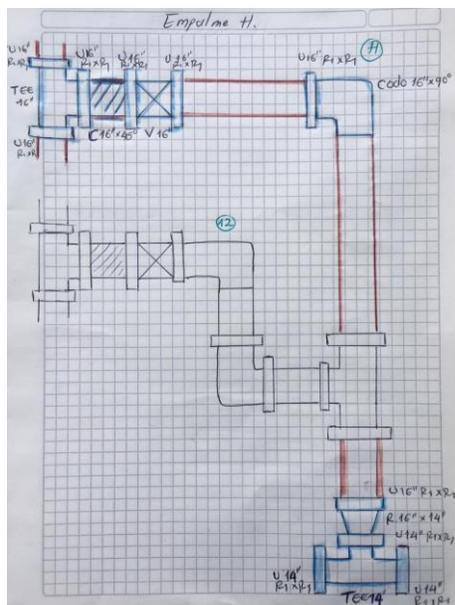


Figura 76. Croquis a mano alzada de empalme H.

Fuente: (Autor, 2019)

A continuación, se observan las evidencias de cada uno de los empalmes supervisados, con su respectiva lista de accesorios utilizados.

Tabla 14. Empalme #1

Em palme	Ubicaci ón	Accesorio	U nidad	C ant.	Área a intervenir
#1	Calle 5A con carrera 1	TEE HD 8" X 6"	U	1	CONCRE TO
		TEE HD 6" X 6"	ND	1	
		CODO HD 6"x90°	U	2	
		UNIÓN UNIVERSAL HD 8" R1XR1	ND	2	
		UNIÓN UNIVERSAL HD 6" R1XR1	U	5	
		VÁLVULA COMPUERTA HD 6"	U	1	
		UNIÓN PLATINO 6"	U	1	
		TUBERÍA 6"	M	2	
			L	2,29	

Se realizó un Bypass con el fin de instalar un macro medidor en la tubería, fue necesaria ya que la tubería existente y la nueva instalada se encontraba instalada en la vía, impidiendo normativamente situar el macro medidor sobre la vía, se instalaron los accesorios y se realizó el empalme de la tubería existente (tubería de 6") con la tubería nueva (tubería de 8").



*Figura 77. Excavación para empalme N° 1*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 78. Corte con sierra de tubería existente*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 79. Instalación de accesorios en tubería existente*

Fuente: (Autor, 2019)

Se hicieron anclajes de seguridad en concreto simple para garantizar la inmovilidad de la tubería en puntos estratégicos.



*Figura 80. Accesorios instalados en nueva tubería para empalme N°1 con tubería existente*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 81. Instalación de accesorios para empalme N° 1*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 82. Accesorios instalados en tubería nueva para empalme N° 1*

Fuente: (Autor, 2019)



Figura 83. Anclaje de seguridad en ubicación de accesorios

Fuente: (Autor, 2019)

Tabla 15

Em palme	Ubicaci ón	Accesorio	U nidad	C ant.	Área a intervenir
<b>H</b>	Calle 5 con carrera 19	TEE 16"	U	1	CONCRE TO
			ND		
		TEE 14"	U	1	
			ND		
		REDUCCIÓN 16"X14"	U	1	
			ND		
		CODO 16" X 90°	U	1	
			ND		
		VÁLVULA COMPUERTA 16"	U	1	
			ND		
		CODO 16"X45°	U	1	
	ND				
UNIÓN UNIVERSAL 16" R1XR1	U	7			
	ND				
UNIÓN UNIVERSAL 14" R1XR1	U	3			
	ND				
TUBERÍA 16"	M	1			
	L	3,8			

Fuente: (Autor, 2019)

Al llegar al punto de empalme, ya se había hecho el corte en la tubería existente y se habían instalado algunos accesorios pertenecientes al empalme H, puesto que los accesorios instalados estaban compartidos con el empalme 12 que ya había sido construido y había sido necesario instalar algunos accesorios del empalme H. En lo que restaba del empalme H se procedió a instalar los demás accesorios hasta conectarse a la nueva tubería, en la figura 84 podemos apreciar el empalme N° 12, donde se puede observar el compartimiento que hay con el empalme H, el trazado amarillo indica la dirección de la tubería nueva a la que se conectó, el trazado verde el empalme 12 anteriormente hecho y el trazado en rojo la dirección por donde se realizará el empalme H, hasta donde se trazó la línea roja se había instalado tubería.



*Figura 84. Empalme #12 y dirección de empalme H.*

Fuente: (UT acueducto Urbano, 2020)

Continuando con lo que faltaba del empalme H, se procedió a realizar la excavación para instalar el resto de accesorios pertinentes al empalme.



*Figura 85. Excavación de zanja para instalación de accesorios de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)

En la figura número 85, se observa la tubería anteriormente instalada que hace parte del empalme H, la cual viene de la conexión a la tubería existente.



*Figura 86. Zanja para continuación de empalme H con tubería instalada*

Fuente: (Autor, 2019)

Luego, se procedió a instalar los accesorios restantes para el empalme H.



*Figura 87. Continuación de tubería de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 88. Accesorios de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 89. Accesorios empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 90. Tubería nueva donde se conecta el empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)

Se realizó el corte de la tubería nueva y se procedió a instalar los accesorios.



*Figura 91. Instalación de accesorios en tubería nueva*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 92. Instalación de accesorios en tubería nueva de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 93. Accesorios en tubería nueva de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 94. Accesorios en tubería nueva de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 95. Accesorios en tubería nueva de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 96. Accesorios en tubería nueva de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)

Finalmente se procedió a cernir el material de relleno para realizar el posterior sellamiento del empalme



*Figura 97. Cernido del material de relleno*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 98. Sellamiento de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 99. Compactación de material de relleno de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 100. Sellamiento final de empalme H*

Fuente: (Autor, 2019)

Tabla 16

Em palme	Ubicaci ón	Accesorio	U nidad	C ant.	Área a intervenir
#5	Calle 3 con carrera 16	TEE HD 12"	U	2	CONCRE TO
			ND		
		UNIÓN UNIVERSAL HD 12" R1XR1	U	8	
			ND		
		CODO HD 12"x90°	U	2	
			ND		
		VÁLVULA COMPUERTA HD 12"	U	1	
			ND		
		UNIÓN PLATINO 12"	U	3	
			ND		
		TUBERÍA 12"	M	2	
			L	1	



Figura 101. Accesorios instalados de empalme #5.

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 102. Anclaje de seguridad en accesorios.*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 103. Accesorios de empalme #5 con anclaje de seguridad.*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 104. Accesorios de empalme #5.*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 105. Accesorios de empalme #5.*

Fuente: (Autor, 2019)

Tabla 17

Em palme	Ubicaci ón	Accesorio	U nidad	C ant.	Área a intervenir
#2	Calle 2 con carrera 11	TEE 8"	U	2	CONCRE TO
			ND		
		UNIÓN UNIVERSAL HD 8" R1XR2	U	2	
			ND		
		UNIÓN UNIVERSAL HD 8" R1XR1	U	5	
			ND		
		CODO HD 8"X90°	U	2	
			ND		
		VÁLVULA COMPUERTA HD 8"	U	1	
			ND		
UNIÓN PLATINO 8"	U	2			
	ND				
TUBERÍA 8"	M	1			
	L	3,2			

Inicialmente, se hizo el corte de la tubería existente en asbesto cemento, para proceder a instalar los accesorios que componen el empalme N° 2.



Figura 106. Corte de tubería de asbesto cemento e instalación de accesorios

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 107. Instalación de accesorios en tubería existente*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 108. Accesorios conectados a tubería existente*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 109. Accesorios conectados en tubería existente.*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 110. Accesorios conectados en tubería existente*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 111. Accesorios para empalme N° 2*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 112. Anclaje de seguridad en cambio de dirección*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 113. Corte e instalación de accesorios en tubería nueva*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 114. Instalación de accesorios de empalme N° 2*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 115. Instalación de accesorios de empalme N° 2*

Fuente: (Autor, 2019)



*Figura 116. Sellamiento de empalme N° 2*

Fuente: (Autor, 2019)

**3.4.4 Informar irregularidades que se lleguen a presentar al momento que se estén realizando los empalmes al área operativa de la ESPA.** Durante los días de desarrollo de la instalación de los empalmes, a diario se le informaba al jefe del área operativa de la ESPA, de

manera verbal cada irregularidad presentada en campo, donde se informaron aspectos como el no cumplimiento de la instalación de los macromedidores en los empalmes, el cambio de ubicación de algunos accesorios en campo por cuestiones de normativas que no habían sido contempladas, avances diarios en obra, entre otras.

**3.4.5 Hacer entrega al área operativa de la ESPA de un informe con la información recolectada en campo durante el tiempo de supervisión de los procesos de instalación de los empalmes en las nuevas redes de distribución.** Toda la información recolectada en campo, fue entregada al área operativa de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica Cesar en un informe digital, donde se contempló la información de cada empalme (puntos de ubicación, accesorios utilizados, proceso constructivo e irregularidades presentadas). En el apéndice J se anexa el recibido por parte del jefe de área operativa el informe se puede contemplar en el apéndice K.

### **Diagnóstico final**

En el tiempo de desarrollo del trabajo de grado pasantía en la división operativa de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica Cesar, en la cual se brindó apoyo en la supervisión de los empalmes realizados en las redes de distribución y en los procesos de operación y mantenimiento ejecutados en las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, se fortalecieron los conocimientos adquiridos durante el proceso como estudiante en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. En cada una de las actividades desarrolladas dentro de la empresa fue una retroalimentación, donde se brindaban los conocimientos obtenidos y se absorbían nuevos conocimientos y experiencia que serán útiles al salir como profesional.

Es importante mencionar que durante la supervisión técnica y diagnóstico hecho de las estructuras de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Aguachica, se encontraron diferentes fallencias que serían importantes mitigar con el fin de garantizar el buen funcionamiento del sistema en general, la empresa debe desarrollar programas y estrategias eficientes que se encarguen de estos problemas.

Por otro lado, la empresa debe optar por construir una estructura eficiente que se encargue de tratar los lodos que se generan dentro de la planta potabilizadora, estructura que a futuro sería conveniente económicamente puesto que las sanciones por arrojar estos cuerpos de lodos a la quebrada Buturama como se está haciendo actualmente puede aumentar y generar pérdidas significativas.

En cuanto a las PTAR Puerto Mosquito y Jerusalén, es evidente el abandono por parte de la Empresa de Servicios públicas de Aguachica, donde los procesos ejecutados en cada una de ellas es poco supervisado técnicamente y las tareas de mantenimientos respectivos es insuficiente, lo que no garantiza su correcto funcionamiento.

## Conclusiones

Se logró hacer una evaluación técnica de la Planta de Tratamiento de Agua potable del municipio de Aguachica gracias a la supervisión realizada, donde se reconocieron cada una de las estructuras que componen el sistema y sus correspondientes procesos de operación y mantenimientos realizados. Finalmente, toda esta información fue entregada de manera digital al área operativa de la empresa de servicios públicos de Aguachica.

Todos los estudios e investigaciones realizadas en cuanto a los lodos generados en la PTAP, condujeron a la realización de una propuesta técnica y económica para la construcción de una estructura que trate dichos lodos, que evitaría problemas legales a la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica.

En el tiempo de supervisión de los procesos de operación y mantenimientos de las PTAR Puerto Mosquito y Jerusalén, se identificó las falencias físicas presentadas, el incumplimiento en muchos de los procesos, el descuido por parte de la Empresa en la supervisión de los procesos y la deficiencia en la información útil para llevarlos a cabo correctamente, donde posteriormente se hizo el estudio y recolección de datos necesarios para ordenar y complementar la información para el mejoramiento continuo de los sistemas.

En cuanto a los procesos constructivos supervisados en la instalación de los empalmes en las redes de distribución existentes con las nuevas se garantizó la correcta instalación de estos, se ratificó que la cantidad y ubicación de los accesorios gastados fueran los

correspondientes y se informaron todas las irregularidades presentadas en campo al área operativa de la Empresa de Servicios públicos de Aguachica.

Se concluye ratificando que los objetivos planteados fueron cumplidos a cabalidad, gracias al correcto desarrollo de las actividades dentro de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, donde fue importante el proceso de retroalimentación de aporte y fortalecimiento como profesional.

## **Recomendaciones**

Desarrollar planes estratégicos con cronogramas establecidos con personal técnico que evalúan la funcionalidad de las estructuras para garantizar su correcto funcionamiento y de esta manera garantizar los procesos de potabilización.

Instalar los respectivos macromedidores en la planta de tratamiento de agua potable ya que no cuentan con estos para de esta manera poder tener un control de medición del caudal de salida entregado a la comunidad.

Enviar personal técnico a la planta de agua potable cada vez que se vayan a realizar las actividades de lavado de las estructuras, la cual deberá llevar un control de estos procesos.

Desarrollar de manera urgente la construcción de un sistema de tratamiento de los lodos generados en el lavado de las estructuras de la planta de tratamiento de agua potable para evitar problemas legales a la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica.

Crear todos los planos pertinentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Jerusalén, ya que no se cuentan con estos. Actualmente solo se tiene el elaborado en este trabajo.

Hacer cumplir un cronograma de actividades de mantenimiento de las estructuras de la planta de aguas residuales Jerusalén para garantizar su funcionamiento y evitar que el sistema colapse.

Adquirir la dotación necesaria de herramientas para el mantenimiento de las estructuras de la PTAR Jerusalén. Herramientas como palines, palas especiales, etc.

Asegurarse que el personal de trabajo que se envía a realizar el mantenimiento a las estructuras de la PTAR Jerusalén utilice la dotación necesaria al desarrollar estas actividades evitando problemas de salud en los trabajadores.

Poner en funcionamiento los lechos de secado con los cuales cuenta la PTAR Puerto Mosquito puesto que están en abandono arrojando todos los lodos a las lagunas existentes.

Garantizar que se instalen los macromedidores en los empalmes realizados en las redes de distribución del municipio de Aguachica.

## Referencias

(2000). *Reglamento tecnico del sector del agua potable y saneamiento básico*. Colombia.

Cardona, D. (2011). *CARACTERIZACION DEL AGUA CRUDA DEL RIO LA VIEJA COMO FUENTE SUEPERFICIAL PARA EL PROCESO DE POTABILIZACION*. Recuperado el 3 de JUNIO de 2016, de *CARACTERIZACION DEL AGUA CRUDA DEL RIO LA VIEJA COMO FUENTE SUEPERFICIAL PARA EL PROCESO DE POTABILIZACION*:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2570/62816C268c.pdf;jsessionid=77CBFCBEF8A6CC431968D5963CE2E268?sequence=1>

ESPA. (2019). Área de División Técnica y Operativa.

ESPA. (2019). *Empresa de Servicios Públicos de Aguachica*. Obtenido de <http://www.esp-aguachica-cesar.gov.co/entidad/nuestra-entidad>

ESPA. (2019). *Empresa de Servicios Públicos de Aguachica*. Obtenido de <http://www.esp-aguachica-cesar.gov.co/entidad/mision-y-vision>

ESPA. (2019). *Empresa de Servicios Públicos de Aguachica*. Obtenido de <http://www.esp-aguachica-cesar.gov.co/entidad/organigrama>

Martel, A. B. (10 de Enero de 2005). *ASPECTOS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>

Pasante. (2019).

RAS. (2000). Título A Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico.

Romero Rojas, J. (2000). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*.

Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.

Romero Rojas, J. (2008). *Potabilizacion del agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

## **Apéndices**

*Apéndice A. Valores IRCA 2019 PTAP Aguachica*



APENDICE A. Valores  
IRCA 2019 PTAP Agu

[APENDICE A. Valores IRCA 2019 PTAP Aguachica.docx](#)

*Apéndice B. Carta De Recibido Por Parte Del Jefe Del Área Operativa De La Empresa De Servicios Públicos De Aguachica*



APENDICE B. Carta  
De Recibido Por Parte

[APENDICE B. Carta De Recibido Por Parte Del Jefe Del Área Operativa De La Empresa De Servicios Públicos De Aguachica.docx](#)

*Apéndice C. Informe Entregada Al Área Operativa De La Supervision Hecha A La Ptap En El Transcurso De La Pasantía*



APENDICE C.  
Informe Entregada Al

[APENDICE C. Informe Entregada Al Área Operativa De La Supervision Hecha A La Ptap En El Transcurso De La Pasantía.docx](#)

*Apéndice D. PLANOS DEL DISEÑO DE LOS LECHOS DE SECADO*



APENDICE D.  
PLANOS DEL DISEÑO

[APENDICE D. PLANOS DEL DISEÑO DE LOS LECHOS DE SECADO.dwg](#)

*Apéndice E. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS LECHOS DE SECADO PARA LA PTAT AGUACHICA*



APENDICE E.  
MANUAL DE PROCED

[APENDICE E. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS LECHOS DE SECADO PARA LA PTAT AGUACHICA.docx](#)

*Apéndice F. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTOS DE LA PTAR JERUSALÉN ACTUALIZADO*



APENDICE F.  
MANUAL DE OPERAC

[APENDICE F. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTOS DE LA PTAR JERUSALÉN ACTUALIZADO.docx](#)

*Apéndice G. PLANO EN PLANTA DE LA PTAR JERUSALÉN ACTUALIZADO*



APENDICE G. PLANO  
EN PLANTA DE LA PTAR

[APENDICE G. PLANO EN PLANTA DE LA PTAR JERUSALÉN  
ACTUALIZADO.dwg](#)

*Apéndice H. CALCULO DEL PROMEDIO MENSUAL DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PTAR PUERTO MOSQUITO*



APENDICE H.  
CALCULO DEL PROMEDIO

[APENDICE H. CALCULO DEL PROMEDIO MENSUAL DE LOS COSTOS DE  
OPERACIÓN DE LA PTAR PUERTO MOSQUITO.xlsx](#)

*Apéndice I. CALCULO DEL PROMEDIO ANUAL DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PTAR PUERTO MOSQUITO*



APENDICE I.  
CALCULO DEL PROMEDIO

[APENDICE I. CALCULO DEL PROMEDIO ANUAL DE LOS COSTOS DE  
OPERACIÓN DE LA PTAR PUERTO MOSQUITO-.xlsx](#)

*Apéndice J. CARTA DE RECIBIDO POR PARTE DEL JEFE DEL ÁREA OPERATIVA DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA*



APENDICE J. CARTA  
DE RECIBIDO POR PARTE

[APENDICE J. CARTA DE RECIBIDO POR PARTE DEL JEFE DEL  
ÁREA OPERATIVA DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA.docx](#)

*Apéndice K. Informe entregado al área operativa de la empresa de servicios públicos con la información recolectada en campo en el transcurso de supervisión de los empalmes realizados en las redes de distribución*



APENDICE K.  
Informe entregado al

[APENDICE K. Informe entregado al área operativa de la empresa de  
servicios públicos con la información recolectada en campo en el transcurso de supervisión de  
los empalmes realizados en las redes de distribuc.docx](#)