	<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(105)</b>

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>DANIEL EDUARDO ARMENTA CASTILLO</b>		
FACULTAD	<b>INGENIERÍAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
DIRECTOR	<b>EDWIN EDGARDO ESPINEL BLANCO</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSLEM EN EL MUNICIPIO DE RÍO DE ORO – CESAR, COLOMBIA</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTÍAS ES UNA EVALUACIÓN ACTUAL DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO Y DISEÑO DEL MANUAL DE OPERACIONES Y PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DENTRO DE LA EMPRESA APC EMCAR E.S.P., ENCARGADA DE PRESTAR EL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE RÍO DE ORO EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 105	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 25	CD-ROM: 1



DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RÍO  
DE ORO – CESAR, COLOMBIA

DANIEL EDUARDO ARMENTA CASTILLO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA MECÁNICA  
OCAÑA  
2015

DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RÍO  
DE ORO – CESAR, COLOMBIA

DANIEL EDUARDO ARMENTA CASTILLO

**Trabajo de grado modalidad pasantías presentado como requisito para optar por el  
título de Ingeniero Mecánico.**

DIRECTOR  
EDWIN EDGARDO ESPINEL BLANCO  
MSc. en Ingeniería

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA MECÁNICA  
OCAÑA  
2015

## **DEDICATORIA**

A mi madre Alexandra Castillo Lara por su incondicional apoyo durante el transcurso de este proceso.

A mi hermano Juan Felipe Armenta Castillo por su cordial respaldo en el desarrollo de mis estudios.

A mi abuela Ana María Lara de Castillo por brindarme lo mejor para llegar hasta esta proeza.

A mi querida tía Gloria Castillo Prada por su amor incomparable y apoyo total en toda mi vida personal y profesional.

Para ellos con mucho amor y afecto.

**Daniel Eduardo Armenta Castillo.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de trabajo de grado, el ingeniero Msc. Edwin Edgardo Espinel Blanco.

A la profesora Claudia Marcela Durán Chinchilla por su amble asesoría metodológica.

A los ingenieros Leonardo Navarro T., Msc. Eder N. Flórez S., John Arévalo T., Gustavo Guerrero G., por ser mis docentes y brindarme lo mejor durante el proceso de formación.

A mis tíos Jose L. Castillo L., Alberto C. Castillo L., Clemencia Castillo L., Menca C. Castillo L., y a mis primos Natalia A. Araujo C., Melissa A. Castillo G., Angelo J. Sánchez C., por su cordial acompañamiento durante el recorrido de este proyecto.

A mis amigos Ricardo A. García, Victor E. Casadiegos, Marlon R. Escobar M., Eduar E. Perez R., Fabián Trujillo, Fabián López, Carlos A. Clavijo, Raúl Echeverry H., por ser mis compañeros y brindarme los mejores momentos vividos en el transcurso de este proceso.

A mi querido amigo Christian H. Cáceres G. por su incondicional amistad y apoyo.

A todos mil gracias.

**Daniel Eduardo Armenta Castillo**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b><u>RESUMEN</u></b>	14
<b><u>INTRODUCCION</u></b>	15
<b>1.DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RÍO DE ORO – CESAR, COLOMBIA.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.1. Misión.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2. Visión.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.3. Objetivos de la empresa.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.4. Estructura organizacional de la empresa.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.5. Dependencia Asignada.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. DIAGNÓSTICO INICIAL DIVISIÓN TÉCNICO OPERATIVA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA .....</b>	<b>21</b>
<b>1.3.1. Objetivo General.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR.....</b>	<b>22</b>
<b>2. ENFOQUES REFERENCIALES.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. ENFOQUE LEGAL .....</b>	<b>28</b>
<b>3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....</b>	<b>51</b>
<b>4.DIAGNÓSTICO FINAL .....</b>	<b>69</b>
<b>5.CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>6.RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1. Organigrama APC EMCAR E.S.P.</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2. Desarenador.</b>	<b>53</b>
<b>Figura 3. Ensayo de Jarras.</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4. Ilustración del filtro rápido.</b>	<b>61</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1. Matriz DOFA.</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 2. Descripción de actividades a desarrollar.</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 3. Clasificación de sistemas y unidades de tratamiento en la Planta de Tratamiento de Agua potable Jerusalém.</b>	<b>30</b>



## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
Imagen 1. Presa y bocatoma río Río de Oro.	32
Imagen 2. Bocatoma y captación lateral sin rejillas.	33
Imagen 3. Desarenador y válvulas de acceso.	34
Imagen 4. Mantenimiento del desarenador, material de arrastre de gran tamaño.	35
Imagen 5. Presa y bocatoma, quebrada La Toma.	36
Imagen 6. Desarenador quebrada La Toma.	37
Imagen 7. Planta compacta. Macro medidores de entrada.	38
Imagen 8. Parte superior del sistema de clarificación. Tubería en forma de flauta y vista de sedimentadores en mal estado.	40
Imagen 9. Equipo para la dosificación de Sulfato de Aluminio. Cámara de mezcla rápida.	41
Imagen 10. Unidades de filtración.	42
Imagen 11. Inspección al interior de filtros. Material removido desde el interior de filtros.	43
Imagen 12. Sistema de cloración. Vista detallada del clorador.	44
Imagen 13. Suministro de hipoclorito de calcio granulado al sistema de almacenamiento.	45
Imagen 14. Tanque de almacenamiento No.1, rebose y sistema de circulación de aire.	46
Imagen 15. Bombas centrífugas.	47
Imagen 16. Macro medidores de salida.	48
Imagen 17. Desvío parcial del caudal.	52
Imagen 18. Test en turbidímetro digital.	54
Imagen 19. Lavado parcial del Clarificador.	59
Imagen 20. Mantenimiento general al Clarificador.	60
Imagen 21. Montaje del sistema para la dosificación de cloro gaseoso.	64

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Material arrastrado por las precipitaciones en la caja de puga del desarenador.	73
Anexo 2. Válvula central en mal estado para la purga del desarenador vereda El Gitano.	74
Anexo 3. Equipo GPS GARMIN 78s utilizado para el registro de coordenadas.	75
Anexo 4. Coordenadas líneas de aducción río Río de Oro y quebrada La Toma.	76
Anexo 5. Captación ilegal sobre ventosa Línea de Aducción río Río de Oro.	79
Anexo 6. Tubería expuesta Línea de Aducción quebrada La Toma.	80
Anexo 7. Almacenamiento del químico coagulante.	81
Anexo 8. Intervención a tubería de filtros.	82
Anexo 9. Tanques de almacenamiento donados por CORPOCESAR.	83
Anexo 10. Registro de caudales totales de entrada y salida durante los meses de pasantía.	84
Anexo 11. Dosificador de Sulfato de Aluminio. Coagulante anterior y nuevo coagulante seleccionado.	92
Anexo 12. Ubicación de tanques de almacenamiento.	93
Anexo 13. Turbidímetro digital, Colorímetro digital. Kit analizador de pH y Cloro residual, pH-metro digital.	94
Anexo 14. Resultado de pruebas microbiológicas de laboratorios durante los meses de la pasantía.	95
Anexo 15. Formatos de inspección.	105

## **RESUMEN**

El presente trabajo de grado en modalidad pasantías es una evaluación actual del procedimiento operativo y diseño del manual de operaciones y procedimientos para el mantenimiento de equipos dentro de la empresa APC EMCAR E.S.P., encargada de prestar el servicio de agua potable en la zona urbana del municipio de Río de Oro en el departamento del Cesar.

Las actividades se desarrollaron en un período de cuatro meses, precedidas por los objetivos trazados de acuerdo al plan de trabajo para el cumplimiento del trabajo. Se realizaron visitas de campo e inspección visual a los procedimientos realizados dentro de la planta. Se consultó bibliografía externa y dentro de la empresa respecto al cumplimiento de las normativas, se hizo seguimiento a la dependencia técnico operativa de acueducto y al manejo de la información para la gestión del mantenimiento. Se realizó un seguimiento al ingreso y salida de caudales, a los resultados de pruebas microbiológicas de muestras de agua tratada y se analizaron los planes de mantenimiento establecidos por la empresa.

La recopilación y análisis de la información permitió la comparación de los procesos actualmente realizados dentro de la planta respecto a la normatividad vigente en Colombia, así también posibilitó la elaboración de un manual de procedimientos operativos y gestión del mantenimiento de equipos dentro de la planta, con el fin de mejorar el desarrollo de los procesos de potabilización de agua y optimizar el control de la información para la elaboración de mejores planes de mantenimiento, los cuales son útiles para la adecuada preservación de los activos dentro de la empresa.

## **INTRODUCCIÓN**

La empresa APC EMCAR E.S.P. del municipio de Río de Oro (Cesar), es la encargada de prestar el servicio de agua potable y saneamiento básico en la zona urbana del municipio, labores dentro del cual comprende el proceso de potabilización de agua cruda desde su captación, filtración inicial, conducción hasta la planta de tratamiento, clarificación, filtración rápida, desinfección, almacenamiento y distribución del recurso hídrico hasta los puntos de muestreo (viviendas).

La división técnico operativa del acueducto en la planta de tratamiento realiza los procesos concernientes a la potabilización del agua, desarrollando procesos establecidos dentro de la legalidad Colombiana. Sin embargo, el personal contratado para la operación de los procesos realiza sus actividades en base al conocimiento empírico adquirido de varios años de experiencia en sus cargos; no se han realizado las actividades adecuadas para el monitoreo de la información dentro de la planta; no existe una base de datos que refleje las condiciones de operación para la toma de decisiones de mantenimiento; la dosificación de químicos se realiza al tanteo y no de acuerdo a las especificaciones consignadas dentro de los procedimientos internacionalmente aceptados; no existe en la empresa un manual que capacite a los operarios y al personal nuevo en la empresa respecto a la operación y mantenimiento de los equipos que operan en la planta de tratamiento.

Debido a estas falencias y al riesgo presentado por la situación mencionada, se requiere la elaboración de un manual que satisfaga la incompetencia presente actualmente en la operación de la planta de tratamiento. El resultado de este trabajo corresponde la base para el adecuado manejo de los recursos dentro de la planta, a modo de aporte para la capacitación del personal contratado para la operación del mismo.

Para la elaboración del manual se realiza inicialmente un diagnóstico que especifica las condiciones de operación actual de la planta, luego se procede a la consulta de lineamientos dentro del marco de la legalidad y por último se presenta el diseño del manual de operación y mantenimiento de equipos para la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém.

# **1. DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RÍO DE ORO – CESAR, COLOMBIA.**

## **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.**

APC EMCAR E.S.P., Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de Oro (Cesar), es la empresa de servicios públicos en la zona urbana del municipio a la cual le concierne la prestación del servicio de agua potable, alcantarillado y de recolección y disposición final de residuos sólidos<sup>1</sup>.

**1.1.1. Misión.** Como el agua es fuente de vida, nuestro objetivo es cuidar el medio ambiente y la salud de la comunidad, prestando excelentes servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, con la mejor calidad y talento humano.

**1.1.2. Visión.** Deseamos para el año 2017 alcanzar el cien por ciento de usuarios, para que el agua y la limpieza rijan en los hogares de la comunidad Riodorense.

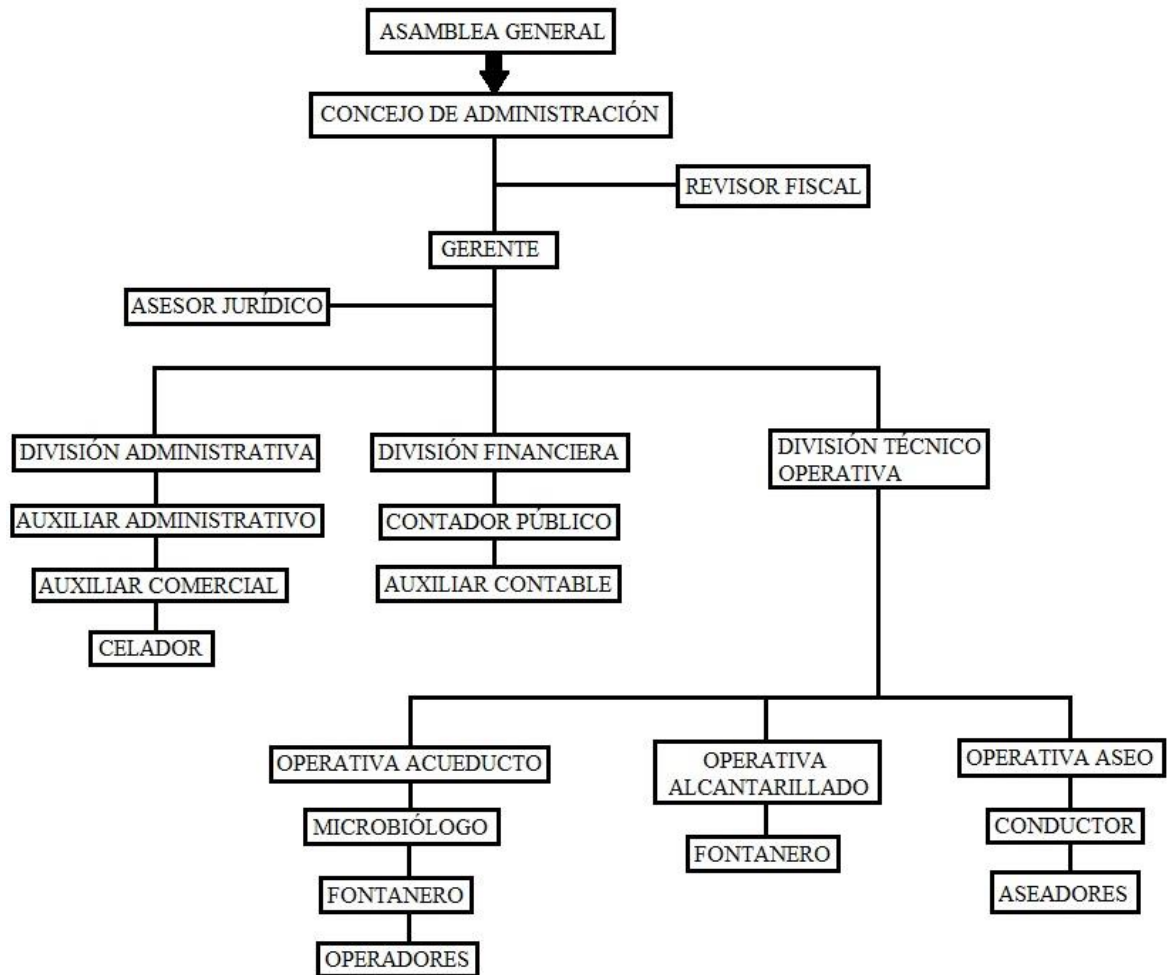
**1.1.3. Objetivos de la empresa.** Se encuentran enmarcados dentro de unos valores y políticas que determinan la prestación del mejor servicio a los clientes con mucha cordialidad, siendo responsables, contando con el mejor talento humano, respondiendo a las obligaciones de la empresa, de forma que se dirija hacia la comunidad, sobresaliendo en cortesía y amabilidad: así mismo evitar la corrupción y el mal manejo de los recursos, creando una buena imagen y confianza en los consumidores.

**1.1.4. Estructura organizacional de la empresa.** La organización de la empresa encabeza en función de una asamblea general en donde el concejo de administración toma decisiones correspondientes para que, así, la gerencia se articule de manera funcional con la división administrativa, división financiera y división técnico operativa, desarrollando así un trabajo en función del holismo.

---

<sup>1</sup> APC EMCAR E.S.P. Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de Oro (Cesar). Manual de funciones, misión y visión.

**Figura 1.** Organigrama APC EMCAR E.S.P.



**Fuente:** APC EMCAR E.S.P. Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de Oro (Cesar). Manual de funciones, misión y visión.

**1.1.5. Dependencia Asignada.** Según el organigrama de la empresa, el trabajo de desarrollará en la dependencia operativa acueducto, la cual se encarga de la prestación del servicio de agua potable, además realiza los trabajos de operación y mantenimiento de cada unidad de tratamiento de los sistemas presentes en la planta. En orden, la planta opera iniciando por el sistema de Captación, conformado por unidades de tratamiento tales como la Presa, bocatoma, desarenador y línea de aducción; el sistema de Clarificación, el cual depende de unidades de tratamiento como el decantador vertical, tubería de mezcla rápida, coagulación, floculación y decantación; el sistema de Filtración, conformado por tres unidades de filtración de flujo descendente; el sistema de Cloración, conformado por la unidad de desinfección y, por último, el sistema de Almacenamiento y Distribución, conformado por tanques de almacenamiento del líquido tratado.

La División Operativa acueducto funciona a cargo de cinco operadores turnados respectivamente, uno en cada turno de ocho horas, supervisados por la ingeniera jefe encargada de hacer veeduría al adecuado proceso de operación de la planta.

El personal empleado en la división técnico operativa de la planta de tratamiento de agua potable realiza sus actividades diarias basadas en un conocimiento empírico. El ingreso de nuevos operarios a la planta representa un problema debido a que no existen los documentos específicos para capacitar al personal nuevo, es por esto la importancia del desarrollo de la presente propuesta.

**1.2. DIAGNÓSTICO INICIAL DIVISIÓN TÉCNICO OPERATIVA.**

**Cuadro 1.** Matriz DOFA.

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	<p>Manual de funciones, organigrama de la empresa, misión y visión.</p> <p>La planta de tratamiento cuenta con la infraestructura adecuada para su funcionamiento</p> <p>La planta cuenta con nuevos tanques de almacenamiento.</p> <p>Se cuenta con un diagnóstico y formulación de procedimiento operativo, realizado en el primer semestre del año 2014.</p>	<p>No existe un manual de operación en la planta de tratamiento Jerusalém.</p> <p>No existen registros actuales de los caudales de las fuentes hídricas.</p> <p>No se encuentran en operación algunos tanques de almacenamiento.</p> <p>No se cuenta con un sistema adecuado de dosificación de sulfato de aluminio.</p> <p>No se encuentra en operación el equipo de desinfección (Cloro gaseoso).</p> <p>No se cuenta con equipo para prueba de jarras.</p> <p>Carencia de instrumentos para la medición de caudales de las fuentes hídricas y temperatura del agua en el Clarificador.</p>



<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS FO</b>	<b>ESTRATEGIAS DO</b>
<p>Es necesaria la elaboración de un manual de operaciones de cada una de las unidades de tratamiento, con su respectivo instructivo para el mantenimiento.</p> <p>Mantenimiento adecuado de las bocatomas, desarenador, clarificador, filtros, tuberías y medidores (manómetros, macromedidores de caudal).</p>	<p>Elaboración del manual de operación y mantenimiento de la planta Jerusalém.</p> <p>Aumento de la capacidad de almacenamiento de agua tratada.</p>	<p>Gestionar la adquisición de instrumentos de medición de caudal, presión y temperatura</p> <p>Formulación e implementación de formatos adecuados para el registro de caudales de las fuentes hídricas.</p> <p>Formulación de un adecuado proceso de operación de la planta y planes de mantenimiento de equipos.</p>

AMENAZAS	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA
<p>El personal no cuenta con la capacitación adecuada, de acuerdo con el manual de funciones en el área operativa de la planta.</p> <p>La capacidad volumétrica de los tanques de almacenamiento de la planta no coincide con el volumen registrado en la señalización de la capacidad de los tanques.</p> <p>Indebida utilización de compuestos químicos y operación de unidades conforme a la falta de instructivos.</p>	<p>Capacitación de empleados del área técnico operativa Acueducto de la planta acuerdo al manual de funciones.</p> <p>Verificación de las capacidades volumétricas de almacenamiento en las instalaciones de la planta.</p>	<p>Diagnosticar el estado de las fuentes de aducción de líquido.</p> <p>Monitoreo de caudales.</p> <p>Socialización con empleados de actividades y proyectos a realizar.</p>

**Fuente:** Pasante del proyecto.

Con el Manual de Operación y Mantenimiento de la planta, la empresa contará con la información básica y técnica para el correcto desarrollo de procesos operativos dentro de la misma, con el procedimiento adecuado para las labores de mantenimiento en cada una de las unidades de la planta, además de tener soporte para la capacitación de nuevo personal presente en la operación de la planta de tratamiento.

### **1.2.1. Planteamiento del problema.**

Los operarios de la planta actualmente no cuentan con un manual de procedimientos adecuados para la correcta operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento de los sistemas de acueducto y potabilización. Debido a esto, varios aspectos técnico operativos en la planta se desarrollan en base a un conocimiento empírico, aspecto por el cual puede estarse presentando anomalías en los procedimientos, como la desatención a la

normativa de seguridad industrial, operación indebida de las unidades de tratamiento de la planta, pérdidas económicas por el uso inadecuado de aditivos químicos, procedimientos desorientados para el mantenimiento de los equipos. Es por tal motivo la importancia de contar con un manual que detalle el procedimiento para la operación y el mantenimiento respectivo de los equipos presentes en la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém en el municipio de Río de Oro.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA**

**1.3.1. Objetivo General.** Diseñar un Manual de Operación de equipos para la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém en el municipio de Río de Oro.

**1.3.2. Objetivos específicos.** Realizar un diagnóstico de los procesos, sistemas y unidades que operan en la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.

Establecer lineamientos respecto a los parámetros adecuados en la operación y mantenimiento de la planta dentro de la legislación Colombiana.

Elaborar el Manual de Operación de equipos para la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.

#### 1.4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR

**Cuadro 2.** Descripción de actividades a desarrollar.

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividades a desarrollar
<p>Diseñar el Manual de Operación y Mantenimiento en la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém en el municipio de Río de Oro – Cesar, Colombia.</p>	<p>Realizar un diagnóstico de los procesos, sistemas y unidades que operan en la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.</p>	<p>Acompañamiento diario en la división técnico operativa de acueducto. Trabajo de campo, visita al sistema de captación de fuentes hídricas. Identificación por observación directa de cada uno de las unidades de tratamiento operantes en la planta. Revisión bibliográfica de los antecedentes del funcionamiento de los sistemas de la planta de tratamiento de agua potable.</p>

	<p>Establecer lineamientos respecto a los parámetros adecuados en la operación y mantenimiento de la planta dentro de la legislación Colombiana.</p>	<p>Revisión bibliográfica de los manuales presentes en la planta.  Revisión bibliográfica de la legislación colombiana pertinente en la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua potable.  Comparación actual del funcionamiento de los sistemas en operación respecto a la normatividad vigente.</p>
	<p>Elaborar el Manual de Operación para la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.</p>	<p>Elaboración de un sistema de información y formatos complementarios, necesario para los registros en la planta.  Redacción del manual de operación y mantenimiento de la planta.</p>

## 2. ENFOQUES REFERENCIALES

### 2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL

**Aducción:** Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea flujo libre o a presión.<sup>2</sup>

**Agua cruda:** Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.<sup>3</sup>

**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.

**Agitación mecánica:** Movimiento obtenido mediante dispositivos mecánicos (paletas, aspas, etc.) para producir turbulencia.

**Bocatoma:** Estructura que se construye para captar el agua superficial proveniente de un embalse o directamente de un río, quebrada o lago natural.

**Bomba:** Son máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro hidráulico, moviendo un cierto volumen de líquido entre dos niveles.<sup>4</sup>

**Captación:** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

**Capacidad de almacenamiento:** Volumen de agua retenido en un tanque o embalse.

**Coagulación:** Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.

---

<sup>2</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Ministerio de Desarrollo Económico, dirección de agua potable y saneamiento básico, RAS - 2000. Sección II Título B Sistemas de Acueducto. Bogotá D.C. 17 de noviembre de 2000. p. B.22, B.23, B.24, B.25 y B.26.

<sup>3</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Ministerio de Desarrollo Económico, dirección de agua potable y saneamiento básico, RAS - 2000. Sección II Título C Sistemas de Potabilización. Bogotá D.C. 17 de noviembre de 2000. p. C.8, C.9, C.10, C.11, C.12, C.13 y C.14.

<sup>4</sup> **FERNANDEZ DÍEZ, Pedro.** Bombas centrífugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, España 2000. p. BC.I.-1.

**Clarificación:** Proceso de separación de los sólidos del agua por acción de la gravedad.

**Desarenador:** Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

**Desinfección:** Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

**Filtración:** Proceso mediante el cual se remueve las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

**Filtración rápida:** Proceso de filtración a alta velocidad.<sup>5</sup>

**Floculación:** Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

**Libro o registro de control de calidad:** Es aquel donde se anotan, como mínimo, los siguientes datos: los resultados obtenidos de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua que se suministra a la población de acuerdo con los requerimientos del presente decreto, la cantidad de agua captada y suministrada y la cantidad de productos químicos utilizados.<sup>6</sup>

**Macro medición:** 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.<sup>7</sup>

**Mantenimiento:** Es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en las instalaciones o equipos, para la prevención de daños, o para la reparación de los mismos, cuando estos ya hubieran producido, a fin de conseguir el buen funcionamiento de un sistema.<sup>8</sup>

---

<sup>5</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Ministerio de Desarrollo Económico. Resolución número 1096. Capítulo V. Bogotá D.C. Noviembre de 2000. p. 94, 95

<sup>6</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Decreto Ley Número 475 de 1998. Capítulo I Artículo 1°. Bogotá D.C. 10 de Marzo de 1998. p. 1, 2, 3 y 4.

<sup>7</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Resolución número 1096. op. cit, p. 97.

<sup>8</sup> **SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, SENA.** Ministerio de Desarrollo Económico. Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico. Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua. 2a Edición. Capítulo 4. 1999. p. 77 y 78.

**Mantenimiento preventivo:** Involucra un conjunto de actividades encaminadas a la planificación y ejecución de las acciones de mantenimiento, antes de que se produzcan daños.

**Mantenimiento correctivo:** Consiste en la operación inmediata y oportuna de cualquier daño que se produzca en las instalaciones y equipos.

**Mantenimiento predictivo:** Está relacionado con la anticipación para la toma de decisiones sobre la vida útil de los equipos.

**Mezcla rápida:** Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua.

**Operación:** Es el conjunto de acciones externas que se ejecutan en las instalaciones o equipos, para conseguir el buen funcionamiento de un sistema.

**Potabilización:** Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano.<sup>9</sup>

**Presa:** Lugar donde las aguas están detenidas o almacenadas.

**Rebosadero:** Estructura hidráulica destinada a evitar que el nivel del agua sobrepase una cota determinada; permite la evacuación del agua de exceso en un embalse, tanque o cualquier estructura que almacene agua hacia un lugar conveniente.

**Red de distribución:** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

**Sedimentación:** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

**Sustancias flotantes:** Son aquellos materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua y que influyen en su apariencia.

---

<sup>9</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución número 2115. Capítulo I. Bogotá D.C. 22 de Junio de 2007. p. 1 y 2.



**Usuario:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio, a este último se denomina también consumidor.

## **2.2. ENFOQUE LEGAL**

El presente trabajo toma como normatividad legal:

**Resolución No. 1096 de 17 de Noviembre de 2000**, por la cual se adopta el Reglamento para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.<sup>10</sup>

**Resolución No. 2115 de 22 de Junio de 2007**, por la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua potable para consumo humano.<sup>11</sup>

**Decreto No. 475 de 10 de marzo de 1998**, por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.<sup>12</sup>

**Ley 142 de 11 de Julio de 1994**, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.<sup>13</sup>

**Ley 373 de 6 de Junio de 1997**, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.<sup>14</sup>

Normas técnicas citadas:

**NTC 1500.** Código Colombiano de Fontanería.

**NTC-ISO 5667-5.** Calidad del Agua. Muestreo. Directrices para el Muestreo de Agua Potable de Instalaciones de Tratamiento y Sistemas de Distribución por Tubería.

---

<sup>10</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Ministerio de Desarrollo Económico, dirección de agua potable y saneamiento básico, RAS - 2000. Bogotá D.C. 17 de noviembre de 2000.

<sup>11</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución número 2115. Bogotá D.C. 22 de Junio de 2007.

<sup>12</sup> **REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Decreto Ley Número 475 de 1998. Bogotá D.C. 10 de Marzo de 1998.

<sup>13</sup> **COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA.** Ley 142 de 1994. Régimen de los servicios públicos domiciliarios. 11 de Julio de 1994.

<sup>14</sup> **COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA.** Ley 373 de 1997. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. 6 de Junio de 1997.

### **3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO**

#### **3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados para elaborar el manual de procedimientos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém de la empresa APC EMCAR ESP en el municipio de Río de Oro se estableció un procedimiento en 3 fases.

En la primera fase se realizó la investigación bibliográfica de los procedimientos dentro de una planta de potabilización de agua, incluyendo la información actual dentro de la empresa. Seguidamente se procedió a la consulta de la normatividad vigente en Colombia respecto a los aspectos técnicos en la operación y mantenimiento de sistemas de acueducto y plantas de potabilización de agua.

La segunda fase correspondió a la verificación de la información recolectada por medio de observación directa a los procesos y unidades de tratamiento dentro de la Planta de tratamiento, así como el acompañamiento y supervisión del procedimiento operativo efectuado actualmente por los operarios. Se realizó una comparación descriptiva de los procedimientos realizados respecto a la normatividad técnica consultada en el presente trabajo, permitiendo la orientación de lineamientos para la elaboración del manual de operación y mantenimiento de equipos en la planta.

En una última fase, se elabora y se presenta el diseño del manual de procedimientos operativos para la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.

**3.1.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1.** Iniciando el procedimiento para el diagnóstico es necesario mencionar que el municipio de Río de Oro, de acuerdo a la resolución No. 864 de 18 de Octubre de 2005 emitida por CORPOCESAR, otorga a título de concesión a nombre del municipio de Río de Oro las aguas de la corriente denominada río de Oro con un caudal de 13.5 l/s en beneficio del Acueducto Municipal.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> **GERRERO, Yorgui Antonio.** Diagnóstico y formulación del procedimiento operativo en la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém en el municipio de Río de Oro (Cesar – Colombia). Ocaña. 2015. Trabajo de grado Ingeniería Ambiental. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. p. 27.

Lo anterior constituye la licencia de una de las dos fuentes de abastecimiento hídricas presentes actualmente en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém, ubicada en la vereda El Gitano. La segunda fuente de abastecimiento se encuentra ubicada en la vereda Tunja en donde se realiza la captación de la quebrada La Toma; no se ha podido establecer si existe una concesión de aguas para el uso y control de la fuente hídrica quebrada La Toma.<sup>16</sup>

En la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém se clasifican los sistemas presentes y sus respectivas unidades de tratamiento de acuerdo a las funciones de cada sistema. El análisis para el diagnóstico de cada sistema y unidad de tratamiento se basó en la inspección por observación directa durante el acompañamiento a la división técnico operativa de la planta, divididas en varias actividades de campo para la recolección de la información y el suministro de datos.

**Cuadro 3.** Clasificación de sistemas y unidades de tratamiento en la Planta de Tratamiento de Agua potable Jerusalém.

<b>SISTEMA</b>	<b>UNIDAD DE TRATAMIENTO</b>	<b>EQUIPO O INSTRUMENTO</b>
Captación	Presa – bocatoma – desarenador – línea de aducción.	Turbidímetro.
Clarificación	Mezcla rápida – Decantador vertical: Coagulación, Floculación, Decantación.	Dosificador de sulfato de aluminio – Ensayo de jarras.
Filtración	Filtros.	Filtros rápidos.
Cloración	Desinfección	Clorador – cilindro de cloro gaseoso – kit analizador.
Almacenamiento y distribución	Tanques de almacenamiento – red de distribución.	Macromedidores – bombas centrífugas.

**Fuente:** Pasante del proyecto.

<sup>16</sup> Optimización del sistema de acueducto de la zona Urbana del municipio mediante la construcción de la línea de conducción entre la fuente de captación del salobre y la planta de tratamiento de agua potable, municipio de Río de Oro - Cesar. p. 8, 9 y 10.

**3.1.1.1. Sistema de Captación.** La Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém se abastece de aguas provenientes de dos sistemas de captación por separado, uno ubicado en la vereda El Gitano de donde de captan aguas del río Río de Oro y otro en la vereda Tunja, de donde se captan aguas de la quebrada La Toma. Cada captación está conformada respectivamente por una presa, una bocatoma, un desarenador y se conduce el agua hasta la planta de tratamiento a través de una línea de aducción.

**Captación río Río de Oro.** Este sistema está conformado por la presa con su bocatoma y captación lateral, el desarenador y la línea de aducción hasta la planta de tratamiento. La Presa está construida en concreto con una longitud de 13.5 metros atravesando el flujo superficial del río, cumple óptimamente con la función de represar el río. Sin embargo, se pudo observar material de arrastre vegetal que se acumula antes de la captación generando una pérdida de energía superficial en el flujo hídrico.

El ingreso del agua al sistema se realiza a través de una bocatoma, no se presentan taponamientos que impidan su funcionamiento adecuado.

**Imagen 1.** Presa y bocatoma río Río de Oro.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

La bocatoma se encuentra ubicada a una cota promedio de 1250 msnm. Se pudo evidenciar que la bocatoma no opera de manera correcta debido a la falta de una rejilla superficial necesaria para evitar el paso de material de gran granulometría al desarenador, lo que ha permitido el ingreso del material de arrastre.

La captación lateral inmediata a la bocatoma no opera en condiciones óptimas debido a la falta de una rejilla que impida el acceso de material de arrastre a la tubería hacia el desarenador. Ésta estructura cuenta con una válvula para el paso del flujo captado por la tubería de acceso al desarenador y otra para la purga de fangos retenidos.

**Imagen 2.** Bocatoma y captación lateral sin rejillas.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

Aproximadamente a 25 metros río abajo de la estructura de captación se encuentra el desarenador. El agua captada realiza su ingreso a través de una tubería de 4 pulgadas en PVC RDE 21; a su llegada se encuentra una válvula de acceso al desarenador y una válvula bypass para el desvío del recorrido del caudal en el momento de realizar los respectivos mantenimientos. La estructura está construida en concreto reforzado con una geometría rectangular, posee dos unidades de sedimentación que retienen la arena y sólidos en suspensión en el agua, está encerrado por una malla de alambre y techo cumpliendo óptimamente la función de aislar al ingreso de malezas, pero se evidenció el no cumplimiento de las dimensiones adecuadas y de gestión del riesgo que permitan una mejor inspección y mantenimiento. El desarenador cumple su función de remover arenas del agua captada.

En la visita se observó la presencia de gran cantidad de material de arrastre superficial ocasionado por el movimiento de tierras provocado por precipitaciones, provocando taponamientos en las áreas destinadas para la purga de fangos del desarenador. (Ver Anexo 1)

**Imagen 3.** Desarenador y válvulas de acceso.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

El día 25 de Mayo se realizó el mantenimiento a esta estructura, pudiéndose evidenciar el ingreso de material de arrastre de gran granulometría, deficiencia provocada por la falta de rejillas retenedoras en la bocatoma y en la captación lateral. La estructura cuenta con una válvula central tipo sifón de la cual se evacúa el agua para dar paso a las actividades de mantenimiento y remoción de sólidos retenidos, se encuentra en evidente deterioro. (Ver Anexo 2).

**Imagen 4.** Mantenimiento del desarenador, material de arrastre de gran tamaño.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

Saliendo del desarenador, el agua es conducida hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém por gravedad a través de una línea de aducción constituida por una tubería de 8 pulgadas en PVC RDE 21 de aproximadamente 6.5 kilómetros de longitud, protegida parcialmente con un recubrimiento en concreto, lo largo de la cual se localizan 55 ventosas ubicadas estratégicamente para evacuar el aire dentro de la tubería de aducción y 7 válvulas en diferentes puntos de la línea para cerrar o abrir el paso del agua en las condiciones que sean requeridas.

El registro de la ubicación de las ventosas y válvulas de la línea de aducción se realizó con un dispositivo GPS con el fin de ubicar estratégicamente las coordenadas expuestas a conexiones ilegales, facilitando el acceso a la información para poder realizar inspecciones más eficaces. (Ver Anexo 3 y 4).

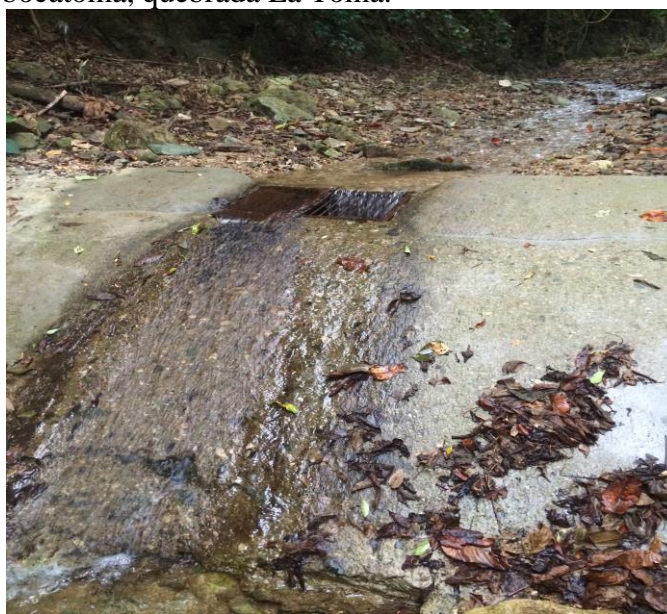
Durante la inspección a lo largo de la línea de aducción se evidenció la presencia de 48 ventosas operando en óptimas condiciones y otras 7 en mal estado presentando un funcionamiento deficiente, una debido al deterioro y otras 6 de éstas por la identificación de captaciones ilegales efectuadas clandestinamente y ocultas, haciendo difícil su detección y señalamiento de los actores responsables. Estas captaciones reducen significativamente el caudal de ingreso a la planta, representando un problema

fundamentalmente para el suministro de agua en condiciones climáticas de sequía. El diagnóstico de la visita fue informado a la gerencia de la empresa, la cual debe encargarse de elaborar el procedimiento para la desconexión de las tomas ilegales registradas. (Ver Anexo 5).

En su llegada a la planta, la tubería de aducción presenta una reducción de 8'' a 6'' con el fin de aumentar la velocidad hidráulica de aducción.

**Captación quebrada La Toma.** Está conformado por una presa construida en concreto ubicada transversal al flujo del caudal de la quebrada, una bocatoma ubicada a una cota promedio de 1454 msnm y que desempeña su función óptimamente con su respectiva rejilla de retención, un desarenador y la línea de aducción hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém.

**Imagen 5.** Presa y bocatoma, quebrada La Toma.



**Fuente:** Pasante del Proyecto.

A unos 100 metros abajo de la captación y en la parte izquierda del flujo superficial de la quebrada queda ubicado el desarenador. El agua captada ingresa a través de una tubería metálica de 3 pulgadas protegida por un recubrimiento en concreto. Construido en concreto de geometría rectangular, desempeña eficientemente la función de remoción de arenas y sólidos en suspensión; se encuentra encerrado por una malla y techo que cumplen



la función de evitar el ingreso de malezas al sistema. Posee una válvula para la purga de los fangos retenidos en el proceso de mantenimiento.

**Imagen 6.** Desarenador quebrada La Toma.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

El agua es conducida desde el desarenador hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém a través de una tubería de 6 pulgadas en PVC RDE 21 con una longitud promedio de 7 kilómetros a lo largo de la cual se ubican 22 ventosas operando correctamente. En la inspección se pudo evidenciar algunas longitudes de tubería expuestas a la intemperie, hallazgo que fue comunicado a la gerencia de la empresa para la prevención del riesgo al respecto. (Ver Anexo 6).

En su llegada a la planta, la tubería de aducción presenta una reducción de 6'' a 4'' con el fin de aumentar la velocidad hidráulica de aducción.

El anterior análisis al sistema de captación finaliza haciendo mención a la falta de formatos y registros específicos que garantizan la calidad de la gestión del mantenimiento realizado a las unidades de tratamiento del sistema de captación.

### 3.1.1.2 Sistema de Clarificación.

Está constituido por una planta compacta tipo Pulsator a sifón de decantación vertical fabricada en el año 1980 por la firma Degremont S.A., con un caudal de diseño de 18 l/s, en donde se realizan simultáneamente los procesos de mezcla rápida, coagulación, floculación y decantación de flóculos suspendidos. La planta recibe los caudales provenientes de los dos sistemas de captación presentes en donde, a su ingreso, está precedida por dos macro medidores encargados de registrar los caudales totales de entrada hacia la unidad de tratamiento.

**Imagen 7.** Planta compacta. Macro medidores de entrada.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

El agua ingresa a la planta desde su recepción en la parte superior, realizando pulsaciones para el ingreso a la misma con el coagulante ya agregado. La mezcla desciende por una tubería central y comienza a ascender llenando el tanque lentamente para hacer efectiva el proceso de decantación de sedimentos. En su interior se encuentra una capa compuesta por una serie de sedimentadores en forma de panal de abeja (orificio hexagonal) con la función de retener los flóculos coagulados del agua para hacer más eficiente el proceso de sedimentación. La planta posee 2 válvulas para purga de fangos superiores y otras 2

válvulas para purga de fangos inferiores. Esto es, con el fin de garantizar siempre la presencia de un manto de fango en el fondo de la planta, el cual hace la función de polo positivo para hacer más eficiente la decantación de flóculos, atrayendo eléctricamente las partículas suspendidas en el agua durante el proceso.

Para que el proceso de decantación sea considerado eficiente es necesario que la velocidad del agua en ascenso dentro del sistema sea menor que la velocidad de caída de los flóculos suspendidos en el agua. Se pudo evidenciar durante la inspección el no funcionamiento óptimo del sistema de decantación debido al mal estado de los sedimentadores de geometría hexagonal, elementos determinantes para la retención de flóculos, los cuales permiten en algunas ocasiones el paso de éstos y posteriormente dejándolos pasar a los sistemas de filtración, condición desfavorable que advierte la necesidad de un reemplazo inmediato de los sedimentadores para garantizar la correcta operación de la planta.

Es por lo anterior que el clarificador se encuentra operando con caudales de ingreso mucho menores al caudal de diseño; en épocas de sequía cuando el agua llega con poca turbiedad la planta opera con caudales alrededor de los 50 m<sup>3</sup>/h sin ningún inconveniente para el proceso de clarificación. Pero en épocas de invierno el agua llega con alta turbiedad, lo cual representa para la operación de la planta la disminución del caudal de entrada alrededor de 40 a 45 m<sup>3</sup>/h, esto con el fin de garantizar la retención de material suspendido en el agua durante el proceso de clarificación.

También debe mencionarse que la planta se encuentra expuesta a cielo abierto; el cambio de temperatura del agua durante las horas del día hace que varíen las condiciones físicas para que sea eficiente la decantación de sedimentos, produciendo en horas de alta temperatura y por la regulación inadecuada del caudal óptimo de entrada, la presencia de remolinos que permiten el excesivo paso de flóculos hacia la parte superior del sistema, por lo cual se evidencia la necesidad de un techo que cubra en su totalidad el sistema de clarificación, con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo del proceso a temperatura constante durante las 24 horas del día.

En su parte superior, el agua sale del sistema de clarificación por medio de una tubería en forma de flauta, pasando luego al sistema de filtración. No se cuenta actualmente con formatos adecuados para los registros de operación de la planta, registros de lavados y mantenimiento.

**Imagen 8.** Parte superior del sistema de clarificación. Tubería en forma de flauta y vista de sedimentadores en mal estado.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

La mezcla rápida consiste en la dosificación de sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , agente coagulante que desestabiliza eléctricamente las partículas suspendidas en el agua, facilitando la formación de flóculos para posteriormente ser decantados. El coagulante primero es mezclado con agua en un tanque con un movimiento de accionamiento mecánico conformado por un motor acoplado a un eje con un aspa, con el fin de homogeneizar adecuadamente la mezcla. Luego es bombeado por el equipo dosificador a través de una tubería de 1 pulgada acoplada a una manquera hasta la cámara de mezcla rápida ubicada justo antes de la entrada superior hacia la planta. No se tienen especificaciones técnicas del equipo de dosificación.

Durante la inspección al funcionamiento y operación de la unidad de dosificación se pudo evidenciar el no funcionamiento óptimo de este sistema debido al deterioro de la unidad dosificadora y a que la dosis de coagulante se realiza de manera empírica, no hay registros de las dosis adecuadas; no está actualmente en funcionamiento el ensayo de jarras, práctica fundamental que garantiza la correcta dosis de coagulante dependiendo de la turbiedad del agua en su llegada a la planta.

La planta utiliza como coagulante Sulfato de Aluminio tipo B, con una concentración de 15.2% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 2% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y otro 8% de material insoluble. El químico es almacenado

de forma aislada y protegida en el almacén de las instalaciones de la planta, pero no se cuenta con formatos que registren el ingreso y consumo de insumos químicos, lo que representa una inadecuada gestión de los recursos presentes en la planta. (Ver Anexo 7).

**Imagen 9.** Equipo para la dosificación de Sulfato de Aluminio. Cámara de mezcla rápida.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

### 3.1.1.3 Sistema de filtración.

Está conformado por tres unidades de filtración rápida de flujo descendente con lechos de arena, grava y antracita, proporcionados en el año 1981 por la firma licenciataria Depurar Ltda. (Degremont S.A.); cada unidad posee las siguientes especificaciones técnicas: Presión de diseño 75 psi, presión de trabajo 6 psi, caudal máximo de funcionamiento de 24 m<sup>3</sup>/h, peso total en vacío de 400 Kg y un peso total en funcionamiento de 6600 Kg. Cada filtro cuenta con una válvula para la entrada y cierre a la entrada del sistema, una válvula para purga de fangos y otra para la purga de aire del sistema. Se cuenta con dos manómetros a la entrada y salida del sistema para el registro las presiones de las unidades de filtración, los cuales normalmente marcan 4 psi para el ingreso y 3.5 psi para la salida,

registro que se encuentra dentro de las condiciones óptimas de funcionamiento del sistema.

**Imagen 10.** Unidades de filtración.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

No existen registros de verificación del interior de las unidades de filtración ni de mantenimientos realizados a estas unidades, por lo cual fue necesario realizar una inspección al interior de uno de los filtros con el fin de identificar el material utilizado en los lechos filtrantes y las condiciones de funcionamiento actual del sistema.

Durante la inspección se pudo verificar el mal estado al interior de las unidades filtrantes debido al largo periodo de tiempo sin realización de mantenimientos. Se pudo identificar el material utilizado para los lechos filtrantes y las cantidades adecuadas de suministro las cuales, en su orden ascendente, corresponden para cada filtro las cantidades de  $0.76 \text{ m}^3$  de grava,  $0.5 \text{ m}^3$  de gravilla (grava de fina granulometría),  $0.38 \text{ m}^3$  de arena gruesa (también denominada torpedo) y en su lecho superior  $0.5 \text{ m}^3$  de antracita.

**Imagen 11.** Inspección al interior de filtros. Material removido desde el interior de filtros.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

También se hizo la corrección de una válvula en mal estado y un taponamiento dentro de la tubería de aducción hacia el filtro No. 3 provocado por un plástico que había ingresado a la tubería. El procedimiento consistió en realizar un corte a la tubería, remover el plástico que obstruía la tubería y posteriormente el sellado de la ruptura con soldadura revestimiento con pintura anticorrosiva. (Ver Anexo 8).

#### **3.1.1.4 Sistema de cloración.**

Está conformado por un clorador SIEMENS E 10 K que realiza la dosificación del desinfectante acoplándose a un cilindro de cloro gaseoso ( $\text{Cl}_2$ ). Las especificaciones del equipo son: operación sónica, para varias capacidades, rotámetro desmontable, interconstruido, no aislado.

**Imagen 12.** Sistema de cloración. Vista detallada del clorador.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

Durante la inspección al sistema de cloración se pudo evidenciar el funcionamiento adecuado del sistema por medio gaseoso. El operario utiliza las prendas de seguridad necesarias para la manipulación del sistema, el flujo de cloro gaseoso es regulado desde el rotámetro del clorador de acuerdo a las especificaciones recomendadas por el microbiólogo de la empresa, el cloro se mezcla directamente en una cámara de mezcla acoplada a una bomba centrífuga que distribuye la mezcla hasta la tubería que se dirige hacia los tanques de almacenamiento.

Cuando el cloro del cilindro se acaba, no hay un método para el reemplazo de éste inmediatamente, por lo tanto mientras se realiza el procedimiento de recarga del tanque de cloro se recurre a la desinfección del agua por medio de la dosificación de hipoclorito de calcio granulado, elemento para lo cual no se cuenta con un equipo para la correcta dosificación; esta operación se realiza por medio de la dilución del hipoclorito en un tanque con agua y el suministro de la mezcla se realiza por un sistema de grifo al tanteo hacia el interior de los tanques de almacenamiento.



**Imagen 13.** Suministro de hipoclorito de calcio granulado al sistema de almacenamiento.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

#### **3.1.1.5 Sistema de almacenamiento y distribución.**

Está conformado por cuatro tanques de almacenamiento para el agua tratada enumerados respectivamente, construidos en concreto. Durante la inspección al sistema de almacenamiento se evidenció a la falta de información respecto a las capacidades volumétricas de los tanques, por lo cual se procedió a la medición y verificación de las medidas de los tanques para comprobar las capacidades reales de almacenamiento, las cuales dieron como resultado: 250 m<sup>3</sup> para el tanque No. 1, 189.2 m<sup>3</sup> para el tanque No. 2, 182.2 m<sup>3</sup> para el tanque No. 3 y 119.3 m<sup>3</sup> para el tanque No. 4.

Cada tanque de almacenamiento posee interconexiones de tuberías con válvulas para el control del suministro y distribución del líquido tratado, cada uno posee sistema de rebosadero y de evacuación del líquido para los respectivos lavados y mantenimiento, así como también se cuenta con un sistema para la circulación del aire dentro de cada tanque.

**Imagen 14.** Tanque de almacenamiento No.1, rebose y sistema de circulación de aire.



**Fuente.** Pasante del proyecto.

En la inspección a los tanques de almacenamiento se pudo evidenciar que no hay un sistema adecuado para la identificación del nivel de agua presente, los operarios se rigen a través de unos anillos de tipo cala pié para la revisión del volumen de agua de cada tanque.

Es debido mencionar que CORPOCESAR realizó la donación de seis tanques de almacenamiento con capacidad de 10.000 litros y un tanque con 20.000 litros de capacidad, fabricados por la empresa COLEMPAQUES; estos tanques están previstos para el almacenamiento de aguas tratadas durante planes de contingencia, pero aún no se han establecido la ubicación y la gestión para la operación de éstos. (Ver Anexo 9).

El tanque No. 4 fue construido en una cota superior a la superficie de la planta y a una distancia de 60 metros aproximadamente de separación respecto a las instalaciones, con el fin de dar suministro a las poblaciones ubicadas en condiciones críticas de altitud. Es por eso que el llenado de este tanque se realiza por medio de dos bombas centrífugas ubicadas a la salida del tanque No. 3, cada bomba acoplada a un motor trifásico de inducción de alta eficiencia SIEMENS, con una potencia de 10 HP, conectados a una red trifásica a 220 V, con una eficiencia nominal alrededor de 89.5%. Cada bomba posee válvula para el control del flujo a la entrada y a la salida; las bombas realizan el proceso de llenado desde el tanque No. 3 hacia el tanque No. 4 en un periodo de duración de 5.5 horas, dos veces a la semana.

**Imagen 15.** Bombas centrífugas.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

El agua almacenada sale de la planta hacia la red de distribución precedido por 3 macro medidores de salida; uno para medir el caudal consumido por el barrio Los Rosales, otro acoplado al tanque No. 4 para medir los caudales consumidos por los barrios ubicados en alturas críticas (El faro y Cerro de la Cruz) y un último macro medidor destinado a la medición de los caudales consumidos por la población restante. No existen registros de calibración de macro medidores, por lo cual se deduce el no funcionamiento óptimo de estos equipos de medición.

**Imagen 16.** Macro medidores de salida.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

Durante los dos meses de trabajo transcurrido de pasantías se llevó un registro de los caudales totales provenientes de las líneas de aducción pertenecientes a la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém y de los caudales consumidos por la red de distribución, en los cuales se suman los caudales de entrada y de salida cada día del mes obteniendo una gráfica que muestra la comparativa de los caudales de entrada totales respecto a los caudales totales consumidos por la población.

La varianza de estos datos ( $\Delta$  Entrada-Salida) representa caudales de agua tratada almacenada en los tanques de almacenamiento dentro de la planta y también las posibles pérdidas de agua tratada aún no identificadas. (Ver anexo 10).

El diagnóstico finaliza haciendo mención a las modificaciones realizadas durante las últimas semanas del trabajo de pasantías dentro de la división operativa en la planta de tratamiento. Las variables corresponden a mejoras respecto a la dotación de equipos e instrumentos, instalación y puesta en marcha de dispositivos y la aplicación de un plan de contingencia para las épocas de sequía.

**3.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2.** Para poder establecer los lineamientos necesarios para la operación y gestión de las acciones de mantenimiento dentro de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém primero se procedió a la revisión bibliográfica de la documentación presente respecto a la operación y planes de mantenimiento dentro de la planta, en lo cual se observó la insuficiencia de documentación base que garantice la veracidad y seguimiento de correctos procedimientos operativos realizados por los operarios.

Seguidamente, se procedió a la consulta de la normatividad colombiana que establece los procedimientos en la gestión de sistemas de acueducto, haciendo especial mención a documentos citados como el código colombiano de fontanería, el reglamento para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000 y el programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico dirigido por el Ministerio de Desarrollo Económico junto al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Estas bibliografías determinaron los preceptos que se utilizaron para la descripción de los procedimientos operativos y de mantenimiento dentro de la redacción del manual.

Al comparar los procedimientos dentro de la Planta de Tratamiento de agua potable Jerusalém respecto a la normatividad vigente, se pudo evidenciar el dosificación y manipulación de químicos (Sulfato de aluminio e hipoclorito de calcio); la dosificación se realiza al tanteo de manera empírica, no existe dentro de la planta un equipo dosificador que cumpla las normativas de calibración establecidas por los textos consultados.

La gerencia de la empresa acató las recomendaciones realizadas respecto a la instrumentación de equipos en la empresa, de lo cual resolvió la compra de un dosificador para la dilución de sulfato de aluminio, indispensable para garantizar el correcto suministro del coagulante al proceso de clarificación. También se realizó un cambio en la calidad del coagulante utilizado en el proceso por un sulfato de aluminio de mejor calidad, con el 16% de concentración, con el fin de optimizar el proceso de clarificación con una dosificación menor de químico que la anteriormente aplicada (Ver Anexo 11). El dosificador se instaló y actualmente se mantiene operando bien de manera continua.

Se establecieron estratégicamente las ubicaciones para los tanques donados por CORPOCESAR, instalados en cada uno de los barrios del municipio en lugares óptimos para que los pobladores de cada localidad puedan acceder al recurso hídrico, principalmente en tiempos de sequía, en donde es inevitable el racionamiento del servicio de agua potable (Ver Anexo 12).

También se mejoró la dotación de equipos de laboratorio para la medición de parámetros específicos como la turbiedad, el color y el pH de las muestras (Ver Anexo 13). No se

cuenta aún con el ensayo de jarras, elemento indispensable para garantizar la correcta cantidad de suministro de coagulante al proceso.

Al trabajo se anexa los resultados de las pruebas microbiológicas realizadas durante el período de pasantías. Además, se presentan los formatos de inspección y de mantenimiento para cada sistema. (Ver Anexos 14 y 15).

**3.1.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.** Para dar cumplimiento al tercer objetivo, se presenta el diseño del manual de operaciones elaborado de acuerdo a los lineamientos consultados en la bibliografía citada en el trabajo. Así también, se presenta el diseño de formatos específicos que garanticen el correcto manejo de la información para la toma de decisiones respecto a la operación y gestión mantenimiento de las unidades de tratamiento dentro de la planta.

## **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM**

El presente manual corresponde a un conjunto de instructivos que se sugieren para el adecuado manejo de las unidades de tratamiento presentes dentro de la planta. Se realizan recomendaciones para la adecuada gestión del mantenimiento, recolección y manejo de la información para la toma de decisiones, como base para la capacitación de los operarios. Se define el sistema, unidades de tratamiento dentro de cada sistema, instrumentos, control en la operación e instructivo para el mantenimiento.

### **SISTEMA DE CAPTACIÓN**

Está compuesta por las unidades de tratamiento: Presa, bocatoma, desarenador y línea de aducción. Se direcciona el procedimiento para ambos sistemas de captación pertinentes a la Planta de Tratamiento Jerusalém (río de Oro y quebrada La Toma).

- **Presa, Bocatoma y Desarenador:** Realizar visitas de inspección cada 15 días. La ejecución del procedimiento está soportada por el protocolo presentado en el formato de inspección al sistema de captación. Realizar un registro fotográfico de cada visita.

- **Línea de Aducción:** Revisar el trayecto de la tubería de aducción hasta la planta de tratamiento cada 30 días. El protocolo de inspección está fundamentado por el formato de inspección a la línea de aducción presentado en el trabajo. Realizar un registro fotográfico a la visita.

### **INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN**

Las labores de mantenimiento cada uno de los sistemas de captación será determinado por los resultados de la inspecciones realizadas, en donde se determinará el momento para la intervención a las unidades de tratamiento.

- **Bocatoma y cámara de succión lateral:**

- Desviar parcialmente el cauce del río en la entrada a la bocatoma, usando para esto sacos llenos de arena superpuestos para desviar la dirección del caudal.
- Remover con una pala o espátula la arena sedimentada en el interior de la bocatoma.
- Remover con una pala el material de arrastre acumulado en la estructura de succión lateral.

**Imagen 17.** Desvío parcial del caudal.



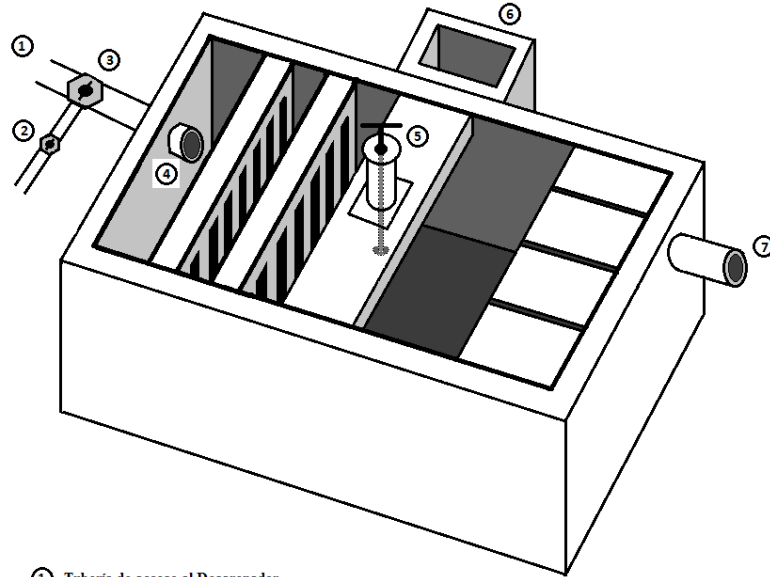
**Fuente:** Pasante del proyecto.

**- Desarenador:**

- Abrir la válvula de desvío (bypass) (2) y cerrar aproximadamente en un 90% la válvula de ingreso principal al desarenador (3). Debe dejarse un leve caudal de paso en la entrada para los posteriores enjuagues.
- Seguidamente, accionar la válvula de evacuación central del desarenador. (Para el desarenador de la captación en la quebrada La Toma, la válvula de evacuación se ubica lateralmente a la estructura).
- Esperar y revisar la evacuación total del agua.
- Remover completamente con una pala el material acumulado en las unidades de retención (1) y en el fondo del desarenador.
- Ya libre de lodos, limpiar las paredes interiores y el piso del desarenador con la ayuda de cepillos y el poco caudal que esté ingresando.
- Limpia la estructura, cerrar con presión la llave de evacuación central.
- Por último, abrir completamente la válvula de ingreso al desarenador (3) y respectivamente cerrar la válvula de desvío (2).
- Dejar llenar y verificar la operación normal de la unidad.



**Figura 2.** Desarenador.



- ① Tubería de acceso al Desarenador
- ② Bypass
- ③ Válvula de acceso al Desarenador
- ④ Unidades de retención primaria de lodos
- ⑤ Accionador Válvula de Evacuación
- ⑥ Zona para Purga de Lodos
- ⑦ Salida hacia tubería de aducción

**Fuente:** Pasante del Proyecto.

Se sugieren realizar las labores de mantenimiento del sistema de captación de acuerdo a las condiciones climáticas del año. En los meses de sequía se recomienda realizar el mantenimiento en períodos de no más de 60 días. Para los meses de invierno se recomienda el mantenimiento propuesto en períodos no más de 30 días.

- **Línea de aducción:** Las actividades para el mantenimiento de la línea de aducción se determinarán de acuerdo a la verificación de la información obtenida en las rutinas de visitas de campo y registro en el formato de inspección, en donde se tomarán decisiones respecto al mantenimiento o cambio de válvulas y ventosas, desconexión de tomas ilegales, purga de aire en la tubería, reparación de grietas en los recubrimientos de concreto, reacomodación de tierras en caso de deslizamientos y recubrimiento de tubería expuesta.

## **INSTRUMENTOS:**

- **Turbidímetro:** Es el equipo utilizado para medir la resistencia del agua al paso de la luz debido a las partículas en suspensión presentes en el agua, capaces de dispersar la luz. Esta propiedad se mide en unidades Nefelométricas de turbidez (NTU). La manipulación de este instrumento depende de las recomendaciones e instrucciones trazadas por el fabricante para el análisis de muestras, especificadas en el respectivo manual de funcionamiento. Los resultados de los análisis deberán ser anotados en los formatos ya existentes para el control en los procedimientos dentro de la planta. La recomendación para plantas de tratamiento de agua potable es que los resultados de las pruebas de turbiedad deben mantenerse en  $NTU \leq 1$ .

**Imagen 18.** Test en turbidímetro digital.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

## **SISTEMA DE CLARIFICACIÓN**

La conforman las unidades de tratamiento: cámara de mezcla rápida y decantador vertical (donde se realizan simultáneamente los procesos de coagulación, floculación y decantación). Se definen los lineamientos para la operación y mantenimiento del sistema.

- **Mezcla rápida:** este proceso viene precedido de la dilución y agitación primaria del coagulante y agua, para su posterior bombeo a través del dosificador hasta la cámara de mezcla rápida. El control en la operación de esta unidad de tratamiento consiste en la verificación y control del tiempo y funcionamiento de la manguera conectada a la cámara de mezcla, con el fin de evitar taponamientos debidos la adhesión del químico a la pared interior de la manguera.

- **Decantador vertical:** Las actividades para la operación del decantador vertical están determinadas principalmente por la regulación del caudal de entrada al sistema de clarificación, para lo cual el operario debe identificar el caudal óptimo de entrada de acuerdo a la cantidad y turbiedad del agua captada, para lo que se sugieren inspecciones rutinarias cada hora de los registros de caudal a la entrada del sistema, llenando el respectivo formato de caudales y verificando en el interior del clarificador la correcta operación de las pulsaciones de la mezcla a la entrada y la disipación de remolinos que puedan inducir el paso de flóculos a la parte superior del clarificador (acceso a flautas). Idealmente, los flóculos deben quedar retenidos en los sedimentadores, o a una cota menor que las flautas de captación en la superficie del sistema.

El caudal ideal para el sistema se identificó de acuerdo al diagnóstico actual, el cual está entre 40 y 50 m<sup>3</sup>/h. En época de sequía cuando el agua llega con muy poca turbiedad, el caudal de entrada puede ser ideal en el proceso de decantación para 60 m<sup>3</sup>/h. Para tal caso, la inspección a la entrada del sistema debe ser cada hora con el fin de verificar visualmente la turbiedad y color aparente del agua y tomar decisiones respecto a la regulación del caudal de entrada.

Debe procurarse mantener un caudal regular a la entrada del sistema con el fin de evitar la formación de remolinos. La purga de fangos de la planta debe coordinarse de acuerdo a las recomendaciones del coordinador del área operativa, precedidas por los resultados definidos en el muestreo de lodos.

La adición del coagulante al proceso de clarificación está precedido por los resultados obtenidos en el ensayo de jarras.

- **Ensayo de Jarras:** Se describe el procedimiento en general de la prueba de jarras para determinar la dosis óptima del coagulante. El ensayo debe realizarse cada dos horas para las muestras de agua cruda entrantes a la planta.

Existen diversos equipos para efectuar el ensayo de jarras. Generalmente, la instrumentación necesaria consiste en un agitador mecánico de varias paletas y vasos de precipitado, idealmente de 1 litro. Además, debe contarse con los siguientes elementos:

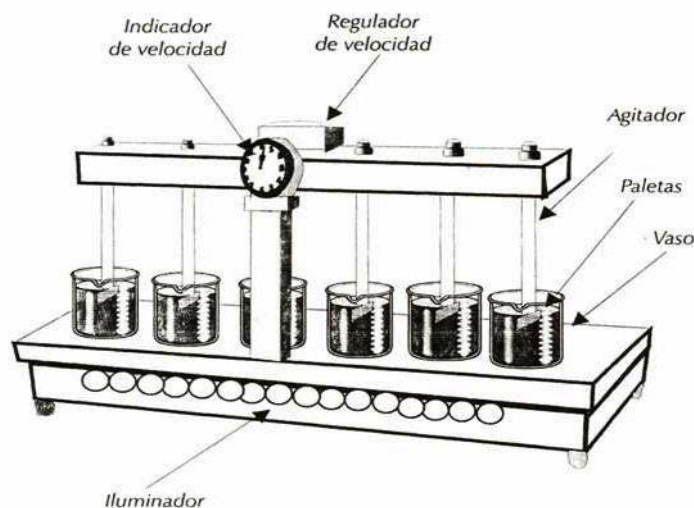
Un cronómetro, probeta de 1000 ml, balanza de precisión de 0.1 gr a 100 gr, espátulas, jeringas desechables, dos pipetas graduadas.

Solución de muestra: Debe prepararse todos los días una solución de un litro de agua clarificada y 10 gr de coagulante (sulfato de aluminio). De tal manera se obtiene una solución con 10.000 ppm (1% de concentración de alumbre), solución adecuada para garantizar cuantitativamente la adición de la mezcla a al ensayo, teniendo en cuenta que para cada mililitro de solución existen 10 mg del coagulante.

El procedimiento para el ensayo se describe a continuación:

- Inicialmente, a una muestra de agua cruda se le deben medir el pH, color y turbiedad. Anotar en el formato correspondiente. Seguido a esto, se deben llenar por lo menos 4 vasos de precipitado con un litro de agua cruda cada una para la disposición del ensayo de jarras, introducir las paletas del dispositivo dentro de cada vaso de manera que estén bien centradas.

**Figura 3.** Ensayo de Jarras.



**Fuente:** Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua – SENA.

- Ya con los vasos en posición, con una pipeta graduada dosifique la solución preparada para cada vaso las cantidades, respectivamente, 10 mg/l (1 ml de solución), 20 mg/l (2 ml), 30 mg/l (3 ml) y 4 mg/l (4 ml). Si el equipo para el ensayo de jarras tiene la capacidad para más probetas, continuar con la dosificación a los vasos restantes de acuerdo al seguimiento anterior.

- Activar la rotación de las paletas. Graduar el equipo inicialmente a 100 rpm, durante un minuto.
- Al cabo de un minuto, reducir la velocidad de rotación hasta 40 rpm y dejar actuar por 19 minutos. Luego de este tiempo los flocs se forman y se pueden apreciar.
- Pasado el tiempo anterior apague la rotación del equipo, retire las paletas de los vasos y espere 20 minutos observando la clarificación en cada vaso y la sedimentación de los flocs.
- Transcurrido el tiempo, analizar muestras de cada vaso y determinar el pH, color y turbiedad.

**DÓISIS ÓPTIMA:** será aquella a la cual el resultado del ensayo obtenga un floc bien acondicionado con peso mayor y que sedimenta rápidamente y, en su defecto, la muestra que arroje el menor valor de turbiedad y el menor color.

Los valores obtenidos en el ensayo para el pH deben estar en el rango de 7 a 7.4, y para la prueba de cloro residual en promedio el resultado debe estar en 1.5.

Recomendaciones para un ensayo de jarras óptimo:

- 1) La solución debe prepararse todos los días. Realizar ensayos con soluciones añejas no arrojará resultados concisos para la dosificación.
- 2) Medir los volúmenes cuidadosamente.
- 3) Realizar la prueba a la misma temperatura del agua de la planta de tratamiento.
- 4) Los vasos para las muestras deben lavarse previamente con la misma agua que va a realizarse el ensayo.

Teniendo ya los resultados de la dosis óptima obtenidos en la prueba de jarras se procede a la calibración del dosificador, el cual en sus condiciones de operación se determina la cantidad de solución a dosificar a todo el sistema de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Descarga (gr/min)} = \frac{Q \cdot n}{T}$$

Siendo,

Q = último caudal de ingreso registrado (m<sup>3</sup>/día).

n = Dosis óptima obtenida en el ensayo de jarras (gr/m<sup>3</sup>).

T = 1440 (min). Esto equivale a un día contado en minutos.

Las actividades de operación para la dosificación de coagulante corresponden inicialmente al cálculo de la cantidad a dosificar a todo el caudal del sistema, la calibración del

dosificador para la descarga calculada (el cual debe establecerse de acuerdo al protocolo del manual de instrucciones), preparación de la solución a bombear por el dosificador e inspecciones periódicas al funcionamiento del dosificador.

El mezclador mecánico para la agitación de la solución a bombear por el dosificador, se recomienda activar la agitación cada 10 minutos por un lapso de un minuto, con el fin de garantizar la homogeneidad de la mezcla para evitar taponamientos en la unidad de mezcla rápida.

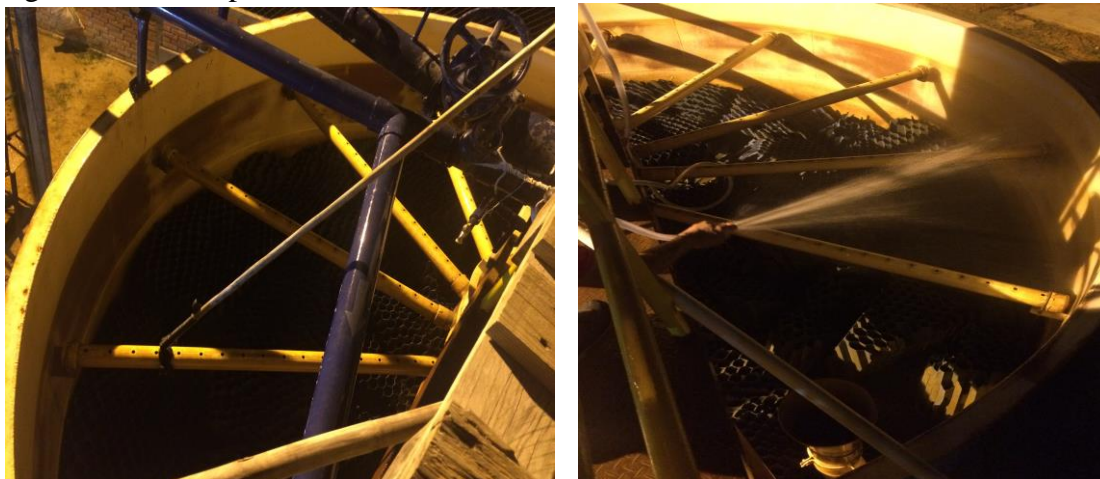
## **INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CLARIFICACIÓN**

Se tienen en cuenta dos procedimientos: lavado parcial y mantenimiento general del sistema.

- **Lavado Parcial:** Este procedimiento debe realizarse cada ocho días, teniendo en cuenta los registros del respectivo formato presente en la planta.

- Cerrar totalmente las válvulas de caudal de ingreso a la planta.
- Seguidamente se debe accionar la válvula para purga de fangos superior de la planta, hasta que el nivel del agua haya bajado hasta justo debajo de los sedimentadores.
- Cerrar la purga.
- Inmediatamente se procede a las actividades de lavado, las cuales consisten inicialmente en la remoción de cúmulos de flóculos en los sedimentadores, aplicándoles agua a presión por medio de una manguera para aprovechar la fuerza y velocidad hidráulica.
- Prosigue el cepillado de las paredes del clarificador y el sistema de recolección en forma de flauta adicionando hipoclorito de calcio diluido, con el fin de eliminar microorganismos patógenos y algas formadas dentro del sistema.
- Luego debe lavarse nuevamente con agua a presión, procurando limpiar las superficies cepilladas.
- Por último, es necesario restablecer el caudal de entrada en un máximo posible con el fin de llenar por completo el interior de la planta, de modo que el agua fluya por el rebose. Esto es para que las partículas que se han liberado de los sedimentadores y las adiciones de hipoclorito de calcio se evacúen del sistema, dejando las partes libres de estos.
- Verificar la evacuación total de impurezas (si es necesario se debe agitar el agua con una paleta para garantizar la evacuación de impurezas por el rebose). Luego de esto, regular nuevamente el caudal hasta el nivel óptimo de ingreso.

Imagen 19. Lavado parcial del Clarificador.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

- **Mantenimiento general del Clarificador:** Se recomienda realizarse este procedimiento una vez cada año, teniendo en cuenta el registro del formato de mantenimiento presente en la planta.

- Cerrar totalmente las válvulas de caudal de ingreso a la planta.
- Seguidamente se debe accionar las válvulas para purga de fangos de la planta, hasta que el nivel del agua haya bajado en su totalidad (evacuación total).
- Cuidadosamente retirar los sedimentadores para obtener un espacio de ingreso al interior del clarificador.
- Ingresar una escalera a través del espacio entre los sedimentadores.
- Cuidadosamente ingresar al interior de la planta. Para esta labor es recomendable el uso del equipo de dotación de seguridad para gases proporcionado por la empresa.
- Adentro del clarificador inicialmente se procede a la remoción de lodos en el fondo de la planta y en las tolvas de decantación, las cuales tienen una inclinación óptima para la decantación de 45°.
- Luego de remover el lodo en su totalidad se procede a la verificación de la tubería interna del clarificador: identificación de fugas, taponamientos y grietas. Identificando alguno de estos factores se procede a la corrección de la falla presentada.
- Seguidamente se debe lavar el interior del clarificador con una dilución de agua e hipoclorito de calcio. Para esto utilizar cepillos para limpiar las paredes, tolvas, tuberías y sedimentadores dentro del sistema.
- Luego, lavar con agua a presión todo el sistema en su interior, verificando que queden limpias todas las unidades de tratamiento.

- Salir del interior del clarificador. Retirar escalera y elementos ingresados verificando que no quede nada adentro.
- Cerrar la abertura hecha entre los sedimentadores.
- Por último, es necesario restablecer el caudal de entrada en un máximo posible con el fin de llenar por completo el interior de la planta, de modo que el agua fluya por el rebose. Esto es para que las partículas que se han liberado de los sedimentadores y las adiciones de hipoclorito de calcio se evacúen del sistema, dejando las partes libres de estos.
- Verificar la evacuación total de impurezas (si es necesario se debe agitar el agua con una paleta para garantizar la evacuación de impurezas por el rebose). Luego de esto, regular nuevamente el caudal hasta el nivel óptimo de ingreso.

**Imagen 20.** Mantenimiento general al Clarificador.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

- **Dosificador de sulfato de aluminio:** Está orientado específicamente al manejo del aparato.

- Diariamente debe verificarse las condiciones de funcionamiento, condiciones eléctricas del motor, registro de vibraciones y estabilidad del funcionamiento, inspección al estado de las conexiones y chequeo a recalentamientos.
- Semanalmente se debe hacer limpieza y lubricación a las partes del aparato, pruebas de aislamiento, y comprobación de las condiciones generales de funcionamiento.
- Anualmente, se debe realizar un desmontaje y revisión completa del dosificador, cambio de todas las partes defectuosas y protección con pintura anticorrosiva, desmontaje completo del motor, limpieza e inspección del diafragma del aparato, secado del embobinado y cambio de grasa de los rodamientos.



## SISTEMA DE FILTRACIÓN

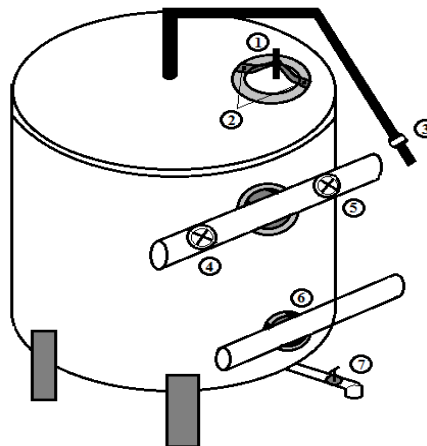
Está conformado por las unidades de filtración rápida y las válvulas y tuberías del sistema. Se direcciona el protocolo para la operación y mantenimiento del sistema.

- **Filtros rápidos:** La operación de estas unidades de tratamiento están fundamentadas en el control de la presión del sistema y las actividades para el retro lavado de los filtros.

Se sugiere una inspección de las presiones marcadas por los manómetros cada dos horas llevando el registro presente en la empresa para la anotación de estos datos.

Se define el procedimiento para el retro lavado de filtros. Debe realizarse el protocolo para cada filtro, simultáneamente, cada 8 horas.

**Figura 4.** Ilustración del filtro rápido.



- ① Tapa. Acceso al interior del filtro.
- ② Tornillos de ajuste.
- ③ Válvula purga de aire.
- ④ Válvula de Entrada.
- ⑤ Válvula de Salida.
- ⑥ Salida de Filtro.
- ⑦ Válvula purga de lodos.

- Primero debe cerrarse la válvula central de paso, ubicada a la salida del filtro 3.
- Se abre la purga de aire (3).

- Se cierra la válvula (4) y se abre la válvula (5).
- Esperar uno minutos hasta que el filtro complete el lavado. Se verifica la salida de agua hasta que salga incolora.
- Luego, cerrar la válvula (5) y abrir la válvula (4).
- Cerrar la purga de aire (3).
- Realizar el procedimiento con los otros dos filtros restantes.
- Por último, abrir la llave de paso central a la salida del filtro 3.

Las válvulas se deben abrir y cerrar lentamente para prevenir el golpe de ariete. No se debe permitir el cierre forzado de válvulas para evitar que se peguen.

## **INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN**

La rutina de mantenimiento general del sistema de filtración debe realizarse a cada filtro en un periodo no mayor a 5 años.

- Primero, cerrar la válvula compuerta central ubicada a la salida del filtro 3.
- Se abre la purga de aire (3).
- Se cierra la válvula (4) y se abre la válvula (5).
- Se debe abrir la purga de lodos y dejar evacuar (7).
- Abrir cuidadosamente la tapa (1). Para esto utilizar la herramienta correspondiente a las tuercas de la tapa.
- Remover con la ayuda de una pala la totalidad del material filtrante al interior del filtro.
- Lavar el interior del filtro con hipoclorito de calcio diluido en agua, si es posible con un cepillo y lavar los excedentes.
- Rellenar el interior con el lecho de filtración nuevo.
- Cerrar la tapa y apretar los sujetadores (1).
- Cerrar la purga de lodos (7).
- Luego, cerrar la válvula (5) y abrir la válvula (4).
- Por último, cerrar la purga de aire (3)
- Repetir el procedimiento para las unidades de filtración restantes.

## SISTEMA DE CLORACIÓN

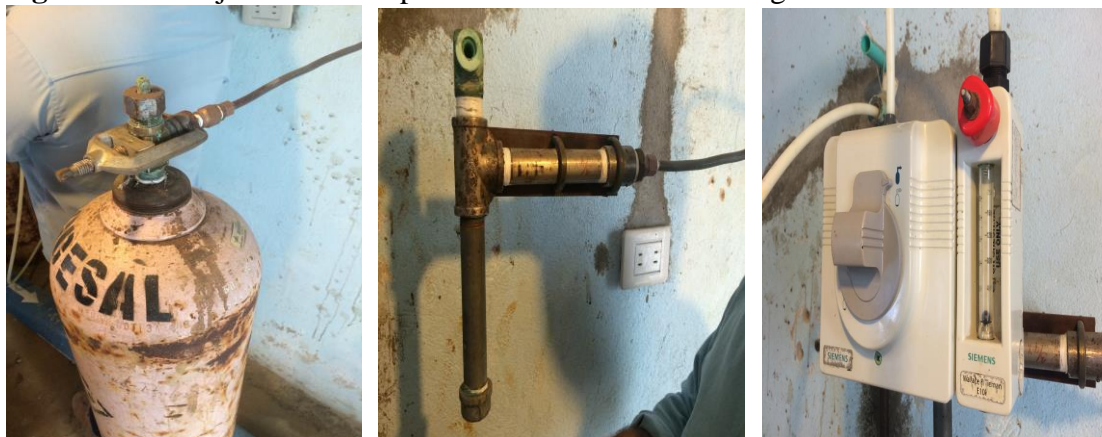
Está conformado por las unidades de tratamiento presentes en el cuarto de cloración, con los instrumentos: cilindro de cloro gaseoso, clorador, bomba centrífuga y kit analizador. El control en la operación del sistema de cloración es de suma importancia, garantizar un agua de bajo riesgo sanitario exige por parte del operario los conocimientos teóricos, responsabilidad y ética. Se define el procedimiento para la operación y mantenimiento del sistema.

- **Cilindro de cloro gaseoso:** Deben manipularse con especial cuidado. Se pueden almacenar dentro de las instalaciones bajo sombra en un área techada, en un área limpia y ventilada. Los cilindros de 68 kg disponibles en la planta deben almacenarse en posición vertical sobre plataformas para evitar la corrosión en condiciones de alta humedad, deben estar sujetos con cadenas o barras de seguridad para impedir volcamientos por accidentes en la manipulación o movimientos sísmicos. Se deben ubicar en el recinto para la dosificación de cloro de tal forma que se disponga de las facilidades de circulación para realizar inspecciones y facilitar una operación rápida en caso de producirse una fuga del gas.

Los recipientes llenos y vacíos deben almacenarse por separado, cada uno llevando siempre su casquete de protección y colocado su tapón en la válvula de salida. Deben mantenerse alejados de cualquier foco de irradiación de calor intenso, ya que el fusible de seguridad está diseñado para soportar temperaturas menores de los 70°C y se puede fundir, dejando escapar el gas. Cuando se trasladen los cilindros los casquetes de protección de válvulas deben estar instaladas, los cilindros no deben dejarse caer ni golpear fuertemente.

- **Clorador:** La tasa de gas extraída de los cilindros bajo presión es controlada por el rotámetro del clorador, el cual debe ser regulado de acuerdo a la cantidad de cloro calculada por el microbiólogo para la dosificación al sistema. El sistema para la dosificación de cloro gaseoso debe montarse de acuerdo al procedimiento establecido por el coordinador del área operativa, teniendo en cuenta siempre la inserción del fusible metálico de seguridad en la válvula de salida del cilindro.

**Imagen 21.** Montaje del sistema para la dosificación de cloro gaseoso.



**Fuente:** Pasante del proyecto.

- **Bomba centrífuga:** Tiene la función de suministrar la solución de cloro mezclada a la tubería central, el punto de contacto está ubicado justo después de la válvula central a la salida del sistema de filtración con el fin de garantizar el suministro de agua desinfectada a los tanques de almacenamiento. La bomba tiene operación continua las 24 horas del día mientras haya disponibilidad de cloro gaseoso. Cuando el cloro se agote, la bomba debe apagarse, cerrar las válvulas de paso del sistema de cloración (cilindro y clorador) y recurrirse a la desinfección por medio de la adición de hipoclorito de calcio granulado.

## **INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CLORACIÓN**

Se sugieren las labores de mantenimiento de las unidades de tratamiento del sistema para diferentes períodos de tiempo.

### **- Diariamente,**

- Inspeccionar el sistema para comprobar fugas de cloro en el clorador, cilindros y tuberías para el cloro, llevando los registros en el formato planteado.
- La regulación de la tasa de alimentación de cloro debe ser en lb/24h.
- Registrar en formatos las horas de operación del clorador.
- Cambio de cilindro (en caso de ser necesario).
- Limpieza exterior de los aparatos y del cuarto de cloración.
- Inspección al sistema de inyección de cloro (válvulas, mangueras, difusor, empaques, etc.).

- **Mensualmente,**

- Limpieza de válvulas de entrada de los aparatos.
- Limpieza de asientos y resortes de otras válvulas.
- Comprobar fugas de cloro.
- Aplicar vaselina a las partes metálicas que muestren principios de corrosión.
- Limpiar el rotámetro del clorador y la boya indicadora.

- **Anualmente,**

- Desmontar y limpiar integralmente las unidades de tratamiento del sistema, cambiar todas las partes defectuosas (empaques, resortes, diafragmas, tubería deteriorada).
- Regular y comprobar el funcionamiento.

## **SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN**

Conformado por los tanques de almacenamiento y los instrumentos del sistema: macro medidores de caudal y bombas centrífugas.

- **Tanques de almacenamiento:** La operación de esta unidad de tratamiento está constituida por el llenado de los tanques de la planta de tratamiento.

**1) Tanque No. 1:** Existen dos métodos para el llenado del tanque No. 1: por rebose desde el tanque No. 2 hacia el No. 1, y, directamente desde los filtros. Para esto último debe abrirse la válvula dentro de la garita (entrada al tanque No. 1) y mantener cerradas las válvulas de entrada a los tanques No. 2 y No. 3.

**2) Tanque No. 2:** Normalmente es el que primero se llena a la salida del sistema de filtración, para esto se deja siempre abierta la válvula de entrada al tanque 2 y cerrada la válvula de entrada al tanque No. 3, al igual que la válvula de acceso al tanque No. 1 debe estar cerrada. Al llegar al rebose, el agua de éste tanque pasa a llenar al tanque No. 1.

**3) Tanque No. 3:** Para llenar este tanque se debe abrir la entrada superior al tanque No. 3 y posteriormente cerrar la entrada al tanque No. 2. También debe estar cerrada la entrada al tanque No. 1.

**4) Tanque No. 4:** Al ubicarse a una cota mayor y estar separado de la planta, el llenado se realiza a través de bombeo desde el tanque No. 3; las bombas operan alrededor de 5.5 horas, dos veces a la semana. Para esto es necesario que el tanque No. 3 esté completamente lleno. Se acciona el dispositivo electrónico para encender las bombas e inmediatamente comenzará el transporte del líquido. Debe verificarse la regulación del caudal a la salida de la bomba por medio de la válvula de compuerta existente en ella.

Normalmente el agua es distribuida a la población desde el tanque No. 1, pero se pueden modificar las configuraciones de las válvulas para que la distribución se realice directamente desde el tanque No. 3. El tanque No. 4 distribuye a los sectores con altitudes más críticas de la población.

## **INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN**

Las actividades de mantenimiento de este sistema consisten en la verificación de las estructuras de concreto y las limpiezas al interior de los tanques.

Para cualquiera de los tanques, cada 4 meses:

- Abrir la válvula de evacuación inferior (purga).
- Esperar hasta que el tanque evacúe por completo.
- Ingresar cuidadosamente al interior del tanque.
- Con la ayuda de cepillos y un poco de dilución de hipoclorito de calcio, limpiar las paredes interiores de los tanques, con el fin de eliminar microorganismo, algas y musgos que puedan estar presentes en la estructura.
- Enjuagar bien con agua a presión.
- Salir cuidadosamente del tanque.
- Cerrar la válvula de evacuación.
- Llenar el tanque y verificar el funcionamiento.

### **OTRAS ACTIVIDADES SUGERIDAS PARA EL MANTENIMIENTO:**

- **Mantenimiento de infraestructura:** La planta de tratamiento debe permanecer limpia y organizada en todo momento; los jardines bien cuidados, paredes y barandas limpias y pintadas, debe evitarse el almacenamiento de productos que pongan en riesgo la salud de los operarios y la contaminación del agua. Se sugiere anualmente la inspección e identificación de grietas en las paredes y tanques, para así proceder a la reparación y mantenimiento de concretos.

- **Mantenimiento de motores eléctricos:** Corresponde a las labores de verificación cada 3 meses del estado de funcionamiento de los motores eléctricos, anualmente realizar labores de lubricación, cambio de sellos y empaques.

- **Mantenimiento de equipo electrónico:** Labores de limpieza y calibración, semanalmente.
- **Mantenimiento de instalaciones eléctricas:** Se sugieren cada 2 meses hacer revisión del alumbrado, mandos, ajuste de tableros y contactos, limpieza de bornes y de todos los contactos, verificación de voltaje y amperaje y cambio de redes por deterioro.
- **Mantenimiento de tuberías metálicas:** Corresponde a la inspección y protección de la tubería contra la corrosión por medio de la aplicación de pintura anticorrosiva.

#### **4. DIAGNÓSTICO FINAL**

Luego del desarrollo de las actividades planteadas en el presente trabajo, la Planta de Tratamiento de Agua potable Jerusalém ha optimizado el funcionamiento de algunos de sus procesos debido a la adquisición de nueva instrumentación y a la capacitación instructiva de los operarios acerca del procedimiento operativo propuesto.

Se observa aún el mal estado de algunas unidades de tratamiento dentro de la planta.

Se identificaron las coordenadas de los puntos críticos expuestos a conexiones ilegales en la línea de aducción.

Se instalaron rejillas para la retención de maleza vegetal dentro de la planta.

Se cambió la calidad del químico utilizado en el proceso de coagulación.

Se ubicaron estratégicamente los tanques de almacenamiento donados por CORPOCESAR en los barrios del municipio para mitigar el impacto provocado por las épocas de sequía.

Se evidenció la falta del equipo para el ensayo se jarras, así como la inadecuada dosificación de la dilución de hipoclorito de calcio.

Se realizó el mantenimiento en las unidades de tratamiento de captación, clarificación y filtración.

Se esbozó un plano general de la planta anotando las dimensiones reales de las unidades de tratamiento y la ubicación de válvulas, además del seguimiento a los caudales de entrada y salida, elaborando un esquema gráfico para el análisis de la información.

Se formuló un manual de operaciones de acuerdo a la evaluación inicial y la normatividad vigente.

El aporte como ingeniero mecánico durante el desarrollo del trabajo de pasantías consistió en la evaluación de las unidades de tratamiento y de los procesos realizados dentro de la división operativa de acueducto, la comparación descriptiva de acuerdo a la normatividad vigente y el diseño de un manual de instructivos para la debida operación y gestión del mantenimiento de las unidades de tratamiento.



## **5. CONCLUSIONES**

Se realizó un diagnóstico en donde se evaluaron los procedimientos operativos y el funcionamiento detallado de cada sistema y unidad de tratamiento dentro de la planta Jerusalém.

Se estableció los lineamientos dentro de la normatividad Colombiana como base para la determinación de criterios para la gestión en la operación de plantas de tratamiento de agua potable.

Se complementó el sistema de información de la empresa con formatos específicos, registros fotográficos de las visitas de campo y un plano general de la planta de tratamiento.

Se diseñó el manual de operación de equipos para la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se debe capacitar al personal contratado para la operación de la planta de tratamiento de acuerdo a las actividades planteadas en el manual.

Se debe hacer seguimiento al cumplimiento de las actividades propuestas en el manual presentado en el trabajo.

Se recomienda la socialización del diagnóstico presentado en el trabajo para con el concejo de administración municipal con el fin de determinar las posibles intervenciones necesarias para el mejoramiento continuo de las instalaciones de la planta de tratamiento.

Se recomienda la instalación de válvulas de compuerta a la salida de cada filtro. Esto es, para que el mantenimiento de cada unidad de tratamiento pueda realizarse sin tener que interrumpir el funcionamiento continuo de la planta.

Es indispensable la adquisición del equipo para el ensayo de jarras. Es el único método para garantizar la correcta dosis de adición de coagulante, por lo que representa una de las unidades más importantes dentro de la planta.

## **BIBLIOGRAFÍA**

APC EMCAR E.S.P. Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de Oro (Cesar). Manual de funciones, misión y visión.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Desarrollo Económico, dirección de agua potable y saneamiento básico, RAS - 2000. Bogotá D.C. 17 de noviembre de 2000.

FERNANDEZ DÍEZ, Pedro. Bombas centrífugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, España 2000.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Desarrollo Económico. Resolución número 1096. Bogotá D.C. Noviembre de 2000.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto Ley Número 475 de 1998. Bogotá D.C. 10 de Marzo de 1998.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, SENA. Ministerio de Desarrollo Económico. Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico. Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua. 2ª Edición. 1999.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución número 2115. Bogotá D.C. 22 de Junio de 2007.

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 142 de 1994. Régimen de los servicios públicos domiciliarios. 11 de Julio de 1994.

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 373 de 1997. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. 6 de Junio de 1997.

GERRERO, Yorgui Antonio. Diagnóstico y formulación del procedimiento operativo en la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém en el municipio de Río de Oro (Cesar – Colombia). Ocaña. 2015. Trabajo de grado Ingeniería Ambiental. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente.

Optimización del sistema de acueducto de la zona urbana del municipio mediante la construcción de la línea de conducción entre la fuente de captación del salobre y la planta de tratamiento de agua potable, municipio de Río de Oro - Cesar.

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Material arrastrado por las precipitaciones en la caja de puga del desarenador.



**Anexo 2.** Válvula central en mal estado para la purga del desarenador vereda El Gitano.



**Anexo 3.** Equipo GPS GARMIN 78s utilizado para el registro de coordenadas.



**Anexo 4.** Coordenadas líneas de aducción río Río de Oro y quebrada La Toma.  
**LÍNEA DE ADUCCIÓN BOCATOMA EL GITANO**

Punto	Coordenadas			No. De Registro	Descripción
	EO (X)	NO (Y)	h (Z)		
1	1074399	1413171	1250	35	Punto de Captación, bocatoma.
2	1074320	1413179	1251	38	Ventosa, funcionamiento adecuado.
3	1074301	1413176	1252	39	Ventosa, funcionamiento adecuado.
4	1074268	1413160	1255	40	Ventosa, funcionamiento adecuado.
5	1074262	1413133	1257	41	Ventosa, funcionamiento adecuado.
6	1074334	1413032	1259	42	Ventosa, funcionamiento adecuado.
7	1074376	1412978	1254	43	Ventosa, funcionamiento adecuado.
8	1074391	1412896	1252	44	Ventosa, funcionamiento adecuado.
9	1074355	1412819	1252	45	Ventosa, funcionamiento adecuado.
10	1074342	1412751	1249	46	Ventosa, funcionamiento adecuado.
11	1074485	1412676	1242	47	Ventosa, funcionamiento adecuado.
12	1074509	1412647	1238	48	Ventosa, funcionamiento adecuado.
13	1074484	1412586	1236	49	Ventosa, funcionamiento adecuado.
14	1074445	1412545	1238	50	Ventosa, dañada. Funcionamiento deficiente.
15	1074450	1412437	1244	51	Ventosa, funcionamiento adecuado.
16	1074507	1412335	1237	52	Ventosa, funcionamiento adecuado.
17	1074503	1412110	1235	53	Ventosa, funcionamiento adecuado.
18	1074491	1411972	1239	54	Ventosa, funcionamiento adecuado.
19	1074482	1411855	1238	55	Ventosa, funcionamiento adecuado.
20	1074471	1411769	1238	56	Ventosa, dañada. Captación ilegal.
21	1074516	1411758	1242	57	Ventosa, dañada. Captación ilegal.
22	1074559	1411784	1237	58	Ventosa, funcionamiento adecuado.
23	1074666	1411834	1235	59	Ventosa, funcionamiento adecuado.
24	1074802	1411813	1239	60	Válvula, funcionamiento adecuado.
25	1074756	1411718	1240	61	Ventosa, funcionamiento adecuado.
26	1074800	1411562	1239	62	Ventosa, funcionamiento adecuado.
27	1074733	1411457	1240	63	Ventosa, funcionamiento adecuado.
28	1074704	1411325	1242	64	Ventosa, funcionamiento adecuado.
29	1074694	1411303	1243	65	Válvula, funcionamiento adecuado.
30	1074673	1411258	1244	66	Ventosa, funcionamiento adecuado.
31	1074555	1411146	1231	67	Ventosa, funcionamiento adecuado.



32	1074645	1411052	1218	68	Ventosa, funcionamiento adecuado.
33	1074673	1410971	1239	69	Ventosa, funcionamiento adecuado.
34	1074715	1410802	1230	70	Ventosa, funcionamiento adecuado.
35	1074762	1410740	1224	71	Ventosa, funcionamiento adecuado.
36	1074912	1410720	1232	72	Ventosa, funcionamiento adecuado.
37	1074995	1410645	1212	73	Ventosa, dañada. Captación ilegal.
38	1075099	1410516	1223	74	Ventosa, dañada. Captación ilegal.
39	1075155	1410386	1236	75	Ventosa, funcionamiento adecuado.
40	1075168	1410248	1236	76	Ventosa, funcionamiento adecuado.
41	1075162	1410179	1227	77	Ventosa, funcionamiento adecuado.
42	1075109	1410117	1227	78	Ventosa, funcionamiento adecuado.
43	1075055	1410054	1226	79	Ventosa, funcionamiento adecuado.
44	1075062	1409856	1228	80	Ventosa, dañada. Captación ilegal.
45	1075170	1409805	1227	81	Ventosa, funcionamiento adecuado.
46	1075258	1409724	1225	82	Ventosa, funcionamiento adecuado.
47	1075295	1409676	1208	83	Válvula, funcionamiento adecuado.
48	1075306	1409665	1209	84	Ventosa, funcionamiento adecuado.
49	1075289	1409497	1224	85	Ventosa, funcionamiento adecuado.
50	1075291	1409360	1216	86	Ventosa, dañada. Captación ilegal.
51	1075299	1409192	1227	87	Ventosa, funcionamiento adecuado.
52	1075313	1408978	1229	88	Ventosa, funcionamiento adecuado.
53	1075548	1409926	1223	89	Ventosa, funcionamiento adecuado.
54	1075413	1408815	1208	90	Ventosa, funcionamiento adecuado.
55	1075425	1408811	1215	91	Válvula, funcionamiento adecuado.
56	1075491	1408814	1209	92	Ventosa, funcionamiento adecuado.
57	1075521	1408822	1207	93	Válvula, funcionamiento adecuado.
58	1075541	1408830	1224	94	Ventosa, funcionamiento adecuado.
59	1075659	1408843	1201	95	Ventosa, funcionamiento adecuado.
60	1075691	1408839	1202	96	Válvula, funcionamiento adecuado.
61	1075704	1408836	1214	97	Ventosa, funcionamiento adecuado.
62	1075863	1408828	1219	98	Ventosa, funcionamiento adecuado.
63	1075877	1408845	1210	99	Válvula, funcionamiento adecuado.
64	1075916	1408856	1218	100	Punto de llegada a la planta.

### LÍNEA DE ADUCCIÓN BOCATOMA CORDILLERA

Punto	Coordenadas			No. De Registro	Descripción
	EO (X)	NO (Y)	h (Z)		
1	1073549	1406777	1454	101	Punto de Captación, bocatoma.
2	1073598	1406825	1445	102	Válvula de salida del desarenador.
3	1073635	1406836	1442	103	Ventosa, funcionamiento adecuado.
4	1073799	1406910	1435	104	Ventosa, funcionamiento adecuado.
5	1074016	1407224	1439	105	Ventosa, funcionamiento adecuado.
6	1073877	1407342	1428	106	Ventosa, funcionamiento adecuado.
7	1074010	1407338	1436	107	Ventosa, funcionamiento adecuado.
8	1074183	1407410	1423	108	Ventosa, funcionamiento adecuado.
9	1074188	1407482	1426	109	Ventosa, funcionamiento adecuado.
10	1074252	1407489	1417	110	Ventosa, funcionamiento adecuado.
11	1074280	1407556	1421	111	Ventosa, funcionamiento adecuado.
12	1074379	1407735	1419	112	Ventosa, funcionamiento adecuado.
13	1074454	1407912	1418	113	Ventosa, funcionamiento adecuado.
14	1074505	1408227	1405	114	Ventosa, funcionamiento adecuado.
15	1074760	1408318	1411	115	Ventosa, funcionamiento adecuado.
16	1074924	1408367	1252	116	Ventosa, funcionamiento adecuado.
17	1074949	1408473	1252	117	Ventosa, funcionamiento adecuado.
18	1075352	1408652	1217	118	Ventosa, funcionamiento adecuado.
19	1075566	1408789	1229	119	Ventosa, funcionamiento adecuado.
20	1075614	1408814	1200	120	Ventosa, funcionamiento adecuado.
21	1075916	1408856	1218	121	Punto de llegada a la planta.

**Anexo 5.** Captación ilegal sobre ventosa Línea de Aducción río Río de Oro.



**Anexo 6.** Tubería expuesta Línea de Aducción quebrada La Toma.



**Anexo 7.** Almacenamiento del químico coagulante.



**Anexo 8.** Intervención a tubería de filtros.



Anexo 9. Tanques de almacenamiento donados por CORPOCESAR.

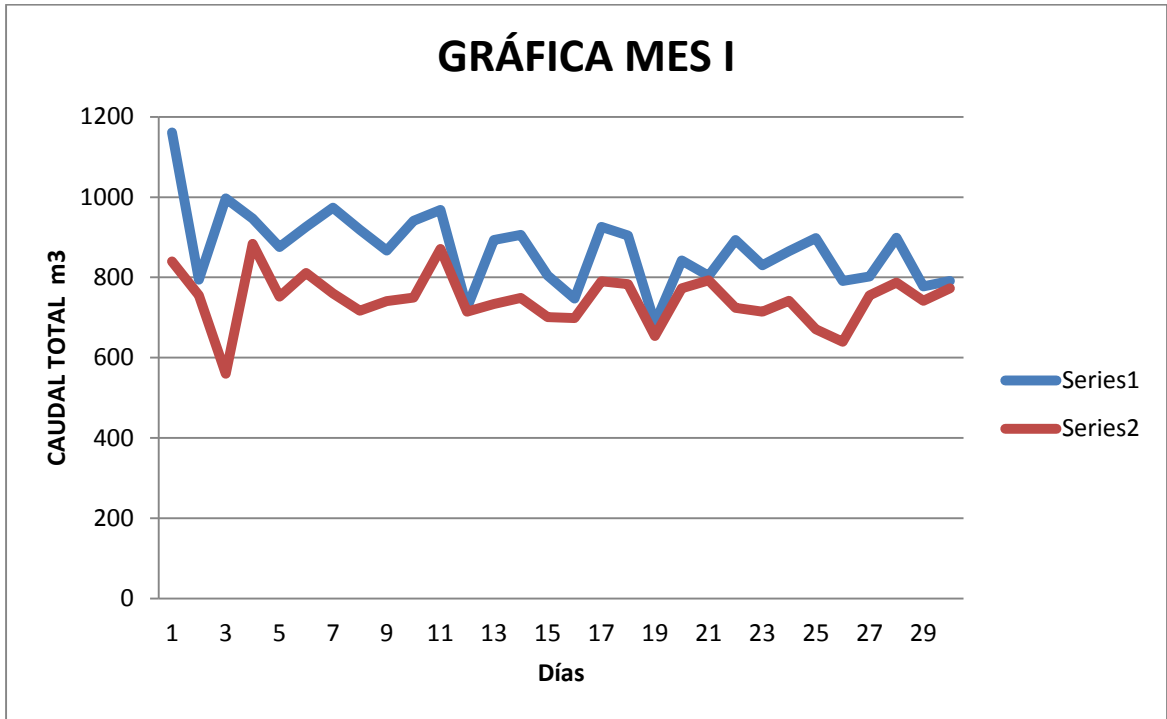


**Anexo 10.** Registro de caudales totales de entrada y salida durante los meses de pasantía.

**REGISTRO DE CAUDALES DURANTE EL  
PRIMER MES DE LA PASANTÍA**

<b>DÍA</b>	<b>TOTAL ENTRADA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>TOTAL SALIDA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Δ(E-S) m<sup>3</sup></b>
1	1161	840	321
2	794	755	39
3	997	560	437
4	947	884	63
5	876	752	124
6	926	811	115
7	974	760	214
8	919	717	202
9	867	741	126
10	941	750	191
11	968	871	97
12	724	715	9
13	893	734	159
14	906	749	157
15	805	701	104
16	747	699	48
17	926	790	136
18	904	783	121
19	685	654	31
20	842	773	69
21	804	793	11
22	893	724	169
23	830	715	115
24	865	742	123
25	898	671	227
26	791	640	151
27	802	755	47
28	899	787	112
29	778	742	36
30	791	773	18

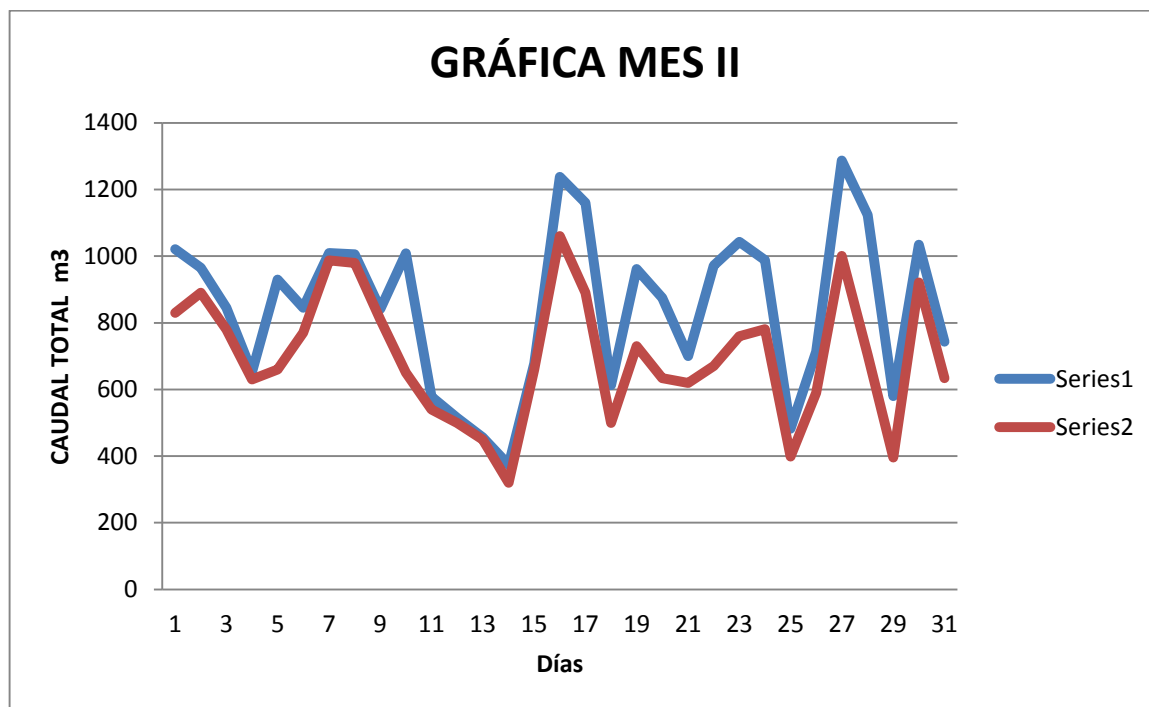




Los caudales totales sumados a la entrada se representan en color azul. Los caudales totales consumidos por la red de distribución se representan en rojo.

**REGISTRO DE CAUDALES DURANTE EL  
SEGUNDO MES DE LA PASANTÍA**

<b>DÍA</b>	<b>TOTAL ENTRADA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>TOTAL SALIDA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Δ(E-S) m<sup>3</sup></b>
1	1021	830	191
2	965	890	75
3	845	780	65
4	652	630	22
5	930	660	270
6	845	770	75
7	1009	987	22
8	1006	980	26
9	841	810	31
10	1008	650	358
11	578	540	38
12	515	500	15
13	456	450	6
14	374	320	54
15	678	660	18
16	1238	1060	178
17	1160	890	270
18	613	500	113
19	961	730	231
20	875	634	241
21	700	620	80
22	972	670	302
23	1043	760	283
24	988	781	207
25	482	399	83
26	714	590	124
27	1287	1001	286
28	1124	704	420
29	580	396	184
30	1034	921	113
31	743	634	109

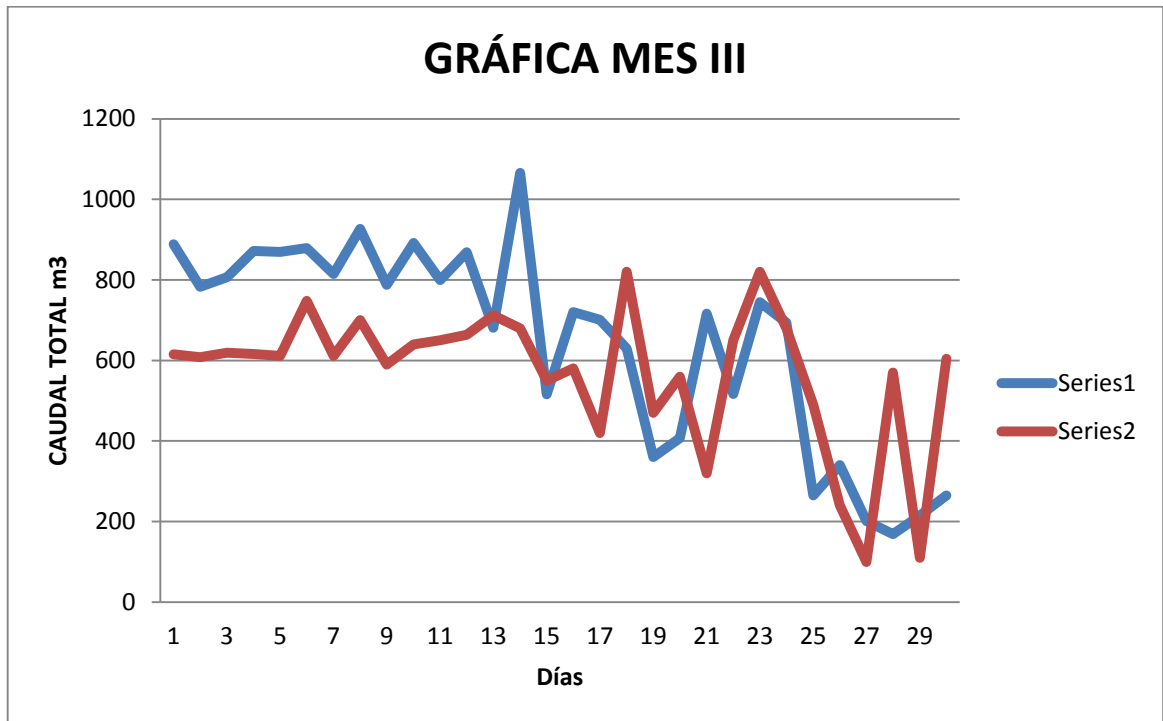


Los caudales totales sumados a la entrada se representan en color azul. Los caudales totales consumidos por la red de distribución se representan en rojo.

En este punto el resultado del análisis permite evidenciar que los caudales registrados en la entrada se mantuvieron superior al monitoreo de caudales consumidos por la población, obteniendo caudales de ingreso por encima de los 60 m<sup>3</sup>/h, lo que garantizó el servicio de agua para la totalidad de la población.

**REGISTRO DE CAUDALES DURANTE EL  
TERCER MES DE LA PASANTÍA**

<b>DÍA</b>	<b>TOTAL ENTRADA</b>	<b>TOTAL SALIDA</b>	<b><math>\Delta(E-S)</math> m<sup>3</sup></b>
1	889	615	274
2	783	608	175
3	807	619	188
4	872	616	256
5	870	611	259
6	879	748	131
7	815	611	204
8	927	700	227
9	788	590	198
10	892	640	252
11	800	650	150
12	869	664	205
13	681	712	-31
14	1066	680	386
15	516	550	-34
16	720	580	140
17	701	420	281
18	630	820	-190
19	360	470	-110
20	407	560	-153
21	716	320	396
22	517	650	-133
23	745	820	-75
24	694	680	14
25	265	490	-225
26	340	240	100
27	201	100	101
28	169	570	-401
29	215	110	105
30	265	604	-339

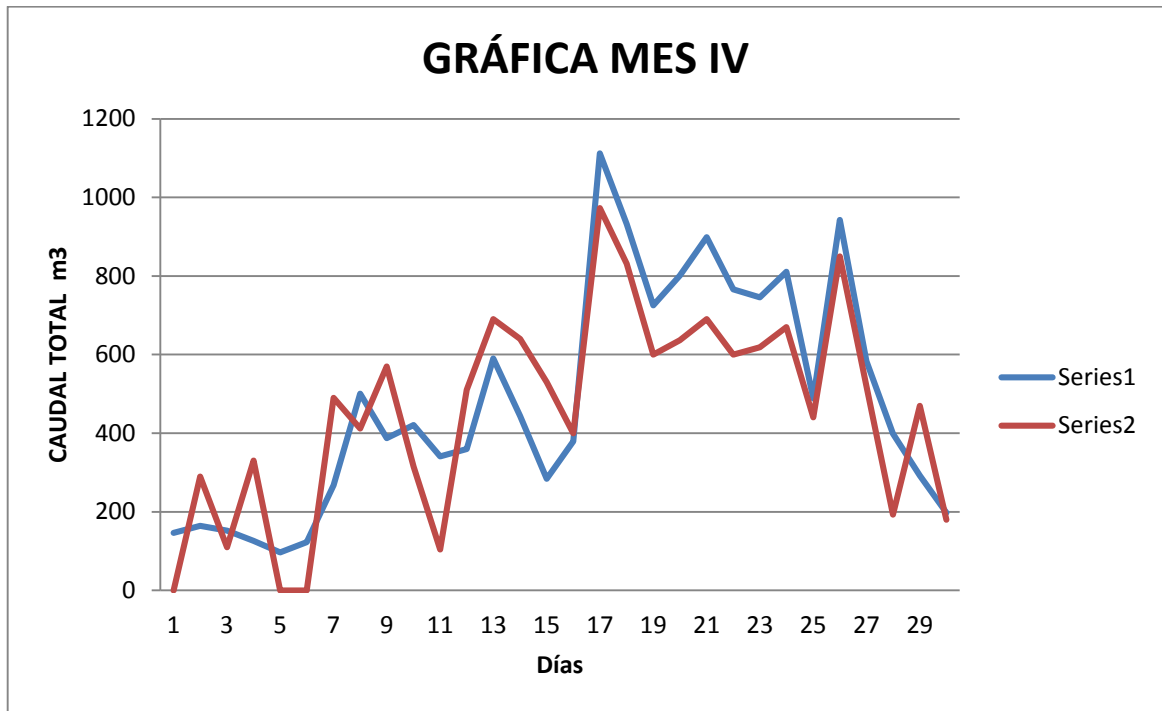


Los caudales totales sumados a la entrada se representan en color azul. Los caudales totales consumidos por la red de distribución se representan en rojo.

En esta gráfica se puede evidenciar la problemática ambiental presentada por la llegada de la época de verano, en donde el caudal de ingreso a la planta sufre un decaimiento notable. A partir del día 26 de este mes se iniciaron los planes de contingencia y racionamientos para garantizar la conservación del recurso hídrico.

**REGISTRO DE CAUDALES DURANTE EL  
CUARTO MES DE LA PASANTÍA**

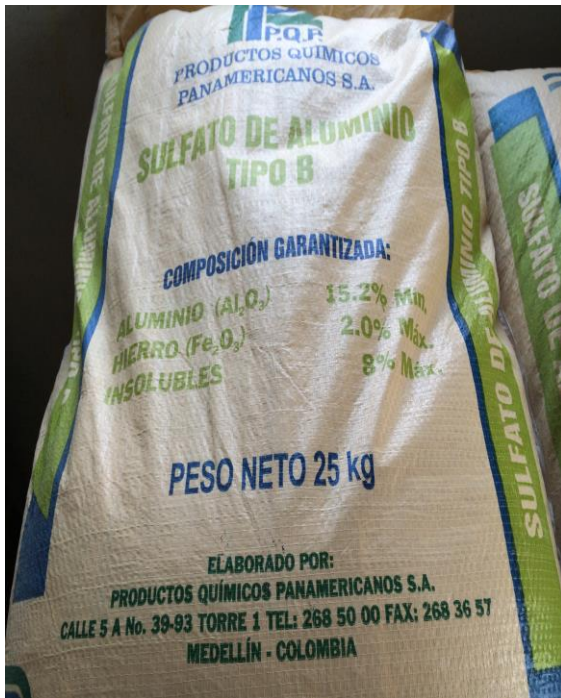
<b>DÍA</b>	<b>TOTAL ENTRADA</b>	<b>TOTAL SALIDA</b>	<b><math>\Delta(E-S)</math> m<sup>3</sup></b>
1	146	0	146
2	164	290	-126
3	152	110	42
4	126	330	-204
5	97	0	97
6	123	0	123
7	268	490	-222
8	501	412	89
9	387	570	-183
10	421	315	106
11	341	104	237
12	360	510	-150
13	590	690	-100
14	444	640	-196
15	284	530	-246
16	379	400	-21
17	1112	973	139
18	932	831	101
19	725	600	125
20	801	637	164
21	899	690	209
22	766	600	166
23	746	619	127
24	811	670	141
25	488	440	48
26	943	850	93
27	584	520	64
28	399	193	206
29	292	470	-178
30	198	180	18



Los caudales totales sumados a la entrada se representan en color azul. Los caudales totales consumidos por la red de distribución se representan en rojo.

Notablemente se evidenció en el último mes de la pasantía la constante disminución del caudal en la entrada, manteniendo la problemática de la indisponibilidad del agua para el suministro hacia la población, por lo cual se mantienen las políticas de contingencia establecidas por la gerencia de la empresa para regular la distribución del poco caudal captado.

**Anexo 11.** Dosificador de Sulfato de Aluminio. Coagulante anterior y nuevo coagulante seleccionado.






**Anexo 12.** Ubicación de tanques de almacenamiento.



**Anexo 13.** Turbidímetro digital, Colorímetro digital. Kit analizador de pH y Cloro residual, pH-metro digital.



**Anexo 14.** Resultado de pruebas microbiológicas de laboratorios durante los meses de la pasantía.

**ServiAnalitica Profesional SAS**  
NIT. 900 476 024 -4

**RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Rio de Oro **PUNTO:** 0003 KDX M1 San Cristóbal

**TOMADA POR:** Ing. Xiomara Rodríguez Sánchez

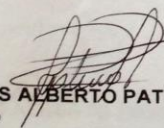
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 20 Mar 2015 **Hora:** 11:00 am

**SOLICITANTE:** A.P.C. EMCAR E.S.P.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Ver tabla

PARAMETRO	UNIDAD	LIM. PERMISIBLE	VALOR	METODO
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/100 ml	100	4	Filtración por membrana

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas

  
**CARLOS ALBERTO PATIÑO P.**  
Químico

ServiAnalitica Profesionales SAS  
NIT 900 476 024-4  
Dirección calle 12 A N° 8 - 30  
Celular 301 656 6273

**INFORME DE LABORATORIO**

Informe No. 1539-0279-1M

Fecha de emisión: 31 de Marzo de 2015

Solicitante: APC EMCAR ESP

Dirección: Municipio Rio de Oro

Tel: 5 619091 300 8204563

Fecha de muestreo: 26 de Marzo de 2015 (8:30 am)

Muestras tomadas por: QUIMIPROYECTOS

Fecha de recepción: 26 de Marzo de 2015

Tipo de Muestra: Agua Tratada

Lugar de muestreo: PUNTO 0002

Protocolo de muestreo: QUIMIPROYECTOS

Identificación de la muestra: AGUA TRATADA

MATADERO MUNICIPAL LA QUINTA

Fecha de análisis: 26 – 28 de Marzo de 2015

Condiciones de la muestra: Refrigerada

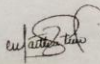
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS OBTENIDOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA Resolución 2115/07
MICROORGANISMOS MESOFILOS	Filtración por Membrana	86	UFC/100 ml	Hasta 100
COLIFORMES TOTALES	Filtración por Membrana	0	UFC/100 ml	0
COLIFORMES FECALES	Filtración por Membrana	0	UFC/100 ml	0

**OBSERVACIONES:** Los parámetros analizados se encuentran dentro de los requisitos microbiológicos establecidos por la Resolución 2115/07 para la calidad del agua de consumo humano.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de QUIMIPROYECTOS"

Revisó y aprobó:

  
**MARTHA CECILIA PATIÑO S.**  
Director Técnico  
Química Mat. Prof. PQ-1426

pág. 1 de 1



**INFORME DE LABORATORIO**

Fecha de emisión: 31 de Marzo de 2015

**INFORME No. 1539-0279-1F**

**Solicitante:** APC EMCAR ESP  
**Dirección:** Municipio Rio de Oro

Tel: 5 619091 300 8204563

**Fecha de muestreo:** 26 de Marzo de 2015 (8:30 am)  
**Muestras tomadas por:** QUIMIPROYECTOS  
**Fecha de recepción:** 26 de Marzo de 2015  
**Tipo de Muestra:** Agua Tratada

**Lugar de muestreo:** PUNTO 0002  
**Protocolo de muestreo:** QUIMIPROYECTOS  
**Identificación de la muestra:** AGUA TRATADA  
**MATADERO MUNICIPAL LA QUINTA**

**Fecha de análisis:** 26 – 28 de Marzo de 2015

**Condiciones de la muestra:** Refrigerada

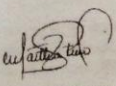
**ANÁLISIS FISCOQUÍMICO**

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS OBTENIDOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA Res 2115/07
pH	S.M. 4500 B	7,38	Unidades pH	6,5 - 9,0
TURBIEDAD	S.M. 2130 B	1,07	NTU	< 2
COLOR APARENTE	S.M. 2120 C	2	Unidades Pt-Co	Máx. 15
CONDUCTIVIDAD	S.M. 2510 B	229	µs/cm	1000
OLOR Y SABOR	Organoléptico	Aceptable	---	Aceptable
ALCALINIDAD TOTAL	S.M. 2320 B	92	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200
DUREZA TOTAL	S.M. 2340 C	118	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 300
CLORUROS	S.M. 4500 Cl B	9	mg Cl/L	Máx. 250
*CLORO RESIDUAL	Comparación Visual	1,2	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3 - 2,0
CALCIO	S.M. 3500 Ca D	31	mg Ca/L	Máx. 60
MAGNESIO	S.M. 3500 Mg B	10	mg Mg/L	36
HIERRO	S.M. 3500 Fe B	0,03	mg Fe/L	< 0,3
SULFATOS	S.M. 4500 SO <sub>4</sub> B	22	mg SO <sub>4</sub> /L	Máx. 250
ALUMINIO	S.M. 3500 Al B	0,02	mg Al/L	0,2
NITRITOS	S.M. 4500 NO <sub>2</sub> B	<0,01	mg NO <sub>2</sub> /L	0,1
NITRATOS	RODIER	2,17	mg NO <sub>3</sub> /L	10
FOSFATOS	S.M. 4500 PE	0,08	mg PO <sub>4</sub> /L	0,5
FLUORUROS	S.M. 4500 F E	0,10	mg F/L	1,0

\*Parámetro medido *in situ*  
**OBSERVACIONES:** Los parámetros analizados se encuentran dentro de los valores aceptables según requisitos fisicoquímicos establecidos por la Resolución 2115/07 para la calidad del agua.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de QUIMIPROYECTOS"

Revisó y aprobó:

  
**MARTHA CECILIA PATIÑO S.**  
Director técnico  
Química Mat. Prof. PQ-1426



**ServiAnalítica Profesional SAS**  
NIT. 900 476 024-4

**RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Río de Oro **PUNTO:** 0001 KDX M 440 Carretero

**TOMADA POR:** Ing. Xiomara Rodríguez Sánchez

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 Marzo 2015 **Hora:** 9:00 am

**SOLICITANTE:** A.P.C. EMCAR E.S.P.

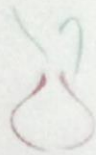
**ANALISIS SOLICITADOS:** Ver tabla

PARAMETRO	UNIDAD	LIM. PERMISIBLE	VALOR	METODO
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/100 ml	100	2	Filtración por membrana

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas

**CARLOS ALBERTO PATIÑO P.**  
Químico

ServiAnalítica Profesionales SAS  
NIT 900 476.024-4  
Dirección calle 12 A N° 8 - 30  
Celular 301 656 6273



**ServiAnalitica Profesional SAS**  
NIT. 900 476 024-4

**RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Rio de Oro **PUNTO:** 0002 Matadero Municipal. La Quinta

**TOMADA POR:** Ing. Xiomara Rodríguez Sánchez

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 17 Abril 2015 **Hora:** 7:30 am

**SOLICITANTE:** A.P.C. EMCAR E.S.P.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Ver tabla

PARAMETRO	UNIDAD	LIM. PERMISIBLE	VALOR	METODO
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/100 ml	100	5	Filtración por membrana

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas

**CARLOS ALBERTO PATIÑO P.**  
Químico

ServiAnalitica Profesionales SAS  
NIT 900.476.024-4  
Dirección calle 12 A N° 8 - 30  
Celular 301 656 6273

**INFORME DE LABORATORIO**

Fecha de emisión: 28 de Abril de 2015

INFORME No. 1539-0383-1F

Solicitante: APC EMCAR ESP  
Dirección: Municipio Rio de Oro

Tel: 5 619091 300 8204563

Fecha de muestreo: 23 de Abril de 2015 (8:30 am)  
Muestras tomadas por: QUIMIPROYECTOS  
Fecha de recepción: 23 de Abril de 2015  
Tipo de Muestra: Agua Tratada

Lugar de muestreo: PUNTO 0005  
Protocolo de muestreo: QUIMIPROYECTOS  
Identificación de la muestra: AGUA TRATADA  
HOTEL SIRANOTE. C TELÉGRAFO

Condiciones de la muestra: Refrigerada

Fecha de análisis: 23 - 25 de Abril de 2015

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS OBTENIDOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA Res 2115/07
pH	S.M. 4500 B	7,03	Unidades pH	6,5 - 9,0
TURBIEDAD	S.M. 2130 B	1,66	NTU	< 2
COLOR APARENTE	S.M. 2120 C	2	Unidades Pt-Co	Máx. 15
CONDUCTIVIDAD	S.M. 2510 B	215	µs/cm	1000
OLOR Y SABOR	Organoléptico	Aceptable	---	Aceptable
ALCALINIDAD TOTAL	S.M. 2320 B	83	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200
DUREZA TOTAL	S.M. 2340 C	102	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 300
CLOURS	S.M. 4500 Cl B	9	mg Cl/L	Máx. 250
*CLORO RESIDUAL	Comparación Visual	1,0	mg Cl <sub>2</sub> /L	0,3 - 2,0
CALCIO	S.M. 3500 Ca D	20	mg Ca/L	Máx. 60
MAGNESIO	S.M. 3500 Mg B	13	mg Mg/L	36
HIERRO	S.M. 3500 Fe B	0,01	mg Fe/L	< 0,3
SULFATOS	S.M. 4500 SO <sub>4</sub> B	16	mg SO <sub>4</sub> /L	Máx. 250
ALUMINIO	S.M. 3500 Al B	0,01	mg Al/L	0,2
NITRITOS	S.M. 4500 NO <sub>2</sub> B	<0,01	mg NO <sub>2</sub> /L	0,1
NITRATOS	RODIER	3,15	mg NO <sub>3</sub> /L	10
FOSFATOS	S.M. 4500 P E	0,06	mg PO <sub>4</sub> /L	0,5
FLUORUROS	S.M. 4500 F E	0,11	mg F/L	1,0

\*Parámetro medido *in situ*  
**OBSERVACIONES:** Los parámetros analizados se encuentran dentro de los valores aceptables según requisitos físicoquímicos establecidos por la Resolución 2115/07 para la calidad del agua.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de QUIMIPROYECTOS"

Revisó y aprobó:

**MARTHA CECILIA PATIÑO S.**  
Directora técnica  
Química Mat. Prof. PQ-1426

S.M. Standard Methods for examination of water and wastewater. AWWA, WEF, APHA 22nd

pág. 1 de 1

F-15 Rev. 1 04-01-2012

dirección: Cra 24 36-15  
teléfono: 6342917 Celular: 318 516 5913 - 3187077371

direccion@quimiproyectos.com  
www.quimiproyectos.com





### INFORME DE LABORATORIO

Fecha de emisión: 28 de Abril de 2015

INFORME No. 1539-0383-1M

Solicitante: APC EMCAR ESP

Tel: 5 619091 300 8204563

Dirección: Municipio Rio de Oro

Fecha de muestreo: 23 de Abril de 2015 (8:30 am)

Lugar de muestreo: PUNTO 0005

Muestras tomadas por: QUIMIPROYECTOS

Protocolo de muestreo: QUIMIPROYECTOS

Fecha de recepción: 23 de Abril de 2015

Identificación de la muestra: AGUA TRATADA

Tipo de Muestra: Agua Tratada

HOTEL SIRANOTE. C TELÉGRAFO

Fecha de análisis: 23 - 25 de Abril de 2015

Condiciones de la muestra: Refrigerada

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS OBTENIDOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA Resolución 2115/07
MICROORGANISMOS MESOFILOS	Filtración por Membrana	0	UFC/100 ml	Hasta 100
COLIFORMES TOTALES	Filtración por Membrana	0	UFC/100 ml	0
COLIFORMES FECALES	Filtración por Membrana	0	UFC/100 ml	0



**ServiAnalitica Profesional SAS**  
NIT. 900 476 024 -4

**RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Rio de Oro **PUNTO:** 0002 Matadero Municipal. La Quinta

**TOMADA POR:** Ing. Xiomara Rodríguez Sánchez

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 14 Mayo 2015 **Hora:** 8:30 am

**SOLICITANTE:** A.P.C. EMCAR E.S.P.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Ver tabla

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas

PARAMETRO	UNIDAD	LIM. PERMISIBLE	VALOR	METODO
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/100 ml	100	16	Filtración por membrana

**CARLOS ALBERTO PATIÑO P.**  
Químico

ServiAnalitica Profesionales SAS  
NIT 900.476.024-4  
Dirección calle 12 A N° 8 - 30  
Celular 301 656 6273



**ServiAnalitica Profesional SAS**  
NIT. 900 476 024 -4

**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Barrio Sta. Marta KDX. M12 - Rio de Oro **PUNTO:** 0004

**TOMADA POR:** Ing. Xiomara Rodriguez

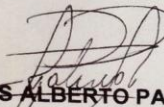
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 27 Mayo 2015 **Hora:** 8:00 AM

**SOLICITANTE:** A.P.C. EMCAR E.S.P.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Ver tabla

PARAMETRO	UNIDAD	LIM. PERMISIBLE	VALOR	METODO
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	0	Filtración por membrana
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/100 ml	100	4	Filtración por membrana

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas

  
**CARLOS ALBERTO PATIÑO P.**  
Químico

ServiAnalitica Profesionales SAS  
NIT 900.476.024-4  
Dirección calle 12 A N° 8 - 30  
Celular 301 656 6273



**ServiAnalítica Profesional SAS**  
NIT. 900.476.024-4

**RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Potable

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Rio de Oro **PUNTO:** 0001 KDX M 440 Carretero

**TOMADA POR:** Ing. Xiomara Rodríguez Sánchez

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 11 Junio 2015

**Hora:** 11:00 am

**SOLICITANTE:** A.P.C. EMCAR E.S.P.

**ANALISIS SOLICITADOS:** Ver tabla


PARAMETRO	UNIDAD	LIM. PERMISIBLE	VALOR	METODO
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	2	Filtración por membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	2	Filtración por membrana
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/100 ml	100	54	Filtración por membrana

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas

**CARLOS ALBERTO PATIÑO P.**  
Químico

ServiAnalítica Profesionales SAS  
NIT 900.476.024-4  
Dirección calle 12 A N° 8 - 30  
Celular 301 656 6273

**Anexo 15.** Formatos de inspección.

	<b>FORMATO INSPECCIÓN LÍNEA DE ADUCCIÓN</b>
---	---

<b>Formato No.</b>	
<b>Fecha</b>	

<b>TUBERÍA DESDE LA CAPTACIÓN</b>	
Río <input type="checkbox"/>	Quebrada <input type="checkbox"/>

ÍTEM	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Tubería en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Entorno ambiental favorable.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ventosas en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Corrosión en ventosas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conexiones ilegales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Deterioro en tubería.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Riesgo por material de arrastre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Riesgo por deslizamientos de tierra.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Válvulas en buen estado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Grietas en secciones de concreto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cajas de concreto en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tubería expuesta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<b>OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES</b>

<b>ELABORÓ</b>	
----------------	--

<b>REVISÓ</b>	
---------------	--

 <p><b>EMCAR</b> <i>Una Empresa Con Conciencia Ambiental.</i></p>	<b>FORMATO INSPECCIÓN SISTEMA DE CAPTACIÓN</b>
--	--

<b>Formato No.</b>	
<b>Fecha</b>	

<b>UBICACIÓN DE LA CAPTACIÓN</b>	
Río <input type="checkbox"/>	Quebrada <input type="checkbox"/>

ÍTEM	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Presa en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Entorno ambiental favorable.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bocatoma en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rejilla en operación óptima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Entrada óptima de caudal hídrico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Material de arrastre acumulado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tuberías en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Taponamiento en la captación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Desarenador operación correcta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cubierta metálica en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Riesgo de la infraestructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Grietas en la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Acumulación excesiva de lodos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Taponamiento en la salida del sistema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Válvulas en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<b>OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES</b>

<b>ELABORÓ</b>	
----------------	--

<b>REVISÓ</b>	
---------------	--