

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN EL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, CESAR.**

MAESTRE ARIAS CAMILA ANDREA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR**

2019

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN EL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, CESAR.**

MAESTRE ARIAS CAMILA ANDREA

**Proyecto de grado como requisito para optar el título de Ingeniero
Ambiental y Sanitario.**

Director

Ing. LUIS ALBERTO ROMERO BENJUMEA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR

2019

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de grado especialmente a Dios, Tú, Padre amado, me diste la fortaleza para afrontar cada obstáculo, las capacidades para desenvolverme en cada situación, esperanza y fe para nunca decaer.

A mi madre Saridis Arias Mindiola, quien es mi mayor apoyo, tu amor hacia mí lo demuestras cada día con todas tus acciones. Tu valentía y fortaleza son cualidades que te hacen grande y además hacen que me sienta orgullosa de ti.

A mi padre Rufino Maestre Gutierrez (Q.E.P.D), quien es una de las mayores motivaciones en mi vida. Tengo la certeza de que desde el cielo ilumina cada paso que decido tomar, su orgullo y amor hacia mí es tan grande como el mío hacia él.

A mi hermano Moisés Maestre Arias, quien me hace ver el lado dulce y divertido de la vida. Gracias a su amor fraternal, siempre está dispuesto a sacarme una sonrisa cuando más lo necesito.

A mis abuelos, tíos, primos y amigos por estar presente en cada paso que doy y por querer lo mejor para mí, son parte indispensable de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

De corazón, quiero agradecer a Dios por permitirme culminar mi carrera profesional y bendecirme la vida.

A mi familia por creer y apoyarme en cada momento, especialmente a mi madre Saridis Arias Mindiola, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad, por ser la promotora de este sueño, por confiar en mis capacidades, por los valores y principios que me ha inculcado.

A todo el cuerpo de docentes de la Universidad Popular del Cesar por transmitirme sus conocimientos, de manera especial a los Ingenieros Yesith Aroca Zuleta y Luis Romero Benjumea, quienes con paciencia y rectitud me dedicaron parte de su tiempo para el buen desarrollo de esta tesis.

Al ingeniero Obdulio Mejía Arias, a mi tío Víctor Maestre, a la Secretaría de Salud del municipio de Valledupar y al Laboratorio de Salud Pública Departamental por brindarme información y prestarme de sus servicios que resultaron muy útil para la realización del proyecto.

LISTADO DE FIGURAS.

Figura 1. Ciclo del nitrógeno	16
Figura 2. Zonas de un desarenador	26
Figura 3. Diagramas de flujo de plantas de purificación.....	29
Figura 4. . Diagramas de flujo de plantas de purificación.....	30
Figura 5. Ubicación geográfica del corregimiento de Atánquez, Cesar.....	34
Figura 6. Canal de derivación..	52
Figura 7. Bocatoma.....	53
Figura 8. Desarenador.	54
Figura 9. Conducción..	55
Figura 10. Sistema de tratamiento de Agua para consumo de Atánquez	56
Figura 11. Exterior del sedimentador- floculador.....	57
Figura 12. Interior del sedimentador- floculador y pantalla afectada por la corrosión	58
Figura 13. Tubería de rebose.....	58
Figura 14. Electromotobomba	59
Figura 15. Filtros	60
Figura 16. Agitador mecánico	61
Figura 17. Tanques empleados para proceso de desinfección	61
Figura 18. Tanques de almacenamiento	62
Figura 19. Parte trasera de los tanques	63
Figura 20. Tubería utilizada para el mantenimiento de los tanques	63

LISTADO DE TABLAS.

Tabla 1. Marco legal del presente proyecto.....	37
Tabla 2. Resumen catastro de usuarios	42
Tabla 3. Calculo de proyección de la población.	43
Tabla 4. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	44
Tabla 5. Población y cálculos de la dotación y demanda de la población hasta el año proyectado.	48
Tabla 6. Caudales de diseño	50
Tabla 7. Cálculos de Qmd, QMD, QMH y las capacidades de diseño de cada componente del Sistema de Acueducto del Corregimiento de Atánquez, Cesar. ...	51
Tabla 8. Dimensiones del sistema de captación.....	53
Tabla 9. Inventario del Sistema de tratamiento de Agua para consumo del corregimiento de Atánquez, Cesar.....	56
Tabla 10. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua en corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2017.....	64
Tabla 11. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2018.	65
Tabla 12. Caracterizaciones fisicoquímicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de verano.....	66
Tabla 13. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de verano.....	67
Tabla 14. Caracterizaciones fisicoquímicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019, durante épocas de verano.	68

Tabla 15. Caracterizaciones microbiológicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019 durante épocas de verano.	69
Tabla 16. Caracterizaciones fisicoquímicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de invierno.	70
Tabla 17. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de invierno.	71
Tabla 18. Caracterizaciones fisicoquímicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019 durante épocas de invierno.	72
Tabla 19. Caracterizaciones microbiológicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019 durante épocas de invierno.	73
Tabla 20. Clasificación del nivel de riesgo y acciones a realizar de acuerdo a los resultados de las caracterizaciones en los diferentes puntos de muestreo seleccionados.	79
Tabla 21. Nivel de calidad de acuerdo al grado de contaminación de la fuente superficial Río Guatapurí.	80
Tabla 22. Dosis óptima de coagulante, de acuerdo a la turbiedad presentada por el río Guatapurí entre los años 2016 - 2018	81
Tabla 23. Diseño del almacén.	89
Tabla 24. Cálculo de la descarga del Dosificador (q) para una dosis óptima y una concentración determinada (1).	90
Tabla 25. Cálculo de la descarga del Dosificador (q) para una dosis óptima y una concentración determinada (2).	91
Tabla 26. Diseño de la Canaleta Parshall.	93
Tabla 27. Diseño del vertedero tipo Creaguer.	97
Tabla 28. Diseño del Floculador de tabiques de flujo horizontal.	103

Tabla 29. Diseño del floculador de tipo Cox	110
Tabla 30. Diseño del Sedimentador de Alta Tasa	118
Tabla 31. Diseño del sistema de Filtración de tasa declinante con lechos dobles, autolavables.....	126

LISTADO DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. Contraste de caracterizaciones fisicoquímicas en invierno vs. verano del río Guatapurí y Candela.....	74
GRÁFICA 2. Contraste de caracterizaciones microbiológicas en invierno vs. verano del río Guatapurí y Candela.....	74
GRÁFICA 3. Contraste de caracterizaciones fisicoquímicas en invierno vs. verano del efluente del sistema de Tratamiento de Agua Potable para consumo en Atánquez.....	75
GRÁFICA 4. Contraste de caracterizaciones microbiológicas en invierno vs. verano del efluente del sistema de Tratamiento de Agua Potable para consumo en Atánquez.....	76
GRÁFICA 5. Dosis óptima de acuerdo a los valores de turbiedad en la fuente de abastecimiento de la PTAP del municipio de Valledupar entre los años 2016- 2018 (1).. ..	87
GRÁFICA 6. Dosis óptima de acuerdo a los valores de turbiedad en la fuente de abastecimiento de la PTAP del municipio de Valledupar entre los años 2016- 2018 (2).. ..	88
GRÁFICA 7. Diseño de los Planos de la PTAP propuesta en el software de diseño AutoCad.....	135

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. Caracterización microbiológica del efluente del Sistema de Tratamiento de Agua para consumo del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2017.	148
ANEXO 2. Caracterización microbiológica del efluente del Sistema de Tratamiento de Agua para consumo del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2017.	149
ANEXO 3. Recolección de muestras representativas en los puntos de muestreo designados.....	150
ANEXO 4. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 1 Efluente del Sistema de tratamiento de Agua potable del corregimiento de Atánquez, en épocas de verano durante el 2019.....	151
ANEXO 5. Caracterización microbiológica correspondiente al punto de muestreo No. 1 Efluente del Sistema de tratamiento de Agua potable del corregimiento de Atánquez, en épocas de verano durante el 2019.....	152
ANEXO 6. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 2 Grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en épocas de verano durante el 2019.	153
ANEXO 7. Caracterización microbiológica correspondiente al punto de muestreo No. 2 Grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en épocas de verano durante el 2019.	154
ANEXO 8. Puntajes de riesgo asignados a parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	155
ANEXO 9. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 1 Efluente del Sistema de tratamiento de Agua potable del corregimiento de Atánquez, en épocas de invierno durante el 2019.....	156
ANEXO 10. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 2 Grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en épocas de invierno durante el 2019.....	158

ANEXO 11. Caracterización microbiológica correspondiente al punto de muestreo No. 2 Grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en épocas de invierno durante el 2019.....	159
ANEXO 12. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.....	160
ANEXO 13. Determinación del del ancho W de la Canaleta Parshall en función del caudal y sus dimensiones típicas.....	161

INTRODUCCIÓN

El agua potable es fundamental para el desarrollo de cualquier comunidad, por ende debe garantizar su calidad basándose en la legislación nacional vigente. Los procesos de potabilización deben ser los más idóneos para lograr que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua estén dentro de los valores máximos aceptables. Según la OMS en el 2017 *“El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud.”* Todas las personas, sin discriminar, deben contar con un suministro de agua que además de ser inocuo, debe ser suficiente y accesible.

En el corregimiento de Atánquez, Cesar, la Planta de Tratamiento de Agua para consumo humano que está en funcionamiento es de tipo compacta. Se tomaron muestras representativas del efluente para un posterior análisis de las propiedades químicas, físicas y microbiológicas y se determinó que no cumplen con los límites permisibles estipulados en la Resolución 2115 del 2007, pues el cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano – IRCA, arrojó resultados que indican cierto grado de riesgo para la salud humana. Se presentó una propuesta de un nuevo diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable, bajo las condiciones requeridas para la concepción y desarrollo estipulados en la Resolución 0330 del 2017, el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento – RAS 2013 Título C y El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS, que mejorará la calidad de vida de cada uno de los habitantes de corregimiento.

En el desarrollo de la investigación se revisó información secundaria para realizar un diagnóstico más verídico de todo lo que conforma el Sistema de Agua Potable. Bajo el diagnóstico y el análisis de las caracterizaciones del efluente y afluente, se procedió a proyectar las unidades que conformarían la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

La planta diseñada es de tipo convencional, proyectada a 25 años, tal como lo indica la normatividad vigente. Consta de procesos como Mezcla rápida a través de un vertedero tipo Creaguer, floculación por medio de un Floculador tipo Cox, sedimentación de alta tasa y Filtración, elegidos por ser hidráulica y económicamente viables. También se presentan los diseños en el software de diseño AUTOCAD.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo principal de las plantas de tratamiento de agua potable es convertir el agua cruda en apta para el consumo humano, que garantice la salud de cada uno de los suscriptores y que todos podamos tener acceso a ella, puesto que sin agua no podríamos sobrevivir. Cuando los sistemas de tratamiento presentan falencias en sus procesos y/o cuando es deficiente la operación o manejo, puede traer graves consecuencias que tienen incidencia directa en la salud humana.

El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. (OMS, 2018)

En Atánquez, un corregimiento al norte del municipio de Valledupar, los entes gubernamentales han intentado dar solución a problemas de agua potable mediante la instalación de ciertas plantas de tratamiento a través del tiempo. Existen 3 plantas de tratamiento, la planta de tratamiento más antigua está desde el año 1980 pero por razones desconocidas nunca pudo terminar de ser construida. La segunda planta de tratamiento es la que actualmente se encuentra en uso, tiene una capacidad instalada de 2Lps y luego de proyectar la población, realizar los cálculos de las demandas de agua se determina que no abastece a la población actual y mucho menos a la futura. Sumando a lo anterior, ésta Planta de Tratamiento de tipo compacta no posee redes de distribución, por lo que la población debe acercarse a ella a buscar el preciado líquido mediante recipientes. Después de realizar la visita se observó el mal estado del tanque sedimentador-floculador (estructura que hace parte de la Planta de tratamiento en mención) y el mal manejo a la hora de añadir

el desinfectante, lo que se evidencia en las respectivas caracterizaciones microbiológicas. Todo lo anterior desencadena un gran problema con incidencia directa en la salud y en la calidad de vida de cada una de las personas del pueblo.

La tercera Planta de Tratamiento existente y la más reciente se proyectó por la deficiencia de la descrita anteriormente, pero es lamentable que tampoco terminó de ser instalada y los procesos unitarios existentes se han ido deteriorando debido al abandono de la misma. Es importante mencionar, que todos los hogares están conectados a la red de distribución de ésta Planta de Tratamiento, es decir, el agua que llega a la población es agua cruda.

2. JUSTIFICACIÓN

El tratamiento del agua es de suma importancia, debido a que de ella va a depender su calidad, la cual se encuentra directamente relacionada con la salud pública. El agua tratada se ha convertido en uno de los bienes más significativos para la humanidad, además es clave para el mejoramiento de la calidad de vida en todos los rincones del mundo, su disponibilidad y accesibilidad van de la mano con el desarrollo de las comunidades.

Se propone un diseño convencional de una PTAP, partiendo de los argumentos que se escriben a continuación. Se tiene que la Planta de Tratamiento existente es de tipo compacta, con una capacidad instalada de 2Lps, por lo que cada uno de sus procesos vienen previamente diseñados para operar en conjunto, bajo ciertas condiciones de espacio y de calidad de agua, razón por la cual añadir más procesos o rediseñar los existentes no sería una solución a los problemas planteados. Se consideraría recomendar realizar una limpieza periódica para que los procesos sean más eficientes o realizar los respectivos cálculos para que la dosis de desinfectante sea la idónea, pero aun así el problema de abastecimiento no se solucionaría.

Las autoridades gubernamentales fueron conscientes de las necesidades insatisfechas de saneamiento básico, por lo que instalaron otra Planta de Tratamiento con más capacidad instalada, pero no fue terminada de instalar. Proponer el diseño de una PTAP, que se realizó bajo proyecciones de la población y demandas de agua, teniendo en cuenta resultados de caracterizaciones del agua cruda y seleccionando los procesos que resultarían hidráulica y económicamente viables, sería una solución a los todos los problemas expuestos con anterioridad.

3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer el diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para el sistema de acueducto, en el corregimiento de Atánquez, Cesar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual del sistema de tratamiento de agua para consumo del corregimiento de Atánquez.
- Caracterizar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del afluente y efluente de la planta de tratamiento del corregimiento de Atánquez, para un posterior análisis, de acuerdo con los estándares legales vigentes.
- Proyectar las unidades que conformarán la Planta de Tratamiento de Agua Potable, como alternativa de solución a los problemas de calidad de agua y abastecimiento.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Pérez E. (2016) Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. En este trabajo investigativo se evaluaron parámetros de calidad del agua para consumo humano, como conductividad eléctrica, densidad, pH, dureza total, dureza cálcica, alcalinidad total, cloruros, magnesio y calcio por absorción atómica, en muestras de agua potable de la región de Occidente de Costa Rica, incluyendo Grecia, Naranjo, San Ramón, Poás, Zarcerro, San Carlos y Esparza. Tuvo como objetivo comparar resultados obtenidos para los parámetros de calidad evaluados entre las muestras analizadas. Se obtuvieron resultados muy favorables, debido a que las muestras cumplen con la regulación vigente en el país en cuanto a parámetros de calidad del agua. Cabe destacar que en los casos de la prueba de alcalinidad total de las muestras de las zonas de San Ramón y San Carlos, los resultados sobrepasaron lo estipulado por los parámetros de calidad. Este no es un criterio contemplado en el reglamento vigente en el país, pero se espera que la irregularidad tenga una causa puntual y aleatoria, que no tenga repercusión en la salud humana de la población.

Blanco M., Saurith A., (2016). Diagnóstico, evaluación y diseños para la optimización del sistema de acueducto de la zona urbana del Municipio Urumita – La Guajira. La realización de este proyecto, se da debido a que el departamento de la Guajira, tiene la menor tasa de cobertura del caribe colombiano. Solo la mitad de los guajiros (51,2%) tienen conexión al acueducto, que sólo bombea algunos días de la semana. El servicio de acueducto se encuentra en regular estado, ya que no cumplía con la calidad del agua que lo establece el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 del 2007.

Amézquita C., Perez A., Torres P. (2014). Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. La evaluación del riesgo es una etapa clave de un Plan de Seguridad del Agua

(PSA) y se logra mediante la identificación de peligros o eventos peligrosos y la valoración del riesgo. Este estudio evaluó los riesgos en el Sistema de Distribución de Agua potable (SDA) de la ciudad de Cali (Colombia) abastecido por el río Cauca, identificando los eventos peligrosos y posteriormente realizando la estimación del riesgo usando una matriz semicuantitativa adaptada. La estimación del riesgo se efectuó inicialmente sin considerar las medidas de control existentes del SDA y luego se reestimó considerando el nivel de eficacia de las mismas. Los resultados mostraron los eventos con mayor nivel de riesgo asociados al deterioro de la integridad física e hidráulica del SDA (daños en tuberías, fluctuaciones de presión, ausencia de información sistematizada sobre el SDA, fallas humanas, falta de capacitación, supervisión, conciencia del concepto aseguramiento del agua, corrosión interna y externa de elementos del SDA). La evaluación del riesgo es un instrumento de gestión para empresas prestadoras del servicio que permite priorizar recursos humanos y financieros hacia el mejoramiento de las medidas de control como estrategia para reducir los riesgos y asegurar la calidad del agua potable en el SDA.

Briñez K., Guarnizo J., Arias S. (2012) Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. El objetivo de este estudio consistió en la descripción del agua para consumo humano en el perímetro urbano del departamento de Tolima y además la relación con la Hepatitis A, y la enfermedad diarreica aguda e indicadores sociales. La metodología fue un estudio observacional descriptivo que utilizó datos del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (SIVICAP) y el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) de 2010. Se realizaron estudios estadísticos que arrojaron como resultado que el 63,33% de los municipios del Tolima poseen agua no apta para el consumo humano, los municipios de Ataco, Cajamarca, Planadas, Rovira, Valle de San Juan y Villarrica cuentan con agua que se ubica en la categoría de inviable sanitariamente y el 27,7% de los municipios mostraron resultados con presencia de coliformes y se concluyó que es necesario la optimización de la calidad del agua, ampliando la cobertura del

servicio, notificación epidemiológica y la implementación de buenas prácticas higiénico-sanitarias.

Estupiñán S., Ávila S. (2010) Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. El estudio determinó si en el municipio de Bojacá el agua que utilizan para consumo humano, cumplía con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Para la realización se tomaron dos muestras de diferentes puntos en la red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliarios. Los resultados obtenidos demostraron que la mayoría de las muestras no cumplió con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano. Los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007. La calidad del agua debe mantenerse en todo el sistema de distribución, por lo tanto, además de llevar a cabo los procesos de potabilización, el prestador del servicio debe llevar un estricto control de los factores que puedan influir en la calidad del agua.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Definición de calidad del agua.

En vista de la complejidad de los factores que determinan la calidad del agua y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, es difícil dar una definición simple de “calidad del agua”. Además, los conocimientos sobre calidad del agua han evolucionado a través del tiempo a medida que ha aumentado su demanda en diferentes usos y han mejorado los métodos para analizar e interpretar sus características. La calidad de un ambiente acuático se puede definir como: i) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y ii) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua. La contaminación de un ambiente acuático significa la introducción por el hombre directa o indirectamente de sustancias o energía lo cual resulta en problemas como: daños en los organismos vivos, efectos sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades acuáticas como natación, buceo, canotaje, pesca, etc., e interferencia sobre actividades económicas como el riego, el abastecimiento de agua para la industria, etc. La descripción de la calidad del agua puede realizarse básicamente de dos formas:

- i) Midiendo variables físicas (turbiedad, sólidos totales, etc.), químicas (pH, acidez, etc.) o biológicas (bioensayos)
- ii) Utilizando un índice de calidad del agua

Ambas formas son aceptadas y las mediciones que se requieren se realizan, ya sea en el campo o en el laboratorio, y producen varios tipos de datos que luego es necesario interpretar. Antes de discutir las propiedades y características del agua, por aspectos pedagógicos, se dice que se puede analizar la calidad del agua de acuerdo con su estado; para ello se hace distinción entre agua cruda (superficial, subterránea, marina, etc.), aguas residuales y agua tratada (potable). (Sierra, 2011)

4.2.2 Agua tratada (Agua potable)

Se entiende por agua tratada aquella a la cual se le han variado o cambiado sus características físicas, químicas y biológicas con el propósito de utilizarla en algún uso benéfico. La calidad del agua tratada depende del uso que se le vaya a asignar o a dar. Por ejemplo, la calidad del agua para consumo humano o la utilizable para riego tienen una calidad diferente a la calidad del agua requerida por un determinado sector industrial. Las normas de calidad del agua para el abastecimiento público de agua potable dependen de la regulación de cada país. Actualmente, las normas vigentes en Colombia para la calidad del agua para consumo humano están reguladas por la resolución 2115 de 2007 emitida por el Ministerio de la Protección Social o la que la reemplace. (Sierra, 2011)

Los criterios técnicos definidos con respecto a análisis físico del agua, análisis químico del agua y microbiología del agua, hacen referencia a (Romero, 2009)

4.2.3 Análisis físico del agua

4.2.3.1 Turbidez.

La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

4.2.3.2 Color

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia

de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el A^{+++} o el Fe^{+++} .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que se ha removido su turbidez, y el color aparente, que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original, sin filtración o centrifugación previa.

4.2.3.3 Olor y Sabor

Los olores y sabores en el agua con frecuencia ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua; entre las más comunes se encuentran materia orgánica en solución, H_2S , cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc. Un observador experimentado puede detectar la presencia de sales metálicas disueltas de Fe, Zn, Mn, Cu, K y Na, por medio del sabor; sin embargo, debe recordarse siempre que la sensibilidad es diferente de persona a persona y que, incluso, con el mismo individuo no se obtendrán resultados consistentes de un día para otro.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación.

4.2.3.4 Temperatura

La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento, y efectuar la lectura después de un lapso suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es venenoso, hay que prevenir cualquier posible rotura del termómetro en agua utilizada para consumo.

4.2.3.5 Sólidos.

Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

- Sólidos totales. Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en una cazuela pesada con anterioridad, preferiblemente de platino, sobre un baño de María, y luego se seca a 103 -105 °C. El incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total.
- Sólidos disueltos (o residuo filtrable). Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a 103-105°C, el incremento de peso sobre el de la cazuela vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable.
- Sólidos suspendidos (residuo no filtrable o material no disuelto). Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca

a 103-105 °C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrable.

- Sólidos volátiles y sólidos fijos. Esta determinación se suele hacer en aguas residuales y lodos con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente.
- Sólidos sedimentables. La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán, en condiciones tranquilas, por acción de la gravedad.

En aguas potables, la determinación de sólidos totales es la de mayor interés, por ser muy pequeña la cantidad existente de sólidos suspendidos. En general, en aguas para suministro público se recomienda un contenido de sólidos totales menor de 1.000 mg/L.

La determinación de sólidos sedimentables es básica para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficiencia.

4.2.3.6 Conductividad.

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

4.2.4 Análisis químico del agua.

4.2.4.1 Alcalinidad.

La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH^-). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón de un agua.

4.2.4.2 Acidez.

La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. Las aguas excesivamente ácidas atacan los dientes.

La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas, así como al costo que suponen la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión.

4.2.4.3 Dureza

Como aguas duras se consideran aquellas que requieren grandes cantidades de jabón para generar espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua. La dureza se expresa en mg/L como $CaCO_3$.

Causas de dureza. En la práctica, se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones.

4.2.4.4 Grupo del nitrógeno

Los compuestos del nitrógeno son de gran interés para los ingenieros ambientales debido a su importancia en los procesos vitales de todas las plantas y animales. La química del nitrógeno es compleja a causa de los diversos estados de valencia que puede asumir este elemento y al hecho de que los cambios en la valencia los pueden hacer organismos vivos. Para añadir aún más interés, los cambios de valencia efectuados por las bacterias pueden ser positivos o negativos, según si las condiciones son aeróbicas o anaeróbicas.

Las formas de mayor interés, en nuestro caso, son:

- nitrógeno amoniacal
- nitrógeno de nitritos
- nitrógeno de nitratos
- nitrógeno orgánico

Las relaciones existentes entre las distintas formas de los compuestos del nitrógeno y los cambios que pueden ocurrir en la naturaleza están ilustradas en el diagrama del ciclo del nitrógeno, mostrado en la Figura 1.

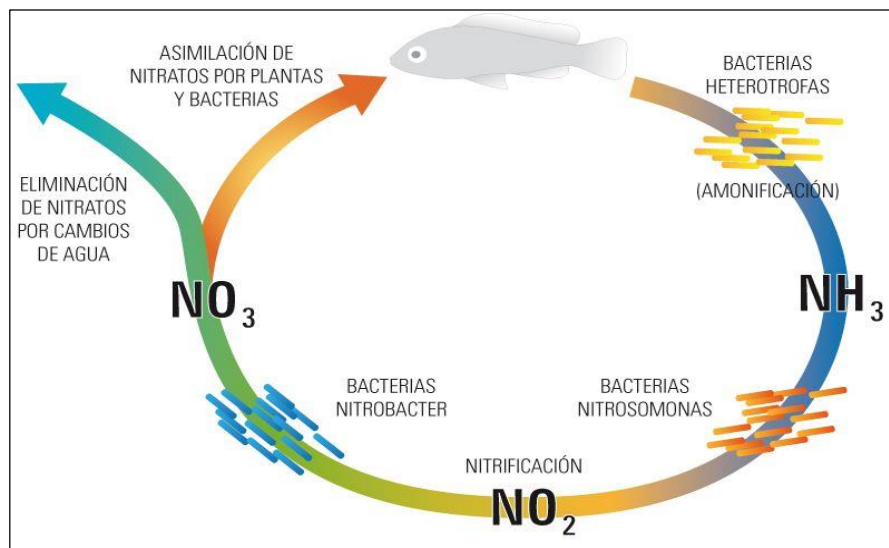


Figura 1. Ciclo del nitrógeno
Fuente. Acuarios Leuka, 2017

4.2.4.5 Grupo del Azufre

- Sulfatos: El ion sulfato, uno de los aniones más comunes en las aguas naturales, se encuentra en concentraciones que varían desde unos pocos hasta varios miles de mg/L. Como los sulfatos de sodio y de magnesio tienen un efecto purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L de sulfatos. El contenido es también importante, porque las aguas con alto contenido de sulfatos tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor.
- Sulfuros. Se entiende por sulfuros los compuestos de azufre con número de oxidación -2. Entre ellos están el ácido sulfhídrico, H_2S , o sulfuro de hidrógeno, e ion hidrosulfuro, HS^- , así como sulfuros metálicos solubles en ácido y otros sulfuros insolubles. Los sulfuros son comunes en aguas residuales domésticas e industriales, donde se encuentran en forma suspendida o disuelta. En general, los sulfuros insolubles no superan el nivel de 1 mg/L; el resto está en forma disuelta, como H_2S y como ion hidrosulfuro HS^- , dependiendo del pH. Los sulfuros también se presentan en aguas subterráneas y en aguas superficiales, como resultado de la descomposición biológica anaeróbica de la materia orgánica.
- Sulfitos. Se entiende por sulfitos los compuestos de azufre con número de oxidación +4. Se encuentran en algunos residuos industriales y aguas poluidas, pero generalmente son de interés en aguas de calderas donde se trata el agua con sulfito de sodio para reducir el OD del agua a un mínimo y prevenir la corrosión. En general, en aguas naturales no se encuentran sulfitos, pues las aguas que contienen sulfitos, al ser descargadas, reaccionan con el oxígeno para formar sulfatos.

4.2.4.6 Cloruros

Los cloruros aparecen en todas las aguas naturales en concentraciones que varían ampliamente. En las aguas de mar el nivel de cloruros es muy alto, en promedio de 19.000 mg/L; constituyen el anión predominante. En aguas superficiales, sin

embargo, su contenido es generalmente menor que el de los bicarbonatos y sulfatos.

Los cloruros tienen acceso a las aguas naturales en muchas formas: el poder disolvente del agua introduce cloruros de la capa vegetal y de las formaciones más profundas; las aguas de mar son más densas y fluyen aguas arriba a través del agua dulce de los ríos, que fluyen aguas abajo, ocasionando una mezcla constante de agua salada con el agua dulce.

Las aguas subterráneas en áreas adyacentes al océano están en equilibrio hidrostático con el agua de mar. Un sobrebombeo de las aguas subterráneas produce una diferencia de cabeza hidrostática en favor del agua de mar, haciendo que ésta se introduzca en el área de agua dulce. Los excrementos humanos, principalmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual a la de los cloruros consumidos con los alimentos y el agua.

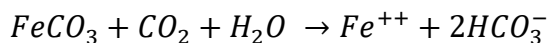
4.2.4.7 Fluoruros

El ingeniero tiene un doble interés en la determinación de fluoruros: por una parte, es responsable del diseño y operación de unidades de tratamiento para remoción de fluoruros, en aguas que contienen cantidades excesivas, y por otra, es responsable de supervisar y fomentar la adición de fluoruros en dosis óptimas a los suministros de agua.

La mayor parte de los fluoruros son de baja solubilidad; por ello la concentración de fluoruros en aguas naturales es normalmente baja, por lo general menor de 1 mg/L en aguas superficiales, raras veces mayor de 10 mg/L y excepcionalmente superior a 50 mg/L F. La importancia de los fluoruros en la prevención de la caries se ha demostrado completamente; el organismo procede con los fluoruros en igual forma que con los demás nutrientes, es decir, que una vez ingeridos los absorbe y los distribuye por la sangre a todos los órganos.

4.2.4.8 Hierro y Manganeseo

Tanto el hierro como el manganeseo crean problemas en suministros de agua. En general, estos problemas son más comunes en aguas subterráneas y en aguas del hipolimnio anaeróbico de lagos estratificados; en algunos casos, también en aguas superficiales provenientes de algunos ríos y embalses. El hierro existe en suelos y minerales, principalmente como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro, FeS_2 , pirita. En algunas áreas se presenta también como carbonato ferroso, siderita, la cual es muy poco soluble. Como las aguas subterráneas contienen cantidades apreciables de CO_2 , producidas por la oxidación bacterial de la materia orgánica con la cual el agua entra en contacto, se pueden disolver cantidades apreciables de carbonato ferroso mediante la siguiente reacción:



de la misma manera que se disuelven carbonatos de calcio y magnesio. Sin embargo, los problemas con el hierro predominan cuando éste está presente en el suelo como compuestos férricos insolubles. Si existe OD en el agua, la solución del hierro de tales suelos con el agua no ocurre, aun en presencia de suficiente CO_2 , pero en condiciones anaeróbicas el hierro férrico es reducido a hierro ferroso y la solución ocurre sin ninguna dificultad.

El manganeseo existe en el suelo, principalmente como dióxido de manganeseo, el cual es muy insoluble en aguas que contienen dióxido de carbono. En condiciones anaeróbicas, el manganeseo en la forma de dióxido es reducido de una valencia +4 a una valencia +2 y se presenta su solución de la misma manera que con los óxidos férricos

4.2.4.9 Fósforo.

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, pero un exceso de fósforo produce un desarrollo exorbitado de plantas, el cual es causa de condiciones inadecuadas para ciertos usos benéficos del agua.

El empleo de detergentes, los cuales contienen grandes cantidades de fósforo, ha aumentado el contenido de fosfato en las aguas residuales domésticas y ha contribuido al problema de incremento del mismo en las fuentes receptoras.

En algunos suministros de agua se usan polifosfatos como medio de control de corrosión. En aguas subterráneas de bajo contenido de fosfatos se han utilizado éstos como trazadores, pues se requieren solamente pequeñas cantidades para dichos ensayos.

El fósforo en aguas existe en varias formas, las cuales se han calificado de distintas maneras, de acuerdo con los métodos de su determinación, lo que ha contribuido a crear confusión sobre la terminología que se debe usar al respecto.

Las formas de importancia del fósforo en aguas son las siguientes:

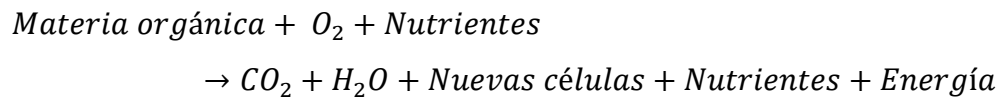
- Ortofosfatos
- Polifosfatos: pirofosfatos, tripolifosfatos y metafosfatos
- Fosfatos orgánicos

4.2.4.10 Oxígeno disuelto.

La determinación de OD es muy importante en ingeniería ambiental por cuanto es el factor que determina la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular. La determinación de OD sirve como base para cuantificar DBO, aerobicidad de los procesos de tratamiento, tasas de aireación en los procesos de tratamiento aeróbico y grado de polución de los ríos. El OD se presenta en cantidades variables y bajas en el agua; su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la autopurificación de los ríos. Los valores de OD en aguas son bajos y disminuyen con la temperatura. EL oxígeno en solución, específicamente cuando está acompañado de CO₂, es un agente de corrosión importante del hierro y el acero.

4.2.4.11 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

La oxidación microbial o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterotróficos, que hay que cuantificar.



Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un período de cinco días y a 20 °C

4.2.4.12 Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La demanda química de oxígeno es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente, representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. Todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO₂ y agua mediante la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones ácidas.

4.2.4.13 Sodio.

El sodio es un metal muy activo, que no existe libre en la naturaleza. Todas las sales de sodio son muy solubles en agua, por lo que es muy común hallar aguas con sodio. En aguas de mar el sodio es el catión más abundante; se encuentra en concentraciones del orden de 1 g/L, lo que demuestra que el sodio tiende a permanecer soluble una vez disuelto en el agua. Tanto en aguas de mar como en aguas salinas, es usual hallar el sodio asociado con los cloruros. En agua dulce el contenido de sodio es muy variable, por lo regular entre 10 y 100 mg/L. En aguas

residuales el sodio proviene principalmente de la orina, 1% de cloruro de sodio, así como del contenido propio del agua de suministro y de las sales de uso industrial

4.2.4.14 Potasio.

El potasio se encuentra en la naturaleza en forma iónica o molecular; es un elemento muy activo que reacciona vigorosamente con el oxígeno y el agua. Muchas de sus características son semejantes a las del sodio y sirve por ello como sustituto de éste en muchas sales de uso industrial; sin embargo, es más costoso que el sodio y por ello de utilización menos frecuente.

El potasio es un elemento nutriente esencial y en dosis de 1 a 2 g es catártico; por ello se considera recomendable un límite de 1000 a 2000 mg/L de potasio en aguas de consumo, aunque las normas de agua potable no especifican ningún límite. El potasio puede removerse mediante intercambio catiónico, evaporación y ósmosis inversa.

4.2.5 Microbiología del agua.

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

La transmisión de organismos patógenos a través del agua ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades. Entre las enfermedades más conocidas cuyos gérmenes pueden ser transmitidos por el agua están las siguientes:

4.2.5.1 De origen bacterial.

- Fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*)
- Fiebre paratifoidea (*Salmonella paratyphi*)
- Salmonelosis (*Salmonella spp.*)
- Cólera (*Vibrio cholerae*)

- Tularemia (*Brucella tularensis*)
- Disentería bacilar (*Shigella* spp.)
- Gastroenteritis (*Salmonella* spp, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*)
- Enfermedad de Weil (*Leptospira icterohaemorrhagiae*)
- Infecciones del oído (*Pseudomonas aeruginosa*)
- Legionelosis (*Legionella* spp.)

4.2.5.2 Protozoos patógenos.

- Disentería amibiana (*Entamoeba histolytica*)
- Giardiasis (*Giardia lamblia*)
- Meningoencefalitis (*Naegleria gruberi*, *Naegleria fowleri*)
- Criptosporidiosis (*Cryptosporidium parvum*)
- Infecciones en los ojos (*Acanthamoeba*)
- Gastroenteritis (*Cyclospora*)
- Gastroenteritis (*Microspora*)
- Toxoplasmosis (*Toxoplasma gondii*)

4.2.5.3 Virus.

Los principales virus asociados con el agua son:

- Gastroenteritis viral
- Diarrea Viral
- Hepatitis infecciosa
- Virus del polio (tres tipos)
- Virus Adeno (32 tipos)
- Virus Echo (34 tipos)
- Virus Coxsackie, grupo A (26 tipos)
- Virus Coxsackie, grupo B (seis tipos)
- Virus Reo (tres tipos)

El Virus más importante asociado con epidemias de origen hídrico es el de la hepatitis infecciosa. Para ejemplo sirve el de la epidemia ocurrida en Nueva Delhi (diciembre de 1955), con 20.000 40.000 casos de hepatitis infecciosa.

Los Sistemas de Acueducto están compuestos por las siguientes unidades:

4.2.6 Captación y aducción

La captación es la etapa inicial en la cual se capta el agua cruda desde la fuente natural abastecedora (superficial o subterránea) y es conducida mediante tuberías hasta la planta de tratamiento. Para seleccionar el punto de captación es necesario tener en cuenta diversos factores como: la naturaleza de las aguas, el clima y las actividades que se desarrollen aguas arriba de este punto. Las captaciones deben estar ubicadas preferiblemente en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones, embanques o azolves. En el caso de que sea imposible ubicar la captación en una zona recta, debe situarse en la orilla externa de una curva en una zona donde no haya evidencias de erosión por causa del curso de agua. La obra de captación debe asegurar, aún en las épocas de estiaje, el caudal de diseño requerido, y el agua debe estar exenta de toda posible contaminación química o bacteriológica, después de su tratamiento. (Hurtado, 2016)

4.2.7 Desarenación

El proceso de desarenación consiste en una estructura capaz de remover las partículas de gran tamaño y sedimentables del agua, antes de que esta llegue a las unidades de tratamiento iniciales. La desarenación es una sedimentación simple que permite la remoción por gravedad de sólidos suspendidos en el agua y la agregación natural de las partículas sin utilizar coagulantes. La eficiencia del sistema depende en gran parte del tamaño de las partículas suspendidas y de su velocidad de sedimentación. Siempre que sea necesario debe instalarse un desarenador en el primer tramo de la aducción, lo más cerca posible a la captación del agua. Para la selección del sitio donde se ubicará el desarenador deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- a). El área de la localización debe ser suficientemente grande para permitir la ampliación de las unidades durante el período de diseño del sistema;
- b). El sitio escogido debe proporcionar suficiente seguridad a la estructura y no debe presentar riesgo de inundaciones en los periodos de invierno y;
- c). La ubicación del desarenador debe garantizar que el sistema de limpieza pueda hacerse por gravedad y que la longitud de desagüe de la tubería no sea excesiva.

De manera general, se destacan cinco áreas principales en un desarenador, como se observa en la Figura 2.

Cámara de aquietamiento: Debido a la ampliación de la sección se disipa el exceso de energía de velocidad en la tubería de llegada.

Entrada al desarenador: Constituida entre la cámara de aquietamiento y “una cortina”, la cual obliga a las líneas de flujo a descender rápidamente de manera que se sedimente el material grueso.

Zona de sedimentación: Es la zona donde se sedimentan todas las partículas restantes. **Salida del desarenador:** Constituida por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y el canal de recolección.

Almacenamiento de lodos: Esta zona comprende el volumen entre la cota de profundidad útil de la zona de sedimentación y el fondo del tanque. (Hurtado, 2016)

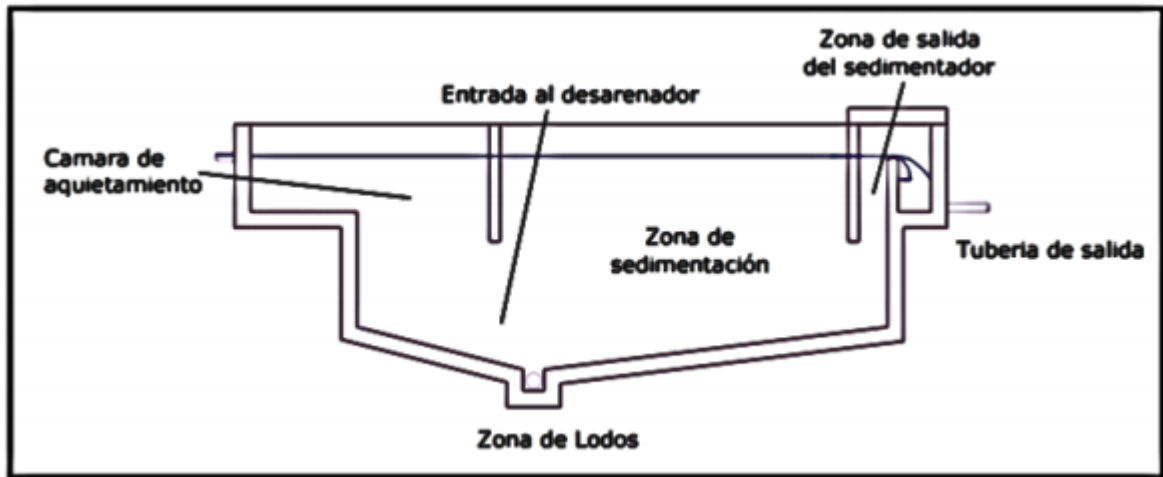


Figura 2. Zonas de un desarenador
 Fuente. (Hurtado, 2016)

4.2.8 Líneas de conducción.

Es la línea que transporta el agua desde la captación hasta el punto de entrega, que usualmente es el reservorio de regulación, pero eventualmente puede ser la planta de tratamiento o puede ser directamente a la red de distribución cuando el caudal de conducción corresponde al caudal máximo horario, lo que hace innecesario el reservorio de regulación. Sólo se requiere un pequeño reservorio para la cloración.

4.2.8.1 Tipos de conducción

De acuerdo a lo anterior, el abastecimiento del agua a los usuarios, puede realizarse de las siguientes maneras:

4.2.8.1.1 Conducción por Gravedad

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible. Es decir, se hace uso de la topografía existente de manera que la conducción se lleve a cabo sin necesidad de bombeo y se alcanza un nivel aceptable de presión. Algunas ventajas de este esquema son la inexistencia de

costos de energía, operación sencilla, bajos costos de mantenimiento y reducidos cambios de presión

4.2.8.1.2 Conducción por Bombeo

La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adicionar energía para transportar el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua. En ciertos casos cuando aún no se cuenta con un tanque de almacenamiento para la provisión y balance de la demanda de agua, es común que el agua sea bombeada directamente a la red, esto pudiera aparentar una cierta ventaja dado que no se tiene el tanque de regulación respectivo que permita realizar una distribución a gravedad en la red, sin embargo, se deberá instalar en estos casos lo antes posible el tanque respectivo para que cese la operación con entrega directa de bombeo. Durante el tiempo que se pretenda realizar la entrega directa a la red se deberán tomar precauciones adicionales, como contar con una fuente de poder alternativa en el bombeo, automatizar el mismo en su operación, dar el mantenimiento de manera estricta a los equipos de bombeo, y lo más importante es que la fuente de abastecimiento debe ser capaz de proporcionar el gasto máximo horario que se demande, ya que de lo contrario se tendrá déficit en el suministro. (Comisión Nacional del Agua, 2016)

4.2.9 Tipos de planta de purificación.

La calidad del agua cruda oscila grandemente de una fuente a otra; por ello, el tipo de tratamiento requerido para producir agua potable también varía. Dependiendo de la calidad del agua cruda, el grado de complejidad del tratamiento es diferente. Para diseñar una planta de tratamiento eficiente y económica se necesita un estudio de ingeniería cuidadoso, basado en la calidad de la fuente y en la selección apropiada de los procesos y operaciones de tratamiento más adecuados y económicos para producir agua de la calidad requerida. Como no existe una norma

o fórmula que permita determinar el tipo de planta que se necesita para tratar un agua, hay que realizar los estudios de tratabilidad.

El agua debe purificarse para que esté siempre libre de todo organismo patógeno, es decir, que sea biológicamente segura. La desinfección es efectiva para dicho propósito si el agua carece de material suspendido. La posibilidad de que los microorganismos patógenos, especialmente los virus, se encuentren embebidos dentro de un recubrimiento protector del material que produce turbiedad en el agua hace necesario remover previamente la turbiedad para una buena desinfección. El Comité sobre Virus de la AWWA recomienda, para una desinfección apropiada, mantener niveles de turbiedad menores de 1 UNT. Lo anterior supondría, por tanto, como tratamiento mínimo para aguas de consumo, la filtración y desinfección.

Con el propósito de ilustrar el ordenamiento de los procesos y operaciones de tratamiento, así como sus diferentes aplicaciones, se presentan las figuras 3 y 4 algunos diagramas de flujo de plantas de purificación de aguas. (Romero, 2006).

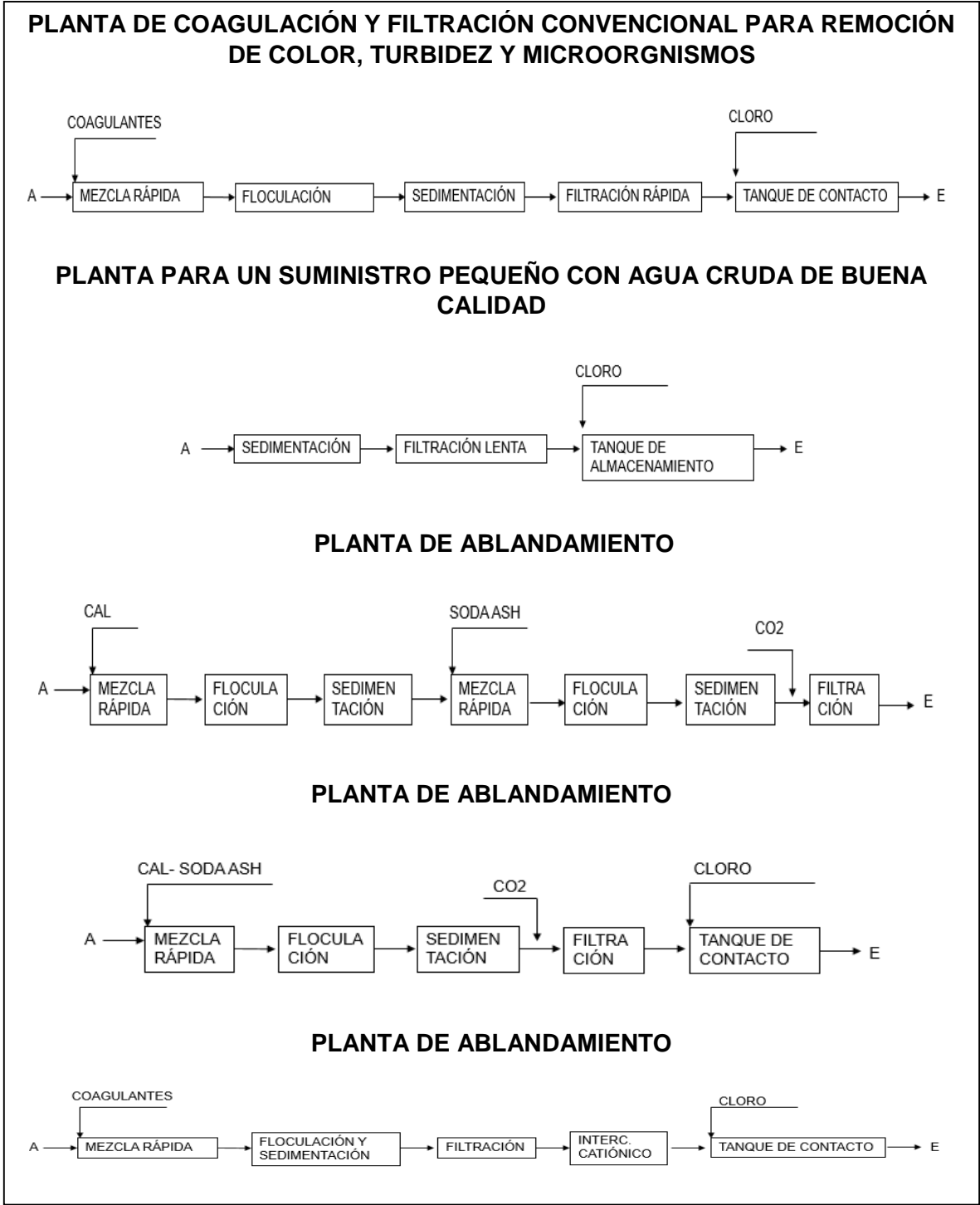


Figura 3. Diagramas de flujo de plantas de purificación.
Fuente. Romero, 2006.

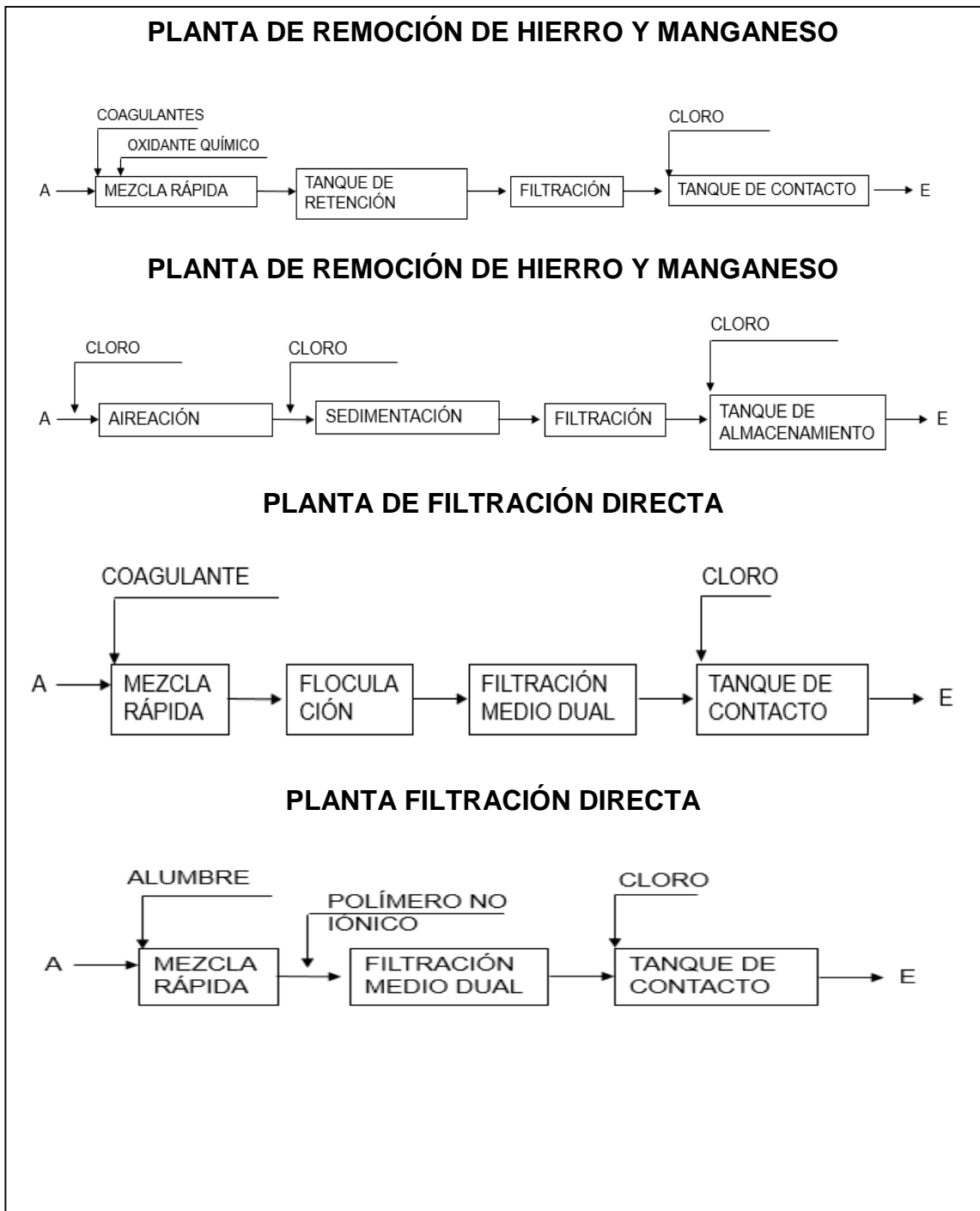


Figura 4. . Diagramas de flujo de plantas de purificación.
Fuente. Romero, 2006.

4.3 MARCO CONCEPTUAL.

Definiciones obtenidas del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2013 Título C, Resolución 2115 del 2017 y el Decreto 1575 del 2007, emanadas del Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Análisis básicos: Es el procedimiento que se efectúa para determinar turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de desinfectante usado, coliformes totales y Escherichia coli.

Análisis físico y químico del agua: Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

Análisis microbiológico del agua: Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Buenas prácticas sanitarias: Son los principios básicos y prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua para consumo humano, con el objeto de identificar los riesgos que pueda presentar la infraestructura.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Coliformes: Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

Dosificador (en sistemas de potabilización): Es un dispositivo mecánico o hidráulico diseñado para introducir una sustancia química al agua.

Dotación: Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

Efluente: Flujo proveniente de un sistema hidráulico.

Escherichia coli- E-coli: Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.

Fuente de abastecimiento: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

Gradiente de velocidad medio: Raíz cuadrada de la potencia total disipada (P) en la unidad de volumen de una estructura hidráulica (V) dividida por la viscosidad absoluta del agua (μ).

Lodo: Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante los procesos de tratamiento.

Número de Froude: Relación entre las fuerzas inerciales y la fuerza de gravedad.

Número de Reynolds: Relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas de fricción.

Parámetros de diseño: Criterios preestablecidos con los que se diseñan y construyen cada una de las unidades y equipos del sistema y la planta de tratamiento.

Pérdida de carga: Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso o pérdida de nivel.

Período de diseño: Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo.

Población servida o atendida: Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

Puntos de muestreo en red de distribución: Son aquellos sitios representativos donde se realiza la recolección de la muestra de agua para consumo humano en la red de distribución, de acuerdo con lo definido entre la autoridad sanitaria y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

Resalto hidráulico: Discontinuidad de la superficie del agua en la cual el flujo pasa de una manera abrupta de un régimen rápido (supercrítico) a un régimen tranquilo (subcrítico) y depende del número de Froude para determinar su estabilidad.

Riesgo: Probabilidad de que un agente o sustancia produzca o genere una alteración a la salud como consecuencia de una exposición al mismo.

Sistema de suministro de agua para consumo humano: Es el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano.

Tasa de aplicación superficial (carga superficial): Relación entre el caudal y el área superficial de una determinada estructura hidráulica ($m^3/m^2día$).

Tiempo de operación: Periodo de funcionamiento de un sistema, proceso o actividad.

Tratamiento o 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.

Vertedero: Dispositivo hidráulico de rebose de un líquido.

4.4 MARCO CONTEXTUAL

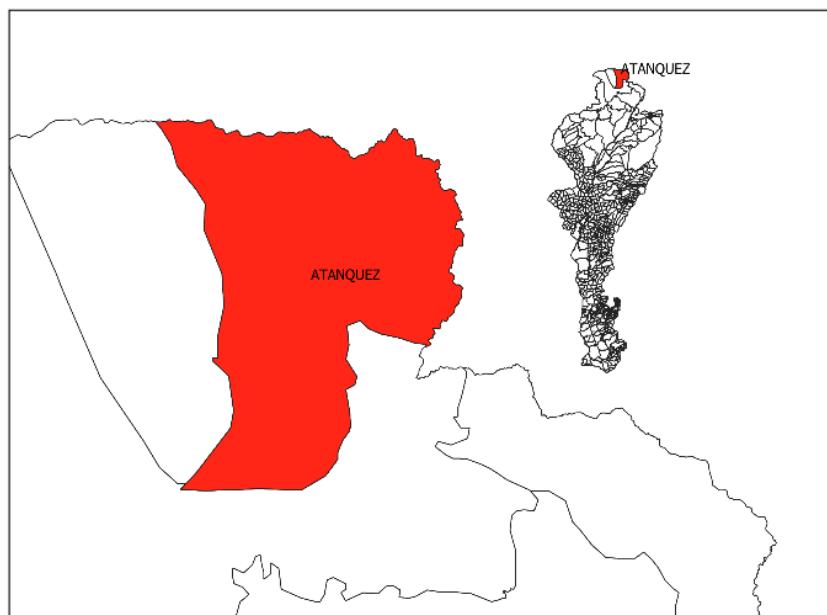


Figura 5. Ubicación geográfica del corregimiento de Atánquez, Cesar.

Fuente. Elaboración propia a partir de QGIS, 2019

A una veintena de kilómetros de las colinas de La Mina, en la periferia de Valledupar, el municipio de Atánquez representa uno de los principales asentamientos kankuamos de la Sierra Nevada. (Panorama cultural, 2012)

Ubicado en el Departamento del Cesar, Municipio de Valledupar, se encuentra el corregimiento de Atánquez, en el litoral fluvio minero o Costa Atlántica, Sierra Nevada de Santa Marta, en la vertiente sur oriental, aproximadamente a unos 50 kilómetros de Valledupar, desviándose en el sitio denominado Patillal.

Atánquez se localiza a los 10° 42' de latitud norte y a 73° 21' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita hacia el norte con el resguardo indígena Kogui – Malayo, específicamente con los koguis del alto río Guatapurí y los wiwas o malayos del río Cherúa; por el oriente con Patillal y Valledupar. Por el sur con la población de Río Seco y con Valledupar y por el occidente con la región oriental del resguardo indígena Ika o Arhuaco, sobre el río Donachui y el medio río Guatapurí.

Atánquez se extiende hasta la parte media de la subcuenca del río Chiscuinya, abarcando la microcuenca de Güinqueka. Ya en la parte alta de Chiscuinya la estrechez de los arroyos parece estar relacionada con la presencia de fallas profundas, las cuales originaron la topografía caracterizada por caídas casi verticales desde los cerros más altos como El Peligro y Cuchuruba.

El corregimiento de Atánquez, cuenta con las siguientes veredas: Avingüe, Las Flores, Nueva Idea, El Potrero, El Mojao, Güingueca, Las Dos Bocas, Pozo de Humo, Pontón, El Cerro, Juaneta, Platanita, El Chorro, Surimena, Cherúa, Puerto Leticia, Sinka, Bernaka, Conchurua, Rongoy, Piedra Lisa, Las Mercedes, La Subía.

El clima influye directamente sobre el paisaje pues actúa sobre las formas del relieve, en la formación de los suelos, en el régimen de los ríos y en el tipo de vegetación, todo lo cual afecta la actividad de los habitantes de un territorio. (EMDUPAR S.A E.S.P, 2007)

La descripción del suelo, la fauna y la flora del corregimiento de Atanquez, hacen referencia a (Oñate, 2018)

4.4.1 Suelo.

De laderas con una capa vegetal degradada, con una capa de materia orgánica de dimensión de hasta 5 cm que hace de esta zona en un 80% no acta para cultivos. Los suelos en su mayoría son acidos con una eficiencia menor y que se han ido perdiendo por el mal uso de éste debido a efectos de quemas, malos métodos de siembra ,mala densidad de cultivo, el uso de monocultivos permanes y no transitorios.

4.4.2 La Fauna.

Esta en su mayoría menguada debido a la caza indiscriminada aunque a un se cuenta con un inventario de especies únicas en Colombia como anfibios ,aracnidos,y aves. La desaparición de algunas especies también se debe a la invacion de su hábitat por parte de agricultores y ganaderos que han ampliado sus áreas productivas disminuyendo el área de hábitat faunistica

4.4.2 La Flora.

Es diversa pero no propia, contamos con algunas especies únicas en Colombia, como aguacate macho, chusco, entre otras. Nuestra flora en gran parte es producto del cambio climático en lo cual encontramos especies de porte alto, pero entre los años 40 la flora era típica de porte bajo debido al clima templado que predominaba.

Hoy en día se cuenta con una vegetación de porte alto en bosques secos y húmedos que sirven de colchón ambiental en cuencas hídricas y en zonas de amortiguación ambiental como laderas, serranías y planicies que cuentan con bosques secos. Estos bosques han ido aumentando su área debido a la desertización en algunas zonas y han ido disminuyendo los bosques húmedos.

La parte de cultivos siguen predominando los cultivos ancestrales como monocultivos de café caña, aguacate, naranjo, manzano del monte, cacao, entre otras.

Y en los cultivos transitorios están: yuca, maíz, frijol, ñame, batata, malanga y últimamente hortalizas que son cultivos foráneos adaptados a la zona como, tomate ají, papaya, entre otros.

Los pastos de uso pecuario como la paja de lima y yaraguá que eran típicos han sido reemplazados por pastos foráneos como kikuyo, jaragua, elefante, carimagua y otras que han venido en la parte intestinal de ganados traídos por comerciantes desplazando las posturas propias ya que estos pastos son invasivos.

4.5 MARCO LEGAL

Las normas, leyes, decretos y resoluciones que tienen relación con este proyecto de grado son:

Tabla 1. Marco legal del presente proyecto

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991	ARTÍCULO 366. Bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de la población es objetivo del estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, educación, saneamiento ambiental y de agua potable.
LEYES	99 DEL 22 DE DICIEMBRE DE 1993 Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental
DECRETOS	1076 DEL 26 DE MAYO DE 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Artículos 2.2.3.3.2.2 Usos de agua, 2.2.3.3.9.4 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico, 2.2.3.3.10.1 Métodos de análisis, 2.2.3.3.10.3 Preservación de muestras y 2.2.3.3.10.4 Toma de muestras 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 1575 DEL 09 DE MAYO DE 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano

	<p>3930 DEL 25 DE OCTUBRE DE 2010. Régimen de Uso de las Aguas y de Generación de Vertimientos Líquidos</p>
<p>RESOLUCIONES</p>	<p>2115 DEL 22 DE JUNIO DE 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano</p> <p>0811 DEL 05 DE MARZO DE 2008. Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.</p> <p>082 DEL 16 DE ENERO DE 2009. Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.</p> <p>0330 DEL 08 DE JUNIO DE 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.</p>
<p>REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – RAS</p>	<p>TITULO B. Sistemas de acueducto. TITULO C. Sistemas de potabilización.</p>

Fuente. Autor, 2019

5. MARCO METODOLÓGICO.

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación de tipo descriptiva y explicativa con enfoque cualitativo y cuantitativo, por medio del cual se presentó la propuesta para el diseño de una nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable para el corregimiento de Atánquez, Cesar, como una solución a los problemas planteados.

Línea de investigación: Sostenibilidad y Gestión Ambiental.

Sub-línea de investigación: Gestión Integral del Recurso Hídrico.

5.2 POBLACIÓN.

Todos los procesos llevados a cabo en el sistema de Tratamiento de Agua para consumo humano del corregimiento de Atánquez, Cesar.

5.3 MUESTRA

Para el buen desarrollo del proyecto, la muestra se tomó con fines investigativos. Con un volumen de 1,2 litros el agua proveniente de un grifo de una casa ubicado al norte del corregimiento, cuyo afluente es de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda) y el efluente del Sistema de Tratamiento de Agua para consumo, fueron los puntos de muestreo.

5.4 DESARROLLO METODOLÓGICO.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se plantearon las siguientes etapas que se describen a continuación:

5.4.1 Etapa 1: Diagnóstico del Sistema de tratamiento de agua para consumo humano.

5.4.1.1 Trabajo de campo

Como primera actividad se hizo un recorrido por el sistema de tratamiento de Agua de Atánquez, Cesar, el acueducto ubicado al norte del corregimiento de Guatapurí y la Planta potabilizadora, ubicada en el barrio El Centro del corregimiento de Atánquez. Durante el recorrido se describió detalladamente cada uno de los componentes y se complementó con visualización fotográfica.

5.4.1.2 Procesamiento y análisis de datos

Se realizó un inventario y se describió el funcionamiento de cada una de las estructuras que conforman el Sistema de Agua Potable, además se proyectó la población a 25 años y se calculó la demanda y dotación al periodo de diseño.

5.4.2 Etapa 2: Caracterización del afluente y efluente del Sistema de Agua Potable y análisis de acuerdo a la normatividad ambiental vigente.

5.4.2.1 Trabajo de campo.

Consistió en la recolección de muestras representativas del afluente y efluente del Sistema de Tratamiento para Agua Potable, las muestras tomadas se utilizarán para la determinación de parámetros físicoquímicos (color aparente, turbiedad, pH, alcalinidad total, calcio, dureza total, hierro total, cloro residual libre, magnesio) y microbiológicos (escherichia coli, coliformes totales y aerobios mesofilos) descritos en la Resolución No. 2115 del 2007, con el fin de determinar la calidad del agua para consumo humano.

5.4.2.1.1 Identificación de los puntos de muestreo.

- Muestra No. 1: efluente del Sistema de tratamiento de agua para Consumo.
- Muestra No. 2: grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda).

5.4.2.1.2 Toma de muestras

Se tomó manualmente 1 muestra representativa en cada punto de muestreo en épocas de invierno y verano, una basándonos en lo estipulado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM para la toma de muestras. Cada muestra con un volumen de 1,2 litros que serán usadas para determinar parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Las muestras durante su recolección y traslado se mantuvieron refrigeradas y conservadas en una cava hasta el laboratorio, con la finalidad de garantizar los mejores resultados en los análisis a realizar. El transporte de las muestras

recolectadas, hasta el laboratorio se hizo de inmediato, para evitar alteraciones cualitativas y cuantitativas.

5.4.2.2 Trabajo de laboratorio

Después de tomadas las muestras, fueron llevadas al Laboratorio de Salud Pública del Cesar, allí se realizó el procedimiento respectivo a cada una de las muestras recolectadas.

5.4.2.3 Procesamiento y análisis de datos de acuerdo a la Resolución 2115 del 2007 y (Decreto 1575 del 2007)

- Se realizaron cuadros comparativos de los resultados obtenidos de la caracterización física, química y microbiológica con los límites máximos permisibles impuestos en la Resolución 2115 del 2007.
- Se calculó el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA) mediante las ecuaciones de (Resolución 2115 del 2007) artículos 13, 14, 15, 16 y 19. Teniendo en cuenta los resultados se clasificó el nivel de riesgo de agua suministrada para el consumo humano.
- Se determinó el nivel de calidad de la fuente de acuerdo al grado de contaminación, según la tabla B.3.1 del RAS 2012 título B.

5.4.3 Etapa 3: Proyección de las unidades que conformarán la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

De acuerdo a los resultados arrojados en las caracterizaciones físicas, químicas, microbiológicas y teniendo en cuenta la clasificación del nivel de riesgo en salud por el cálculo del IRCA, se propuso el diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable. Los cálculos se realizaron con ecuaciones del CEPIS y bajo parámetros de diseño estipulados en la Resolución 0330 del 2017, Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico – RAS títulos B y C. Finalmente se realizaron los planos de la planta proyectada en AUTOCAD.

5.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

5.5.1 Resultados Etapa 1: Diagnóstico del Sistema de tratamiento de agua para consumo humano.

5.5.1.1 Demandas de agua de la población.

5.5.1.1.1 Indicadores demográficos: El cabildo menor del corregimiento brindó información de un diagnóstico social y comunitario del corregimiento de Atánquez realizado en el año 2018, la información que se utilizará para hacer las proyecciones y las respectivas demandas del sistema es el siguiente:

Tabla 2. Resumen catastro de usuarios

DESCRIPCION	CANTIDAD
Población total (hab).	3667
N° de viviendas	1113
Colegios	2
Puesto de salud	2
Estaciones de servicio	1
Parques	1
Estación de policía	1
Mercado	1
Cementerio	2
Iglesias	5
Oficinas	1
Centros comunales	1
Canchas polifuncionales	1
Canchas de fútbol	1
Inspección de policía rural	1
Hogares de bienestar familiar	15
% de cobertura de acueducto	100%

Fuente: Cabildo menor del corregimiento de Atánquez, 2018

5.5.1.1.2 Proyección de la población: la población fue proyectada a 25 años tal como lo indica la Resolución 0330 del 2017, es decir hasta el año 2044. Se utilizaron las igualdades matemáticas (B.2.1, B.2.2 y B.2.3) descritas en el Ras 2012 título B.

Tabla 3. Calculo de proyección de la población.

Métodos de proyección de población utilizados				
Método aritmético			Método geométrico	
$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$			$P_f = P_{uc} (1+r)^{T_f - T_{uc}}$ $r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$	
Datos censales				
<i>Pf:</i>	Población correspondiente al año para el que se quiere proyectar			5601
<i>Puc:</i>	Población correspondiente al último año censado con información			3667
<i>Pci:</i>	Población correspondiente al censo inicial con información			2642
<i>Tuc:</i>	Año correspondiente al último año censado con información			2018
<i>Tci:</i>	Año correspondiente al censo inicial con información			2006
<i>hab/año</i>	Habitantes por año			85
<i>Tf:</i>	<i>rata de crecimiento</i>	Aritmético	Geométrico	Promedio
Año proyecto				
2020	0,025	3.752	3.853	3803
2021	0,025	3.838	3.949	3893
2022	0,025	3.923	4.048	3985
2023	0,025	4.009	4.149	4079
2024	0,025	4.094	4.253	4173
2025	0,022	4.180	4.270	4225
2026	0,022	4.265	4.364	4315
2027	0,022	4.350	4.460	4405
2028	0,022	4.436	4.558	4497
2029	0,022	4.521	4.659	4590

2030	0,02	4.607	4.651	4629
2031	0,02	4.692	4.744	4718
2032	0,02	4.777	4.839	4808
2033	0,02	4.863	4.935	4899
2034	0,02	4.948	5.034	4991
2035	0,018	5.034	4.966	5000
2036	0,018	5.119	5.056	5087
2037	0,018	5.205	5.147	5176
2038	0,018	5.290	5.239	5265
2039	0,018	5.375	5.334	5354
2040	0,015	5.461	5.088	5274
2041	0,015	5.546	5.165	5355
2042	0,015	5.632	5.242	5437
2043	0,015	5.717	5.321	5519
2044	0,015	5.802	5.400	5601

Fuente. Autor, 2019

5.5.1.1.3 Dotación neta máxima (D_{neta}): Para el cálculo de la dotación neta máxima se utilizó la Tabla 1 del Artículo 43 de la Resolución 0330 del 2017.

Tabla 4. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA.	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
>2000 m.s.n.m.	120
1000 – 2000 m.s.n.m.	130
<1000 m.s.n.m.	140

Fuente. Resolución 0330 del 2017.

En el corregimiento, no existe información histórica de consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de

acueducto. Según el periódico Panorama Cultural en el año 2012, Atánquez está aproximadamente a 1700 m.s.n.m.

$$D_{neta} = 130 \frac{L}{HAB} * DÍA$$

5.5.1.1.4 Pérdidas: Según lo descrito en la Resolución 0330 del 2017, en el párrafo del artículo 44, las pérdidas esperadas en el sistema no deben superar el 25%, razón por la cual se tomó la situación más crítica, es decir, 25% para la determinación de la dotación bruta.

5.5.1.1.5 Dotación bruta (D_{bruta}): Se calcula mediante la siguiente ecuación obtenida del Num B.2.7 del RAS 2012.

$$D_{bruta} = D_{neta} / (1 - \%p)$$

$$D_{bruta} = \frac{130L}{HAB} * DÍA$$

$$D_{bruta} = \frac{130L}{HAB} * DÍA}{1 - 0,25}$$

$$D_{bruta} = 173,33 \frac{L}{HAB} * DÍA$$

5.5.1.1.6 Caudal medio diario (Q_{md}): Corresponde al promedio de los consumos diarios de caudal en un período de un año, proyectado al horizonte de diseño. (RAS TÍTULO B, 2012).

Se calcula mediante el Num. 2.8.3.1 del RAS 2012 título B. A continuación, se realiza un cálculo del Q_{md} para el año 2044 y los demás se encuentran en la Tabla 7.

$$Q_{md\ res} = \frac{Población * D_{bruta}}{86400\ s}$$

$$Q_{md\ res} = \frac{5601\ HAB * 173,33 \frac{L}{HAB} * DÍA}{86400\ s}$$

$$Q_{md\ res} = 11,24L/S$$

Corrección del Q_{md} y se incluyen otros usos (Q_{ou})

$$Q_{ou} = Q_{md\ res} * 0,15$$

$$Q_{ou} = 11,24 \frac{L}{S} * 0,15$$

$$Q_{ou} = 1,69 L/S$$

$$Q_{md} = 11,24 L/S + 1,69 L/S$$

$$Q_{md} = 12,92 L/S$$

El 15% empleado en la corrección del Q_{md} se tomó partiendo de lo establecido en el numeral 2.5.3 del RAS 2012 título B. En el corregimiento de Atánquez, el consumo de uso residencial representa más del 90% del consumo de agua potable, por lo tanto se sumó dicho porcentaje que tuvo en cuenta los demás usos de forma agrupada.

5.5.1.1.7 Caudal máximo diario (Q_{MD}): corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. (RAS TÍTULO B, 2012).

Se calcula mediante el Num. 2.8.2.2 del RAS 2012 título B. A continuación, se realiza un cálculo del Q_{MD} para el año 2044, para los demás se encuentran en la Tabla 7.

$$Q_{MD} = Q_{md} * k_1$$

El artículo 47 de la Resolución 0330 del 2017 estipula que para poblaciones menores o iguales de 12.500, al periodo de diseño, el k_1 en ningún caso será superior a 1.3. Por lo anterior se tomará $k_1 = 1,3$.

$$Q_{MD} = 12,92 \frac{L}{S} * 1,3$$

$$Q_{MD} = 16,80 L/S$$

5.5.1.1.8 Caudal máximo horario (Q_{MH}): corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. (RAS TÍTULO B, 2012)

Se calcula mediante el Num. 2.8.2.3 del RAS 2012 título B. A continuación, se realiza un cálculo del Q_{MD} para el año 2044, para los demás se encuentran en la Tabla 7.

$$QMH = QMD * k_2$$

El artículo 47 de la Resolución 0330 del 2017 estipula que para poblaciones menores o iguales de 12.500, al periodo de diseño, el k_2 en ningún caso será superior a 1.6. Por lo anterior se tomará $k_2 = 1,6$.

$$QMH = 16,81 \text{ L/S} * 1,6$$

$$QMH = 26,88 \text{ L/s}$$

Tabla 5. Población y cálculos de la dotación y demanda de la población hasta el año proyectado.

JUSTIFICADO DE ACUERDO CON EL RAS 2012 TITULO B Y RESOLUCIÓN 0330 DEL 2017										
		ART. 43 RES 0330/2017	ART. 44 RES 0330/2017	NUM B.2.7 RAS 2012	Num B.2.8.2.1 RAS 2012	Num B.2.8.3.1 RAS 2012	Art. 47 Par. 2° de Res. 0330/2017	Num B.2.8.2.2 RAS 2012	Art. 47 Par. 2° de Res. 0330/2017	Num B.2.8.2.3 RAS 2012
AÑO	POBLACIÓN	DOTACIÓN NETA (L/HAB*DÍA)	PÉRDIDAS (%)	DOTACIÓN BRUTA (L/HAB*DÍA)	CONSUMO DE USO RESIDENCIAL (L/S)	Qmd (L/S)	K1	QMD (L/S)	K2	QMH (L/S)
2020	3803	130	0,25	173,33	7,63	8,77	1,3	11,40	1,6	18,25
2021	3893	130	0,25	173,33	7,81	8,98	1,3	11,68	1,6	18,68
2022	3985	130	0,25	173,33	8,00	9,19	1,3	11,95	1,6	19,13
2023	4079	130	0,25	173,33	8,18	9,41	1,3	12,23	1,6	19,57
2024	4173	130	0,25	173,33	8,37	9,63	1,3	12,52	1,6	20,03
2025	4225	130	0,25	173,33	8,48	9,75	1,3	12,67	1,6	20,27
2026	4315	130	0,25	173,33	8,66	9,95	1,3	12,94	1,6	20,70
2027	4405	130	0,25	173,33	8,84	10,16	1,3	13,21	1,6	21,14
2028	4497	130	0,25	173,33	9,02	10,38	1,3	13,49	1,6	21,58
2029	4590	130	0,25	173,33	9,21	10,59	1,3	13,77	1,6	22,03
2030	4629	130	0,25	173,33	9,29	10,68	1,3	13,88	1,6	22,21
2031	4718	130	0,25	173,33	9,46	10,88	1,3	14,15	1,6	22,64
2032	4808	130	0,25	173,33	9,65	11,09	1,3	14,42	1,6	23,07
2033	4899	130	0,25	173,33	9,83	11,30	1,3	14,69	1,6	23,51
2034	4991	130	0,25	173,33	10,01	11,52	1,3	14,97	1,6	23,95
2035	5000	130	0,25	173,33	10,03	11,54	1,3	15,00	1,6	23,99
2036	5087	130	0,25	173,33	10,21	11,74	1,3	15,26	1,6	24,41

2037	5176	130	0,25	173,33	10,38	11,94	1,3	15,52	1,6	24,84
2038	5265	130	0,25	173,33	10,56	12,15	1,3	15,79	1,6	25,26
2039	5354	130	0,25	173,33	10,74	12,35	1,3	16,06	1,6	25,69
2040	5274	130	0,25	173,33	10,58	12,17	1,3	15,82	1,6	25,31
2041	5355	130	0,25	173,33	10,74	12,36	1,3	16,06	1,6	25,70
2042	5437	130	0,25	173,33	10,91	12,54	1,3	16,31	1,6	26,09
2043	5519	130	0,25	173,33	11,07	12,73	1,3	16,55	1,6	26,48
2044	5601	130	0,25	173,33	11,24	12,92	1,3	16,80	1,6	26,88

Fuente. Autor, 2019

5.5.1.1.9 Caudales de diseño: La tabla 2 del artículo 47 de la Resolución 0330 del 2017 establece los caudales de diseño, esta tabla se relaciona a continuación:

Tabla 6. Caudales de diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial.	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Fuente: Resolución 0330 del 2017.

La captación del acueducto existente es por fuente superficial de los ríos Candela y Guatapurí. En la siguiente tabla, se relacionan todos los caudales de diseño teniendo en cuenta lo estipulado en los artículos 44, 45, 46 y 47 la Resolución 0330 del 2017.

Tabla 7. Cálculos de Qmd, QMD, QMH y las capacidades de diseño de cada componente del Sistema de Acueducto del Corregimiento de Atánquez, Cesar.

JUSTIFICADO DE ACUERDO CON EL RAS 2012 TITULO B Y RESOLUCIÓN 0330 DEL 2017																	
		Art. 43 RES 0330/2017	Art. 44 RES 0330/2017	Num B.2.7 RAS 2012	Num B.2.8.2.1 RAS 2012	Num B.2.8.3.1 RAS 2012	Art. 47 Par. 2° de Res. 0330/2017	Num B.2.8.2.2 RAS 2012	Art. 47 Par. 2° de Res. 0330/2017	Num B.2.8.2.3 RAS 2012	Tabla 3. Res. 0330/2017	Tabla 3. Res. 0330/2017	Tabla 3. Res. 0330/2017	Tabla 3. Res. 0330/2017	Tabla 3. Res. 0330/2017	Tabla 3. Res. 0330/2017	Art. 99 de Res. 0330/2017
AÑO	POBLA CIÓN	DOTACIÓN NETA (L/HAB*DÍA)	PÉRDIDAS (%)	DOTACIÓN BRUTA (L/HAB*DÍA)	CONSUMO DE USO RESIDENCIA L (L/S)	Qmd (L/S)	K1	QMD (L/S)	K2	QMH (L/S)	Qcapt (L/S)	QAducc (L/S)	QDesar (L/S)	QCond (L/S)	QTanq (L/S)	QRed (L/S)	QPTAP (L/S)
2020	3803	130	0,25	173,33	7,63	8,77	1,3	11,40	1,6	18,25	22,81	11,40	11,40	11,40	11,40	18,25	11,40
2021	3893	130	0,25	173,33	7,81	8,98	1,3	11,68	1,6	18,68	23,35	11,68	11,68	11,68	11,68	18,68	11,68
2022	3985	130	0,25	173,33	8,00	9,19	1,3	11,95	1,6	19,13	23,91	11,95	11,95	11,95	11,95	19,13	11,95
2023	4079	130	0,25	173,33	8,18	9,41	1,3	12,23	1,6	19,57	24,47	12,23	12,23	12,23	12,23	19,57	12,23
2024	4173	130	0,25	173,33	8,37	9,63	1,3	12,52	1,6	20,03	25,03	12,52	12,52	12,52	12,52	20,03	12,52
2025	4225	130	0,25	173,33	8,48	9,75	1,3	12,67	1,6	20,27	25,34	12,67	12,67	12,67	12,67	20,27	12,67
2026	4315	130	0,25	173,33	8,66	9,95	1,3	12,94	1,6	20,70	25,88	12,94	12,94	12,94	12,94	20,70	12,94
2027	4405	130	0,25	173,33	8,84	10,16	1,3	13,21	1,6	21,14	26,43	13,21	13,21	13,21	13,21	21,14	13,21
2028	4497	130	0,25	173,33	9,02	10,38	1,3	13,49	1,6	21,58	26,98	13,49	13,49	13,49	13,49	21,58	13,49
2029	4590	130	0,25	173,33	9,21	10,59	1,3	13,77	1,6	22,03	27,53	13,77	13,77	13,77	13,77	22,03	13,77
2030	4629	130	0,25	173,33	9,29	10,68	1,3	13,88	1,6	22,21	27,76	13,88	13,88	13,88	13,88	22,21	13,88
2031	4718	130	0,25	173,33	9,46	10,88	1,3	14,15	1,6	22,64	28,30	14,15	14,15	14,15	14,15	22,64	14,15
2032	4808	130	0,25	173,33	9,65	11,09	1,3	14,42	1,6	23,07	28,84	14,42	14,42	14,42	14,42	23,07	14,42
2033	4899	130	0,25	173,33	9,83	11,30	1,3	14,69	1,6	23,51	29,39	14,69	14,69	14,69	14,69	23,51	14,69
2034	4991	130	0,25	173,33	10,01	11,52	1,3	14,97	1,6	23,95	29,94	14,97	14,97	14,97	14,97	23,95	14,97
2035	5000	130	0,25	173,33	10,03	11,54	1,3	15,00	1,6	23,99	29,99	15,00	15,00	15,00	15,00	23,99	15,00
2036	5087	130	0,25	173,33	10,21	11,74	1,3	15,26	1,6	24,41	30,52	15,26	15,26	15,26	15,26	24,41	15,26
2037	5176	130	0,25	173,33	10,38	11,94	1,3	15,52	1,6	24,84	31,05	15,52	15,52	15,52	15,52	24,84	15,52
2038	5265	130	0,25	173,33	10,56	12,15	1,3	15,79	1,6	25,26	31,58	15,79	15,79	15,79	15,79	25,26	15,79
2039	5354	130	0,25	173,33	10,74	12,35	1,3	16,06	1,6	25,69	32,12	16,06	16,06	16,06	16,06	25,69	16,06
2040	5274	130	0,25	173,33	10,58	12,17	1,3	15,82	1,6	25,31	31,64	15,82	15,82	15,82	15,82	25,31	15,82
2041	5355	130	0,25	173,33	10,74	12,36	1,3	16,06	1,6	25,70	32,12	16,06	16,06	16,06	16,06	25,70	16,06
2042	5437	130	0,25	173,33	10,91	12,54	1,3	16,31	1,6	26,09	32,61	16,31	16,31	16,31	16,31	26,09	16,31
2043	5519	130	0,25	173,33	11,07	12,73	1,3	16,55	1,6	26,48	33,10	16,55	16,55	16,55	16,55	26,48	16,55
2044	5601	130	0,25	173,33	11,24	12,92	1,3	16,80	1,6	26,88	33,60	16,80	16,80	16,80	16,80	26,88	16,80

Fuente. Autor, 2019.

5.5.1.2 Diagnóstico del acueducto existente.

El sistema de acueducto del corregimiento de Atánquez es por gravedad, actualmente cuenta con dos fuentes de abastecimiento, el río Candela y el río Guatapurí. Éste último fue una alternativa de solución, debido a que épocas del verano el río Candela se seca y aguas arriba existen cultivos de café que realizan vertimientos a esta fuente.

Se contó con el apoyo de ingenieros que han participado en proyectos de optimización para el acueducto del corregimiento mencionado, proporcionaron información que resultó muy útil para el desarrollo de este proyecto.

5.5.1.2.1 Canal de derivación:

La bocatoma que se encuentran localizada sobre un canal de derivación del río Guatapurí. Este canal tiene una longitud de 60 metros aproximadamente, con una sección irregular de ancho promedio de 1.00 metro y una pendiente aproximada de 0.35%.



Figura 6. Canal de derivación.

Fuente. Autor, 2019.

5.5.1.2.2 Bocatoma. La bocatoma, se encuentran localizada sobre un canal de derivación del río Guatapurí, está compuesta por una rejilla de captación tipo horizontal, cámara de recolección, dique, una presa y un canal recolector, cada uno de ellos con las siguientes dimensiones:

Tabla 8. Dimensiones del sistema de captación.

ESTRUCTURA	MATERIAL	DESCRIPCION	DIMENSIONES	UNIDAD	ESTADO		
					BUE.	REG.	MAL.
REJILLA	Metálica	Largo	1.50	m	X		
		Ancho	0.50	m			
		Ø barras	0.0125	m			
		Separación de barras	0.05	m			
DIQUE	Concreto	Largo	0.86	m	X		
		Ancho	1,85	m			
		Profundidad	0.40	m			
CANAL RECOLECTOR	Concreto	Ø del tubo		6 Pulg.	X		
		Longitud	0.30	m			
CAMARA DE RECOLECCION	Concreto	Largo	1.53	m	X		
		Ancho	1.50	M			
		Profundidad	1.35	m			

Fuente. (EMDUPAR S.A E.S.P, 2007)



Figura 7. Bocatoma.

Fuente. Autor, 2019.

5.5.1.2.3 Aducción: La línea de aducción bocatoma – desarenador, tiene una longitud total de 36 m en material PVC, diámetro de 8 pulgadas, RDE 41 y recubierta en concreto, de acuerdo a lo observado se encuentra en buen estado.

5.5.1.2.4 Desarenador: Existe una unidad con un caudal de diseño de 10Lps. Cuenta con zona de aquietamiento, un aliviadero o vertedero de excesos, zona de sedimentación, zona de salida. Tiene una longitud de 7.35 m, un ancho de 3.50 m y una profundidad de una 1.60. Carece de tolvas para la desarenación. La limpieza la realizan manualmente mediante una tubería de 6” que desagua hacia el botadero.

La pantalla difusora consta de 15 orificios de 3” de diámetro, cumpliendo con lo establecido en el Numeral B.4.6.5 inciso 3 del RAS 2012, que establece que en la entrada debe instalarse un dispositivo para distribuir uniformemente el flujo a lo ancho de la sección transversal del desarenador.



Figura 8. Desarenador.
Fuente. Autor, 2019.

5.5.1.2.5 Conducción: La línea de Conducción tiene una longitud total de 8.040 m, de los cuales 6.600 m son de tubería de 6" y 1.440 corresponden a dos (2) tuberías de cuatro (4) pulgadas en paralelo de PVC.



Figura 9. Conducción.
Fuente. Autor, 2019.

5.5.1.3 Diagnóstico de la Planta Potabilizadora existente.

El sistema de tratamiento de Agua para consumo humano del corregimiento de Atánquez, Cesar corresponde a una planta de tipo compacta con una capacidad instalada de 2 lps, fue construida hace aproximadamente 18 años, funciona las 24 horas del día y ocupa un área de $86m^2$



Figura 10. Sistema de tratamiento de Agua para consumo de Atánquez.
Fuente. Autor, 2019

El sistema consta de las siguientes partes:

Tabla 9. Inventario del Sistema de tratamiento de Agua para consumo del corregimiento de Atánquez, Cesar.

PARTES	UNIDADES
Sedimentador – Flocculador	1
Electromotobomba	1
Filtros	2
Mezclador de desinfectante	1
Tanques de almacenamiento	2

Fuente. Autor, 2019

5.5.1.3.1 Sedimentador- Floculador: estructura en fibra de vidrio, con dimensiones de 2m x 1,20m x 1,80m. Se clasifica como un floculador hidráulico de pantalla de flujo vertical. El afluente entra a través de la tubería madre de 1½", el proceso unitario consta de 3 pantallas por medio de las cuales la corriente de agua sube y baja hasta llegar a un último compartimiento (sedimentador) donde es conducida hasta los filtros por medio de una motobomba. El último compartimiento consta de una tubería de rebose de 1½". Actualmente la estructura está afectada por la corrosión.



Figura 11. Exterior del sedimentador- floculador.
Fuente. Autor, 2019



Figura 12. Interior del sedimentador- floculador y pantalla afectada por la corrosión

Fuente. Autor, 2019



Figura 13. Tubería de rebose

Fuente. Autor, 2019

5.5.1.3.2 Electromotobomba: se encarga de transportar el agua desde el floculador a los filtros y tiene una potencia de 1.3 hp



Figura 14. Electromotobomba
Fuente. Autor, 2019

5.5.1.3.3 Filtros: el sistema se compone de dos filtros en forma de cilindro, de arena mineral (1) y carbón activado (2). Están fabricados en acero inoxidable. El agua al ser impulsada por la motobomba, primero pasa por el filtro de carbón activado mediante una serie de tuberías de 1½" y seguidamente por el de arena mineral para completar el proceso.



Figura 15. Filtros
Fuente. Autor, 2019

5.5.1.3.4 Desinfección: el proceso de desinfección del agua se realiza mediante la adición de 56 gramos de hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ por cada 10000 litros de agua. Para añadir el desinfectante se utiliza un agitador eléctrico, un balde y el desinfectante antes mencionado. En el balde con un volumen de agua no especificado, se depositan los 56gr $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ y se procede a disolverlo con el agitador mecánico para seguidamente arrojarlo de forma manual al interior de los tanques por la parte superior de ellos.



Figura 16. Agitador mecánico
Fuente. Autor, 2019



Figura 17. Tanques empleados para proceso de desinfección
Fuente. Autor, 2019

5.5.1.3.5 Tanques de almacenamiento: los tanques están contruidos en fibra de vidrio, con una capacidad de $5m^3$, dimensiones de 1,77m de alto y 0,95m de radio cada uno. Son de tipo superficial y de forma circular. El agua luego de ser impulsada por la motobomba a los filtros, es transportada a los tanques a través de una tubería de $1\frac{1}{2}$ " y el efluente tratado sale a unos grifos ubicados en la parte delantera de éstos tanques por medio de una tubería de $1\frac{1}{2}$ ". En el extremo derecho de los grifos se encuentra ubicada una tubería de 2" que tiene como finalidad ayudar a vaciar los tanques al momento de la limpieza que es realizada mensual.



Figura 18. Tanques de almacenamiento.
Fuente. Autor, 2019



Figura 19. Parte trasera de los tanques.
Fuente. Autor, 2019



Figura 20. Tubería utilizada para el mantenimiento de los tanques
Fuente. Autor, 2019

5.5.2 Resultados Etapa 2: Caracterización del afluente y efluente del Sistema de Agua Potable y análisis de acuerdo a la normatividad ambiental vigente.

La Secretaría de Salud del Municipio de Valledupar, realiza caracterizaciones microbiológicas al agua del corregimiento de Atánquez dos veces al año y se apoya en el Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar. Se tuvo acceso a una caracterización microbiológica del año 2017 y 2018, las cuales se resumen a continuación y se encuentran en el Anexo 1 y 2.

Tabla 10. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua en corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2017.

FECHA DE LA TOMA: 2017-03-06			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO			
PUNTO DE EXTRACCIÓN: TANQUE			
ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
RECUENTO DE AEROBIOS MESOFILOS/ 100 mL	28,1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE
RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES/ 100 mL	Menor de 1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE
RECUENTO DE TERMOTOLERANTES E.coli/100 mL	Menor de 1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE

Fuente. Secretaría de Salud del Municipio de Valledupar, 2017

Tabla 11. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2018.

FECHA DE LA TOMA: 2018-10-22			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO GUATAPURÍ			
PUNTO DE EXTRACCIÓN: GRIFO			
ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
RECUENTO DE AEROBIOS MESOFILOS/ 100 mL	2.0	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE
RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES/ 100 mL	Menor de 1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE
RECUENTO DE TERMOTOLERANTES E.coli/100 mL	Menor de 1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE

Fuente. Secretaría de Salud del Municipio de Valledupar, 2018

El análisis de las caracterizaciones de las propiedades microbiológicas, arrojan resultados que indican el cumplimiento de todas las características estudiadas según la Resolución 2115 del 2007, por lo tanto el agua tratada es apta para el consumo humano desde el punto microbiológico.

Las muestras correspondientes a la época de verano se tomaron el día 10/04/2019, se llevaron al Laboratorio de Salud Pública del departamento del Cesar bajo las condiciones estipuladas y mencionadas anteriormente. Los resultados de las caracterizaciones se resumen a continuación y se encuentran en el Anexo 4, 5, 6 y 7.

5.5.2.1 Caracterizaciones correspondientes al punto de muestreo No. 1 en verano:

Tabla 12. Caracterizaciones fisicoquímicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de verano.

FECHA DE LA TOMA: 10-04-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO GUATAPURÍ Y CANDELA			
PUNTO DE MUESTREO: EFLUENTE DEL SISTEMA DE TTO DE AGUA PARA CONSUMO			
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FÍSICOS			
PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE (RES. 2115/07)	RESULTADO	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
COLOR APARENTE	≤ 15	0 UPC	SI CUMPLE
TURBIEDAD	≤ 2	0,18 UNT	SI CUMPLE
CRITERIOS QUÍMICOS			
pH	6,5 - 9,0	7,76 unidades de Ph	SI CUMPLE
CALCIO	≤ 60	9 mg/L	SI CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	≤ 200	45 mg/L	SI CUMPLE
DUREZA TOTAL	≤ 300	24 mg/L	SI CUMPLE
HIERRO TOTAL	≤ 0,3	0 mg/L	SI CUMPLE
MAGNESIO	≤ 36	0 mg/L	SI CUMPLE
COLOR RESIDUAL LIBRE	0,3 - 2,0	2 mg/L	SI CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019

Tabla 13. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de verano.

FECHA DE LA TOMA: 10-04-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO CANDELA Y GUATAPURÍ			
PUNTO DE MUESTREO: EFLUENTE DEL SISTEMA DE TTO DE AGUA PARA CONSUMO			
ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
RECuento DE AEROBIOS MESOFILOS/ 100 mL	52.0	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE
RECuento DE COLIFORMES TOTALES/ 100 mL	MENOR DE 1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE
RECuento DE TERMOTOLERANTES E.coli/100 mL	MENOR DE 1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019

5.5.2.2 Caracterizaciones correspondientes al punto de muestreo No. 2 en verano:

Tabla 14. Caracterizaciones fisicoquímicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019, durante épocas de verano.

FECHA DE LA TOMA: 10-04-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO GUATAPURÍ Y CANDELA			
PUNTO DE MUESTREO: BARRIO SAN ISIDRO (CASA DE BETTY MINDIOLA)			
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FÍSICOS			
PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE (RES. 2115/07)	RESULTADO	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
COLOR APARENTE	≤ 15	10 UPC	SI CUMPLE
TURBIEDAD	≤ 2	0,8 UNT	SI CUMPLE
CRITERIOS QUÍMICOS			
pH	6,5 - 9,0	7,73 unidades de pH	SI CUMPLE
CALCIO	≤ 60	4 mg/L	SI CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	≤ 200	25 mg/L	SI CUMPLE
DUREZA TOTAL	≤ 300	20 mg/L	SI CUMPLE
HIERRO TOTAL	≤ 0,3	0,1 mg/L	SI CUMPLE
MAGNESIO	≤ 36	2 mg/L	SI CUMPLE
CLORO RESIDUAL LIBRE	0,3 - 2,0	0 mg/L	NO CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019

Tabla 15. Caracterizaciones microbiológicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019 durante épocas de verano.

FECHA DE LA TOMA: 10-04-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO CANDELA Y GUATAPURÍ			
PUNTO DE MUESTREO: BARRIO SAN ISIDRO (CASA DE BETTY MINDIOLA)			
ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
RECuento DE AEROBIOS MESOFILOS/ 100 mL	MAYOR DE 2419.6	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	NO CUMPLE
RECuento DE COLIFORMES TOTALES/ 100 mL	MAYOR DE 2419.6	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	NO CUMPLE
RECuento DE TERMOTOLERANTES E.coli/100 mL	MAYOR DE 2419.6	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	NO CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019

Las muestras correspondientes a épocas de invierno se tomaron el día 25/05/2019. Los resultados de las caracterizaciones se resumen a continuación y se encuentran en el Anexo 9, 10,11 y 12.

5.5.2.3 Caracterizaciones correspondientes al punto de muestreo No. 1 en invierno:

Tabla 16. Caracterizaciones fisicoquímicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de invierno.

FECHA DE LA TOMA: 25-05-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO GUATAPURÍ Y CANDELA			
PUNTO DE MUESTREO: EFLUENTE DEL SISTEMA DE TTO DE AGUA PARA CONSUMO			
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FÍSICOS			
PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE (RES. 2115/07)	RESULTADO	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
COLOR APARENTE	≤ 15	0 UPC	SI CUMPLE
TURBIEDAD	≤ 2	0,28 UNT	SI CUMPLE
CRITERIOS QUÍMICOS			
pH	6,5 - 9,0	7,18 unidades de pH	SI CUMPLE
CALCIO	≤ 60	6 mg/L	SI CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	≤ 200	24 mg/L	SI CUMPLE
DUREZA TOTAL	≤ 300	24 mg/L	SI CUMPLE
HIERRO TOTAL	≤ 0,3	0,1 mg/L	SI CUMPLE
MAGNESIO	≤ 36	2 mg/L	SI CUMPLE
COLOR RESIDUAL LIBRE	0,3 - 2,0	1,23 mg/L	SI CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019.

Tabla 17. Caracterizaciones microbiológicas del efluente del Sistema de tratamiento de Agua del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2019 durante épocas de invierno.

FECHA DE LA TOMA: 25-05-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO CANDELA Y GUATAPURÍ			
PUNTO DE MUESTREO: EFLUENTE DEL SISTEMA DE TTO DE AGUA PARA CONSUMO			
ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
RECuento DE AEROBIOS MESOFILOS/ 100 mL	829.7	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	NO CUMPLE
RECuento DE COLIFORMES TOTALES/ 100 mL	435.2	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	NO CUMPLE
RECuento DE TERMOTOLERANTES E.coli/100 mL	MENOR A 1	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019.

5.5.2.4 Caracterizaciones correspondientes al punto de muestreo No. 2 en invierno:

Tabla 18. Caracterizaciones fisicoquímicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019 durante épocas de invierno.

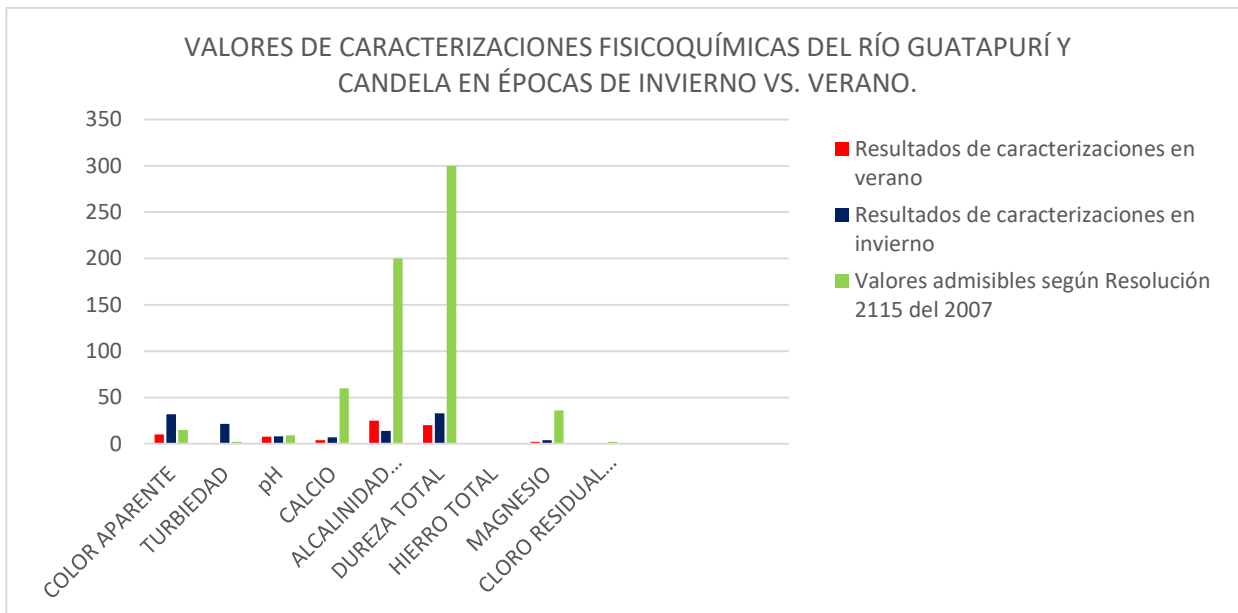
FECHA DE LA TOMA: 25-05-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO GUATAPURÍ Y CANDELA			
PUNTO DE MUESTREO: BARRIO SAN ISIDRO (CASA DE BETTY MINDIOLA)			
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FÍSICOS			
PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE (RES. 2115/07)	RESULTADO	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
COLOR APARENTE	≤ 15	32 UPC	NO CUMPLE
TURBIEDAD	≤ 2	21,6 UNT	NO CUMPLE
CRITERIOS QUÍMICOS			
pH	6,5 - 9,0	7,9 unidades de pH	SI CUMPLE
CALCIO	≤ 60	7 mg/L	SI CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	≤ 200	14 mg/L	SI CUMPLE
DUREZA TOTAL	≤ 300	33 mg/L	SI CUMPLE
HIERRO TOTAL	≤ 0,3	0,1 mg/L	SI CUMPLE
MAGNESIO	≤ 36	4 mg/L	SI CUMPLE
CLORO RESIDUAL LIBRE	0,3 - 2,0	0 mg/L	NO CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019.

Tabla 19. Caracterizaciones microbiológicas del grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en el año 2019 durante épocas de invierno.

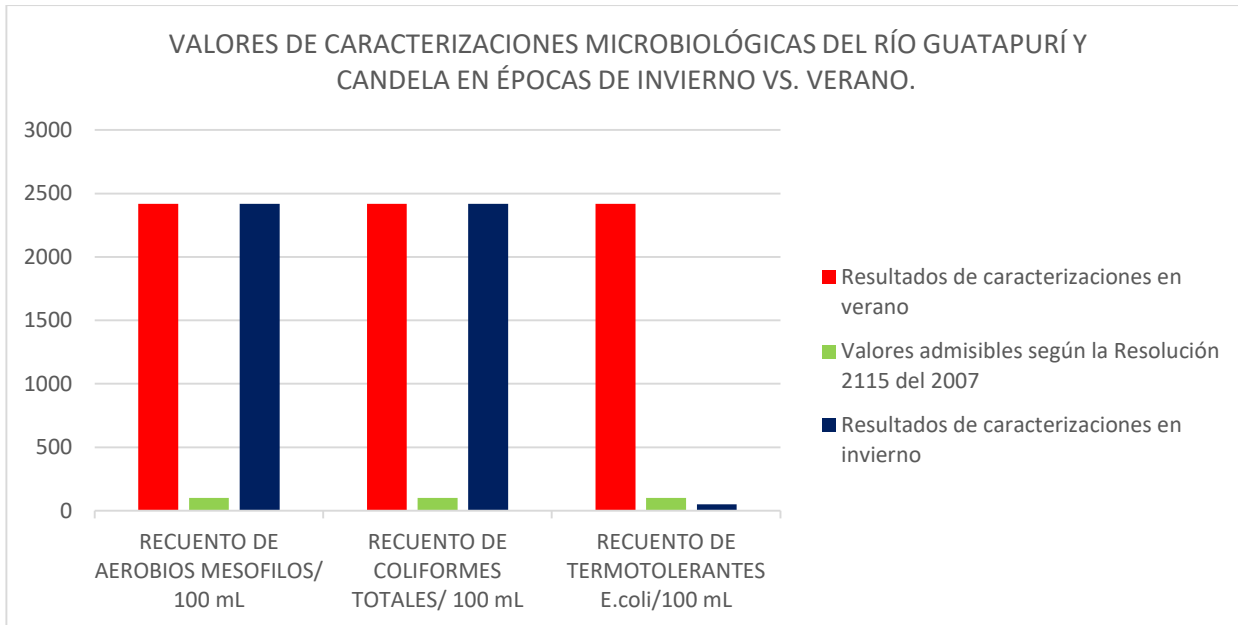
FECHA DE LA TOMA: 25-05-2019			
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RÍO CANDELA Y GUATAPURÍ			
PUNTO DE MUESTREO: BARRIO SAN ISIDRO (CASA DE BETTY MINDIOLA)			
ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	ESTADO DE CUMPLIMIENTO
RECUENTO DE AEROBIOS MESOFILOS/ 100 mL	MAYOR DE 2419.6	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	NO CUMPLE
RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES/ 100 mL	MAYOR DE 2419.6	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	NO CUMPLE
RECUENTO DE TERMOTOLERANTES E.coli/100 mL	48.7	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SI CUMPLE

Fuente. Laboratorio de Salud Pública del Departamento del Cesar, 2019.



GRÁFICA 1. Contraste de caracterizaciones fisicoquímicas en invierno vs. verano del río Guatapurí y Candela.

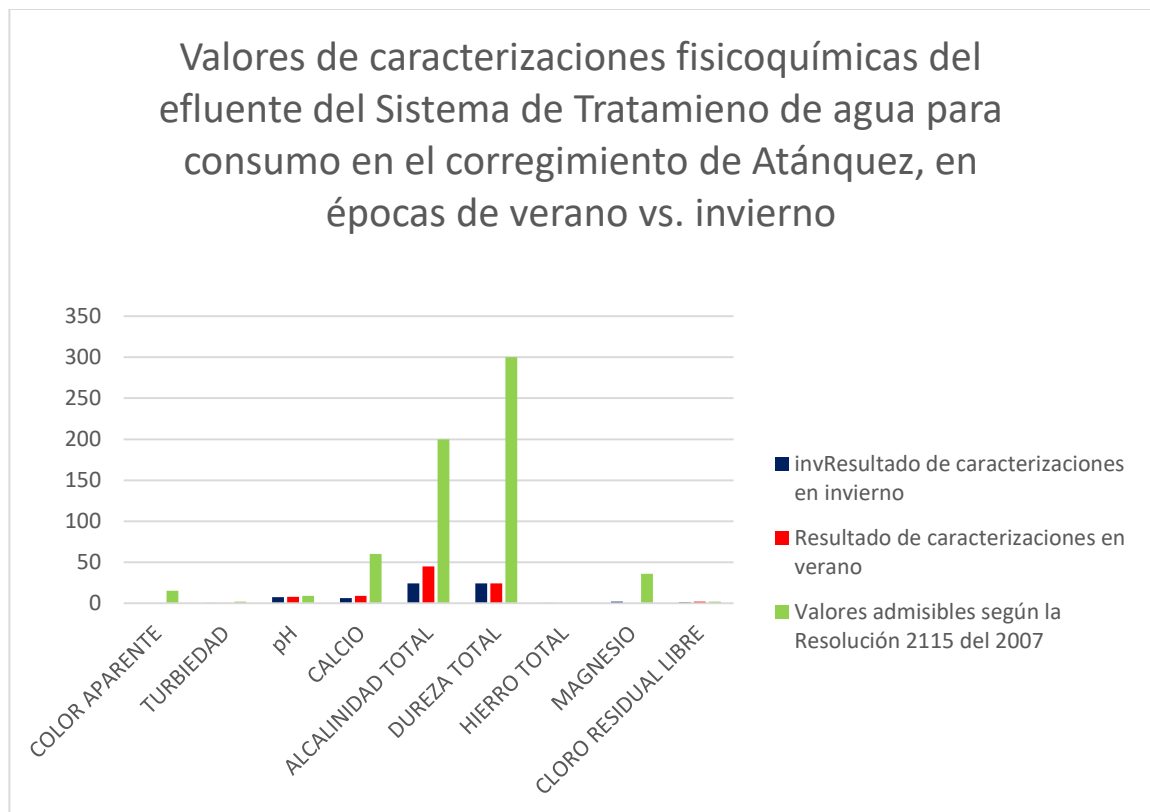
Fuente. Autor, 2019.



GRÁFICA 2. Contraste de caracterizaciones microbiológicas en invierno vs. verano del río Guatapurí y Candela.

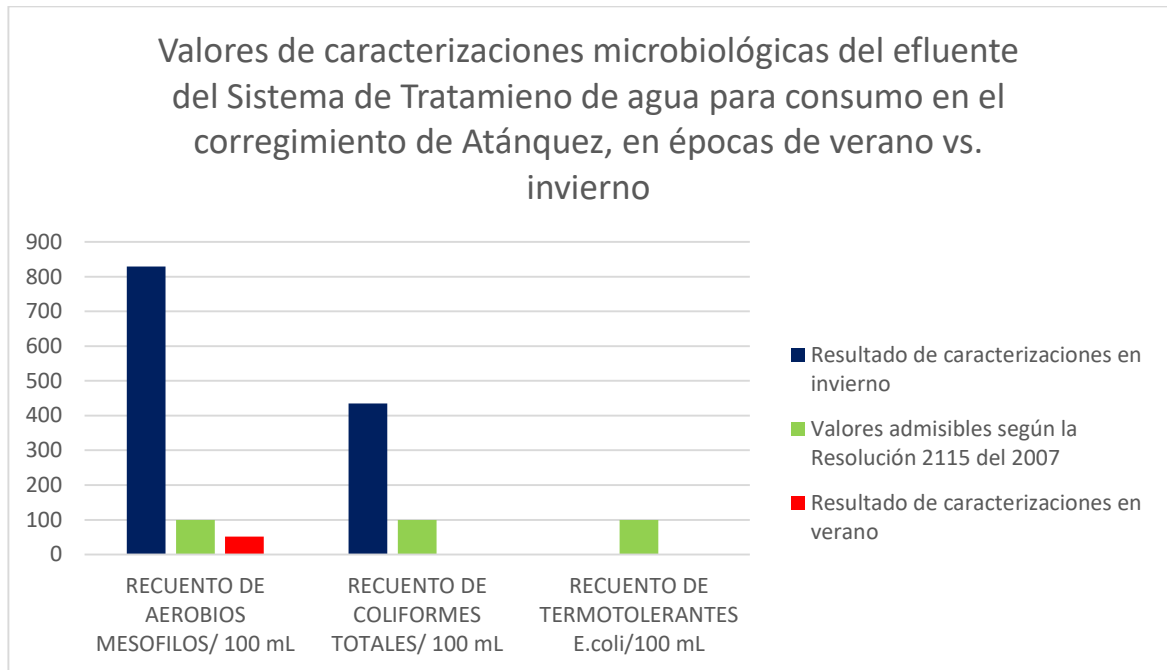
Fuente. Autor, 2019.

Las gráficas 1 y 2 representan una comparación entre los resultados de las caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del Río Guatapurí y Candela en épocas de invierno y verano. En periodos lluviosos, debido a la turbulencia de la fuente superficial los parámetros turbiedad y color aparente sobrepasan los límites máximos permisibles de la Resolución 2115 del 2007, al igual que aerobios mesófilos y coliformes totales tanto en periodos lluviosos como secos. El parámetro recuento de termotolerantes E. coli en invierno estuvo por debajo de los límites máximos permisibles, en contraste con los de verano que sobre pasó el límite. Puesto que es agua cruda, no se realiza ningún proceso de desinfección, lo que indica que no hay concentración del parámetro cloro residual libre.



GRÁFICA 3. Contraste de caracterizaciones fisicoquímicas en invierno vs. verano del efluente del sistema de Tratamiento de Agua Potable para consumo en Atánquez.

Fuente. Autor, 2019.



GRÁFICA 4. Contraste de caracterizaciones microbiológicas en invierno vs. verano del efluente del sistema de Tratamiento de Agua Potable para consumo en Atánquez.

Fuente. Autor, 2019

Según los resultados de las caracterizaciones, el Sistema de tratamiento de agua en el Corregimiento de Atánquez, está en capacidad de tratar el agua desde el punto de vista fisicoquímico tanto en épocas de verano como de invierno. En cuanto a las caracterizaciones microbiológicas, arroja resultados favorables en tiempos secos, pero en épocas lluviosas los parámetros aerobios mesófilos y coliformes totales sobrepasan los límites permisibles que están estipulados en la normatividad aplicable, lo cual indica que la dosis del desinfectante utilizado (hipoclorito de calcio) no es la idónea para asegurar una remoción total de microorganismos. En las gráficas 3 y 4 se observa lo descrito anteriormente.

5.5.2.5 Cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano –IRCA.

El decreto 1575 del 2007, establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, en su artículo 12 define el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, IRCA como el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

En la Resolución 2115 del 2007, se establecen características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, incluyendo el cálculo del IRCA. La ecuación para el cálculo del IRCA y las tablas para la asignación de puntajes e interpretación de resultados, fueron obtenidas de ésta Resolución.

Para el cálculo del IRCA, como primer paso, se asigna el puntaje de riesgo a cada parámetro físico, químico y microbiológico mediante la tabla de puntajes de riesgos descrita en el Anexo 8 y seguidamente se reemplazan en la ecuación siguiente.

$$IRCA(\%) = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo asignados a todas las características analizadas}} * 100$$

IRCA al efluente del Sistema de Tratamiento de Agua Potable del corregimiento de Atánquez en épocas de verano (Punto de muestreo No.1):

$$IRCA(\%) = \frac{0}{6 + 15 + 1.5 + 1 + 1 + 1 + 1.5 + 1 + 15 + 15 + 25} * 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{0}{83} * 100$$

$$IRCA(\%) = 0\%$$

IRCA a grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda) en épocas de verano (Punto de muestreo No. 2):

$$IRCA(\%) = \frac{15 + 15 + 25}{6 + 15 + 1.5 + 1 + 1 + 1 + 1.5 + 1 + 15 + 15 + 25} * 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{55}{83} * 100$$

$$IRCA(\%) = 66,26\%$$

IRCA al efluente del Sistema de Tratamiento de Agua Potable del corregimiento de Atánquez en épocas de invierno (Punto de muestreo No.1):

$$IRCA(\%) = \frac{15}{6 + 15 + 1.5 + 1 + 1 + 1 + 1.5 + 1 + 15 + 15 + 25} * 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{15}{83} * 100$$

$$IRCA(\%) = 18,1\%$$

IRCA a grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda) en épocas de invierno (Punto de muestreo No.2):

$$IRCA(\%) = \frac{6 + 15 + 15 + 15}{6 + 15 + 1.5 + 1 + 1 + 1 + 1.5 + 1 + 15 + 15 + 25} * 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{51}{83} * 100$$

$$IRCA(\%) = 61,44\%$$

Para la clasificación del nivel de riesgo del IRCA, se tuvo en cuenta la tabla No. 7 de la Resolución 2115 del 2007 que se encuentra en el Anexo 13. A continuación se hace un análisis de los resultados.

Tabla 20. Clasificación del nivel de riesgo y acciones a realizar de acuerdo a los resultados de las caracterizaciones en los diferentes puntos de muestreo seleccionados.

Época	Punto de muestreo	Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)
Verano	No. 1	0	Sin riesgo	Continuar el control y la vigilancia.
	No. 2	66,26	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.
Invierno	No. 1	18,1	Medio	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.
	No. 2	61,44	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.

Fuente. Autor, 2019.

De acuerdo a la tabla B.3.1- Calidad de la fuente, del RAS 2012 título B y después de realizar un promedio entre los resultados de los parámetros durante verano e invierno, se determinaron los siguientes niveles de calidad de acuerdo a los grados de contaminación de los diferentes parámetros:

Tabla 21. Nivel de calidad de acuerdo al grado de contaminación de la fuente superficial Río Guatapurí.

PARÁMETRO.	PROMEDIO.	NIVEL DE CALIDAD DE ACUERDO AL GRADO DE CONTAMINACIÓN.
COLIFORMES TOTALES/ (NMP 100 ML)	2419.6	Fuente deficiente
pH (Unidades de pH)	7,8	Fuente regular
Turbiedad (UNT)	11.2	Fuente regular
Color Aparente (UPC)	21	Fuente deficiente

Fuente. Autor, 2019

5.5.3. Resultados Etapa 3: Proyección de las unidades de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, como alternativa de solución a los problemas de calidad de agua y abastecimiento.

La PTAP diseñada es de tipo convencional, consta de procesos como Mezcla rápida, floculación, sedimentación y desinfección. El caudal de diseño corresponde al QMD proyectado - hasta el año 2044 - el cual es de 16,80Lps y se aproximó a 17Lps. Las ecuaciones utilizadas para el diseño de la casa de química y cada uno de los procesos mencionados anteriormente, fueron obtenidas de El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS.

5.5.3.1. Casa de química.

La casa de química o edificio de operaciones es el ambiente de la planta en el cual se concentran todas las instalaciones para el manejo de las sustancias químicas. Comprende básicamente las instalaciones de almacenamiento, dosificación y laboratorios de control de los procesos de la planta. Está compuesta por el almacén, dosificación y laboratorio. (CEPIS, 2004).

5.5.3.1.1. Diseño del almacén

Para el diseño del almacén, se tuvieron en cuenta las dosis óptimas de coagulante calculadas por el personal de EMDUPAR S.A E.S.P entre los años 2016 y 2018, puesto que la fuente de abastecimiento es la misma: río Guatapurí.

Tabla 22. Dosis óptima de coagulante, de acuerdo a la turbiedad presentada por el río Guatapurí entre los años 2016 - 2018

AGUA CRUDA			DOSIS ÓPTIMA	
Turb (NTU)	Color	Alk	Ppm	Turb- (NTU)
56,3	386	23	30	1,41
24,2	222	25	20	2,54
7,24	60	26	30	1,13
47,5	220	26	25	2,84
11,5	81	25	15	0,98
7,87	56	25	20	1,91

10	85	25	30	0,76
5,15	48	26	25	0,67
35	260	26	30	3,25
26	73	32	30	1,98
26,5	244	29	40	2,83
8,84	73	24	25	1,26
23,3	215	24	35	3,52
10,9	81	22	25	2,28
5,4	48	28	30	3,26
52,7	340	26	20	1,28
50	399	26	20	2,38
13,9	150	32	35	1,11
51,5	352	26	35	0,93
12,4	96	32	35	1,06
10,6	81	29	25	1,22
81	153	20	25	1,58
110	700	20	30	2,55
180	920	27	35	1,88
225	775	23	25	2,29
331	1520	27	40	2,7
215	996	24	35	1,89
217	1108	25	35	2,33
141	500	37	30	1,72
14,6	80	30	20	1
586	998	24	30	3,92
280	867	19	30	3,61
22,9	187	26	35	1,96
364	2000	28	30	2,98
41,5	400	18	20	3,16
25	80	15	25	6,31
18	60	16	20	2,93
14,5	33	18	24	4,23
10,6	45	21	25	2,84
26,7	55	19	5	1,86
477	2415	23	25	3,67
104	708	17	25	1,99
121	967	19	20	4,48
7,72	63	26	10	2
15,5	157	25	15	1,96
10,3	83	24	30	1,12

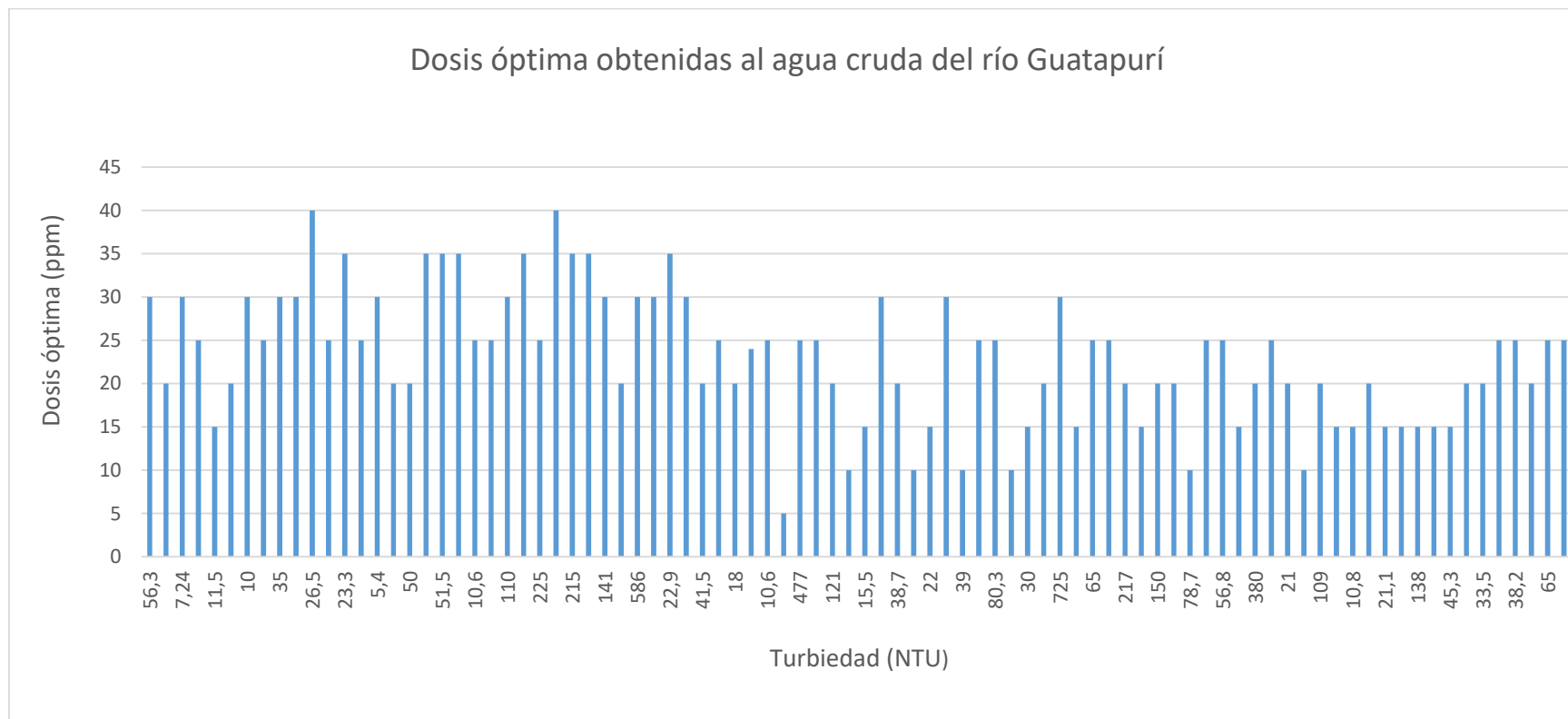
38,7	318	20	20	3,02
84,1	550	15	10	1,53
22	133	20	15	171
273	1466	20	30	2,94
39	302	22	10	1,86
346	1870	22	25	4,3
80,3	441	23	25	1,93
105	639	23	10	3,36
30	210	23	15	0,89
25,3	193	23	20	1,22
725	2800	11	30	3,73
45,9	342	16	15	2,04
65	532	21	25	2,04
270	1820	12	25	4,96
217	1230	12	20	2,01
197	958	13	15	2,45
150	850	19	20	3,2
47,3	408	18	20	3,3
78,7	420	17	10	2,16
270	1340	17	25	3,81
56,8	364	22	25	1,86
27,5	205	20	15	2,45
380	2040	19	20	1,86
19,9	131	24	25	2,37
21	140	24	20	3,11
13,2	91	24	10	1,19
109	848	23	20	3,3
8,2	56	25	15	1,98
10,8	58	26	15	1,79
10,2	72	27	20	1,56
21,1	164	23	15	2,08
72,3	560	23	15	2,51
138	1364	16	15	2,44
5,5	40	29	15	2,13
45,3	351	27	15	2,06
140	922	23	20	2
33,5	318	28	20	1,42
775	3280	28	25	2,27
38,2	275	23	25	1,87
27,3	187	23	20	3,38

65	532	21	25	2,04
25,4	178	21	25	1,16
231	956	24	25	4,23
797	3250	24	30	3,15
68,6	438	27	30	1,81
92,1	566	25	20	2,73
27,1	244	27	25	1,79
15,6	116	26	10	2,24
12,8	101	27	15	2,28
35,5	263	30	25	1,96
14,1	990	28	15	1,33
15	92	20	15	1,54
67,8	450	25	20	2,11
67	442	25	25	1,48
11,6	92	20	15	2,92
63,6	446	18	15	2,4
85,7	531	14	15	2,73
110	683	20	15	2,7
535	4236	24	25	4,6
405	2475	22	20	3,26
407	2475	21	35	1,07
490	2000	20	20	3,82
1084	4896	23	35	2,82
341	1800	26	20	2,1
305	2080	28	30	2,17
11	81	25	15	0,98
35	260	26	30	3,28
26	73	32	30	1,98
50	399	26	20	2,38
11,5	70	17	20	1,58
20	129	18	20	1,95
22	133	20	15	1,42
11,8	106	18	25	1,55
63,8	373	16	20	1,43
27,8	200	17	12	1,43
12	95	16	20	1,96
909	40	21	15	3,33
22,6	131	20	15	3,28
18,3	109	24	10	3,43
185	1041	18	15	2,16

63,2	429	23	30	0,99
132,4	84	21	18	1,98
30,7	256	21	20	1,31
42	333	16	20	2,38
10,03	69	20	15	2,38
21,5	98	16	10	2,33
13	47	15	20	1,59
22,4	43299	26	35	1,96
56,3	386	23	25	1,41
24,2	222	25	20	2,54
7,24	60	26	30	1,13
7,87	56	25	20	1,91
10	85	25	30	0,79
5,15	48	26	25	0,67
22,5	180	23	25	2,29
8,84	73	24	25	1,26
18	920	27	35	1,88
23,3	215	24	35	3,52
5,4	73	28	3,26	3,26
12,4	96	32	35	1,06
81	553	28	25	1,58
30,8	230	16	25	1,22
9,75	86	22	20	1,2
27,3	200	19	30	1,98
18,6	144	20	20	1,55
21,3	141	22	25	2,17
30,3	265	22	25	3,8
11,9	858	18	15	2,64
2,6	1730	18	25	3,97
755	3850	15	20	4,8
355	1970	24	35	1,44
121	686	25	35	2,29
173	1030	25	20	2
511	1078	17	35	1,33
51,8	372	19	30	3,83
61,6	387	14	15	2,8
31,8	212	16	20	3,14
62,5	4,57	20	25	2,25
20,4	106	20	20	3,51
71,4	466	22	20	1,98

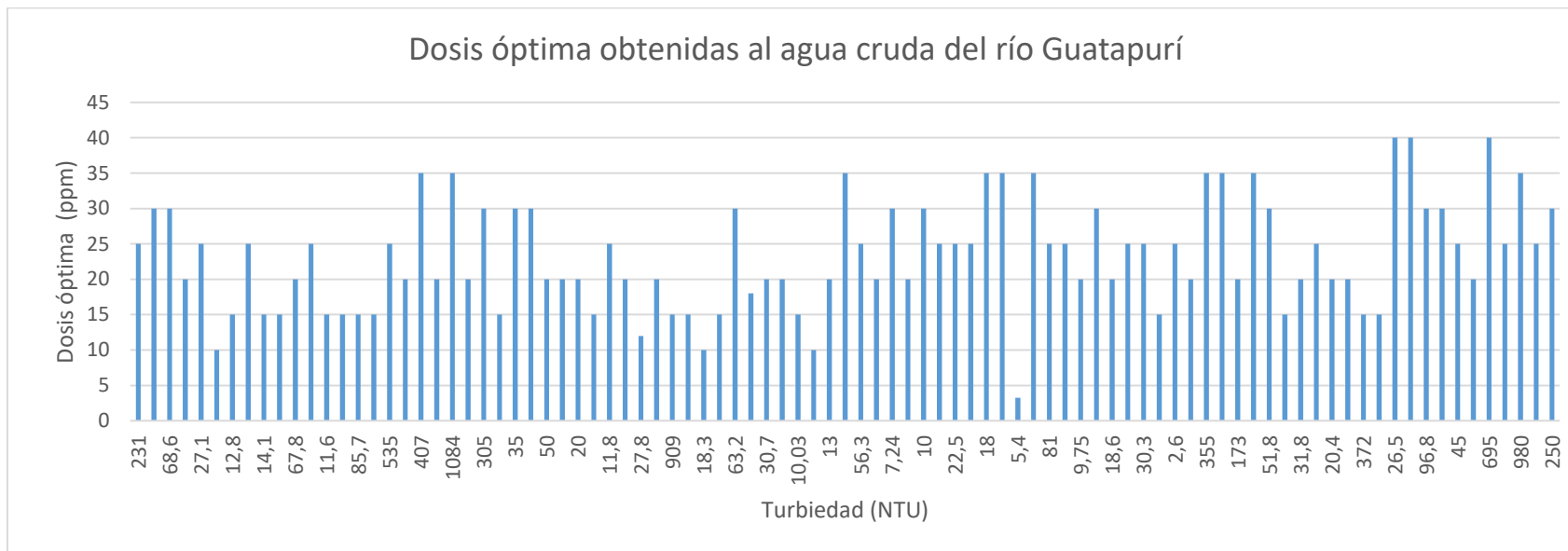
372	795	14	15	5,47
45,5	87	15	15	1,64
26,5	244	29	40	2,83
331	1520	27	40	2,7
96,8	652	13	30	2,16
42,9	419	14	30	1,24
45	3340	20	25	2,4
211	1312	22	20	2,82
695	2615	24	40	1,58
335	1800	14	25	1,7
980	5410	18	35	2,85
10,6	1	29	25	1,22
250	1340	16	30	2,38

Fuente. Emdupar S.A E.S.P, 2018



GRÁFICA 5. Dosis óptima de acuerdo a los valores de turbiedad en la fuente de abastecimiento de la PTAP del municipio de Valledupar entre los años 2016- 2018 (1).

Fuente. Autor, 2019.



GRÁFICA 6. Dosis óptima de acuerdo a los valores de turbiedad en la fuente de abastecimiento de la PTAP del municipio de Valledupar entre los años 2016- 2018 (2).

Fuente. Autor, 2019.

En la tabla de las dosis óptimas y las gráficas 5 y 6, se evidencia que la dosis mínima es 3,26 ppm y la máxima es 40 ppm, teniendo estos datos se continuó con el diseño del almacén.

Tabla 23. Diseño del almacén.

PASO	DATOS	CANTI D.	UNID.	FORMULA	CALCULOS	RESULTA	UNID.
Datos de entrada	Caudal (Q):	0,017	m3/sg			1468,8	m3/día
	Dosis mínima (Dm):	3,26	mg/l			0,000326	kg/m3
	Dosis máxima (DM):	40	mg/l			0,004	kg/m3
	Peso específico (Ps):	964	kg/m3				
	Tiempo (t):	3	meses			90	Días
	Bolsas de sulfato de aluminio	0,6	M				
		0,5	M				
	Numero de rumas (N):	3					
Altura promedio (H):	1,8	mts					
1	Dosis promedio			$D=(Dm+Dm)/2$	$D=(3.26+40)/2$	21,63	mg/l
2	Volúmen de almacenamiento requerido			$V=(Q*D*t)/Ps$		3,0	m3
3	Area de almacenamiento			$A=V/H$	$A=3.0/1,8$	1,6	m2
4	Largo de almacenamiento (ruma)			$L=A/(N*B)$	$L=1,6/(3*1,8)$	0,3	M
5	Ancho total del almacen			$Ancho=(N*B)+\#p(dp)$	$Ancho=(3*B)+(4*1)$	9,4	M
6	Largo total del almacen			$Largo=L+\#p(dp)$	$Largo=12,4+2*1$	2,3	M
7	Área del almacén			$Aa=Largo*Ancho$	$Aa=9,4*2.3$	22	m2

Fuente. Elaboración propia a partir de ecuaciones del Cepis, parámetros de diseño del RAS título C 2013 y (Resolución 0330 del 2017), 2019

5.5.3.1.2. Diseño del dosificador en solución.

Con el fin de remover las sustancias en suspensión, en forma coloidal o en solución en el agua cruda, se agregan coagulantes o auxiliares de coagulación que permitan aglutinarlas y formar flocs de forma que puedan luego ser removidas del agua. (RAS TITULO C, 2013)

A continuación se presenta el cálculo de la descarga del Dosificador en solución (q) para una dosis óptima y una concentración determinada, teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q * D_{optima} * 60}{10000 * C}$$

Tabla 24. Cálculo de la descarga del Dosificador (q) para una dosis óptima y una concentración determinada (1).

Concent(%)	2,5	Concent(%)	2,5	Concent(%)	2,5	Concent(%)	2,5
Dopt(mg/l)	5	Dopt(mg/l)	10	Dopt(mg/l)	15	Dopt(mg/l)	20
Q (lps)	q (l/min)	Q (lps)	q (l/min)	Q (lps)	q (l/min)	Q (lps)	q (l/min)
2	0,024	2	0,048	2	0,072	2	0,096
4	0,05	4	0,10	4	0,14	4	0,19
6	0,07	6	0,14	6	0,22	6	0,29
8	0,10	8	0,19	8	0,29	8	0,38
10	0,12	10	0,24	10	0,36	10	0,48
12	0,14	12	0,29	12	0,43	12	0,58
14	0,17	14	0,34	14	0,50	14	0,67
16	0,19	16	0,38	16	0,58	16	0,77
18	0,22	18	0,43	18	0,65	18	0,86
20	0,24	20	0,48	20	0,72	20	0,96

Fuente. Aroca, 2019

Tabla 25. Cálculo de la descarga del Dosificador (q) para una dosis óptima y una concentración determinada (2).

Cálculo de la descarga del Dosificador (q) para una dosis óptima y una concentración determinada							
Concent(%) 2,5		Concent(%) 2,5		Concent(%) 2,5		Concent(%) 2,5	
Dopt(mg/l) 25		Dopt(mg/l) 30		Dopt(mg/l) 35		Dopt(mg/l) 40	
Q (lps)	q (l/min)	Q (lps)	q (l/min)	Q (lps)	q (l/min)	Q (lps)	q (l/min)
2	0,12	2	0,144	2	0,168	2	0,192
4	0,24	4	0,29	4	0,34	4	0,38
6	0,36	6	0,43	6	0,50	6	0,58
8	0,48	8	0,58	8	0,67	8	0,77
10	0,60	10	0,72	10	0,84	10	0,96
12	0,72	12	0,86	12	1,01	12	1,15
14	0,84	14	1,01	14	1,18	14	1,34
16	0,96	16	1,15	16	1,34	16	1,54
18	1,08	18	1,30	18	1,51	18	1,73
20	1,20	20	1,44	20	1,68	20	1,92

Fuente. Aroca, 2019

5.5.3.2. Mezcla rápida – Coagulación.

Los mezcladores tienen como objetivo la dispersión instantánea del coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta dispersión debe ser lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación. La coagulación es el proceso más importante en una planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema (CEPIS, 2004).

Se diseñaron dos tipos de mezcladores hidráulicos teniendo en cuenta la normatividad vigente: Canaleta Parshall y vertedero tipo Creaguer. Las dimensiones estandarizadas para la canaleta Parshall, se encuentran en el ANEXO 13.

Los siguientes datos (abscisa y cota terreno del tanque y entrada al pueblo) fueron obtenidos gracias al levantamiento topográfico realizado por la Empresa de Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado EMPUDAR S.A E.S.P en el año 2007.

Localización del tanque

- Abscisa: K7 + 680
- Cota terreno: 638,67

Entrada al pueblo:

- Abscisa: K8 + 020
- Cota terreno: 617,52

Se utiliza la ecuación de Hazen Williams para determinar pendiente de carga de la línea de altura piezométricas J.

$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * J^{0.54}$$

Q: QMH

C: 150

D: 0,157 m

$$J = \left(\frac{Q}{0,2785 * C * D^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$$J = \left(\frac{0,027}{0,2785 * 150 * 0.157^{2,63}} \right)^{1,85} = \frac{0.010m}{m} = 1\%$$

$$L = 8020 - 7680 = 340 \text{ m}$$

$$HT = (340m * 1,10) * 0.010 = 3,74 \cong 4m$$

La presión de entrada al pueblo es: 638.50 – 4m =634. 50

634. 50- 617.52 = 16,98 \cong 17m.c.a

La Resolución 0330 del 2017 en su artículo 61 y 62, expresa que la presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a en sistemas con poblaciones de diseño hasta de 12500 habitantes y la presión máxima estática de 50 m.c.a, respectivamente.

A continuación se presentan cada uno de los diseños:

Tabla 26. Diseño de la Canaleta Parshall.

PASO	DATOS	CANTID.	UNID.	FORMULA	CALCULOS	RES	UNID	SALIDA
1	Caudal (Q)	0,017	m3/seg	$V = Q * 86,4$				Volumen producido por la planta en el día
	Viscosidad dinámica	1,01E-06	m2/seg	$Q = \frac{0.374 * W * (3.28 * Ha)^{1.567 * W^{0.026}}}{0.026}$	$V = 17 * 86,4$	1469	M3	
	Temperatura	20°	C	0,0284				
2	Acelaración gravedad	9,81	mt/sg2	1,6756				
	Ancho (w) garganta	0,076	Mts	7,3180				
	Ancho inicio parshall (D)	0,259	Mts	0,2080				
	Coefficiente K =	3,704						
	Coefficiente m =	0,646						
	long. Convergente (A)	0,466	Mts			0,31		
	long. Secc. Convergente (B)	0,457	Mts					
	long. Secc. Divergente (G)	0,305	Mts					
	long. De Garganta (F)	0,152	Mts					
	Altura caída canal. (N)	0,057	Mts					
	Caída (K) canal. admis	0,025	Mts					
3	Ancho final parshall (C)	0,178	Mts					
	Largo tramo 1-3 Parshall (G')	0,914	Mts					
	CONDIC. HID. EN ENTRADA							
	Altura de la lámina de agua	"De la fórmula para Q se despeja Ho"		$ho = K * Q^m$	$ho = 3,704 * 0.017^{0.646}$	0,27	mts	Lámina de agua
	Chequeo según el RAS			$ho / w = 0,27 / 0,076$	$ho / w = 0,27 / 0,076$	3,51		ho/w mayor 0,4 - 0,8
4	Ancho canaleta en la							Ancho en el punto
	sección de medida			$D' = 2/3 * (D - w) + w$	$D' = 2/3 * (0,259 - 0,076) + 0,076$	0,20	mts	de medición

5	Velocid. en la sección							
	de medida			$V_o = Q / (D' * h_o)$	$V_o = 0,017 / (0,20 * 0,27)$	0,32	mts/seg	Velocidad
6	Energía específica							
	Carga hidr. Disponible			$E_o = (V_o)^2/2g + h_o + N$	$E_o = (0,32)^2/2*9,81 + 0,27 + 0,057$	0,33	mts	Carga hidr. Dispon.
CONDIC. HID. GARGANTA								
6,1	Caudal específico		m ³ /s/m	$q = Q/W$	$q = 0.017/0.076$	0,22	m ³ /s/m	
6,2	Angulo secc. Convergente			$\text{Cos } \varnothing = -q*g/(2/3*g*E_o)^{1.5}$	$\text{Cos } \varnothing =$	-0,70		
						$\varnothing =$	2,34 °	
7	Cálculo de la Velocidad antes del resalto, en la garganta:	$V_1 =$		$(V_1)^3 - 2g*V_1*E_o = - 2gQ/w$	$(V_1)^3 - V_1(2*g*E_o) = - 2g*Q/w$	2,08	mts/seg	Veloc. Pto 1
	*** Dar valor a V1:	2,0840	***	$(V_1)^3 - V_1(2g*E_o) = - 2gQ/w$	-4,389	-4,389		* Por tanteo este Vr
				$V_1 = 2(2*g*E_o/3)^{1.5} * \text{cos } \varnothing/3$	$V_1 = 2(2*98.1*0.33/3)^{1.5} * \text{cos } \varnothing/3$	2,08		
8	Cálculo altura del agua antes del resalto			$h_2 = E_o - (V_1)^2/2g \text{ ó } h_2 = Q/(V_1 * w)$	$h_2 = E_o - (V_1)^2/2g \text{ ó } h_2 = Q/(V_1 * w)$	0,11	mts	Altura antes del resalto. Pto 1
9	Cálculo Número de Froude (F1)			$F_1 = v_1 / (g * h_2)^{1/2}$	$F_1 = 2,08 / (9,81 * 0,11)^{1/2}$	2,03	#	Número de Froude
	CONDIC. HID. EN LA SALIDA							
10	Cálculo altura del resalto hidráulico			$h_1 = ((h_2)/2)*\{[1 + 8 (F_1)^2]^{1/2} - 1\}$	$h_1 = (0,11/2)*\{[1 + 8 (2,03)^2]^{1/2} - 1\}$	0,26	mts	Altura despues del resalto. Pto 2

	Cálculo de velocidad							Velocidad después
11	después del resalto			$v2 = Q / (h1 * w)$	$v2 = 0,017 / 0,26 * 0,076$	0,86	mts/seg	del resalto
11,1	Cálculo Número de Froude (F1)			$F2 = v2 / (g * h1)^{1/2}$	$F2 = 0,86 / (9,81 * 0,26)^{1/2}$	0,54	#	Número de Froude
12	Cálculo de Energía Específica			$E2 = h1 + (V2)^2/2g$	$E2 = 0,26 + (0,86)^2/2*9,81$	0,30	mts	Pérdida total de E.
13	Grado de sumergencia			$S = (h2 - N) / ho$	$S = (0,11 - 0,057) / 0,27$	0,76		Sumergencia
14	Pérdida de carga			$hf = ho + K - h3$	$hf = 0,27 + 0,025 - 0,23$	0,06	mts	Pérdida de carga
15	Tirante en la boca de salida			$h3 = h2 - N + K$	$h3 = 0,26 - 0,057 + 0,025$	0,23	mts	Desnivel al entregar
16	Velocidad en la sección de salida			$V3 = Q / (h3 * C)$	$V3 = 0,017 / (0,23 * 0,178)$	0,42	mts/seg	Velocidad salida
17	Velocidad promedio en la Salida			$Vm = (V2 + V3)/2$	$Vm = (0,86 + 0,42)/2$	0,64	mts/seg	Velocidad media
18	Tiempo de recorrido			$t = G' / Vm$	$t = 0,914 / 0,64$	1,42	seg	Tiempo de recorrido
19	Cálculo Grad. Veloc.							

	Coef. de Viscos, u a 20° C	1,01E-06	mts ² /seg	$G = (g/u*hf/t)^{1/2}$	$G = (9,81/1,01*10^{-6} * 0,06/1,42)^{1/2}$	661,32	seg ⁻¹	Gradiente de Velocidad
	Gravedad, g	9,81	mts/seg					
20	Chequeo con el R.A.S.			Ficha técnica C.C.2 del RAS 2013 título C	V (mts/seg) > 2,00	2,08	O.K	
					1,70 < F < 2,50	2,03	O.K	
					4,50 < F < 9,00	2,03	NO	
				Tabla No. 7 de Resolución 0330 del 2007	1000 < G(seg ⁻¹) < 2000	661	NO	
				Ficha técnica C.C.2 del RAS 2013 título C	ho / w debe estar entre 0,40 - 0,80	3,51	NO	

Fuente. Elaboración propia a partir de ecuaciones del Cepis, parámetros de diseño del RAS título C 2013 y Resolución 0330/2017, 2019

Tabla 27. Diseño del vertedero tipo Creaguer.

PASO	DATOS	CANT	UNID.	FORMULA	CALCULOS	RESUL	UNID	SALIDA
DATOS DE ENTRADA	Caudal (Q)	0,017	m3/seg					Volumen producido por la planta en el día
	Viscosidad dinámica	1,307*10 ⁻³	N*sg/m2	V= Q*86,4	V= 17*86,4	1469	M3	
	Acelar. Gravedad	9,81	mt/sg2					
	Ancho (b) del canal	0,50	Mts					
	Altura del canal	0,70	Mts					
	Coefic. de vertimiento (Cd)	2,225						
	Altura del perfil (p)	0,40	Mts					
	CAMARA AQUIETAMIENTO: Dimensiones:							Estas dimensiones son asumidas al igual que la ha.
	Altura (h)	1,50	M					
	Ancho (b)	1,00	M					
	Largo (l)	1,00	M					
1	Cálculo del Volumen de la cámara de quietamiento		m3	$V = l * b * h$	$V = 1,00 * 1,00 * 1,50$	1,50	m3	
2	Cálculo de la Velocidad por la cara		m/s	$v1 = Q / (b * l)$	$v1 = 0,017 / (1,00 * 1,00)$	0,02	m/s	
3	Cálculo de Velocidad sentido ascensional		m/s	$v2 = Q / (b * h)$	$v2 = 0,017 / (1,00 * 1,50)$	0,01	m/s	
4	Cálculo de la Velocidad real en la cámara		m/s	$v = ((v1)^2 + (v2)^2)^{1/2}$	$v = ((0,01)^2 + (0,02)^2)^{1/2}$	0,02	m/s	
5	Cálculo del tiempo de retención		S	$t = l / v$	$t = 1,00 / 0,02$	49	s	O.K.

6	Cálculo del Nivel de agua en la cámara			Cota de piso de la cámara	642,000			
				Altura de la lámina de agua en la cámara	1,200			
				Nivel de agua en la cámara	643,200			
7	Cálculo de la cámara de excesos							
8	Cálculo del Muro difusor en la cámara 15 Huecos de:							
		0,785	0,00250	de 2" de diámetro	Area 15 huecos:	0,029	m2	
							m2	
					Area total de los huecos:	0,029	m2	
9	Cálculo de la Velocidad de paso por el muro difusor							
			m/s	$v = Q / A$	$v = 0,017 / 0,029$	0,58	m/s	Flujo laminar
10	Cálculo de la pérdida de carga en el muro difusor			$K = (1/0,63)^2$	$K = 2,52$	2,52		
			M	$h = K * (v)^2 / 2 * g$	$h = 2,52 * (0,58)^2 / 2 * 9,81$	4,28E-02		
11	Cálculo nivel de agua en el canal de aproximac.al perfil							
				Nivel de agua en la cámara	643,200			
				Pérdida en muro difusor	0,043			
				Nivel de agua en la cámara	643,157			
	CANAL DE REPARTO:							
12	Velocidad del agua en el canal de reparto			$V = Q/A$	$V = 0,017/(0,50*0,70)$	0,068	mt/seg	Suficiente para el arrastre de limos
13	Cálculo del Radio Hidráulico (R)			R = Area moj./Perím. Moj	$R = 0,50*0,46/0,50+2*0,46$	0,162		
					$R = (0,50*0,46/0,50+2*0,46)^{2/3}$	0,297		
14	Pérdida unitaria (S) en el canal de reparto	0,014		$S = [(V*n)/(R)^{2/3}]^2$	$S = [(0,068*0,014)/(0,297)]^2$	1,03E-05		
				n=Coef. de rugosidad=0,014				

15	Pérdida total L = 4,50 mt	4,50	Mts	$H_t = 4,50 * S$	$H_t = 4,50 * S$	4,62E-05	mts	Despreciable
16	Control de excesos caudal - Vertedero de 0,60*0,20	0,60	Mts	Se deja este vertedero para evacuar el Q de excesos	Quedará localizado sobre la cota			Quedará sobre la
		0,20	Mts		641,00 con una ranura para tabla			cota = 641,00
17	MEZCLA RAPIDA: Altura lámina de agua			$H_a = [Q/(2,225 * B)]^{2/3}$	$H_a = [0,017/(2,225 * 0,50)]^{2/3}$	0,06	mts	Altura lámina agua
18	Altura total: Z			$Z = H + p$	$Z = 0,06 + 0,40$	0,46	mts	Altura nivel agua
19	Relación de altura (RA)			$RA = p/H_a$	$RA = 0,40/0,06$	6,50		> 1,33 ; O.K.
20	Velocidad al pie del perfil			$v_1 = [2g * (Z - H/2)]^{0,5}$	$v_1 = [2 * 9,8 * (0,46 - 0,06/2)]^{0,5}$	2,91	mts/seg	Velocidad
21	Altura de la lámina							Altura lámina agua
	de agua en la cresta		Mts	$h_1 = Q/(v_1 * B)$	$h_1 = 0,017/(2,91*0,50)$	0,012	mts	en cresta del perfil
22	Cálculo Número de Froude (F1)				F1 esta 4,5 y 9,0, Resalto estable			Número de Froude
				$F_1 = v_1 / (g * h_1)^{1/2}$	$F_1 = 2,91 / (9,81 * 0,012)^{1/2}$	8,58		en la sección 1
23	Relación alturas conjugadas			$h_2/h_1 = 1/2 * [1 + 8 (F_1)^2]^{1/2} - 1$	$h_2/h_1 = 1/2 * [1 + 8 (8,58)^2]^{1/2} - 1$	11,15	mts	Relación H2/H1
24	Cálculo altura final del resalto			$h_2 = h_1 * h_2/h_1$	$h_2 = 0,012 * 11,15$	0,130	mts	Altura final resalto

25	Cálculo de pérdida de carga			$h = (h_2 - h_1)^3 / 4h_1 \cdot h_2$	$h = (0,130 - 0,012)^3 / 4 \cdot 0,012 \cdot 0,130$	0,2741	mts	Pérdida total de E.
26	Cálculo de longitud del resalto		***	$L/h_2 = 6,17$ Libro (Ven Te Chow, 2004), Pag 390	$L = 6,17 \cdot 0,130$	0,804	mts	Longitud Resalto
27	Cálculo del tiempo retención			$t = \text{Volumen/Caudal}$	$t = [(0,130+0,012)/2] \cdot 0,804 \cdot 0,50 / 0,017$	1,68	seg	tiempo de mezcla
28	Cálculo Grad. Veloc.							
	Coef. de Viscos, u	$1,01 \cdot 10^{-6}$	m ² /seg	$G = (g/u \cdot h/t)^{1/2}$	$G = (9,81/1,01 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2741/1,68)^{1/2}$	1259	seg ⁻¹	Gradiente de Velocidad
	Gravedad, g	9,81	Kg/m ³					
29	Cálculo vertedero de control			$H = [Q/(1,84 \cdot L)]^{2/3}$	$H = [0,017/(1,84 \cdot 0,50)]^{2/3}$	0,070	mts	
30	Cálculo altura del vertedero de control			$H_v = h_2 - H$	$H_v = 0,130 - 0,070$	0,06	mts	Altura del diente para perman resal
31	Curva del perfil Creager			$X^{1,85} = 2,0 \cdot H^{0,85} \cdot Y$, en donde $H = 0,05$ mts				
	Geometría del perfil			$X^{1,85} = 0,306 \cdot Y$; $Y = 3,26 \cdot X^{1,85}$				
	Valores de X:							
		0,019	0,002					
		0,02	0,002					
		0,05	0,013					
		0,10	0,046					
		0,15	0,097					
		0,20	0,17					
		0,22	0,20					
		0,25	0,25					

32	Chequeo con el			Ficha técnica C.C.2 del RAS 2000 título C	$V \text{ (mts/seg)} > 2,00$	2,91	mts/seg	O.K.
	R.A.S.			Tabla No. 7 de Resolución 0330 del 2007	$1,70; 4,50 < F < 2,50; 9,00$	8,58	seg ⁻¹	O.K.
					$1000 < G \text{ (seg}^{-1}\text{)} < 2000$	1259	min	O.K.
	CANAL REPARTO FLOC: Pérdida en el canal entre el			$h = [Q/(Cd \cdot A)]^2 \cdot 1/2g$ Cd = Coefic. para agujero	$h = [0,017/(0,63 \cdot 0,03)]^2 \cdot 1/2 \cdot 9,81$ A = Area de compuerta = 0,15*0,20	0,010		Depende Compuer
33	diente y las compuertas	0,63	Cd			0,03	m ²	

Fuente. Elaboración propia a partir de ecuaciones del Cepis, parámetros de diseño del RAS título C 2013 y Resolución 0330/2017, 2019

En el diseño de la canaleta Parshall, hubo incumplimiento en el gradiente de velocidad y en la relación h_o/w a pesar de que las dimensiones tomadas son acordes al caudal. Según (CEPIS, 2004) “La canaleta Parshall es adecuada exclusivamente para plantas de medianas a grandes ($Q > 500$ L/s). El canal con cambio de pendiente se adecúa a cualquier rango de caudal, y los vertederos rectangular y triangular solo a caudales pequeños; el último, preferiblemente a caudales menores de 30 L/s”. Debido a lo anterior es hidráulicamente más viable el vertedero con perfil Creaguer, pues cumple con todos los parámetros señalados en el RAS título C.

5.5.3.3. Mezcla lenta – Floculación.

Los floculadores hidráulicos utilizan el cambio de dirección de flujo del agua, inducido por diferentes mecanismos, para producir la turbulencia necesaria para promover la formación del floc y derivan su energía de la carga de velocidad que el líquido adquiere en su tránsito por un conducto. (RAS TITULO C, 2013).

Para el diseño del floculador hidráulico se consideraron los de tipo Cox y de flujo horizontal, seguidamente se encuentran los diseños.

Tabla 28. Diseño del Floculador de tabiques de flujo horizontal.

PASO	DATOS	CANTID.	UNID	FORMULA	CALCULOS	RESULT.	UNID.	SALIDA
1	Caudal (Q)	0,0170	m ³ /seg			21,42		Volumen total del floculador
	Tiempo de Floculación (T)	21	Art. 112 de Res.0330/2017	$V = 60 \cdot Q \cdot T$	$V = 60 \cdot 0,017 \cdot 21$	21	M3	
2	Profundidad (H) *	1,00	Mts	Ficha Técnica C.F.1 RAS 2000 título C	$A = 21 / (1,00 \cdot 9,00)$	2,38	mts	Ancho total
	Largo (L)	9,00	Mts	$A = V/H \cdot L$		9,00	mts	
					6,45			
3	Número de tramos (Canales (N) prales con Grad. Cstante	3		$a = A/N$	$a = 9,00/3$	3,00	mts	Ancho de cada sección o tramo
						6,6		
4	Grad. De Velocidad (G)	60	Seg ⁻¹	$n = (0,045) \cdot \left\{ \frac{(H \cdot L \cdot G)}{(Q)^{2 \cdot t}} \right\}^{1/3}$	$n = ((0,045) \cdot \left\{ \frac{(1,00 \cdot 9,00 \cdot 60)}{(0,017)^{2 \cdot 7}} \right\}^{1/3})$	86	#	Número canales
	Tiempo Retención (t)		Min					entre tabiques
					6,9			
5	Cálculo espacios entre tabiques			$e = L/n$	$e = 9,00/86$	0,11	mts	Espacio entre los tabiques
6	Cálculo número de canales entre tabiques	0,11	Mts	$n = L/e$	$n = 9,00/0,11$	82	#	Número canales
	Espac entre T. Fijado	0,11						entre tabiques

7	Cálculo de Velocidad entre tabiques			$V1 = Q / (e * H)$	$V1 = 0,017 / (0,11 * 1,00)$	0,162	mts/seg	Velocidad en los canales
8	Cálculo de Velocidad en los pasos			$V2 = 2/3 * V1$	$V2 = 2/3 * 0,162$	0,108	mts/seg	Velocidad en los pasos
9	Cálculo Extensión total de canales			$L' = 60 * V * t$	$L' = 60 * 0,162 * 7$	67,98	mts	Extensión total de canales
10	Cálculo del Radio Hidráulico			$R_H = (e * H) / (e + 2H)$	$R_H = (0,11 * 1,00) / (0,11 + 2 * 1,00)$	0,05	mts	Radio Hidráulico
11	Cálculo de h'p							Pérdida
	Coeficiente de Manning (n)	0,013		$h'p = \{m * V1 / (R_H)^{2/3}\}^2 * L'$	$h'p = \{0,013 * 0,162 / (0,05)^{2/3}\}^2 * 67,98$	0,017	mts	de carga continua.
12	Cálculo de Pérdida de carga en las Curvas			$h''p = \{(n+1) * V1^2 + n * (V2)^2\} / 2g$	$h''p = \{(86+1) * (0,162)^2 + 86 * (0,108)^2\} / 2 * 9,8$	0,167	mts	Pérdida de carga en las curvas de 180°
13	Pérdida de carga total en el tramo			$hp = h'p + h''p$	$hp = 0,017 + 0,167$	0,18	mts	Pérdida de carga total en el tramo
14	Cálculo Grad. Veloc.							
	Coef. de Viscos, u	$0,870 * 10^{-3}$	Kg-sg/m ²	$G = (p / u * h / t)^{1/2}$	$G = (1000 / 1,17 * 10^{-4} * 0,18 / 420)^{1/2}$	61	seg ⁻¹	Gradiente de Velocidad
	Peso específico, p	977,5	Kg/m ³					

	Tiempo Retenc, t	420	seg.					
				Ficha Técnica C.F.1 RAS 2000 título C	$0,1 < V \text{ (mts/seg)} < 0,6$	0,162	mts/seg	O.K.
15	Chequeo con el			Art. 112 de Res.0330/2017	$20 < G \text{ (seg}^{-1}\text{)} < 70$	61	seg ⁻¹	O.K.
	R.A.S.				$20 < t_a \text{ (min)} < 40$	21	min	O.K.
PASO	DATOS	CANTID.	UNID	FORMULA	CALCULOS	RESULT.	UNID.	SALIDA
1	Caudal (Q)	0,017	m3/se g			21,42		Volumen total del floculador
	Tiempo de Floculacion (T)	21		$V = 60*Q*T$ Art. 112 de Res.0330/2017	$V = 60*,017*21$	21	M3	
2	Profundidad (H)	1,00	Mts	Ficha Técnica C.F.1 RAS 2000 título C	$A = 21/(1,00*9,00)$	2,33	mts	Ancho total
	Largo (L)	9,00	Mts	$A = V/H*L$		9,00	mts	
3	Número de tramos (Canales (N) prales con Grad. Cstante	3		$a = A/N$	$a = 9,00/3$	3,00	mts	Ancho de cada sección o tramo
4	Grad. De Velocidad	Art. 112 de Res.0330/2017		$n =$	$n =$			
	(G)	35	Seg ⁻¹	$(0,045)*\{((H*L*G)/(Q)^{2*t})\}^{1/3}$	$((0,045)*((1,00*9,00*35)/(0,017)^{2*7}))^{1/3}$	60	#	Número canales
	Tiempo Retención (t)		Min					entre tabiques
5	Cálculo espacios entre tabiques			$e = L/n$	$e = 9,00/60$	0,15	mts	Espacio entre los tabiques
6	Cálculo número de							

	canales entre tabiques	0,15	Mts	$n = L/e$	$n = 9,00/0,15$	60	#	Número canales
	Espac entre T. Fijado	0,15						entre tabiques
7	Cálculo de Velocidad entre tabiques			$V1 = Q / (e * H)$	$V1 = 0,017/(0,15*1,00)$	0,113	mts/seg	Velocidad en los canales
8	Cálculo de Velocidad en los pasos			$V2 = 2/3 * V1$	$V2 = 2/3 * 0,113$	0,075	mts/seg	Velocidad en los pasos
9	Cálculo Extensión total de canales			$L' = 60 * V * t$	$L' = 60 * 0,013 * 21/3$	47,48	mts	Extensión total de canales
10	Cálculo del Radio Hidráulico			$R_H = (e*H) / (e + 2H)$	$R_H = (0,15*1,00) / (0,15+2*1,00)$	0,07	mts	Radio Hidráulico
11	Cálculo de h'p							Pérdida
	Coeficiente de Manning (n)	0,013		$h'p = \{m*V1/(R_H)^{2/3}\}^2 * L'$	$h'p = \{0,013*0,113/(0,07)^{2/3}\}^2 * 47,48$	0,004	mts	de carga continua.
12	Cálculo de Pérdida de carga en las Curvas			$h''p = \{(n+1)*V1^2 + n*(V2)^2\} / 2g$	$h''p = \{(60+1)*(0,112)^2 + 60*(0,075)^2\} / 2*9,8$	0,057	mts	Pérdida de carga en las curvas de 180°
13	Pérdida de carga total en el tramo			$hp = h'p + h''p$	$hp = 0,004 + 0,057$	0,06	mts	Pérdida de carga total en el tramo

14	Cálculo Grad. Veloc.							
	Coef. de Viscos, u	1,17*10 ⁻⁴	Kg-sg/m ²	$G = (p/u \cdot h/t)^{1/2}$	$G = (1000/1,17 \cdot 10^{-4} \cdot 0,06/420)^{1/2}$	35	seg ⁻¹	Gradiente de
	Peso específico, p	1000	Kg/m ³					Velocidad
	Tiempo Retenc, t	420	seg.					
				Ficha Técnica C.F.1 RAS 2000 título C	$0,1 < V \text{ (mts/seg)} < 0,6$	0,113	mts/seg	O.K.
15	Chequeo con el			Art. 112 de Res.0330/2017	$20 < G \text{ (seg}^{-1}\text{)} < 70$	35	seg ⁻¹	O.K.
	R.A.S.				$20 < t_d \text{ (min)} < 40$	21	min	O.K.
1	Caudal (Q)	0,017	m ³ /seg			21,42		Volumen total del floculador
	Tiempo de Floculación (T)	21	g	$V = 60 \cdot Q \cdot T$ Art. 112 de Res.0330/2017	$V = 60 \cdot 0,017 \cdot 21$	21	M ³	
2	Profundidad (H)	1,00	Mts	Ficha Técnica C.F.1 RAS 2000 título C	$A = 21 / (1,00 \cdot 9,00)$	2,38	mts	Ancho total
	Largo (L)	9,00	Mts	$A = V/H \cdot L$		9,00	mts	
3	Número de tramos (Canales (N) prales con Grad. Cstante	3		$a = A/N$	$a = 6,00/3$	3	mts	Ancho de cada sección o tramo
4	Grad. De Velocidad (G)	20	Seg ⁻¹	$n = (0,045) \cdot \left\{ \frac{(H \cdot L \cdot G)}{(Q)^{2 \cdot t}} \right\}^{1/3}$	$n = ((0,045) \cdot ((1,00 \cdot 9,00 \cdot 20) / (0,017)^{2 \cdot 7}))^{1/3}$	41	#	Número canales
	Tiempo Retención (t)		Min					entre tabiques
5	Cálculo espacios entre tabiques			$e = L/n$	$e = 9,00/41$	0,22	mts	Espacio entre los tabiques

6	Cálculo número de canales entre tabiques	0,22	Mts	$n = L/e$	$n = 9,00/0,22$	41	#	Número canales
	Espac entre T. Fijado	0,22						entre tabiques
7	Cálculo de Velocidad entre tabiques			$V1 = Q / (e * H)$	$V1 = 0,017/(0,22*1,00)$	0,08	mts/seg	Velocidad en los canales
8	Cálculo de Velocidad en los pasos			$V2 = 2/3 * V1$	$V2 = 2/3 * 0,08$	0,052	mts/seg	Velocidad en los pasos
9	Cálculo Extensión total de canales			$L' = 60 * V * t$	$L' = 60 * 0,08 * 21/3$	32,71	mts	Extensión total de canales
10	Cálculo del Radio Hidráulico			$R_H = (e * H) / (e + 2H)$	$R_H = (0,22*1,00) / (0,22+2*1,00)$	0,10	mts	Radio Hidráulico
11	Cálculo de h'p							Pérdida
	Coefficiente de Manning (n)	0,013		$h'p = \{m * V1 / (R_H)^{2/3}\}^2 * L'$	$h'p = \{0,013 * 0,08 / (0,10)^{2/3}\}^2 * 32,71$	0,001	mts	de carga continua.
12	Cálculo de Pérdida de carga en las Curvas			$h''p = \{(n+1) * V1^2 + n * (V2)^2\} / 2g$	$h''p = \{(41+1) * (0,08)^2 + 41 * (0,052)^2\} / 2 * 9,8$	0,019	mts	Pérdida de carga en las curvas de 180°
13	Pérdida de carga			$hp = h'p + h''p$	$hp = 0,001 + 0,019$	0,02	mts	Pérdida de carga

	total en el tramo							total en el tramo
	Cálculo Grad. Veloc.							
14	Coef. de Viscos, u	1,17*10 ⁻⁴	Kg- sg/m ²	$G = (p/u \cdot h/t)^{1/2}$	$G = (1000/1,17 \cdot 10^{-4} \cdot 0,02/420)^{1/2}$	20	seg ⁻¹	Gradiente de Velocidad
	Peso específico, p	1000	Kg/m ³					
	Tiempo Retenc, t	420	seg.					
				Ficha Técnica C.F.1 RAS 2013 título C	$0,1 < V \text{ (mts/seg)} < 0,6$	0,078	mts/seg	NO
15	Chequeo con el R.A.S.			Art. 112 de Res.0330/2017	$20 < G \text{ (seg}^{-1}\text{)} < 70$	20	seg ⁻¹	O.K.
					$20 < t_d \text{ (min)} < 40$	21	min	O.K.
16	Pérdida total de carga					0,26	mts	

Fuente. Elaboración propia a partir de ecuaciones del Cepis, parámetros de diseño del RAS título C 2013 y Resolución 0330/2017, 2019

Tabla 29. Diseño del floculador de tipo Cox

PASO	DATOS	CANTID.	UNID.	FORMULA	CALCULOS	RESULTA	UNID.	SALIDA
1	Caudal (Q)	0,017	m3/s			22,2		Vol. del floculador
	Número de cámaras	12						
	Número secc. con G diferente	4						
	Ancho (L1)	1,11	m	$A = L1 * L2$	$A = 1,11 * 0,90$	1,00	M2	Area cada camar
	Largo (L2)	0,90	m					
	Profundidad (H1)	1,70	m	$V = A * Hm$	$V = 1,00 * 1,85$	1,85	M3	Vol. cada camara
	Profundidad (H2)	2,00	m				2,79	
	Profundiadd media	1,85	m					
	Periodo detención 1 Cámara	1,81	min	$T = V / Q$	$T = 1,85 / 0,017$	108,7	s	Per. Reten.en /camara
	Periodo de detención total	21,74	min	$Tt = \text{No. Cámaras} * T$	$Tt = (12 * 108,7) / 60$	21,74	minutos	Per. Retención total
ZONA 1:							22,35	
2	Tres cámaras con codos de sección	1,00	m					
		0,180	m	$A1 = L1 * L2$	$A1 = 0,18 * 0,180$	0,03	m2	Area del codo
		0,180	m					
3	Cálculo efecto							
	de agujero			$h1 = [Q / (Cd * A)]^2 / (2 * g)$	$h1 = [0,017 / (0,63 * 0,03)]^2 / (2 * 9,81)$	0,03535	#	Número canales
4	Cálculo del efecto de	K =						Espacio entre
	cambio de dirección	0,4		$h2 = K * [Q / A]^2 / (2 * g)$	$h2 = 0,4 * [0,017 / 0,03]^2 / (19,62)$	0,00561	m	los tabiques
5	Pérdida de carga							
	total en los codos			$h = h1 + h2$	$h = 0,03535 + 0,00561$	0,041	m/s	Velocidad en los canales

7	Pérdida total en las tres 1 ^{as} cámaras			$h' = 3 * h$	$h' = 3 * 0,041$	0,123	m/s	Velocidad en
ZONA 2:								
8	Tres cámaras con codos de sección	1,00	m					
		0,210	m	$A2 = L1 * L2$	$A2 = 0,21 * 0,21$	0,04	m ²	Area del codo
		0,210	m					
9	Cálculo efecto de agujero			$h1 = [Q / (Cd * A)]^2 / (2 * g)$	$h1 = [0,017 / (0,63 * 0,04)]^2 / (2 * 9,81)$	0,0191	m	Pérdida de carga
	Cálculo del efecto de cambio de dirección	K =		$h2 = K * [Q / A]^2 / (2 * g)$	$h2 = 0,4 * [0,017 / 0,04]^2 / (19,62)$	0,0030		Pérdida de curvas de 180°
10		0,4						
11	Pérdida de carga total en los codos			$h' = h1 + h2$	$h' = 0,0191 + 0,0030$	0,022	m	Pérdida de carga total en el tramo
12	Pérdida total en las tres 2 ^{as} cámaras			$h'' = 3 * h'$	$h'' = 3 * 0,022$	0,066		
ZONA 3:								
13	Tres cámaras con codos de sección	1,00	m					
		0,250	m	$A3 = L1 * L2$	$A3 = 0,25 * 0,25$	0,06	m ²	Area del codo
		0,250	m					
14	Cálculo efecto de agujero			$h1 = [Q / (Cd * A)]^2 / (2 * g)$	$h1 = [0,017 / (0,63 * 0,06)]^2 / (2 * 9,81)$	0,0095	m	Pérdida de carga

	Cálculo del efecto de cambio de dirección	K =						Pérdida de
15		0,4		$h_2 = K * [Q / A]^2 / (2 * g)$	$h_2 = 0,4 * [0,017 / 0,06]^2 / (19,62)$	0,0015		curvas de 180°
	Pérdida de carga total en los codos			$h' = h_1 + h_2$	$h' = 0,0095 + 0,0015$	0,0110	m	Pérdida de carga total en el tramo
17	Pérdida total en las tres 3 ^{as} cámaras			$h''' = 3 * h'$	$h''' = 3 * 0,0110$	0,0330		
	ZONA 4:							
13	Tres cámaras con codos de sección	1,00	m					
		0,300	m	$A_3 = L_1 * L_2$	$A_3 = 0,30 * 0,30$	0,09	m ²	Area del codo
		0,300	m					
14	Cálculo efecto de agujero			$h_1 = [Q / (Cd * A)]^2 / (2 * g)$	$h_1 = [0,017 / (0,63 * 0,09)]^2 / (2 * 9,81)$	0,0046	m	Pérdida de carga
	Cálculo del efecto de cambio de dirección	K =						Pérdida de
15		0,4		$h_2 = K * [Q / A]^2 / (2 * g)$	$h_2 = 0,4 * [0,017 / 0,09]^2 / (19,62)$	0,0007		curvas de 180°
	Pérdida de carga total en los codos			$h' = h_1 + h_2$	$h''' = 0,0046 + 0,0007$	0,0053	m	Pérdida de carga total en el tramo
17	Pérdida total en las tres 4 ^{as} cámaras			$h''' = 3 * h'$	$h''' = 3 * 0,0053$	0,0159		

18	Pérdida total en las						
	doce cámaras			$h = h' + h'' + h''' + h''''$	$0,123+0,066+0,0330+0,0159$	0,24	
	CALCULO NIVELES AGUA:						
		N.de A.en la cámara de entrada				643,190	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 1				0,041	
		N.de A.en la cámara 1				643,149	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 2				0,041	
		N.de A.en la cámara 2				643,108	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 3				0,041	
		N.de A.en la cámara 3				643,067	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 4				0,022	
		N.de A.en la cámara 4				643,045	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 5				0,022	
		N.de A.en la cámara 5				643,023	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 6				0,022	
		N.de A.en la cámara 6				643,000	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 7				0,011	
		N.de A.en la cámara 7				642,989	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 8				0,011	
		N.de A.en la cámara 8				642,978	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 9				0,011	
		N.de A.en la cámara 9				642,967	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 10				0,005	
		N.de A.en la cámara 10				642,962	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 11				0,005	
		N.de A.en la cámara 11				642,957	
		Menos pérdida por entrada a la cámara 12				0,005	
		N.de A.en la cámara 12				642,952	

19	Altura tomada para cada cámara	2,21	Hi					
	ra en las cuatro zonas de flo	0,30	Pendie.	Altura funal = Hf				
	Culación			Hf = Hi + b - h		2,21		
20	Altura promedio en todas las cámaras			Hm = (Hi + Hf)/2		2,21		
21	Período de retención en las 12 cámaras			Tt = 12 * T	Tt = 12 * T	21,74	min	Retención del agua en las 12 cámaras
					Por cámara	108,71	s	
22	Período de retención en cada zona			Tti = 3 * T	Tt = 3 * 108,71	326,14	s	Retención del agua en cada zona
23	Gradiente de Velocidad para cada zona del flocculador	1,01*10 ⁻⁶		$G = (g * h / t * u)^{1/2}$	$G1 = (g * h / t * u)^{1/2}$	60,50	s-1	Grad. 1as camar.
					$G2 = (g * h / t * u)^{1/2}$	44,45	s-1	Grad. 2as camar.
					$G3 = (g * h / t * u)^{1/2}$	31,36	s-1	Grad. 3as camar.
					$G4 = (g * h / t * u)^{1/2}$	21,78	s-1	Grad. 4as camar.
					Gradiente medio del proceso	40	s-1	
24	Cálculo de la velocidad del agua en los codos.			$V = Q / Ai$	$V1 = Q / Ai$	0,52	mt/s	Veloc. 1as camar.
					$V2 = Q / Ai$	0,39	mt/s	Veloc. 2as camar.
					$V3 = Q / Ai$	0,27	mt/s	Veloc. 3as camar.
					$V4 = Q / Ai$	0,19	mt/s	Veloc. 4as camar.
25	Chequeo con el			Art. 112 de Res.0330/2017	$10 < G (s-1) < 70$		s-1	O.K.
	R.A.S.			Ficha Técnica C.F.1 RAS 2000 título C	$0,20 < V (mt/s) < 0,40$	0,34	mt/s	O.K.
				Art. 112 de Res.0330/2017	$20 < t_d (min) < 40$	21,74	min	O.K.

				$h2 = 2,0 * 0,40 * (v)^2 / 2 * g$	$h2 = 2,0 * 0,40 * (0,11)^2 / 2 * 9,81$	4,60E-04	
		En el Box:					
		0,013		$h3 = (v * n * R^{2/3})^2$	$h3 = (0,11 * 0,013 * R^{2/3})^2$	1,08E-04	
		En los huecos de salida:					
				$h4 = (v)^2 / 2 * g$	$h4 = (0,08)^2 / 2 * 9,81$	3,28E-04	
						8,56E-04	
29	Nivel agua en sedimentador						
		N.de A.en la cámara 12				642,952	
		Menos pérdidas en el box				0,0009	
		N.de A.en el sedimentador				642,951	

Fuente. Elaboración propia a partir de ecuaciones del Cepis, parámetros de diseño del RAS título C 2013 y Resolución 0330/2017, 2019

Tanto el diseño del floculador de tabiques de flujo horizontal, como el de tipo Cox son apropiados para el caudal de diseño, hidráulicamente viables y cumplen con todos los parámetros de diseño establecidos en el Ras 2013 título C y en la Resolución 0330 del 2017. Se eligió el de tipo Cox, debido a que la clasificación según su sentido es de flujo vertical y estos resultan más compactos que los de flujo horizontal y por lo tanto requieren menos área superficial. En los de flujo horizontal el mantenimiento o limpieza resulta bastante complicada debido a la poca separación entre los tabiques, por lo tanto, por razones de economía y mantenimiento resulta más apropiado el floculador de tipo Cox.

5.5.3.4. Sedimentación.

Se entiende por sedimentación a aquellos fenómenos mediante los cuales los sólidos en suspensión en un fluido son separados del mismo, debido al efecto de la gravedad. (Arboleda, 2000)

Se diseñó un Sedimentador de Alta Tasa de placas planas teniendo en cuenta parámetros de diseño de la Resolución 0330 del 2017, Ras 2013 título C y ecuaciones del Cepis.

El sedimentador de alta tasa mejora la capacidad del sedimentador convencional mediante placas que son inclinadas con respecto a la horizontal y subdividen el espacio en compartimentos, de modo que divide el caudal y da lugar al régimen hidráulico laminar. Así tiene dos acciones principales: incrementar el área para decantación y originar el flujo laminar. La inclinación de las bandejas permite que los lodos puedan deslizarse por su propio peso y caer a una zona para ellos, de modo que no se necesitan mecanismos de limpieza (Rincón, 2014)

Tabla 30. Diseño del Sedimentador de Alta Tasa

PASO	DATOS	CANTID.	UNID.	FORMULA	CALCULOS	RESULT	UNID.	SALIDA
DATOS DE ENTRADA	Caudal (Q)	0,017	m3/s					
	Viscosidad dinámica	1,01E-06	m2/s					
	Aceleración Gravedad	9,81	mt/sg2					
	Placa planas de A.C.:							
	Ancho: (b)	1,20	M	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C				
	Largo: (L)	2,40	M	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C				
	Espesor: (e1)	0,01	M					
	Separac. entre placas (e)	0,05	M					
	No. de filas de placas	2						
	Inclinac. de las placas(Ø)	60	Grados					
	Sc =Vr crit. Sedim. altasa	1,0	Placaplana	Tabla 9 Res. 0330/2017				
	Número de Unidades	1	Unid.					
	Carga Superficial (q)	160,00	m3/m2/día					
1	Caudal Diario		m3/día	$V = Q*86,4$	$V = 0,017*86,4$	1.469	m3/día	Volumen diario planta
2	Cálculo del Area requerida del sediment.		m2	$A = Q / CS * (1+e1/e)$	$A=0,017/160*(1+0,01/0,05)$	11,02	M2	Area requerida

3	Cálculo de ancho libre total del sedimentador ****		M	L libre=No. filas placas * L Colocar tres filas de placas	L libre = 2 * 2,40	4,80	m	Ancho libre
4	Cálculo de la longitud de la zona de placas		M	L placas = A / L libre	L placas = 11,02 / 4,80	2,30	m	Largo zona placas
5	Cálculo de la proyección de las placas 60 Grados		M	Lp = b * Cos (60)	Lp = 1,20 * Cos (60)	0,60	m	Long. Proyección
6	Cálculo de la longitud total del sedimentador ****		M	L total = Lplacas + Lp	L total = 2,30 + 0,60	2,90	m	Longitud total sedim.
7	Cálculo de la separación horizontal entre placas		M	Eplacas = e / sen(60)	Eplacas = 0,05 / sen(60)	0,058	m	Separación Horizontal entre placas
8	Sparación horizontal entre ejes de placas	17	M	Sh = e + e1/ Sen (60)	Sh = 0,05 + 0,01/ Sen (60)	0,0693	m	Pérdida total de E.
	Largo del sedimentador entre apoyos intermedio de placas	0,13	M	L = No. Placas * Sh	L = 17 * 0,0693	1,18		
	Largo total del sedimentador con dos apoyos divisorios de	0,13	M	L = Sh + 2 * 0,13	L = 0,0693 + 2 * 0,13	2,58		

9	Cálculo del número de							Número total placas
	placas en cada fila		#	# placasxfila = L_{placas}/Sh	# placasxfila = 2,30 /0,0693	33	#	por cada fila
10	Cálculo del número total de placas del sedimentad		#	# total placas = #placxfi*#fi	# total placas = 33x2	67	#	Número total placas del sedimentador
SISTEMA DE APOYO:								
* Las placas se apoyarán sobre cuatro vigas longitudinales de concreto, dos laterales de 0,10x0,30 m y dos interiores de 0,20 x 0,30 mt. Las vigas laterales son una especie de voladizos apoyadas en los muros; las vigas interiores van apoyadas cada una obre tres columnas cortas de 0,20x0,25 m								
* Las placas se separarán entre sí por medio de separadores en U de A.C., de 5 cm de altura y 0,366 de largo. Alternadamente las placas se instalan, una sin separador y otra con doce separadores, esta última lleva seis separadores en cada cara.								
* Los separadores vienen de 1,10 m de longitud, por lo que de uno salen 3 de L=0,366 m								
* Como el # de placas es de 67, el # de separadores será $67/2 * 12 = 402$								
CLASE FLUJO PLACAS:								
11	Velocidad de ascenso		m/s	$V_o = q / 86,400$	$V_o = 160 / 86,400$	1,85E-03	m/s	Velocidad de ascenso
	Número de Reynolds							Flujo Laminar Re < 500
12	Re			$Re = V_o * e / u$	Re = 0,001852*0,05/0,000010	91,68		
13	Cálculo de la velocidad		m/s	$v_o = Q / A * \text{sen}\theta$	$v_o = Q / A * \text{sen}\theta$	122,05	m/día	

	promedio de flujo		A = Area del sedimentador	A = 4,80 x 2,90	0,08	m/min	Velocidad de flujo
14	Tiemp retención en lacelda	Min	$t_c = l / V_o$	$t_r = 1,20 / 0.08$	14,16	Min	Tiempo reten. Celda
15	Tiempo retenc.en Sedimen	Min	$t_s = V / Q$	$t_s = 4,80*2,90 * 4,0/0,017*60$	54,49	Min	Tiempo retención Sed
	CARGA EQUIVALENTE:						
16	Cálculo de la longitud relativa del sedimentador	M	$L = L / e$	$L = 1,20 / 0,05$	24	m	Longitud relativa del sedimentador
16	Cálculo longitud relativa región de transición		$L_1 = E_{placas} * Re$	$0,058 * 91,68$	5,29	m	Longitud relativa en la región de transición
17	Cálculo longitud relativa sedim. Altasa, Flujo lamin		$L_u = L - L_1$	$L_u = 24 - 5,29$	18,71	m	Longitud relativa para sedim. Altasa, F.Lam
18	Cálculo de la carga super ficial equivalente	m ² /m ² /día	$V_{sc} = V_o * Sc / \sin \theta + L_u * \cos \theta$	$160 * 1,0 / 0,866 + 18,71 * 0,5$	15,66	m ³ /m ² /día	Carga equiv.a un sedi. convenc. de = q.
	Las q bajas (20-30) en combinación con filtros de arena. Las altas (35-45) con filtros de lechos multiple. En países en vía de desarrollo las PTAT deben proyectarse para operar razonable No exceder 45 m ³ /m ² *día						

	La q no es sino la velocidad crítica mínima de sedimentación que se espera que en promedio tenga un cierto % (70-98) de las partículas en suspensión. Depende del tipo instalación							
	SISTEMA RECOLECCION DEL AGUA SEDIMENTADA							
	* La recolección de agua sedimentada se hará mediante canaleta de 0,20 x 0,30m " con orificios de Diam = 1" en su parte superior. La canaleta va ubicada transversalmente, descargando en una canaleta longitudinal que va por el centro del sedimentador, la cual a su vez descarga en el canal de aguas sedimentada.							
	Número de canaletas	1						
19	Caudal recoge la canaleta	Qt	m3/s	$Qt = Q / 8$	$Qc = 0,017 / 1$	0,0170	m3/s	Caudal cada canaleta
20	Diámetro del tubo Sec. Llena			$d = Q^{0,4}$	$d = (0,017)^{0,4}$	0,196	m	Altura lámina de agua
21	Diámetro de los orificios y número de orificios	0,0254	M	$Hv = Ho * 40\%$	$Hv = 0,190,02546*+0.196$	0,20	m	Altura de vertederos
22	Gasto por orificio		m3/s	$Qo = Qc / 11$	$Qc = 0,0170 / 11$	1,55E-03	m3/s	Caudal por orificio
23	Pérdida de carga		M	$h = (g)^2 / K*(d)^4$	$h = (9,81)^2 / 10,9*(0,0254)^4$	0,526	m	Pérdidas en tubos
	Valor de K	10,9						
24	Cálculo de la tasa de rebose							
	Longitud tub. De recolección	9,50				1,789	l/s*m	

	CANALETA RECOLEC. A.S.							
		Se dimensiona de 0,30 de base por 0,32 de altura				m	Altura verted. Igualar	
25	Altura critica en la descarga							
	b = ancho de canaleta	0,30						
	ho = Altura al inicio	0,32	$hc = \frac{(Q)^2}{g * (b)^2}^{0,667}$	$hc = \frac{((0,017)^2}{9,81 * (0,30)^2}^{0,667}$	0,07	m	alt. crítica descarga	
			ho = 1,732 * hc	ho = 1,732 * 0,07	0,12			
			Como se escogió 0,32 m, no habrá rebose					
26	Canal de agua sedimentada							
	SISTEMA DE DESAGUE:							
29	Diámetro de la compuerta	0,25	m3/s					
	Area de la comp. Ø de 0,25 m	0,049	m2	$Q = 0,60 * Ao * (2gh)^{0,5}$	$Q = 0,60 * Ao * (2gh)^{0,5}$	0,261	m3/s	
	Volumen del sedimentador:			$V = l * b * h$	$V = 2,90 * 4,80 * 4,00$	55,584	m3	
	Largo	2,90						
	Ancho:	4,80						
	Profun. del sedimentador	4,00	M			4,00	m	
							De acuerdo con RAS	
	Tiempo de vaciado		Min	$t = V / Q$	$t = V / Q$	3,55	min	

31	CHEQUEO CON EL RAS:			RECOMENDACIÓN RAS:	RESULTAD		COMENTARIO:
		Tabla 9 Res. 0330/2017	Tiempo de retención	10 - 20 Minutos	14,16	min	O.K
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Profundidad	4,00 - 5,50 m	4,00	m	O.K	
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Inclinación de las placas	60°	60	Grados	O.K	
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Distancia entre placas	5 cm	0,05	m	O.K	
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Espesor de placas A.C.	8 - 10 mm	10,00	mm	O.K	
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Número de unidades:					
	Tabla 9 Res. 0330/2017	Carga Superficial	120 - 185 m/día	160,00	m/día	O.K	
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Sistema de salida	Tirante de agua > de 8 cms	0,12	m	O.K	
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Número de Reynolds	< 500	91,68		O.K	
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Extracción de lodos	Continua	-			
	Ficha Técnica C.S.3 RAS 2013 título C	Tasa de rebose:	1,7 - 3,6 lts/s*m	1,79	l/s*m		

Fuente. Elaboración propia a partir de ecuaciones del Cepis, parámetros de diseño del RAS título C 2013 y Resolución 0330/2017, 2019

5.5.3.5. Filtración

Las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo se consideran como tecnología apropiada debido a que reúnen las siguientes ventajas sobre otros sistemas de filtración en uso:

- No requieren una carga hidráulica muy grande para operar.
- No tienen galería de tubos. El transporte del agua decantada, filtrada, el agua para el retrolavado de los filtros y el desagüe del agua de lavado se efectúan mediante canales. Normalmente el agua filtrada también se traslada mediante canales, uno de aislamiento y otro que conecta entre sí la salida de todas las unidades. Estos canales se encuentran inmediatamente después de las cajas de los filtros.
- No se requiere tanque elevado ni equipo de bombeo para efectuar el retrolavado de un filtro. A través del canal de interconexión y debido a un especial diseño hidráulico del sistema, el agua producida por lo menos por tres filtros retrolava a una unidad.
- No se requiere instrumental sofisticado ni consolas o pupitres para la operación, aunque en las plantas grandes se los suele incluir. (CEPIS, 2004)

Tabla 31. Diseño del sistema de Filtración de tasa declinante con lechos dobles, autolavables.

PASO	DATOS	CANTID.	UNID.	FORMULA	CALCULOS	RESULT.	UNID.	SALIDA
DATOS DE ENTRADA	Caudal (Q)	0,017	m3/seg					
	Carga superficial adopt	220	m3/m2*día	Tabla 10 Res 0330 del 2017				
	Veloc. de filtración para esta carga superficial	0,2546	cm/seg					
	Ancho del sedimen. B, para conservar el paramento exterior del Floc. y del sedim.	4,80	Mts	Caudal a procesar = Q:	Caudal a procesar = Q:			
	Ancho de los muros - e	0,20	Mts	$Q = q * 86,4 * 1,000$	$Q = 0,017 * 86,4 * 1,000$	1.468,8	M3/día	Caudal de la planta
	Número de muros - #	3	Mts					Volumen diario
	Veloc lavado adopt. (vl)	60,00	cm/min	Tabla C.Fi.1.3 Ras 2013 C				
	Veloc lavado adopt. (vl)	0,01	m/seg					
Aceleración gravedad	9,81	m/seg ²						
1	Número de Unidades			$NUF = 0,044 (Q)^{1/2}$	$NUF = 0,044 (1.468,8)^{1/2}$	2	#	No. de filtros
	Selección con el RAS		***		Ficha tecnica C.Fi.1	4	Mínimo	N.de C. Medio Alto
2	Cálculo del Area de							
	Filtración		m2	$A = Q / q$	$A = 1.468,8 / 220$	6,68	m2	

3	Cálculo del espacio de los muros de los filtros		Mts	$e1 = e * \#$	$e1 = 0,20 * 3$	0,60	mts	Espacio ocupado por muros de cajas
4	Ancho disponible para las cajas de los filtros		Mts	$br = L - e1$	$br = 4.80 - 0,60$	4,20	mts	Ancho disponible para las cajas filtros
5	Ancho por caja para filtro		Mts	$bf = br / \#$	$bf = 4.20 / 4$	1,05	mts	Ancho por caja
6	Cálculo del Area de Filtración por filtro		m2	$Af = A / \#$	$Af = 6.68 / 4$	1,67	M2	Area unitaria / filtro
7	Cálculo del largo de la caja del filtro		Ml	$Lf = Af / bf$	$Lf = 1,67 / 1.05$	1,59	mts	Largo de la caja
8	Selección de las viguetas para el falso fondo:							
	Viguetas 16 cm de ancho	0,16	#	No. Viguetas = $Lf / 0,16$	No. Viguetas = $1,59 / 0,16$	10	#	Viguetas
	Longitud definitiva	0,16	***	Valor entero obtendo * 0,16	No. Viguetas = $10 * 0,16$	1,60	mts	Longitud adoptada
9	Nueva carga superficial sería:			$CSr = Q / Lf * bf * \#$	$CSr = 14,256 / (1,59 * 1.05 * 4)$	220	m3/m2*día	

	LAVADO DEL FILTRO:							
10	Caudal necesario para lavar un filtro:		m3/seg	$QL = Af * vl$	$QL = 1,67 * 0,01$	0,0167	m3/seg	Caudal para lavar $Ql < Q$, O.K.
		** Queda un renuente de $0,017 - 0,0165 = 0,0005$ m3/seg, el cual seguirá circulando por la con						
		ducción, garantizando así no se desocupe la tubería y por lo tanto no tome aire, evitando así						
		sobrepreciones que pongan en peligro su estado						
11	Cálculo de la canaleta de lavado L = 2,24 mts *							
	Largo	1,60	Mts	Cálculo de la altura crítica:				Altura crítica de
	Ancho ***	0,25	Mts	$hc = [(QL)^2 / (g * b^2)]^{0,333}$	$hc = [(0,0167)^2 / (9,81 * 0,25)]^{0,333}$	0,0769	mts	descarga.
	Alto: ***	0,25	Mts					
	Altura agua al inicio (ho)		Mts	$ho = 1,73 * hc$	$ho = 1,73 * 0,0769$	0,1330	mts	
		** Para garantizar descarga a caída libre, le adicionamos un 40% de ho, así:				0,19	mts	*Redondear esta vr.
12	Compuerta de descarga Cuadrada: Largo*Ancho	0,15	Mts	Cálculo de pérdida de carga $h = [Q/0,63 * Ao]^2 * 1/(2 * g)$	$h = [0,0167/0,63 * 0,15]^2 * 1/(19,62)$	0,071	mts	Pérdida de carga
				** Luego, el nivel de agua subirá $0,25$ mts + $0,002 = 0,252$ mts, sobre el piso o base de la				
				compuerta.		0,22		
				Con este valor determinamos el valor de $ho = 1,73 * ho$		0,38	mts	
				Este valor le incrementamos un 20% para caída libre, los muros quedarán		0,46	mts	Altura muros canaleta

	PERDIDA DE CARGA:							y Espesor = 0,08 mts	
13	1. Durante la filtración.								
	Admisión al filtro.		*** Se hace por compuerta lateral cuadrada de 0,25 x 0,25 mts						
	Area de entrada: ***	0,25	0,25	Mts		0,0625	m2		
	Caudal por filtro:		m3/seg	$Q_f = Q / 4$	$Q_f = 0,017 / 4$	0,004	m3/seg	Caudal por filtro	
DATOS DE ENTRADA	Cálculo pérdida compuerta:			$h = [Q/0,63 * A_o]^2 * 1/(2*g)$	$h=[0,004/0,0625*0,0625]^2*1/(2*9,81)$	0,0006	mts	Pérdida de carga	
	Velocidad de filtración (V)	0,1528	mts/min						
	Espesor antracita (ea)	50,00	Cmts	Tabla C.Fi.1.1 Ras 2013 C					
	Porosidad del lecho (poa)	0,55		Tabla C.Fi.1.1 Ras 2013 C					
	Diam. Medio partic. (dpa)	0,10	Cmts	Tabla C.Fi.1.1 Ras 2013 C					
	Espesor arena (er)	25,00	Cmts	Tabla C.Fi.1.1 Ras 2013 C					
	Porosidad del lecho (por)	0,40		Tabla C.Fi.1.1 Ras 2013 C					
	Diam. Medio partic. (dpr)	0,05	Cmts	Tabla C.Fi.1.1 Ras 2013 C					
	Grava:								
	Espesor e1 1,5" - 1"	7,00	Cmts						
	Espesor e2 1" - 1/2"	5,00	Cmts						
	Espesor e3 1/2" - 1/4"	5,00	Cmts						
	Espesor e4 1/4" - 1/8"	5,00	Cmts						

	Espesor e5 1,8" - 2 mm	10,00	Cmts					
	total:	32,00	Cmts					
	Viguetas en "V", diamet	0,0127	Mts					
	Espaciamiento niples							
	Viscosidad cinemática (v)	1,01E-02	cms2/seg					
	Aceleración gravedad (g)	9,81E+02	cm/seg2					
14	Cálculo perdidas antracita:		Mts	$h=1,80*e*V*v*(1-po)^2/(po^3*d^2*g)$	$h=1,80*e*V* v *(1-po)^2/(po^3*d^2*g)$	0,03	mts	
15	Cálculo pérdidas en la arena			$h=1,80*e*V*v*(1-por)^2/(po^3*d^2*g)$	$h=1,80*e*V* v *(1-po)^2/(po^3*d^2*g)$	0,27	mts	
16	Cálculo pérdidas en la grava			$h = v * e / 3$	$h = 0,1528*0,32/ 3$	0,0163	mts	
17	Cálculo pérdidas en el sistema de drenaje	** Se usan viguetas prefabricadas en V invertidas de 1,60 m de largo, 0,16 mts de ancho 0,16 mts de alto y 0,04 de espesor, provistas con niples plásticos de diámetro 1/2",						
	Altura de las viguetas ***	espaciadas 7 cms centro a centro y alternadas en cada cara.					0,15	mts
		Las viguetas se colocan una al lado de la otra, apoyadas en sus extremos y en el centro						
		con relleno de mortero 1:2 entre ellas hasta el nivel inferior de los niples plásticos.						
		Además se debe colocar mortero entre las viguetas y los muros, de tal forma que el agua						
		se vea obligada a circular unicamente por los niples.						

Largo del filtro	1,60	Mts					
Ancho de las viguetas	0,16	Mts					
Número de viguetas (#Vig.)	10	Unid.					
Longitud de las viguetas (Lv)	1,01	Mts					
Separación de niples	0,07	Mts					
Número de niples por cara	13	Unid.	# Niples=Lv /Sep Niples - 1				
Número total niples por filtro	269		# total Nip = # Niples*2*# Vig.				
Area de un niple (An)	1,27E-04	m2	An = Pi * D ² / 4				
Area total de los niples	0,03402	m2	A total = An * # total Nip.				
Pérdida carga considerando los drenes como tubos cortos		Mts	$h = (Q / Cd * A)^2 * 1/2 * g$	$h = (0,004 / 0,6*0,3402)^2 * 1/2*9,81$	2,21E-03	mts	
Resumen Pérdidas Filtracc:		Mts	Total pérdidas = Comp + antrac	+ arena + grava + drenes	0,31	mts	Suma de Pérdidas
<i>2. Durante el lavado:</i>							
Pérdida en compuerta salida:		Mts	$h = (Q / Cd * A)^2 * 1/2 * g$	$h = (0,0167/0,6* 0,25)^2 * 1/2*9,81$	0,0006	mts	
Sección: Largo:	0,50	Mts					
Ancho:	0,50	Mts					

Area:	0,25	m2					
Pérdida en los falsos fondos:		Mts	$h = (Q / Cd * A)^2 * 1/2 * g$	$h = (0,0167/0,6*0,03402)^2 * 1/2*9,81$	0,034	mts	
Pérdida en la grava:	0,6	mts/seg	$h = V * e / 3$	$h = 0,60 * 0,32 / 3$	0,064	mts	
Velocidad de lavado (Vg)	0,01	mts/seg					
Pérdida en el lecho filtrante							
Expansión prevista del lecho:			Alt. Disp por h inicio filt (0,344)	+ lam agua vert de salida (0,049)	0,89		
Arena: e=0,25 mts = 25% **	0,0625		+lam agua vert en canaleta ,027	+ total pérdida en lavado (0,467)			
Antracita: e=0,50 m= 40% **	0,20						
Total expansión:	0,25						
Peso específico antrac = Ps	1,50	gr/cm3					
Peso específico agua = P	1,00	gr/cm3					
Peso específico arena = Ps	2,65	gr/cm3					
Pérdida en la antracita:		Mts	$h = e * [(Ps - P)/P] * (1 - Po)$	$h = 0,50 * [(1,5 - 1)/1] * (1 - 0,55)$	0,113	mts	Pérdidas antracita
			Po = Porosidad del lecho.				
Pérdida en la arena:		Mts	$h = e * [(Ps - P)/P] * (1 - Po)$	$h = 0,25 * [(2,65 - 1)/1] * (1 - 0,40)$	0,248	mts	Pérdidas arena
			Po = Porosidad del lecho.				

	Resumen Pérdidas en lavado:			Total pérdidas = comp.salida +	fal fondo+grav+arena+antracita	0,459	mts	Total pérdidas
18	Lámina de agua en el borde de la canaleta = 2 * L			$h = Q / (1,84 * 2 * L)^{0,6667}$	$h = 0,0167 / (1,60 * 2 * 6.88)^{0,6667}$	0,020	mts	Lámina agua canaleta
19	Lámina de agua en el vertedero de salida, L = ****	1,50	Mts	$h = Q / (1,84 * 2 * L)^{0,6667}$	$h = Q / (1,84 * 2 * L)^{0,6667}$	0,021	mts	Lámina agua vertedero
		** El nivel del vertedero de salida deberá estar a una altura de 0,451 + 0,043 = 0,494 m				0,479	mts	
	Nivel vertedero de salida	sobre el borde de los vertederos de la canaleta de lavado. Por seguridad se coloca 0,64 m				0,640	mts	* Este vr es asumido
20	Componentes del filtro:	Cálculo de la pérdida de carga:						
		Altura diponible para expansión del lecho:		"Total expansión"		0,25	mts	Total expansión
		Altura vertederos de la canaleta:		"Altura muros de la canaleta"		0,46	mts	Altura muros canaleta
		Altura disponible para pérdidas por el lavado:		"Nivel vertedero de salida"		0,64	mts	Nivel vertedero salida
		Altura de la lámina de agua en el vertedero de salida: "Lámina agua vertedero de salida"				0,021	mts	L.A. vertedero salida
		Altura disponible por pérdidas en inicio de la filtración: "Pérdidas en la filtración"				0,31	mts	Pérdidas en filtración
		Altura disponible para la variación de nivel del filtro: "Expan+ N.Vert. salida + h en filtrac"				1,21	mts	0,25+0,60+0,35
		Distancia del lecho expandido a la parte inferior de la canaleta: "15% de Expansión"				0,038	mts	0,30*0,15
		Lámina de agua vertiente a la canaleta:		"Lámina agua vertiente en canaleta"		0,02	mts	
		Total pérdida de carga:				2,83	mts	Suma 0,25 hasta 0,03

		Vacío entre el piso y los falsos fondos:	0,25	mts		
		Altura de viguetas de los falsos fondos	0,15	mts		
		Espesor de grava por encima de los falsos fondos:	0,25	mts	10/100-0,07	
		Espesor de la arena	0,25	mts	25/100	
		Espesor de la antracita:	0,50	mts	50/100	
		Borde libre	0,22	mts	Opcional	
		Total altura de la caja del filtro:	4,45	mts	Suma(Pérd carga + vacío hasta bord libre)	
21	Chequeo con el		Perdida de carga	> 2.00	2,83	mts
	R.A.S.		Altura de caja - borde libre		4,60	mts

Fuente. Elaboración propia a partir de ecuaciones del Cepis, parámetros de diseño del RAS título C 2013 y Resolución 0330/2017, 2019



GRÁFICA 7. Diseño de los Planos de la PTAP propuesta en el software de diseño AutoCad

6. CONCLUSIONES.

Para la propuesta del diseño de la PTAP, fue necesario realizar un diagnóstico de la infraestructura existente del sistema de agua potable y unas caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del efluente y afluente.

En el sistema de acueducto la mayoría de sus componentes están en buen estado, a excepción del desarenador, que carece de un bypass para el lavado. En la planta de Tratamiento existente se encontraron fallas en la operación y manejo, lo anterior se evidenció durante la inspección, debido a que el tanque sedimentador-floculador se encuentra afectado por la corrosión y los resultados de las caracterizaciones en épocas de invierno y verano no fueron favorables. La Planta compacta fue diseñada con una capacidad de 2Lps, después de realizar los cálculos de la dotación y demanda se determinó que el corregimiento necesita 16,80 Lps, A la población no le llega agua potable a sus casas, debido a que la PTAP se diseñó para que la población fuera directamente a buscarla al sitio donde se encuentra ubicada.

En el Laboratorio de Salud Pública del departamento del Cesar, se caracterizaron parámetros fisicoquímicos (color aparente, turbiedad, pH, calcio, alcalinidad total, dureza total, hierro total, magnesio, cloro residual libre) y microbiológicos (aerobios mesofilos, coliformes totales y termotolerantes E.coli) en puntos de muestreo correspondientes al agua cruda y tratada tanto en épocas de verano como de invierno. Los resultados arrojaron cumplimiento en el agua tratada en épocas de verano pero un incumplimiento en el agua cruda (agua que llega y es consumida en los hogares) estando por fuera de los límites permisibles los parámetros cloro residual libre y todos los correspondientes a las propiedades microbiológicas. En periodo de lluvias el agua tratada cumple con la normatividad ambiental vigente aplicable desde el punto de vista fisicoquímico pero microbiológicamente únicamente cumple con termotolerantes E. coli y los resultados del punto de muestreo correspondiente al agua cruda para este periodo, incumple con los

parámetros turbiedad, color aparente, cloro residual libre y con la totalidad de los microbiológicos.

Bajo las caracterizaciones del agua cruda, los cálculos de la dotación y demanda se diseñó una nueva planta de Tratamiento de Agua potable para dar soluciones a la problemática de calidad y abastecimiento. La PTAP diseñada fue de tipo convencional, se diseñaron varios tipos de procesos mezcla lenta y mezcla rápida. En la mezcla rápida se tuvo en cuenta la canaleta Parshall y el vertedero con perfil Creaguer, en la mezcla lenta el Floculador tipo Cox y de flujo horizontal; siendo hidráulicamente viable la segunda y primera opción, respectivamente. Las otras unidades que conforman la propuesta del diseño de la PTAP, son el sedimentador de Alta tasa con placas planas y el filtro de Tasa declinante con lechos dobles, autolavables.

7. RECOMENDACIONES.

- Unir el desarenador existente del corregimiento de Guatapurí con el de Atánquez sirviendo como un solo sistema, para continuar con el tratamiento en uno de ellos mientras se realizan labores de mantenimiento y lavado en el otro, lo que conlleva al diseño de una nueva aducción que pueda transportar el caudal requerido por las dos comunidades.
- Caracterizar otros parámetros como manganeso, cloruros, sulfatos, nitratos, nitrógeno y fósforo, bajo periodos secos y lluviosos, como lo estipula la Resolución 0330 del 2017 en su artículo 107.
- Tomar datos in situ correspondientes a pH, temperatura, conductividad, tal como lo indica la Resolución 0330 del 2017 en su artículo 107.
- Realizar por parte de la Secretaría de Salud Municipal un control y vigilancia a la calidad del agua mensual, teniendo en cuenta el cuadro No. 11 del artículo 21 de la Resolución 2115 del 2007. Además, caracterizar las propiedades físicas y químicas.
- Establecer un manejo adecuado de los lodos generados en cada uno de los procesos unitarios. Previamente a su descarga o uso, deben ser caracterizados y tratados bajo los pasos e indicaciones de los artículos 123, 124, 125 y 126 de la Resolución 0330 del 2017 y teniendo en cuenta la ficha técnica C.ML.1 del RAS 2013 Título C.

8. BIBLIOGRAFÍA

Arboleda, J. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. Santa Fe de Bogotá: Nomos S.A.

CEPIS. (2004). *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*.

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Conducciones*. Obtenido de <https://docplayer.es/28656693-Manual-de-agua-potable-alcantarillado-y-saneamiento-conducciones.html>

Decreto 1575 del 2007. (s.f.). *Emanada por el Ministerio de la Protección Social*.

EMDUPAR S.A E.S.P. (2007). *OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO DE ATANQUEZ*. Valleduvar.

Hurtado, G. (2016). *Evaluación de los procesos de operación de la planta de tratamiento para potabilización de agua Villasantana ubicada en la ciudad de Pereira, Risaralda*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/52540/1/42154752.2016.pdf>

OMS. (2018). *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/es/

Oñate, E. E. (2018).

Panorama cultural. (22 de Agosto de 2012). *Panoramacultural.com.co*. Obtenido de https://panoramacultural.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=633:atanquez-la-ciudad-capital-del-resguardo-kankuamo&catid=7:turismo


RAS TÍTULO B. (2012). *Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico*.

RAS TITULO C. (2013). *Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*.

- Resolución 0330 del 2017. (s.f.). *Expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.*
- Resolución 2115 del 2007. (s.f.). *eExpedida Por Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.*
- Rincón. (2014). Esquema para el dimensionamiento de unidades de sedimentación de alta tasa de flujo ascendente. *Entre Ciencia e Ingeniería.*
- Romero, J. (2006). *Purificación del Agua.* Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, J. (2009). *Calidad del agua.* Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua. Evaluación y Diagnóstico.* Medellín: Ediciones de la U.
- Tejedor, D. (03 de Abril de 2018). *Caracterurbano.com.* Obtenido de <https://caracterurbano.com/ciencias/tipos-investigacion>
- Ven Te Chow. (2004). *Hidráulica de Canales Abiertos.* Santa Fe de Bogotá: Nomos S.A.

9. ANEXOS

ANEXO 1. Caracterización microbiológica del efluente del Sistema de Tratamiento de Agua para consumo del corregimiento de Atánquez, Cesar, en el año 2017.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	REGISTRO DE REPORTE DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO		Código: GC-FPM- 122
	PROCESO:	INSPECCION, VIGILANCIA Y CONTROL	
	PROCEDIMIENTO:	VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA	
			Versión: 1 Fecha: 11/10/2010 Página:

MUESTRA No: 2017-0254 **TOMADA POR:** Aldemar Rondón

TIPO DE AGUA: AGUA TRATADA: X NO TRATADA:

FUENTE: RIO

FECHA Y HORA DE LA TOMA: 2017-03-06 07:45 horas

FECHA Y HORA DE RECIBO: 2017-03-06 14:50 horas

DIRECCIÓN Y LUGAR DE RECOLECCIÓN: Planta potabilizadora

PROCEDENCIA:

Cesar
DEPARTAMENTO

Valledupar
MUNICIPIO

Atánquez
CORREGIMIENTO

PUNTO DE EXTRACCIÓN

POZO

TANQUE X

RÍO

PLANTA

GRIFO

OTROS

RECUENTO DE AEROBIOS MESOFILOS/100 mL MUESTRA: 28,1

RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES/100 mL MUESTRA: Menor de 1

RECUENTO DE COLIFORMES FECALES/100 ML MUESTRA: Menor de 1

OBSERVACIONES:

Apta para consumo humano desde el punto de vista microbiológico, según Resolución 2115 de 2007.

FECHA DE INFORME: 2017-03-10


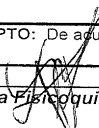
INGRID PÉREZ GARANTIVA
 Registro profesional 1347
 Profesional universitario LSP

LABORATORIO SALUD PÚBLICA
 Transversal 18 # 19-65
 Teléfono 5710820
 laboratorio@cesar.gov.col
 Valledupar - Cesar


ANEXO 3. Recolección de muestras representativas en los puntos de muestreo designados.



ANEXO 4. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 1 Efluente del Sistema de tratamiento de Agua potable del corregimiento de Atánquez, en épocas de verano durante el 2019.

 GOBERNACION DEL CESAR	INFORME DE RESULTADO DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE LABORATORIO SALUD PUBLICA		Código: LSPC-IDR-EDI-FOR-FQAG-001 Versión: 03 Fecha: 2018-06-18		
			Página: Ver pie de Pagina		
TIPO DE ANALISIS					
VIGILANCIA Y CONTROL	X	DIAGNOSTICO		MUESTRA PARTICULAR	
CONTROL DE CALIDAD		DERECHO DE PETICIO		EVENTO DE INTERES PUBLICO	
INFORMACION DE LA MUESTRA					
CODIGO DE LA MUESTRA: 2019-0239			FECHA Y HORA DE MUESTREO: 2019-04-10 HORA: 13:30		
PROPIETARIO: ATANQUE			FECHA Y HORA DE RECEPCION: 2019-04-10 HORA: 15:25		
ANALISIS SOLICITADO: FISICOQUIMICO			MUESTRA TOMADO POR: CAMILA MAESTRE		
TIPO DE MUESTRA: AGUA TRATADA			DESINFECTANTE: HIPOCLORITO D COAGULANTE: PAC		
DATOS in situ	pH:	S	Cloro libre residual (mg/L):	S	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 15/04/2019
INFORMACION DEL PUNTO DE TOMA					
DEPARTAMENTO		MUNICIPIO		UBICACIÓN	DIRECCION
CESAR		VALLEDUPAR		B. EL CENTRO	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA .ATANQUE
PUNTO CONCERTADO		CODIGO DEL PUNTO		FUENTE	DESCRIPCION
SI: S NO:		O239		RIO CANDELA	s
INFORMACION DEL LABORATORIO					
NOMBRE DEL LABORATORIO			DIRECCION		TELEFONO
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA			TRANSVERSAL 18 N° 19-65 B. LAS DELICIA		5801012
DATOS DEL SOLICITANTE					
SOLICITANTE		NIT O CC		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
SECRETARIA DE SALUD DEPARTAMENTAL		89299999-1		CESAR	VALLEDUPAR
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FISICOS					
PARAMETRO	UNIDADES	METODO	VALOR ADMISIBLE Resolución 2115/07	RESULTADO	FECHA DE ANALISIS
COLOR APARENTE	UPC	S.M.2120C EDICION 22, 2014	≤ 15	0	10/04/2019
TURBIEDAD	UNT	S.M.2130B EDICION 22, 2014	≤ 2	0,18	10/04/2019
SOLIDOS TOTALES	mg/L	S.M.2122C EDICION 22, 2014	500	S	.....
CONDUCTIVIDAD	µmhos/cm	S.M.2510C EDICION 22, 2014	≤ 1000	S	.....
CRITERIOS QUIMICOS					
pH	Unidades de pH	S.M.4500H+B EDICION 22, 2014	6,5-9,0	7,76	10/04/2019
ALUMINIO	mg /L	Kit HACH 8012	≤ 0,2	S	.....
NITRITOS	mg /L	Kit HACH 8507	≤ 0,1	S	.....
NITRATOS	mg /L	Kit HACH 8039 HR	≤ 10	S	.....
CALCIO	mg /L	Determinación estequiometria	≤ 60	9	11/04/2019
ALCALINIDAD TOTAL	mg /L	S.M.2320B EDICION 22, 2014	≤ 200	45	11/04/2019
CLORUROS	mg /L	S.M.4500Cl-B EDICION 22, 2014	≤ 250	S	.....
DUREZA TOTAL	mg /L	S.M.2340B EDICION 22, 2014	≤ 300	24	11/04/2019
HIERRO TOTAL	mg /L	Kit HACH 8008	≤ 0,3	0	11/04/2019
MAGNESIO	mg /L	Determinación estequiometria	≤ 36	0	11/04/2019
SULFATOS	mg /L	Kit HACH 8051	≤ 250	S	.....
FLUORUROS	mg /L	S.M.2122C EDICION 22, 2013	≤ 1,0	S	.....
FOSFATOS	mg 3/L	Kit HACH 8048	≤ 0,5	S	.....
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg /L	Kit HACH 8021	0,3-2,0	2	10/04/2019
Convenciones: (ND): no detectable; (S): Sin dato; (M.I.): Muestra Insuficiente (A): aceptable; (NA): No Aceptable Nota: S					
OBSERVACIONES: NO APLICA					
CONCEPTO: De acuerdo al resultado de los parametros analizados, esta muestra cumple con la norma					
Analista  Fisicoquimico			Validación del informe		
El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la autorización del laboratorio fisico-mecánico FIN DEL INFORME					

ANEXO 5. Caracterización microbiológica correspondiente al punto de muestreo No. 1 Efluente del Sistema de tratamiento de Agua potable del corregimiento de Atánquez, en épocas de verano durante el 2019.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	Código LSPC-IDR-EDI-FOR-MBAG-001
	LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA	Versión: 02 Fecha: 2017-10-31 Página: 1 de 1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

MUESTRA N°: 2019-0239 **TOMADA POR:** Camila Andrea Maestre
TIPO DE AGUA: AGUA TRATADA: X NO TRATADA:
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: Río Candela y Guatapurí
FECHA Y HORA DE LA TOMA : 2019-04-10 13:30 Horas
FECHA Y HORA DE RECIBO : 2019-04-10 15:20 Horas

DIRECCIÓN Y LUGAR DE RECOLECCIÓN: Planta de tratamiento, barrio El Centro

PROCEDENCIA

Cesar Valledupar Atánquez
DEPARTAMENTO MUNICIPIO CORREGIMIENTO

PUNTO DE EXTRACCIÓN

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	F.E.E	RESULTADO	**ESPECIFICACIONES	MÉTODO
RECuento DE AEROBIOS MESOFILOS/100 mL MUESTRA:	2019-04-10	52.0	< de 100 microorganismo en 100 cm ³	SimPlate® para HPC Quanti-Tray®/2000 NMP
RECuento DE COLIFORMES TOTALES/100 mL MUESTRA:	2019-04-10	MENOR DE 1	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	ColiIert Quanti-Tray®/2000 NMP
RECuento DE TERMOTOLERANTES <i>E. coli</i> /100 mL DE MUESTRA:	2019-04-10	MENOR DE 1	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	ColiIert Quanti-Tray®/2000 NMP

DETERMINACION DE *Vibrio cholerae* 01:

**Según Norma: Resolución 2115 de 2007.
 F.E.E: Fecha de ejecución del ensayo

CONCLUSIÓN:

La muestra de agua recibida y analizada en el laboratorio, **CUMPLE** con las características microbiológicas, según la normatividad aplicada


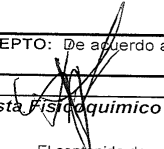
Fecha de Informe: 2019-04-15


 Analista L.S.P

Validado por par técnico
 Microbióloga LSP

Este informe no puede ser reproducido total ni parcialmente sin autorización del LSP Cesar
FIN DEL INFORME

ANEXO 6. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 2 Grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en épocas de verano durante el 2019.


 GOBERNACION DEL CESAR	INFORME DE RESULTADO DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE		Código: LSPC-IDR-EDI-FOR-FQAG-001		
			Versión: 03		
	LABORATORIO SALUD PUBLICA		Fecha: 2018-06-18		
			Página: Ver pie de Pagina		
TIPO DE ANALISIS					
VIGILANCIA Y CONTROL	X	DIAGNOSTICO	MUESTRA PARTICULAR		
CONTROL DE CALIDAD		DERECHO DE PETICION	EVENTO DE INTERES PUBLICO		
INFORMACION DE LA MUESTRA					
CODIGO DE LA MUESTRA: 2019-0240		FECHA Y HORA DE MUESTREO: 2019-04-10 HORA: 13:49			
PROPIETARIO: ATANQUE		FECHA Y HORA DE RECEPCION: 2019-04-10 HORA: 15:20			
ANALISIS SOLICITADO: FISICOQUIMICO		MUESTRA TOMADO POR: CAMILA MAESTRE			
TIPO DE MUESTRA: AGUA TRATADA		DESINFECTANTE: HIPOCLORITO D COAGULANTE: PAC			
DATOS in situ	pH: S	Cloro libre residual (mg/L): S	FECHA DE EMISION DEL INFORME: 15/04/2019		
INFORMACION DEL PUNTO DE TOMA					
DEPARTAMENTO		MUNICIPIO	UBICACION	DIRECCION	
CESAR		VALLEDUPAR	B. CASA BETTY	BARRIO SAN ISIDRO. ATANQUEZ	
PUNTO CONCERTADO		CODIGO DEL PUNTO	FUENTE	DESCRIPCION	
SI: S NO:		S	RIO CANDELA	S	
INFORMACION DEL LABORATORIO					
NOMBRE DEL LABORATORIO			DIRECCION	TELEFONO	
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA			RANSVERSAL 18 N° 19-65 B. LAS DELICIA	5801012	
DATOS DEL SOLICITANTE					
SOLICITANTE		NIT O CC	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	
SECRETARIA DE SALUD DEPARTAMENTAL		89299999-1	CESAR	VALLEDUPAR	
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FISICOS					
PARAMETRO	UNIDADES	METODO	VALOR ADMISIBLE Resolución 2115/07	RESULTADO	FECHA DE ANALISIS
COLOR APARENTE	UPC	S.M 2120C EDICION 22, 2014	≤ 15	10	10/04/2019
TURBIEDAD	UNT	S.M 2130B EDICION 22, 2014	≤ 2	0,8	10/04/2019
SOLIDOS TOTALES	mg/L	S.M2122C EDICION 22, 2014	500	S
CONDUCTIVIDAD	µmhos/cm	S.M 2510C EDICION 22, 2014	≤ 1000	S
CRITERIOS QUIMICOS					
pH	Unidades de pH	S.M4500H+B EDICION 22, 2014	6,5-9,0	7,73	10/04/2019
ALUMINIO	mg /L	Kit HACH 8012	≤ 0,2	S
NITRITOS	mg /L	Kit HACH 8507	≤ 0,1	S
NITRATOS	mg /L	Kit HACH 8039 HR	≤ 10	S
CALCIO	mg /L	Determinación estequiometría	≤ 60	4	11/04/2019
ALCALINIDAD TOTAL	mg /L	S.M 2320B EDICION 22, 2014	≤ 200	25	11/04/2019
CLORUROS	mg /L	S.M 4500C+B EDICION 22, 2014	≤ 250	S
DUREZA TOTAL	mg /L	S.M 2340B EDICION 22, 2014	≤ 300	20	11/04/2019
HIERRO TOTAL	mg /L	Kit HACH 8008	≤ 0,3	0,1	11/04/2019
MAGNESIO	mg /L	Determinación estequiometría	≤ 36	2	11/04/2019
SULFATOS	mg /L	Kit HACH 8051	≤ 250	S
FLUORUROS	mg /L	S.M2122C EDICION 22, 2013	≤ 1,0	S
FOSFATOS	mg 3/L	Kit HACH 8048	≤ 0,5	S
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg /L	Kit HACH 8021	0,3-2,0	0	10/04/2019
Conversiones: (ND): no detectable; (S): Sin dato; (M.I.): Muestra Insuficiente (A): aceptable; (NA): No Aceptable Nota: S					
OBSERVACIONES: NO APLICA					
CONCEPTO: De acuerdo al resultado de los parametros analizados, esta muestra no cumple con la norma					
Analista Fisicoquimico 		Validación del informe			
El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la autorización del laboratorio físico-mecánico FIN DEL INFORME					

ANEXO 8. Puntajes de riesgo asignados a parámetros físicos, químicos y microbiológicos.


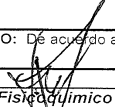
Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
Ph	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente. Resolución 2115 del 2007

ANEXO 9. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 1 Efluente del Sistema de tratamiento de Agua potable del corregimiento de Atánquez, en épocas de invierno durante el 2019.

 GOBERNACION DEL CESAR	INFORME DE RESULTADO DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE		Código: LSPC-IDR-EDI-FOR-FQAG-001 Versión: 03 Fecha: 2018-06-18		
	LABORATORIO SALUD PUBLICA		Página: Ver pie de Pagina		
	TIPO DE ANALISIS				
VIGILANCIA Y CONTROL	DIAGNOSTICO	MUESTRA PARTICULAR		X	
CONTROL DE CALIDAD	DERECHO DE PETICION	EVENTO DE INTERES PUBLICO			
INFORMACION DE LA MUESTRA					
CODIGO DE LA MUESTRA: 2019-0322		FECHA Y HORA DE MUESTREO: 2019-05-25 HORA: 10:05			
PROPIETARIO: S		FECHA Y HORA DE RECEPCION: 2019-05-27 HORA: 09:45			
ANALISIS SOLICITADO: FISICOQUIMICO		MUESTRA TOMADO POR: CAMILA ANDREA MAESTRE			
TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA		DESINFECTANTE: S		COAGULANTE: S	
DATOS in situ	pH: S	Cloro libre residual (mg/L): S	FECHA DE EMISION DEL INFORME: 31/05/2019		
INFORMACION DEL PUNTO DE TOMA					
DEPARTAMENTO CESAR	MUNICIPIO VALLEDUPAR	UBICACION ATANQUEZ	DIRECCION Planta de tratamiento barrio el centro		
PUNTO CONCERTADO		CODIGO DEL PUNTO S	FUENTE RIO	DESCRIPCION S	
SI:	NO: X				
INFORMACION DEL LABORATORIO					
NOMBRE DEL LABORATORIO LABORATORIO DE SALUD PUBLICA		DIRECCION TRANSVERSAL 18 N° 19-65 B. LAS DELICIAS	TELEFONO 5801012		
DATOS DEL SOLICITANTE					
SOLICITANTE		NIT O CC	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FISICOS					
PARAMETRO	UNIDADES	METODO	VALOR ADMISIBLE Resolución 2115/07	RESULTADO	FECHA DE ANALISIS
COLOR APARENTE	UPC	S.M 2120C EDICION 22, 2014	≤ 15	0	27/05/2019
TURBIEDAD	UNT	S.M 2130B EDICION 22, 2014	≤ 2	0,28	27/05/2019
SOLIDOS TOTALES	mg/L	S.M 2122C EDICION 22, 2014	500	S	.....
CONDUCTIVIDAD	µmhos/cm	S.M 2510C EDICION 22, 2014	≤ 1000	S	.....
CRITERIOS QUIMICOS					
pH	Unidades de pH	S.M 4500H+B EDICION 22, 2014	6,5-9,0	7,18	27/05/2019
ALUMINIO	mg /L	Kit HACH 8012	≤ 0,2	S	.....
NITRITOS	mg /L	Kit HACH 8507	≤ 0,1	S	.....
NITRATOS	mg /L	Kit HACH 8039 HR	≤ 10	S	.....
CALCIO	mg /L	Determinación estequiometria	≤ 60	6	30/11/2018
ALCALINIDAD TOTAL	mg /L	S.M 2320B EDICION 22, 2014	≤ 200	24	30/11/2018
CLORUROS	mg /L	S.M 4500C-B EDICION 22, 2014	≤ 250	S	.....
DUREZA TOTAL	mg /L	S.M 2340B EDICION 22, 2014	≤ 300	24	30/11/2018
HIERRO TOTAL	mg /L	Kit HACH 8008	≤ 0,3	S	.....
MAGNESIO	mg /L	Determinación estequiometria	≤ 36	2	30/11/2018
SULFATOS	mg /L	Kit HACH 8051	≤ 250	S	.....
FLUORUROS	mg /L	S.M 2122C EDICION 22, 2013	≤ 1,0	S	.....
FOSFATOS	mg 3/L	Kit HACH 8048	≤ 0,5	S	.....
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg /L	Kit HACH 8021	0,3-2,0	1,23	27/05/2019
Convenciones: (ND): no detectable; (S): Sin dato; (M.I.): Muestra insuficiente (A): aceptable; (NA): No Aceptable Nota: S					
OBSERVACIONES: N/A					
CONCEPTO: De acuerdo al resultado de los parametros analizados, esta muestra cumple con la norma					
Analista Fisicoquimico			Validación del informe		
El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la autorización del laboratorio fisico-mecánico					
FIN DEL INFORME					

ANEXO 10. Caracterización fisicoquímica correspondiente al punto de muestreo No. 2 Grifo de una casa, cuyo efluente es el agua proveniente de los ríos Guatapurí y Candela (agua cruda), en épocas de invierno durante el 2019.

 GOBERNACION DEL CESAR	INFORME DE RESULTADO DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE		Código: LSPC-IDR-EDI-FOR-FQAG-001 Versión: 03 Fecha: 2018-06-18 Página: Ver pie de Pagina		
	LABORATORIO SALUD PUBLICA				
TIPO DE ANALISIS					
VIGILANCIA Y CONTROL	DIAGNOSTICO	MUESTRA PARTICULAR		X	
CONTROL DE CALIDAD	DERECHO DE PETICION	EVENTO DE INTERES PUBLICO			
INFORMACION DE LA MUESTRA					
CODIGO DE LA MUESTRA: 2019-0321		FECHA Y HORA DE MUESTREO: 2019-05-25 HORA: 10:05			
PROPIETARIO: S		FECHA Y HORA DE RECEPCION: 2019-05-27 HORA: 09:45			
ANALISIS SOLICITADO: FISICOQUIMICO		MUESTRA TOMADO POR: CAMILA ANDREA MAESTRE			
TIPO DE MUESTRA: AGUA CRUDA		DESINFECTANTE: S		COAGULANTE: S	
DATOS in situ	pH: S	Cloro libre residual (mg/L): S	FECHA DE EMISION DEL INFORME: 31/05/2019		
INFORMACION DEL PUNTO DE TOMA					
DEPARTAMENTO		MUNICIPIO	UBICACION	DIRECCION	
CESAR		VALLEDUPAR	ATANQUEZ	S	
PUNTO CONCERTADO		CODIGO DEL PUNTO	FUENTE	DESCRIPCION	
SI: NO: X		S	RIO	S	
INFORMACION DEL LABORATORIO					
NOMBRE DEL LABORATORIO		DIRECCION		TELEFONO	
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA		TRANSVERSAL 18 N° 19-65 B. LAS DELICIA		5801012	
DATOS DEL SOLICITANTE					
SOLICITANTE		NIT O CC	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	
CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FISICOS					
PARAMETRO	UNIDADES	METODO	VALOR ADMISIBLE Resolución 2115/07	RESULTADO	FECHA DE ANALISIS
COLOR APARENTE	UPC	S.M 2120C EDICION 22, 2014	≤ 15	32	27/05/2019
TURBIEDAD	UNT	S.M 2130B EDICION 22, 2014	≤ 2	21,6	27/05/2019
SOLIDOS TOTALES	mg/L	S.M2122C EDICION 22, 2014	500	S	.....
CONDUCTIVIDAD	µmhos/cm	S.M 2510C EDICION 22, 2014	≤ 1000	S	.....
CRITERIOS QUIMICOS					
pH	Unidades de pH	S.M4500H+B EDICION 22, 2014	6,5-9,0	7,9	27/05/2019
ALUMINIO	mg /L	Kit HACH 8012	≤ 0,2	S	.....
NITRITOS	mg /L	Kit HACH 8507	≤ 0,1	S	.....
NITRATOS	mg /L	Kit HACH 8039 HR	≤ 10	S	.....
CALCIO	mg /L	Determinación estequiometria	≤ 60	7	30/11/2018
ALCALINIDAD TOTAL	mg /L	S.M 2320B EDICION 22, 2014	≤ 200	14	30/11/2018
CLORUROS	mg /L	S.M 4500C-B EDICION 22, 2014	≤ 250	S	.....
DUREZA TOTAL	mg /L	S.M 2340B EDICION 22, 2014	≤ 300	33	30/11/2018
HIERRO TOTAL	mg /L	Kit HACH 8008	≤ 0,3	S	.....
MAGNESIO	mg /L	Determinación estequiometria	≤ 36	4	30/11/2018
SULFATOS	mg /L	Kit HACH 8051	≤ 250	S	.....
FLUORUROS	mg /L	S.M2122C EDICION 22, 2013	≤ 1,0	S	.....
FOSFATOS	mg 3/L	Kit HACH 8048	≤ 0,5	S	.....
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg /L	Kit HACH 8021	0,3-2,0	0	27/05/2019
Convenciones: (ND): no detectable; (S): Sin dato; (M.I.): Muestra Insuficiente; (A): aceptable; (NA): No Aceptable Nota: S					
OBSERVACIONES: El color, la turbiedad y el cloro residual estan por fuera de la norma					
CONCEPTO: De acuerdo al resultado de los parametros analizados, esta muestra no cumple con la norma					
 Analista Fisicoquimico		Validación del informe			
El contenido de este reporte no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la autorización del laboratorio físico-mecánico FIN DEL INFORME					

ANEXO 12. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 -80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 – 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano.

Fuente. Resolución 2115 del 2007.

ANEXO 13. Determinación del del ancho W de la Canaleta Parshall en función del caudal y sus dimensiones típicas.

Ancho W	Límites de caudal (l/s)	
	Q Mínimo	Q Máximo
1"	0.28	5.67
2"	0.57	14.15
3"	0.85	28.31
6"	1.42	110.44
9"	2.58	252.00
12"	3.11	455.90
18"	4.24	696.50
24"	11.90	937.30
36"	17.27	1427.20
48"	36.81	1922.70
60"	45.31	2424.00
72"	73.62	2931.00

Fuente.

W	(Cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1"	2.5	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	61.0	45.7	7.6	22.9
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.2	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Fuente. (CEPIS, 2004)

Ancho de la garganta del Parshall (w)		K	m
Pulgadas	metros		
3"	0,075	3,704	0,646
6"	0,150	1,842	0,636
9"	0,229	1,486	0,633
1'	0,305	1,276	0,657
1 1/2'	0,460	0,966	0,654
2'	0,610	0,795	0,645
3'	0,915	0,608	0,639
4'	1,220	0,505	0,634
5'	1,525	0,436	0,63
6'	1,830	0,389	0,627
8'	2,440	0,324	0,623

Fuente: (CEPIS, 2004)