

DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA
PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE SIMITI, SUR DE
BOLÍVAR

JHONATAN OLMOS NAVARRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2021

DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA
PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE SIMITI, SUR DE
BOLÍVAR

JHONATAN OLMOS NAVARRO

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Químico

Director:

CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA

Magister en Ingeniería Química

Codirectora:

DIANA MARCELA IBARRA MOJICA

Ingeniera Química

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2021

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico primeramente a Dios, quien día a día me permitió luchar y persistir por mis sueños sin desfallecer de ellos por más dura que sean las circunstancias. Al igual que a mis padres quienes con mucho amor y dedicación inculcaron uno a uno valores en mi personalidad y futuro profesional, también gracias a ellos por brindarme la oportunidad de estudiar en una universidad de educación superior tan prestigiosa como lo es la Universidad Industrial de Santander (**UIS**). A cada uno de los integrantes de mi familia que en algún momento aportaron su conocimiento y opinión para mi crecimiento humano y profesional. A cada uno de los profesores que aportaron su conocimiento para fortalecer todas las competencias ingenieriles, y especialmente mi director de grado, el profesor **Crisóstomo barajas Ferreira** por guiarme y colaborar en el desarrollo del trabajo. A mi tutor **Raúl de la Hoz Mendoza**, quien siempre tuvo la disposición de brindarme su conocimiento en el campo laboral para de esta forma fortalecer mi trabajo de grado en todas las competencias.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	12
1.1 MISIÓN.....	12
1.2 VISIÓN	13
1.3 ORGANIGRAMA	14
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS OPERACIONES UNITARIAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN	15
2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE	16
2.3 ENSAYO O PRUEBA DE JARRAS.....	19
2.4 NORMATIVIDAD.....	22
2.5 INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE SIMITÍ	23
3. OBJETIVOS	24
3.1. OBJETIVO GENERAL	24
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. METODOLOGÍA	25
5. ANÁLISIS DE RESULTAD	28
5.1 DIAGNÓSTICO DE LA OPERACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA.....	28
5.2 ENSAYO DE JARRAS	29
5.3 INSPECCIÓN Y PRUEBA DEL EQUIPO DE FILTRACIÓN.....	32
5.4 LINEAMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA OPERACIÓN.....	35
6. CONCLUSIONES	38
6. RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFPIA	40

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. PTAP y Logotipo de la empresa.	12
Figura 2. Organigrama empresa COOAGUASIM.	14
Figura 3. Diagrama de flujo de la PTAP de COOAGUASIM.....	17
Figura 4. Diagrama de equipos de la PTAP de COOAGUASIM.....	19
Figura 5. Ubicación Municipio de Simití.....	23
Figura 6. Equipo de jarras utilizado en la práctica.	26
Figura 7. Equipos de medición de turbidez y pH.....	27
Figura 8. Dosis óptima de sulfato de aluminio versus turbiedad inicial del agua cruda.....	31
Figura 9. Sistema de filtración con la tecnología de falsos fondos (viguetas).....	33
Figura 10. Sistema de filtración desmontado.....	34
Figura 11. Sistema de filtración de polietileno con la tecnología de falsos fondos (viguetas).....	35

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Muestras utilizadas en el Ensayo de Jarras.....	30
Tabla 2. Variación de la turbiedad obtenida en el ensayo de Jarras para tres muestras de agua cruda.	31

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Conceptos.....	41
Anexo B. Laboratorio Planta de Tratamientos	43
Anexo C. Desarenador	44
Anexo D. Bombas dosificadoras y floculadores.	45
Anexo E. Sedimentadores, sistema de filtración, desinfección y almacenamiento.	46
Anexo F. Visita en la planta de tratamientos de agua potable (PTAP)	47
Anexo G. Procedimiento seguido en la prueba de Jarras.	48
Anexo H. Resultados Pruebas de Jarras.....	50
Anexo I. Analisis fisicoquimico planta de tratamientos (PTAP)	53
Anexo J. Analisis fisicoquimico planta de tratamientos (PTAP).....	55

RESUMEN

TITULO: Diagnóstico integral de las condiciones de operación en la planta potabilizadora de agua en el municipio de Simiti, Sur de Bolívar*

AUTOR: Jhonatan Olmos Navarro**

PALABRAS CLAVES: planta, tratamiento, potabilización, dosificadores

DESCRIPCIÓN:

Las plantas de tratamiento de agua potable son estructuras capas de depurar y optimizar el agua para el consumo humano, liberando estas de sustancias y microorganismos que puedan afectar la vivencia de los seres humanos que de esta se abastecen. El objetivo de este proyecto de grado con modalidad de práctica empresarial, fue realizar un diagnóstico integral a la planta de tratamientos de agua potable (PTAP) ubicada en el Municipio de Simiti, Sur de Bolívar. Con este fin, la problemática se logra visualizar a través de la práctica en diversos campos del proceso de potabilización, donde se hace un énfasis en los procesos de dosificaciones químicas, sedimentación y filtración. Para empezar el diagnóstico, fue necesario realizar encuestas a la población que se beneficia de este recurso hídrico previamente potabilizado. Del mismo modo, se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos, toma de datos periódicos a los parámetros utilizados como objeto de estudio para realizar el diagnóstico de las condiciones en la planta de tratamiento, con estos resultados se logra concluir y dar recomendaciones en los procesos de dosificaciones químicas, sedimentadores y filtros.

* Trabajo de Grado

** Facultad Ingenierías Fisicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Director: Crisóstomo Barajas Ferreira Magister en Ingeniería Química Codirectora: Diana Marcela Ibarra Mojica Ingeniera Química

ABSTRACT

TITLE: Comprehensive diagnosis of the operating conditions in the water potabilization plant in the municipality of Simiti, South of Bolívar*

AUTHOR: Jhonatan Olmos Navarro**

KEY WORDS: plant, water, treatment, purification, dosing

DESCRIPTION:

Drinking water treatment plants are layered structures for purifying and optimizing water for human consumption, releasing these from substances and microorganisms that can affect the experience of the human beings who supply them. The objective of this degree project with a business practice modality was to carry out a comprehensive diagnosis of the drinking water treatment plant (PTAP) located in the municipality of Simiti, Sur de Bolívar. To this end, the problem can be visualized through the practice in various fields of the purification process, where an emphasis is placed on the chemical dosing, sedimentation and filtration processes. To begin the diagnosis, it was necessary to carry out surveys to the population that benefit from this previously potable water resource. Likewise, physic-chemical and microbiological analyses were carried out, periodic data were taken from the parameters taken as the object of study to carry out the diagnosis of conditions in the treatment plant, with these results it is possible to conclude and give recommendations in the chemical dosing processes, sedimentators and filters.

* Project of grade

** Facultad Ingenierías Físicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Director: Crisóstomo Barajas Ferreira Magister en Ingeniería Química Codirectora: Diana Marcela Ibarra Mojica Ingeniera Química

INTRODUCCIÓN

En 2009 se realizó en el Municipio de Simití-Bolívar un estudio de la población existente y la demanda de agua teniendo en cuenta la información recopilada de balances y censos. Con base en las normas RAS-2000 se calculó la proyección de la población y la demanda de agua requerida en la cabecera Municipal de Simití hasta el año 2034, definido como año horizonte del proyecto. La cabecera municipal de Simití en el departamento de Bolívar cuenta en la actualidad con un sistema de acueducto propio, y está siendo administrado desde su comienzo por el Municipio. Este sistema de acueducto se abastece actualmente de la quebrada “Inanea”, desde donde se bombea directamente hasta la planta potabilizadora. Esta infraestructura potabilizadora nació por medio de una problemática que presentaba la planta antigua, debido a falencias encontradas en las características del agua y en el tratamiento de la misma.

Actualmente la empresa cooperativa COOAGUASIM dedicada al área de potabilización, tiene como fin garantizar el correcto funcionamiento de la planta potabilizadora de agua, así como la correcta distribución a la comunidad. Para llevar a cabo este objetivo se requiere una serie de operaciones y equipos con una adecuada disponibilidad, lo cual hace referencia a un óptimo funcionamiento de la operación de potabilización y por ende el correcto funcionamiento de los equipos encargados de la misma. Esto lleva a que tales equipos se les deba realizar un mantenimiento y uso adecuado para cumplir con su objetivo.

Atendiendo una problemática que actualmente posee la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Simití-Bolívar, se puede evidenciar que esta cuenta con oportunidades de mejora en el proceso de dosificación química y en la fase de filtración. La aplicación de mejoras de estos procesos puede conducir a una optimización en la operación en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

Para la definición de posibles soluciones a esta problemática se realizó un diagnóstico, partiendo desde la captación hasta el almacenamiento del agua potabilizada. Posteriormente, un ensayo de Jarras fue realizado, con lo cual fue posible la definición de la dosificación óptima del coagulante. Asimismo, una inspección condujo a la identificación de mejoras en el sistema de filtración. Finalmente, el proyecto concluye con la formulación de lineamientos operacionales tendientes a la mejora del proceso de la PTAP COOAGUASIM

1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

La Administración Pública Cooperativa de Simití (COOAGUASIM) es una empresa encargada de los servicios públicos; como aseo, recolección y almacenamiento de residuos sólidos y potabilización de agua en el municipio de Simití Bolívar, fundada en el año 2015 por la gobernación de Bolívar y el municipio con el fin de brindar saneamiento a la población. La empresa cuenta con una planta de tratamiento de agua potable tipo convencional donde se ejecutan los procesos adecuados según el tipo de agua para su respectiva potabilización. El principal objetivo de COOAGUASIM es contribuir con el mejoramiento de la calidad del servicio de agua potable y aseo que garantice salud en materia de sanidad a la población del municipio. La siguiente figura presenta la fachada de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y el logo de la empresa.

Figura 1. PTAP y Logotipo de la empresa.



Fuente: COOAGUASIM.

1.1 MISIÓN

Somos una empresa prestadora de servicios públicos brindando calidad en los servicios de agua potable y saneamiento, contribuyendo con el bienestar de la población y el cuidado del entorno ecológico que nos rodea a través de la gestión

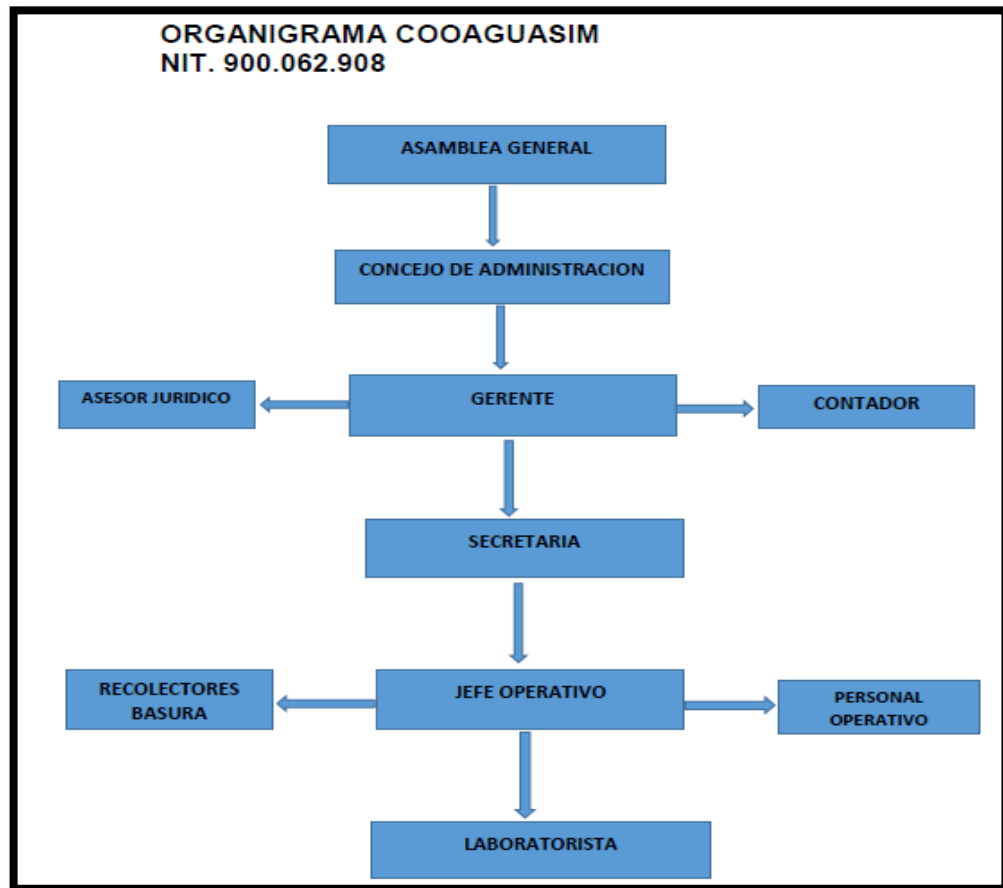
de recursos, el desarrollo integral de nuestro personal y la coordinación y ejecución de inversiones de proyectos enfocados en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del municipio; además, del sostenimiento y crecimiento de nuestra empresa.

1.2 VISIÓN

Para el año 2025 COOAGUASIM se proyecta a seguir liderando en cuanto a la gestión, coordinación y ejecución de proyectos destinados a los servicios de acueducto y saneamiento de calidad, buscando la mejora continua en sus servicios siendo un ejemplo para las instituciones y sociedad en general respecto al aprovechamiento de oportunidades para el beneficio común de la población.

1.3 ORGANIGRAMA

Figura 2. Organigrama empresa COOAGUASIM.



Fuente: COOAGUASIM.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS OPERACIONES UNITARIAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN.

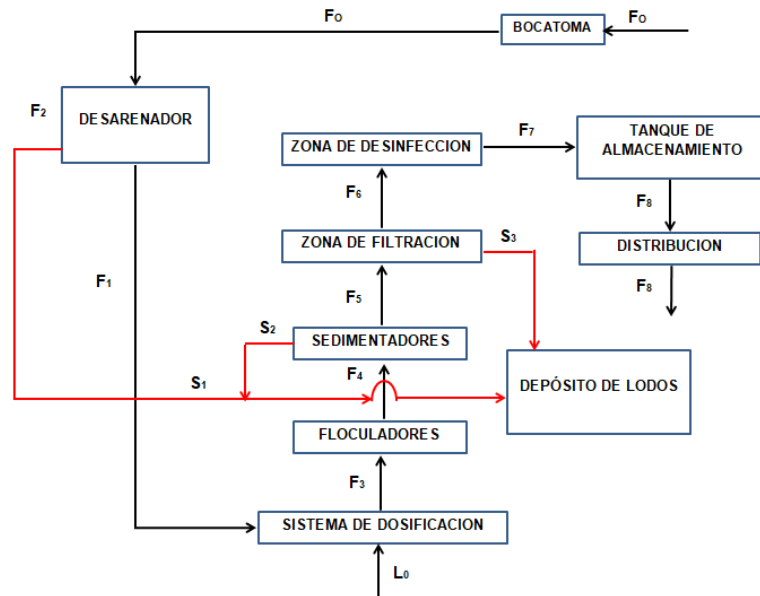
- Captación: para la fuente de abastecimiento del municipio de Simiti se dispone de la quebrada la Inanea, y constara de una captación con una barcaza flotante que alberga dos equipos de bombeo con capacidad de suministro de 40,67 lps cada equipo, que operan las 24 horas del día para satisfacer la demanda al horizonte del proyecto.
- Aducción: el caudal captado por la estación de bombeo ubicada en la barcaza flotante proyectada en la quebrada la Inanea, es conducido por medio de una tubería de diámetro 8" en PVC hasta el desarenador
- Desarenador: Es el único pre-tratamiento utilizado en la planta de tratamiento. Esta construido de hormigón de 3500 psi, el cual tiene una capacidad de carga de 42 L/s, con dimensiones de 9m x 3m. Contiene dos compartimientos en los cuales se encuentra una tolva con láminas planas inclinadas a 60°. Su función es separa la arena del agua cruda, la cual queda sedimentada en las placas o en el fondo del tanque, con el fin de evitar que ingresen al canal de aducción.
- Floculadores: La PTAP cuenta con dos (2) compartimientos de floculadores tipo Alabama de flujo ascendente, estos manejan un caudal de 41 L/s el cual se separa en dos. Estos se encuentran interconectados con curvas de 90° respectivamente. En este proceso se lleva a cabo la coagulación de las partículas suspendidas en el agua, generando el Floc.
- Sedimentadores: La planta de tratamientos cuenta con dos (2) sedimentadores con fondo cónico de flujo ascendente tipo colmena, con una inclinación de 60°. En este equipo quedan atrapadas las partículas generadas en los floculadores por medio de unas membranas en forma de colmena.

- Filtros: La planta cuenta con cuatro (4) filtros de flujo ascendente, estos se componen de 90 cm de arena, 10 cm de gravilla y 10 cm de graba.
- Desinfección: Este proceso físico-químico utiliza el hipoclorito de calcio que viene en presentación comercial de un 70% de concentración y en el laboratorio se disminuye la concentración a un 10% [].

2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE

El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud. Por eso, antes de que el agua llegue a las casas, es necesaria que sea tratada en una planta potabilizadora (PTAP). En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano. Los sistemas de abastecimiento están compuestos de (MINVIVIENDA, 2017): sistemas de captación (en cuencas hidrográficas, ríos o quebradas), sistemas de distribución (túneles y tuberías), sistemas de almacenamiento (embalses) y producción (plantas de tratamiento).

Figura 3. Diagrama de flujo de la PTAP de COAGUASIM



Fuente: autoría propia

La captación de aguas superficiales se realiza con una estructura a nivel del terreno (bocatoma), mediante la cual se hace uso y aprovechamiento del agua de la fuente que corresponda, ya sea por gravedad (nivel del terreno) o por bombeo, para establecer un suministro del recurso a una determinada población (Lozano-Rivas & Lozano-Bravo, 2015). Las características y el tamaño de la infraestructura de captación van a depender de la cantidad o caudal de agua que necesite la comunidad. Por lo general, las aguas superficiales presentan cierto grado de contaminación, por lo que deben ser objeto de una serie de tratamientos que modifiquen sus características físicas, químicas y microbiológicas (Figura 3). Los tratamientos aplicados corresponden a desarenamiento, dosificación química de floculantes (en canaleta Parshall), floculación, sedimentación y filtración (Pradana-Pérez & colaboradores, 2018).

Por su parte, un tanque de almacenamiento es una estructura con dos funciones: almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de una

población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución dando así un servicio eficiente y continuo. Su diseño y construcción son variados y van a depender de las condiciones del terreno, del material disponible en el área, de la mano de obra existente, entre otros. Pueden estar localizados antes o después de la planta de tratamiento (Lozano-Rivas & Lozano-Bravo, 2015).

Asimismo, la producción es aplicada con el objetivo de prevenir y eliminar la contaminación de organismos patógenos que se pueden encontrar en el agua. Con esto el agua es acondicionada para el consumo, evitando consecuencias perjudiciales en la salud de los pobladores (Pradana-Pérez & colaboradores, 2018).

Figura 4. Diagrama de equipos de la PTAP de COOAGUASIM.



Fuente: autoría propia

2.3 ENSAYO O PRUEBA DE JARRAS.

El ensayo o prueba de jarras es un ensayo que simula las condiciones en que se realizan los procesos de coagulación y de sedimentación en una planta de tratamiento de aguas. Con esto, la prueba de jarras se constituye en la principal herramienta de trabajo para la definición de los aspectos operativos de las plantas (Pradana-Pérez & colaboradores, 2018). Según los resultados de este ensayo se define la dosificación en miligramos por litro (mg/l), que dará una máxima calidad de agua con el mínimo consumo de coagulantes (SENA, 1999); la dosis de coagulante óptima es aquella que produce una rápida desestabilización de las partículas coloidales y que permite la formación de un floculo grande, compacto y

pesado, el cual sea fácilmente retenido en los decantadores (Fúquene & Yate, 2018).

La coagulación se logra añadiendo un producto químico apropiado para que las partículas se aglomeren cuando establezcan contacto entre sí. En esta fase, para obtener una dispersión uniforme del producto químico y aumentar las oportunidades de contacto entre las partículas, una mezcla rápida es muy importante (Fúquene & Yate, 2018). El proceso transcurre en un tiempo muy corto (probablemente, en menos de un segundo) e inicialmente conduce a la formación de partículas de tamaño microscópico o inferior.

La efectividad de la coagulación depende directamente del pH (Lozano-Rivas & Lozano-Bravo, 2015). Debido a ello, la medición de este parámetro antes y después de la floculación tiene importancia básica, por lo cual debe disponerse de un medidor de pH de preferencia potenciómetro. El pH es un indicador de la concentración de los iones hidrógeno en solución $\text{pH} = \log_{10} (\text{H}^+)$ y debería ser leído con una sensibilidad de 0,01 unidades en el medidor de pH con electrodos de vidrio y para referencia de Calomel, que dispone de un compensador de temperatura. Este medidor debe ser calibrado con una solución amortiguadora fresca, cuyo pH está en el rango de operación deseada (van Loosdrecht & colaboradores, 2019).

La cantidad de coagulante que se desea aplicar a cada jarra o vaso en la prueba de jarras, puede ser definida por medio de la ecuación (1). En esta ecuación m es el peso de coagulante a aplicar; D es la dosis de coagulante por mg/L; Q es el volumen de la Jarra en litros; q es el volumen de solución por aplicar en L; C es la concentración de solución en mg/L.

Con la cantidad de masa de coagulante se determina el volumen de solución de coagulante por aplicar a cada jarra para la determinación de un intervalo o rango

de dosificación; el volumen de solución debe ser depositado, por medio de una jeringa, a cada jarra o vaso.

$$m = D * Q = q * C \quad (1)$$

Se debe tener en cuenta que las unidades de agitación múltiple usadas en las pruebas de coagulación deben ser equipadas con las facilidades necesarias para la adición de coagulantes químicos en forma rápida y simultánea a cada vaso o jarra. Este equipo es importante que una sola persona realice la prueba, ya que es la causa de muchos resultados erróneos (van Loosdrecht & colaboradores, 2019).

En la práctica es posible presenciar que las diferencias que existen en el tiempo de adición de los reactivos químicos de las soluciones a los diferentes vasos pueden afectar significativamente los resultados, particularmente cuando se usan ayudantes de coagulación (van Loosdrecht & colaboradores, 2019; Pradana-Pérez & colaboradores, 2018). También puede alterar los resultados la velocidad de adición, que debe ser lo más rápida posible. En general, se recomienda aplicar la dosis de coagulante muy cerca del agitador, con el equipo operando con el gradiente de mezcla y aplicando exactamente lo que se debe efectuar en el mezclador de la planta.

La determinación de estos parámetros se hace 10 a 20 minutos después de suspendida la agitación (van Loosdrecht & colaboradores, 2019). Se extraen las paletas del agitador, se deja sedimentar el agua durante este tiempo y se succiona la muestra con una pipeta volumétrica de 100 mL. Adicionando a cada equipo la respectiva muestra para medir propiedades como pH, turbiedad y color.

2.4 NORMATIVIDAD

Las leyes o normas en las cuales está enmarcado el presente proyecto corresponden a:

- Artículo 366 de la Constitución Política. “El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Sera objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación”.
- Artículo 367 de la Constitución Política. “La Ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas”.
- Decreto 1541 de 1978. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973.
- Decreto 1575 de 2007. Del Ministerio de la Protección Social. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Decreto 4742 de 2005. Tasas por utilización de aguas. (Pérez, 2005)
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Ministerio de Desarrollo Económico.

2.5 INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE SIMITÍ

El municipio de Simití es un municipio del departamento de Bolívar, localizado a 7°, 57 minutos, 23 segundos latitud norte y a 73°, 56 minutos, 46 segundos latitud oeste; cuenta con una extensión de 1.238 km² y se ubica a una altitud de 45 metros sobre el nivel medio del mar; Simití limita al norte con el municipio de Morales (Bolívar), al occidente con Santa Rosa del Sur (Bolívar), al sur con San Pablo (Bolívar) y al oriente con el departamento de Santander siendo el Río Magdalena en el límite interdepartamental. La ubicación del municipio de Simití en el Departamento de Bolívar es ilustrada en la Figura 4. De otro lado, el municipio está integrado por 13 corregimientos: Cerro de Burgos, Campo Payares, San Blas, Monterrey, Garzal, San Luis, Ánimas Altas, El Diamante, El Paraíso, San Joaquín, Santa Lucía, Las Brisas y 84 veredas. El número de personas en el municipio es de aproximadamente 20 271 habitantes.

Figura 5. UBICACIÓN MUNICIPIO DE SIMITÍ.



Fuente: WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Simiti [en línea] disponible en:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Simit%C3%AD>

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar un diagnóstico integral a las condiciones de operación en la planta potabilizadora de agua del municipio de Simití-Bolívar, enfocado en la operación de filtración y dosificación química, definiendo alternativas de aumento de la eficiencia del proceso de potabilización.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar las principales necesidades que presentan las operaciones de filtración y dosificación química, en cuanto a las implementaciones técnicas y las reglamentaciones de cada una de las fases en la planta de potabilización.
- Verificar los procedimientos operacionales de la planta potabilizadora, considerando las normativas operacionales vigentes.
- Definir lineamientos operacionales en la planta potabilizadora, que conlleven a una mejora en la calidad del servicio público.

4. METODOLOGÍA

El proyecto fue desarrollado en tres etapas partiendo de los objetivos específicos.

Fase I. Diagnóstico de las principales necesidades que presentan las operaciones de filtración y dosificación química.

Actividad 1. Recopilación de información sobre los procedimientos y los ensayos muestrales diarios, semanales y mensuales.

Actividad 2. Ejecución del diagnóstico de las operaciones de la planta potabilizadora, según la información recopilada.

Fase II. Verificación de los procedimientos operacionales de la planta potabilizadora.

Actividad 3. Recolección de muestras de agua en el punto de captación para diferentes periodos de tiempo.

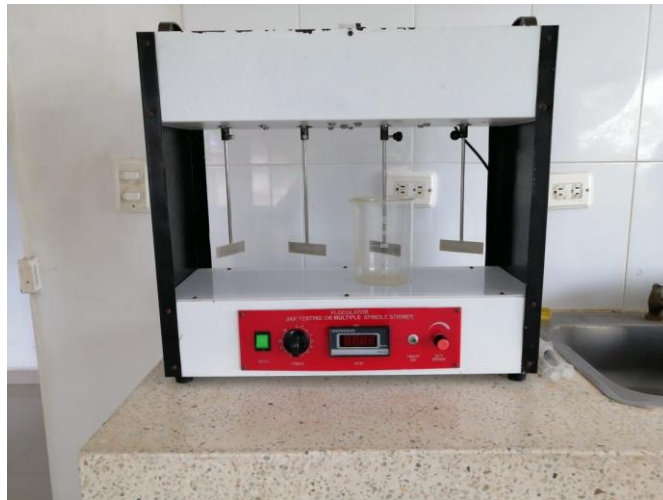
Actividad 4. Ejecución de ensayos de jarras a las aguas recolectadas en los diferentes tiempos. El equipo utilizado en la prueba de jarras es presentado en la Figura 5, mientras que la Figura 6 presenta el turbidímetro y el medidor de pH utilizados en la determinación de las respectivas propiedades. En la prueba de jarras se establecen diferentes dosis del coagulante (sulfato de aluminio tipo B) en cada jarra, permitiendo además realizar el ajuste en el pH de cada muestra hasta llegar a los valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados en la disminución de la turbiedad. El procedimiento seguido en el uso de este equipo puede ser consultado en el Anexo 6.

Actividad 5. Inspección y pruebas del sistema de filtración de la planta potabilizadora.

Fase III. Definición de lineamientos operacionales en la planta potabilizadora.

Actividad 6. Los resultados de las anteriores actividades fueron utilizados en la definición de lineamientos operacionales, tendientes a la mejora del proceso de la planta potabilizadora.

Figura 6. EQUIPO DE JARRAS UTILIZADO EN LA PRÁCTICA.



Fuente: COOAGUASIM.

Figura 7. Equipos de medición de turbidez y pH.



(a) Turbidímetro.



(b) Medidor de pH.

Fuente: COOAGUASIM.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 DIAGNÓSTICO DE LA OPERACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA

El diagnóstico realizado a la operación de la PTAP de COOAGUASIM durante los tres meses anteriores (septiembre, octubre y noviembre de 2020) reporta los siguientes aspectos,

- El flujo del agua procesada fue de 19.3 ± 2.4 L/s. El registro diario de agua procesada correspondió en promedio a 1.1 ± 0.1 millones m^3 .
- La turbiedad exhibida por el agua cruda correspondió a 370 ± 101 NTU, con un valor mínimo de 132 NTU y un valor máximo de 562 NTU. La fluctuación en la turbiedad durante este periodo puede ser explicada por las diferentes actividades agropecuarias realizadas en la región durante el tiempo de muestreo.
- El pH mostrado por el agua cruda correspondió a 9.3 ± 0.1 .
- El agua después del proceso de sedimentación presentó una turbiedad de 4.2 ± 2.0 NTU, con un valor mínimo de 1.7 y un valor máximo de 10, así como un pH de 7.2 ± 0.1 . La floculación fue realizada utilizando sulfato de aluminio tipo B, en presentación de bultos de 25 Kg.
- El agua después del proceso de filtración presentó una turbiedad de 0.3 ± 0.1 NTU, con un valor mínimo de 0.1 y un valor máximo de 0.4, así como un pH de 7.2 ± 0.1 . El valor del pH no fue afectado sensiblemente por este proceso.
- El agua potabilizada efluente de la PTAP presentó una turbiedad de 0.4 ± 0.1 NTU, con un valor mínimo de 0.2 y un valor máximo de 0.4, así como un pH de 7.6 ± 0.2 .

Según los anteriores aspectos, el agua potabilizada en la PTAP de COOAGUASIM cumple con la normatividad de turbiedad y pH establecidos por el Decreto 1575 de

2007, Resolución 2115 de 2007. El flujo de tratamiento presenta baja fluctuación, así como los parámetros turbiedad y pH del agua efluente de la PTAP; esto a pesar de la variación mostrada por la turbiedad y el pH del agua cruda.

Con el diagnóstico se visualizó que la contribución del presente proyecto debía dirigirse a la optimización de las cantidades de insumos químicos utilizados en el proceso. Entre los insumos químicos que utiliza la PTAP se encuentran: sulfato de aluminio (floculante), hipoclorito de calcio (desinfectante) y poliacrilamida catiónica. La poliacrilamida es utilizada cuando se presentan temperaturas ambientes elevadas, lo cual eleva la turbiedad en los sedimentadores. Uno de los insumos con mayor consumo correspondió al sulfato de aluminio, el floculante utilizado en el proceso de sedimentación. La optimización del consumo de este insumo fue realizado por medio de los resultados del ensayo o prueba de Jarras.

5.2 ENSAYO DE JARRAS

Partiendo de ensayos de jarra, es posible deducir la dosificación necesaria para una turbidez específica del afluente; esta depende de que tan turbia se encuentre el agua tomada del punto de captación que posteriormente será tratada. Analizando los resultados obtenidos en la prueba de jarra es posible evidenciar si el floculante utilizado está siendo eficiente para suplir la operación. En total, 10 muestras de agua cruda fueron tomadas en diferentes tiempos para la prueba de Jarras; las propiedades de estas muestras son presentadas en la Tabla 1. Según esta tabla y como fue evidenciado en el diagnóstico, la turbiedad del agua cruda fluctúa en el intervalo entre 121 y 562 NTU, con lo cual la dosis de coagulante debe ser ajustada constantemente, evitando el desperdicio de este insumo y conduciendo a un tratamiento adecuado para esta agua.

Tabla 1. Muestras utilizadas en el Ensayo de Jarras.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Turbidez (NTU)	562	477	321	293	240	167	154	161	140	121

Fuente: autoría propia

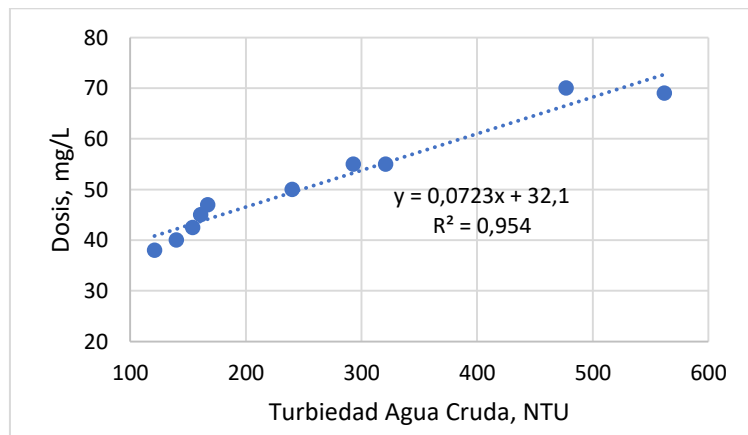
Por medio de la ecuación (1) fue posible el cálculo del volumen de solución de sulfato de aluminio por aplicar, el cual debe ser depositado en una jeringa para posteriormente ser aplicado a casa vaso con diferentes cantidades para la determinación de un intervalo o rango de dosificación. La Tabla 2 presenta la variación de la turbiedad final obtenida del ensayo de Jarras para diferentes cantidades de solución de coagulante, aplicadas en tres muestras de agua cruda (con turbiedad inicial de 154, 240 y 321 NTU); el anexo 7 presenta el detalle de los resultados del ensayo de turbidez. Según la Tabla 2, como se esperaba, a mayor turbiedad inicial de la muestra de agua cruda, mayor es la cantidad de coagulante requerido para la dosis óptima. A medida que se agrega coagulante, se obtiene una reducción significativa de la turbiedad del agua cruda, hasta que llega al punto mínimo, después del cual, una adición adicional de coagulante conduce a un incremento en la turbiedad final del ensayo. Por su parte, la Figura 7 presenta el gráfico de dosis óptima versus turbiedad inicial del agua cruda, según los resultados del ensayo de Jarras para las muestras de la Tabla 1.

Tabla 2. Variación de la turbiedad obtenida en el ensayo de Jarras para tres muestras de agua cruda.

AGUA CRUDA			
Dosis Sulfato Al (mg/L)	TURBIEDAD (UNT)		
	154	240	321
37,5	10		
40	4,2		
42,5	3,2		
45	3,5	3	
47,5		2,7	
50		2,5	5,5
52,5		2,8	5,2
55			3,4
57,5			4,1

Fuente: autoría propia

Figura 8. Dosis óptima de sulfato de aluminio versus turbiedad inicial del agua cruda.



Fuente: autoría propia

Según los resultados de la dosificación óptima (Figura 7), la cantidad de coagulante requerido depende de la turbiedad inicial según,

$$Dosis(mg/L) = 0.072 * NTU + 32.1 \quad (2)$$

Donde, *Dosis* corresponde a la concentración óptima (mg/L) de sulfato de aluminio y *NTU* corresponde a la turbiedad inicial del agua cruda.

5.3 INSPECCIÓN Y PRUEBA DEL EQUIPO DE FILTRACIÓN

La producción de agua clara y cristalina es prerequisite para el suministro de agua potable, por lo cual se requiere de la filtración. Aunque cerca del 90% de la turbiedad y la sedimentación son removidos por la coagulación y la sedimentación, una cierta cantidad de *flocs* pasa el tanque sedimentación y requiere su remoción. Por ello y para lograr la clarificación final se usa la filtración a través de medios porosos; generalmente dichos medios son arena o mezcla de arena y antracita. En la PTAP, la filtración remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, compuesto por *flocs*, suelo, metales oxidados y microorganismos. La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de estos son extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración.

La empresa presentaba un sistema de filtración rápida (cuatro filtros para auto lavado), equipado con viguetas prefabricadas de concreto con un falso fondo, en el cual se encontraba el material filtrante con un lecho de antracita y arena, soporte de grava (Figura 8). Durante la inspección del equipo de filtración fue posible la verificación del desgaste de los orificios y la reducción del tamaño de los lechos. Se observó en la práctica esta falencia debido a la disminución en la cantidad de material filtrante, causada por el aumento en el área de los orificios espaciados 6.0 cm (centro a centro); esto permitía el paso del lecho filtrante por los orificios hasta llegar al falso fondo (Los filtros constituyentes del equipo correspondían a lechos de antracita y arena, soporte de grava y falso fondo de viguetas prefabricadas).

Figura 9. Sistema de filtración con la tecnología de falsos fondos (viguetas)



Fuente: autoría propia

Un ensayo piloto fuera de línea del sistema de filtración fue ejecutado para determinar el desempeño de los filtros en la potabilización del agua. Esta prueba piloto reportó un desempeño bajo, ya que se obtuvo un aumento en la turbiedad del agua, al pasar por los filtros. El bajo desempeño fue resultante del deterioro que presentaron los filtros de viguetas, el cual se veía reflejado en los valores de turbidez en rangos aptos, pero no los ideales para el consumo humano. Este bajo desempeño no fue apreciable en el diagnóstico operativo realizado anteriormente, ya que, probablemente, el desgaste había comenzado a afectar recientemente el desempeño del equipo de filtración.

Debido a lo anterior, la empresa COOAGUASIM en compañía de su administración, ejecutaron un cambio del sistema de filtración (Figura 9), a través de la implementación de filtros de polietileno con boquillas rasuradas (Figura 10); para el diseño del nuevo sistema de filtración se consideró el “REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, RAS-

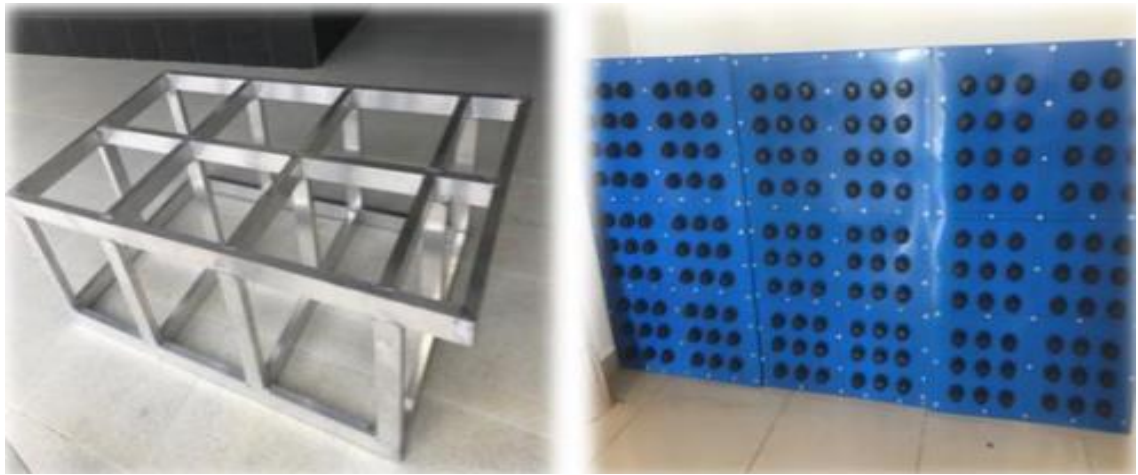
2000”, apartado C.7.5.1 “Filtros rápidos”. Este sistema se caracteriza por mejorar la capacidad de filtración, debido al poco espacio que se encuentra en el lecho filtrante en el falso fondo. Por medio de ensayos de la operación de la PTAP con el nuevo sistema de filtración fue posible evidenciar la mejora en el desempeño, ya que la turbidez disminuyó considerablemente hasta casi cero (0,5) NTU, lo cual indicó que el agua se encontraba apta para el consumo humano; a diferencia que los filtros anteriores que presentaban un agua filtrada con turbidez de hasta dos (2) NTU.

Figura 10. Sistema de filtración desmontado



Fuente: autoría propia

Figura 11. Sistema de filtración de polietileno con la tecnología de falsos fondos (viguetas).



Fuente: Informe Ejecutivo Del Adicional 001 De Obra Del Contrato N° Ab-Oc-004-2018.

Durante la puesta en marcha del sistema, varias muestras de agua potable fueron recogidas y enviadas al laboratorio para su validación como agua de consumo humano. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio químico de la Universidad Industrial de Santander. Los resultados del análisis de las muestras son presentados en los Anexos 8 y 9. En estos resultados se evidencia el cumplimiento a las normas que regulan la calidad del agua en cuanto a sus parámetros químicos y físicos y microbiológicos.

5.4 LINEAMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA OPERACIÓN

Durante la ejecución del presente proyecto se recolectaron diferentes lineamientos, dirigidos a la mejora de los procesos operativos, los cuales con su aplicación se espera contribuyan con la optimización de la PTAP y con la eficiencia en la prestación del servicio público. Los lineamientos son los siguientes:

1. Implementar capacitaciones al personal operativo para que realicen de manera eficiente y precisa el control de calidad del agua potable.

2. Diseñar e implementar una ficha técnica dirigida al mantenimiento periódico de los equipos, de acuerdo con la guía manual de operación que realizó el consorcio plan maestro Bolívar.
3. Desarrollar hojas de especificaciones de cada equipo que interviene en el proceso de potabilización. Asimismo, definir en estas hojas de especificaciones los diferentes cambios debido a mantenimientos rutinarios o correctivos.
4. Adquirir equipos de laboratorio para la medición de parámetros físicoquímicos y biológicos, con lo cual sea posible la pronta verificación de la calidad del agua potable.
5. Implementar un sistema de medición en línea de los parámetros físicoquímicos, lo cual puede conducir a una dosificación química apropiada en las condiciones del agua cruda en cualquier instante.
6. En las pruebas de Jarra se requiere no limpiar los vasos con algún tipo de detergente, ya que este puede interferir en el resultado del ensayo de Jarras.
7. En el ensayo de Jarras se recomienda purgar los vasos con la muestra a analizar en ese instante, para tener valores precisos de los parámetros del agua.
8. Verificar que los tiempos y revoluciones establecidas para el ensayo de Jarra se cumplan para realizar el proceso de dosificación química.
9. Los caudales de las bombas dosificadoras deben ser graduados de forma que suministren la totalidad de coagulante (y otro coagulante ayudante si así lo requiere), en el tiempo de retención total de la planta.
10. Verificar periódicamente la carga de los filtros para revisar que estos no se encuentren tapados o saturados por el lecho o material filtrante.
11. Evaluar otros sistemas de filtración, debido a que el actual presenta fallas periódicas, generando así aumento en la turbiedad en cuanto al valor esperado.
12. Realizar una evaluación del proceso de sedimentación, ya que este proceso afecta la calidad del agua potable. Un desempeño deficiente de este proceso

puede permitir el paso de *flocs* hacia el proceso de filtración, en grados más altos de los posibles permitidos.

13. Establecer un programa de mantenimientos periódicos, especialmente a las bombas centrifugas, a las tuberías de conducción hasta la planta y a las válvulas de descarga; todo esto debido a que el caudal de operación establecido en la PTAP puede ser disminuido considerablemente, generando pérdidas en la operación de potabilización.

6. CONCLUSIONES

- Por medio del diagnóstico operativo del estado actual de la planta de tratamientos de agua potable (PTAP) del municipio de Simiti, Sur de Bolívar, se identificó que las posibilidades de mejora se encontraban en la dosificación del coagulante utilizado y en el proceso de filtración.
- El ensayo de Jarras aplicado a diferentes muestras de agua cruda estableció que la dosificación óptima depende de la turbiedad inicial según,

$$Dosis(mg/L) = 0.072 * NTU + 32.1$$

Donde, *Dosis* corresponde a la concentración óptima (mg/L) de sulfato de aluminio y *NTU* corresponde a la turbiedad inicial del agua cruda.

- La inspección al equipo de filtración condujo a la identificación de daños en los filtros. Después del mantenimiento realizado por la empresa COOAGUASIM, la operación del sistema de filtración reportó el desempeño adecuado en pruebas piloto realizadas durante la práctica.
- Los resultados obtenidos en los análisis físicos, químicos y microbiológicos reportados por el Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la UIS, ratificaron la calidad del agua tratada; lo anterior, a pesar de que COOAGUASIM no cuenta con una tecnología actualizada para las mediciones de laboratorio.

7. RECOMENDACIONES

Establecer un programa de mantenimientos periódicos, especialmente a las bombas centrifugas, a las tuberías de conducción hasta la planta y a las válvulas de descarga; todo esto debido a que el caudal de operación establecido en la PTAP puede ser disminuido considerablemente, generando pérdidas en la operación de potabilización.

BIBLIOGRAFIA

FÚQUENE, D.M. & YATE, A.V. Ensayo de Jarras para el Control del Proceso de Coagulación en el Tratamiento de Aguas Residuales. Working-Papers – ECAPMA, 2 (1). 2018 DOI: <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2771>

LOZANO-RIVAS, W.A. & LOZANO-BRAVO, G. Potabilización del agua: Principios de Diseño. Universidad Piloto de Colombia. 2015

PRADANA-PÉREZ, J.A.; GALLEGO-PICÓ, A.; GARCÍA-AVILÉS, J; BRAVO-YAGÜE, J.C.; GARCÍA-MAYOR, M.A.; PANIAGUA-GONZÁLEZ, G. Criterios de Calidad y Gestión del Agua Potable. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España. 2018

SENA, Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Ministerio de Desarrollo Económico. 1999

VAN LOOSDRECHT, M.C.M.; NIELSEN, P.H.; LÓPEZ-VÁSQUEZ, C.M.; BRDJANOVIC, D. Métodos Experimentales para el Tratamiento de Aguas Residuales. IWA Publishing. 2019

ANEXOS

Anexo A. Conceptos

- Aducción: Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.
- Agua cruda: Agua que no ha sido sometida a un proceso de tratamiento.
- Agua potable: Agua que cumple todos los requisitos señalados en el decreto 475 de 1998, que puede ser consumida por la población humana sin producir algún efecto adverso a la salud.
- Bocatoma: estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.
- Canaleta Parshall: Es un elemento primario de caudal, el cual es utilizado para medir el caudal que ingresa a la planta de tratamientos en un intervalo de tiempo y aplicar la dosificación química de floculantes.
- Captación: conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.
- Coagulación: Se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro, es un proceso muy rápido el cual busca purificar el agua de impurezas.
- Conducción: Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.
- Desarenadores: Componente destinado a la remoción de las arena y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.
- Desinfección: Destrucción de los microorganismos patógenos.
- Dureza: Cantidad de minerales, particularmente sales de magnesio y calcio que se encuentran en el agua. El agua con alta dureza (agua dura) genera una

gran cantidad de espuma con la adición de jabón o detergente, delimitando la acción limpiadora de los mismos.

- **Filtración:** Mecanismo de tamizado o micro-cribado por acción conjunta de aspectos físicos, químicos y hasta biológicos. Para efectos de esta planta potabilizadora, se usa medios granulares como lo son la arena, antracita y carbón activado.
- **Floculación:** Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se acumulan las sustancias coloidales presentes en el agua de esta manera se permite su decantación y posterior filtrado.
- **Planta de potabilización:** Instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población.
- **Planta de tratamientos de agua potable (PTAP):** Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.
- **Red de distribución:** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.
- **Sedimentación:** Proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad.
- **Tanque de almacenamiento:** Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es compensar las variaciones en el consumo a lo largo del día mediante almacenamiento en horas de bajo consumo y descarga en horas de consumo elevado.
- **Turbidez:** La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, la turbidez se mide en NTU (unidades nefelométricas de turbidez).

Anexo B. Laboratorio Planta de Tratamientos



Anexo C. Desarenador



Anexo D. Bombas dosificadoras y floculadores.



Anexo E. Sedimentadores, sistema de filtración, desinfección y almacenamiento.



Anexo F. Visita en la planta de tratamientos de agua potable (PTAP)



Anexo G. Procedimiento seguido en la prueba de Jarras.

Partiendo de que el laboratorio de la PTAP del Municipio de Simití cuenta con un equipo de jarras con 4 plazas, el procedimiento que se utilizó para llevar a cabo la prueba de jarra se describe a continuación:

1. Preparación de la solución de sulfato de aluminio. Se prepara agregando agua destilada a 100 g de coagulante hasta completar el volumen de 1.000 ml, con lo que se obtiene una solución de 10% que se puede conservar como solución patrón, por uno, dos o tres meses. El ensayo de prueba de jarras se hace diluyendo 10 ml de la solución patrón hasta completar 100 mL con agua destilada. Queda una solución al 1% que no se puede conservar por más de 24 horas pues corre el riesgo de hidrolizarse y perder buena parte de su capacidad de coagulación. Por lo que a diario se debe realizar la solución patrón.
2. Poner un vaso de 1 litro debajo de cada una de las paletas de agitación.
3. Poner en cada vaso exactamente 1 litro medido con una probeta graduada, de una muestra fresca del agua cruda.
4. Anotar en una hoja los datos de la cantidad de coagulante que se debe añadir a cada vaso. Esta cantidad varía vaso a vaso.
5. Con cada pipeta utilizada, añadir el coagulante en cantidades crecientes en vasos sucesivos. Por ejemplo: 20 mg/l en el vaso #1, 26 mg/l en el vaso #2, y así sucesivamente.
6. Se colocan las paletas de agitación dentro de los vasos, arrancar el agitador y operarlo durante 1 min, a una velocidad de 65 a 80 rpm.
7. Reducir la velocidad al grado seleccionado de agitación (normalmente 30 rpm aproximadamente), y permitir que la agitación continúe durante unos 15 min. Se debe procurar que el grado y tiempo de agitación igualen las condiciones de operación de la planta de floculación.
8. Anotar cuanto tiempo transcurre antes de la primera formación de floculo.
9. Observar que tan bien resiste este, algo de agitación sin fragmentarse.

10. Una vez transcurrido el periodo de agitación, detener el agitador y anotar cuanto tiempo transcurre para que el floculo se sedimente en el fondo del vaso.
11. Después de que el floculo se asiente durante 15 min, determinar el color y la turbiedad del líquido por encima de los flósculos.
12. En las hojas de registro se debe anotar el tiempo, las dosis, pH y las velocidades de mezclado
13. Después de permitir que el floculo se asiente durante 25 min, determinar la turbiedad, pH, color y si es necesario el cloro residual.
14. La medición de la turbiedad se logra mediante el uso de un Turbidímetro convencional que mide la intensidad de la luz que pasa a través de una muestra de agua o la intensidad de la luz que es dispersada por las partículas en suspensión que están presentes en la muestra, generalmente desde una dirección situada a 90° de la dirección original del haz de luz.

Además del equipo anteriormente descrito, se debe contar con los siguientes elementos:

- Un reloj o cronómetro
- Una probeta de 1000 ml.
- Balanza de precisión de 0.1 gr. a 100 gr.
- Espátulas
- 4 jeringas desechables de 10 ml.

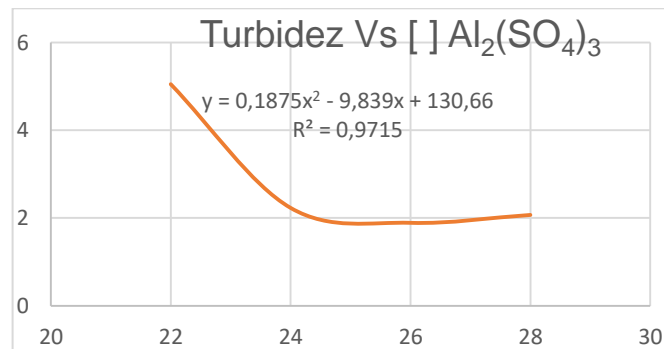
Anexo H. Resultados Pruebas de Jarras

Por medio de la Tabla 1a y la Figura 1a fue posible determinar que la dosificación óptima para las condiciones de turbidez del agua de 184 NTU, fue la jarra de 26 ppm dando una turbiedad de 1.89 NTU, pH de 7.2 y un color aparente de 0, cumpliendo con los parámetros establecidos por la ley 2115 de 2007.

Tabla 1a. Resultados de la prueba de jarras turbidez inicial de 184 NTU.

AGUA CRUDA			Jarra-mg/L $Al_2(SO_4)_3$	PARÁMETROS		
Turbiedad (NTU)	Color (UPC)	pH (U pH)		Turbiedad (NTU)	Color (UPC)	pH (U pH)
184	80	9	22	5.05	0	7.7
			24	2.23	0	7.5
			26	1.89	0	7.2
			28	2.07	0	7.3

Figura 1a. Resultados de la prueba de jarras turbidez inicial de 184 NTU.

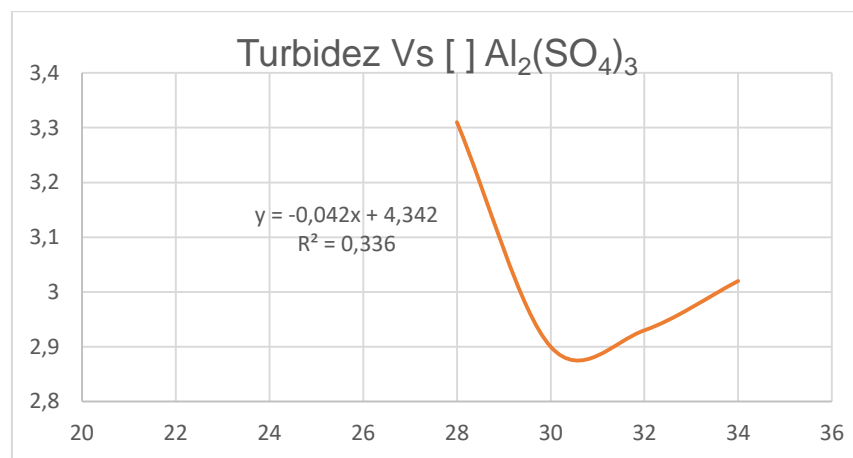


De igual manera, por medio de la Tabla 2a y la Figura 2a fue posible la determinación de la dosificación óptima para las condiciones de turbidez del agua de 334 NTU. Esta dosificación óptima correspondió a la jarra de 30 ppm dando una turbiedad de 2.9 NTU, pH de 9 y un color aparente de 0, cumpliendo con los parámetros establecidos por la ley 2115 de 2007.

Tabla 2a. Resultado de la prueba de jarras turbidez inicial de 334 NTU.

AGUA CRUDA			Jarra-mg/L CaCO ₃	PARÁMETROS		
Turbiedad (NTU)	Color (UPC)	pH (U pH)		Turbiedad (NTU)	Color (UPC)	pH (U pH)
336	475	9,0	28	3.31	5	8.7
			30	2.90	0	9.0
			32	2.93	0	9.6
			34	3.02	5	9.5

Figura 2a. Resultados de la prueba de jarras turbidez inicial de 334 NTU.



Cabe resaltar que a causa de las lluvias constantes en la zona, se producen crecientes que enturbian el agua, por tierra removida o piedras que esta arrastre. Por esta razón en muchas ocasiones en temporadas de invierno se tienen valores de turbidez de hasta 2000 NTU. La empresa solo opera con turbiedad del agua de entrada de hasta 3000 NTU, de lo contrario tendría demasiado consumo de químicos para su potabilización y los equipos se sedimentarían con lodos. La dosificación de coagulante aplicada por la empresa se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3a. Rangos de dosificación obtenidos a través de la experiencia.

TURBIDEZ [NTU]	RANGO DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA [PPM]			
50	16	18	20	22
130	22	24	26	28
200	26	28	30	32
300	26	28	30	32
1000	52	54	56	58
1500	52	54	56	58
2000 - 3000	66	68	70	72

Anexo I. Analisis fisicoquimico planta de tratamientos (PTAP)

	LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 08	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2019/05/06 Página 1 de 7	



"Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 0400 de 2019, en los parámetros Alcalinidad, Cloruros, Dureza, Nitritos, Nitratos, Fósforo, Hierro Total, DBO₅, DQO, SST, SAAM, Fósforo, metales totales y disueltos en aguas, pH y metales totales en suelos, TCLP en residuos peligrosos y toma de muestras puntuales y compuestas"



"Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1615 de 2015, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano"

Informe de resultados No.	I-20-085	Fecha de emisión:	Febrero 28 de 2020
Cliente:	ADMINISTRACION PUBLICA COOPERATIVA DE SIMITI (COAGUASIM)		
Dirección del cliente:	Calle 4 No. 11-56		
Solicitud de servicio No.	20-080	No. de muestras:	03
Fecha de recepción de las muestras:	Febrero 20 de 2020		
Muestras recibidas por:	Amparo López G		
Fecha de análisis:	Febrero 20 de 2020 – Febrero 27 de 2020		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	20-080-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	MUESTRA 1		
Matriz de la muestra:	Agua Potable		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Simiti (Bolívar) / Planta de Tratamiento Agua Potable – Vereda El Silencio – Cerro Holguín Rio Inanea		
Fecha del muestreo:	Febrero 19 de 2020		

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	6,84	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	1,1	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	1	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	70,1	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Hierro Total (mg Fe/L)	<0,07	<0,3	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	<0,08	<0,1	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	14,1	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	16,84	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	88,0	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Dureza Cálcica (mg CaCO ₃ /L)	48,0	300	Titrimétrico-EDTA / SM 3500-B
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	40,6	200	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Totales (mg/L)	50	<500	Gravimétrico/ SM 2540 B
Cloro Residual (mg Cl ₂ /L)	0,01	<2,0	Titrimétrico / SM 4500 Cl ₂ F

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 1469-2463-2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 08	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2019/05/06	
		Página 2 de 7	

Informe de resultados No. I-20-085 Solicitud de servicio No. 20-080

1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar (UFC/100 ml)	17	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	0	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	0	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA¹:

RESULTADO IRCA	CLASIFICACIÓN IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO
0 %	80.1-100	Inviabile sanitariamente
	35.1-80	Alto
	14.1-35	Medio
	5.1-14	Bajo
	0-5	Sin riesgo

¹El cálculo del IRCA se realizó según lo establecido en el artículo 14 y Cuadro No.6 (Puntaje de riesgo) de la resolución No. 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social.

Anexo J. Analisis fisicoquimico planta de tratamientos (PTAP)

	LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 08	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2019/05/06 Página 1 de 7	



"Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 0400 de 2019, en los parámetros Alcalinidad, Cloruros, Dureza, Nitratos, Nitritos, Fósforo, Hierro Total, DBO₅, DCO, SST, SAAM, Fenoles, metales totales y disueltos en aguas, pH y metales totales en suelos, TCLP en residuos peligrosos u toma de muestras puntuales y compuestas"



"Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1615 de 2015, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano"

Informe de resultados No.	I-20-085	Fecha de emisión:	Febrero 28 de 2020
Cliente:	ADMINISTRACION PUBLICA COOPERATIVA DE SIMITI (COOAGUASIM)		
Dirección del cliente:	Calle 4 No. 11-56		
Solicitud de servicio No.	20-080	No. de muestras:	03
Fecha de recepción de las muestras:	Febrero 20 de 2020		
Muestras recibidas por:	Amparo López G		
Fecha de análisis:	Febrero 20 de 2020 – Febrero 27 de 2020		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	20-080-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	MUESTRA 1		
Matriz de la muestra:	Agua Potable		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Simiti (Bolívar) / Planta de Tratamiento Agua Potable – Vereda El Silencio – Cerro Holguín Rio Inanea		
Fecha del muestreo:	Febrero 19 de 2020		

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	6,84	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	1,1	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	1	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	70,1	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Hierro Total (mg Fe/L)	<0,07	<0,3	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe
Nitritos (mg NO ₂ /L)	<0,08	<0,1	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	14,1	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl/L)	16,84	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	88,0	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Dureza Cálcica (mg CaCO ₃ /L)	48,0	300	Titrimétrico-EDTA / SM 3500-B
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	40,6	200	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Totales (mg/L)	50	<500	Gravimétrico/ SM 2540 B
Cloro Residual (mg Cl ₂ /L)	0,01	<2,0	Titrimétrico / SM 4500 Cl ₂ F

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 1469-2463-2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lci/> E-mail: labquimco@gmail.com
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 08	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2019/05/06 Página 2 de 7	

Informe de resultados No. I-20-085 Solicitud de servicio No. 20-080

1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar (UFC/100 ml)	17	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	0	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	0	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA*1:

RESULTADO IRCA	CLASIFICACIÓN IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO
0 %	80.1-100	Inviabile sanitariamente
	35.1-80	Alto
	14.1-35	Medio
	5.1-14	Bajo
	0-5	Sin riesgo

*1.El cálculo del IRCA se realizó según lo establecido en el artículo 14 y Cuadro No.6 (Puntaje de riesgo) de la resolución No. 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social.