



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE (PTAP) DEL MUNICIPIO DE COELLO**

Autor

Jesús Ernesto García Sáenz

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química

Medellín, Colombia

2021



**Diagnóstico y mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del
municipio de Coello**

Jesús Ernesto García Sáenz

Informe de práctica académica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Químico

Asesores:

José Simeón Cruz Ochoa

Esp. Administración de Empresas

Lina María González Rodríguez

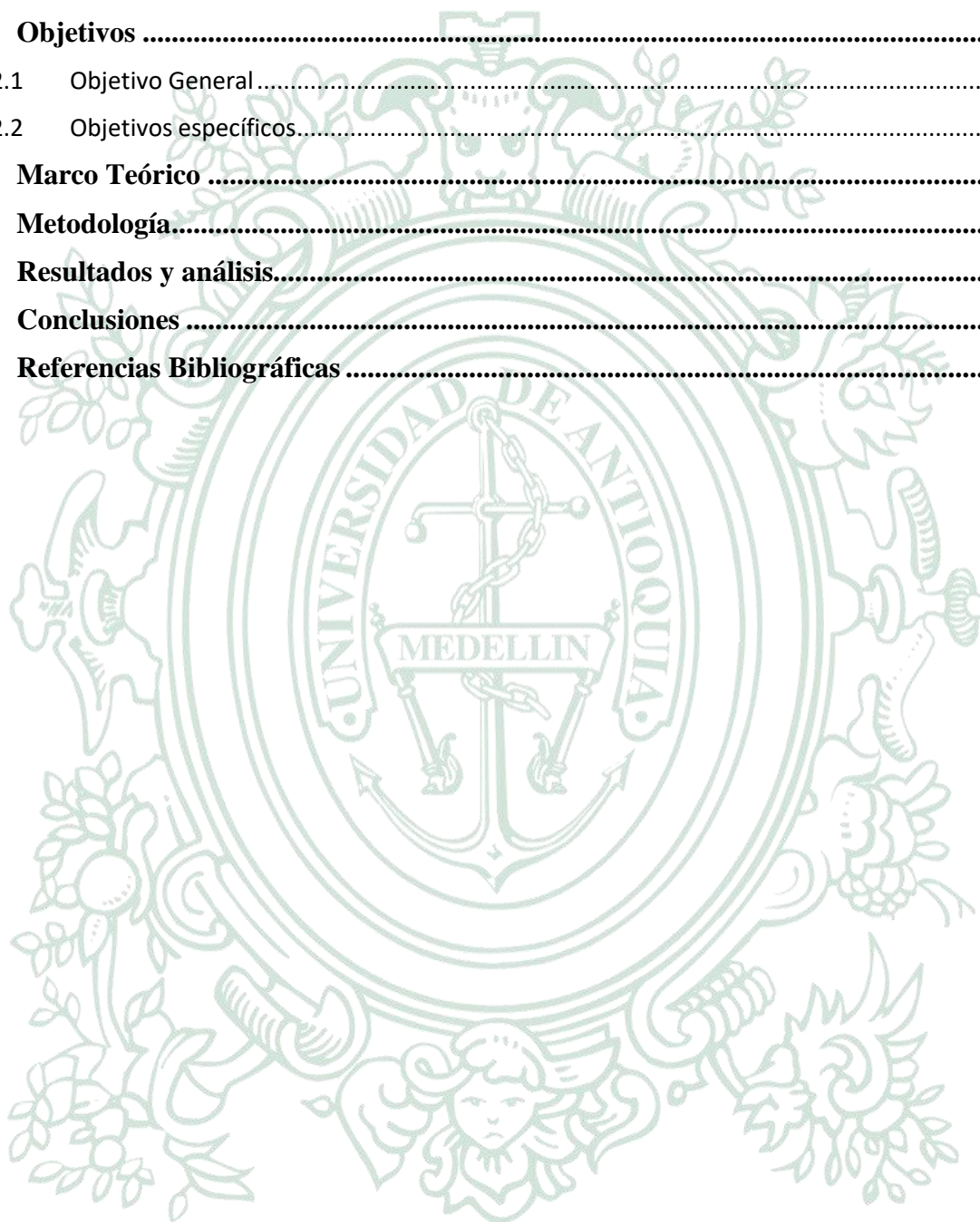
Dra. en Ciencias Químicas

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química
Medellín, Colombia

2021

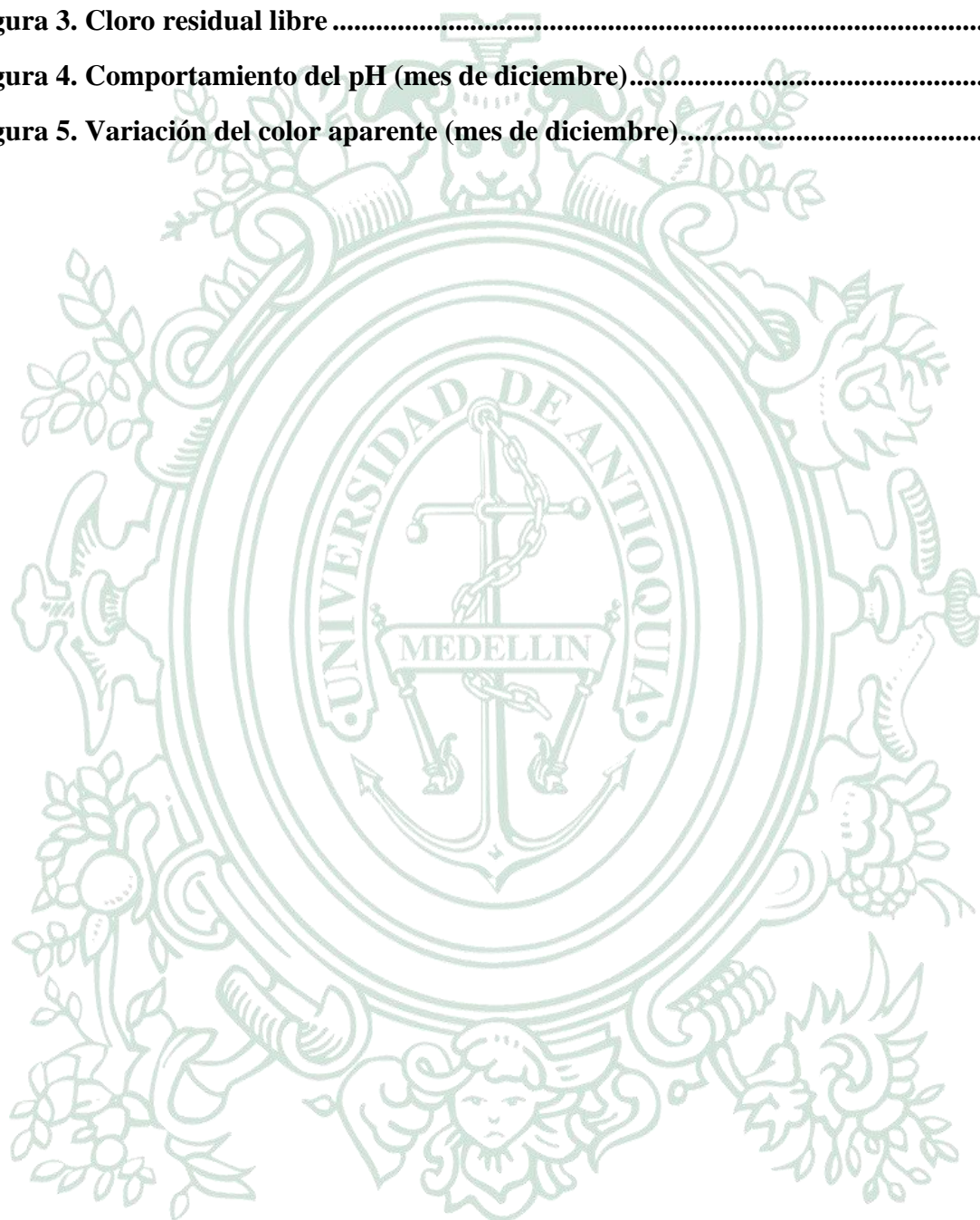
TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
1. Introducción.....	6
2. Objetivos	7
2.1 Objetivo General.....	7
2.2 Objetivos específicos.....	7
3. Marco Teórico	8
4. Metodología.....	12
5. Resultados y análisis.....	14
6. Conclusiones	18
7. Referencias Bibliográficas	19



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Turbiedad agua cruda	14
Figura 2. Turbiedad agua tratada.....	15
Figura 3. Cloro residual libre	15
Figura 4. Comportamiento del pH (mes de diciembre).....	16
Figura 5. Variación del color aparente (mes de diciembre).....	17



RESUMEN

Este trabajo se centra en la presentación de resultados del mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Santa Barbara, la cual no contaba con estándares de calidad en el proceso de potabilización de acuerdo a la Resolución 2115 del 22 de Junio del 2007, en la cual se señalan las características, instrumentos básicos, y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (MAVDT, 2007).

Una vez analizada esta problemática se gestionó el mantenimiento y reparación de los equipos ya encontrados en la PTAP, de la misma manera se realizó un análisis de las posibles pruebas con reactivos para los análisis mínimos que exige la resolución anteriormente mencionada. Estas pruebas básicas fueron los de cloro libre, alcalinidad, pH y turbiedad. Los logros obtenidos obedecen también a la realización de actualizaciones estructurales para generar aun así un mejor servicio de potabilización, contando ya con un laboratorio el cual se ayudó a ajustar con las necesidades básicas de la planta las cuales son un análisis de turbiedad, Color, Conductividad, pH, Cloro Residual, Alcalinidad total.

Palabras clave: PTAP, tratamiento de aguas, mejoramiento de procesos.



1. Introducción

La PTAP Santa Barbara era una planta de bajo nivel, la cual contaba con la instrumentación mínima para una potabilización básica, entre ellos un floculador, un tanque de sedimentación, un pequeño filtro y su unidad de almacenamiento, todo esto en condiciones muy precarias sin el conocimiento básico de los procesos involucrados en estas tecnologías (floculación, sedimentación, filtración, cloración).

Cuando se comenzó este proyecto, en la PTAP se estaban realizando todos los cambios respectivos para su actualización y modernización. Uno de los problemas encontrados era la poca capacitación que tenían los operarios en los diferentes procesos de la planta, lo que llevaba a que el funcionamiento de la PTAP no fuese óptimo. Igualmente, se encontraron falencias en la realización de los análisis básicos estipulados en la Resolución 2115 del 22 de junio del 2007.

Una vez encontrada esta problemática se comenzó con el proceso de capacitación y concientización a los operarios frente a la importancia de una buena potabilización y un buen tratamiento del agua. Además, se implementaron quincenalmente capacitaciones de cada uno de los parámetros estipulados en la resolución 2115 a los operarios.

Un sistema de tratamiento de agua potable es garantía de un buen nivel de salubridad en la población residente, así como también para los visitantes, al ser Coello un municipio con una economía que depende en alto porcentaje del turismo y la recreación.

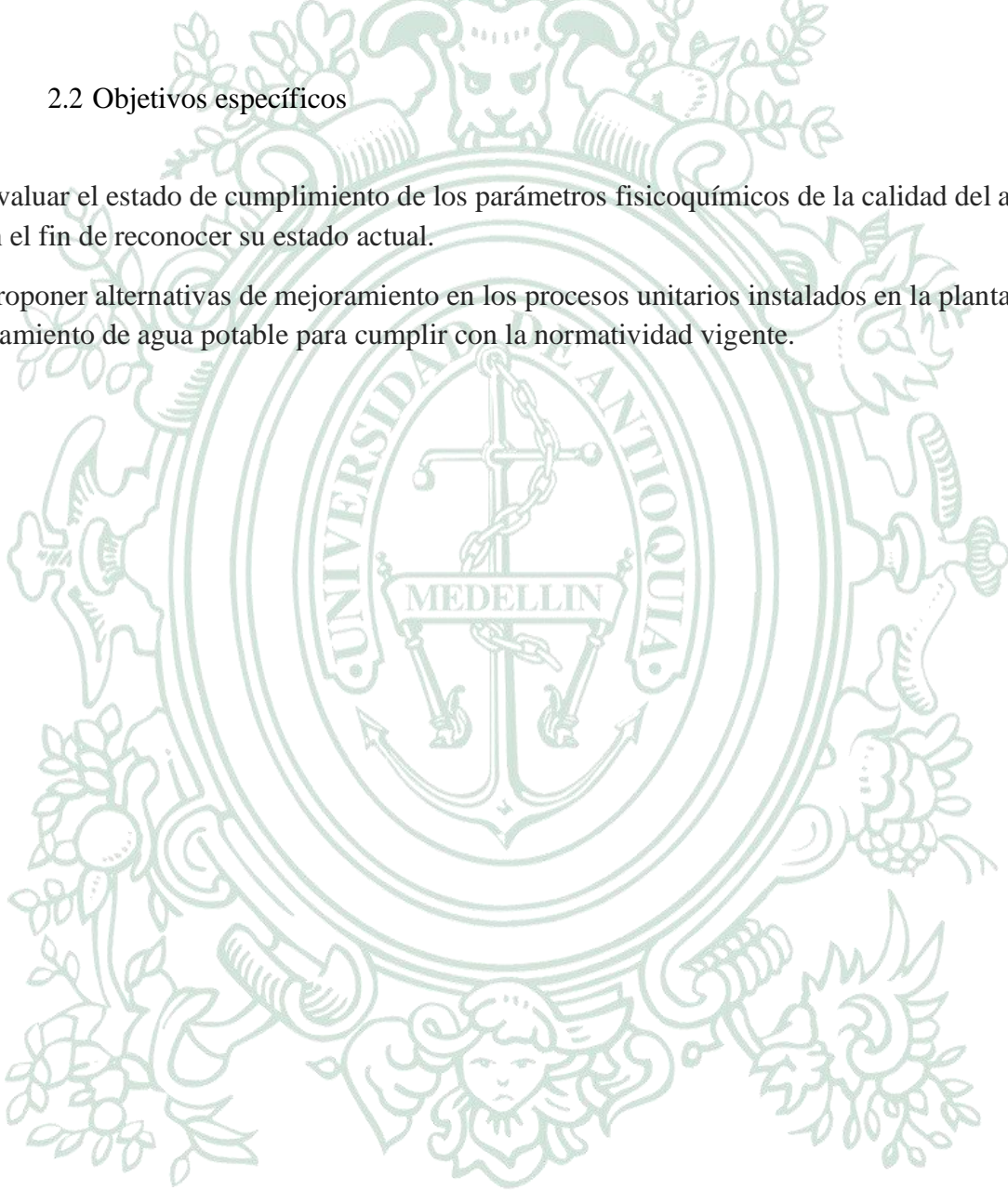
2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Elaborar un estudio diagnostico que permita mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) en el municipio de Coello- Tolima

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el estado de cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua con el fin de reconocer su estado actual.
- Proponer alternativas de mejoramiento en los procesos unitarios instalados en la planta de tratamiento de agua potable para cumplir con la normatividad vigente.



3. Marco Teórico

El recurso hídrico se caracteriza por ser una necesidad vital para la supervivencia y vida de los seres humanos, por ello desde tiempos remotos se ha visto la necesidad de implementar diversos sistemas de tratamiento del agua que será consumida. Ya que por diversos problemas que se han presentado a nivel mundial en relación al medio ambiente se presenta unos escases de agua natural apta para el consumo humano.

Estos sistemas que se emplean para la purificación del agua van dependiendo de las necesidades del lugar donde se requiere dicha labor, por lo que se encuentran varios procesos fundamentales para conseguir que el agua tenga las propiedades físicas y químicas adecuadas y que no lleguen afectar la salud de cada uno de los seres humanos que se dispongan a su consumo.

El tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o de característica no deseables de las aguas. Los principales procesos de transferencia utilizados son transferencias de solidos tales como cribado, sedimentación, floculación y filtración, otro proceso es la transferencia de iones los cuales se efectúan mediante procesos de coagulación, precipitación química, absorción e intercambio iónico.

Cribado o cernido

Consiste en hacer pasar el agua a través de rejillas o tamices, los cuales retienen los sólidos de tamaño mayor a la separación de las barras, como ramas, palos y toda clase de residuos sólidos. También está considerado en esta clasificación el micro cernido, que consiste básicamente en triturar las algas reduciendo su tamaño para que puedan ser removidas mediante sedimentación (Perez, 2004).

Sedimentación

Consiste en promover condiciones de reposo en el agua, para remover, mediante la fuerza gravitacional, las partículas en suspensión más densas. Este proceso se realiza en los desarenadores, presedimentadores, sedimentadores y decantadores; en estos últimos, con el auxilio de la coagulación (Pérez, 2004).

Flotación

El objetivo de este proceso es promover condiciones de reposo, para que los sólidos cuya densidad es menor que la del agua asciendan a la superficie de la unidad de donde son retirados por desnatado. Para mejorar la eficiencia del proceso, se emplean agentes de flotación. Mediante este proceso se remueven especialmente grasas, aceites, turbiedad y color. Los agentes de flotación empleados son sustancias espumantes y microburbujas de aire (Pérez, 2004).

Filtración

Consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso, normalmente de arena, en el cual actúan una serie de mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de la suspensión (agua más partículas) y del medio poroso (Pérez, 2004).

Coagulación química

La coagulación química consiste en adicionar al agua una sustancia que tiene propiedades coagulantes, la cual transfiere sus iones a la sustancia que se desea remover, lo que neutraliza la carga eléctrica de los coloides para favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño y peso. Los coagulantes más efectivos son las sales trivalentes de aluminio y hierro. Las condiciones de pH y alcalinidad del agua influyen en la eficiencia de la coagulación. Este proceso se utiliza principalmente para remover la turbiedad y el color (Pérez, 2004).

Precipitación química

La precipitación química consiste en adicionar al agua una sustancia química soluble cuyos iones reaccionan con los de la sustancia que se desea remover, formando un precipitado. Tal es el caso de la remoción de hierro y de dureza carbonatada (ablandamiento), mediante la adición de cal (Pérez, 2004).

Intercambio iónico

Como su nombre lo indica, este proceso consiste en un intercambio de iones entre la sustancia que desea remover y un medio sólido a través del cual se hace pasar el flujo de agua. Este es el caso del ablandamiento del agua mediante resinas, en el cual se realiza un intercambio de iones de calcio y magnesio por iones de sodio, al pasar el agua a través de un medio poroso. Procesos unitarios y plantas de tratamiento 108 constituido por zeolitas de sodio. Cuando la resina se satura de iones de calcio y magnesio, se regenera introduciéndola en un recipiente con una solución saturada de sal (Pérez, 2004).

Absorción

La absorción consiste en la remoción de iones y moléculas presentes en la solución, concentrándolos en la superficie de un medio adsorbente, mediante la acción de las fuerzas de interfaz. Este proceso se aplica en la remoción de olores y sabores, mediante la aplicación de carbón activado en polvo (Pérez, 2004).

Evaluación de condiciones de operación

Test de Jarra: El Test de Jarras es un procedimiento que se utiliza en los laboratorios para determinar las condiciones de operación óptimas generalmente para el tratamiento de aguas, la prueba de jarras permite ajustar el pH, hacer variaciones en la dosis de las diferentes sustancias químicas que se añaden a la muestra, alternar velocidades de mezclado.

La coagulación química y la dosificación apropiada de reactivos debe ser seleccionada por la simulación del paso de aclaración de un laboratorio a escala un arreglo simple de vasos precipitado y paletas permite comparar varias combinaciones químicas las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas iguales. Para dar cumplimiento a los requerimientos de un agua adecuada para el consumo humano, estos son los análisis de laboratorio que deben ser aplicados:

Turbidez: Se entiende por turbidez o turbiedad a la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión. Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez. En potabilización del agua y tratamiento de aguas residuales, la turbidez es considerada como un buen parámetro para determinar la calidad del agua, a mayor turbidez menor calidad (Lenntech, sf).

Color Aparente: El color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como “color verdadero” al que depende solamente el agua y sustancias disueltas, mientras el “aparente” es el que incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). El color aparente es entonces el de la muestra tal como la obtenemos en el sistema a estudiar. Para determinar el color verdadero, sería necesario filtrarla para eliminar todas las partículas suspendidas (Hanna Instruments, 2019).

pH: El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia.

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua, ya que esta disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua. El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7 (Lenntech, sf).

Cloro Residual Libre: El cloro residual libre en el agua de consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. El cloro residual combinado es el resultado de la combinación del cloro con el amonio (cloraminas), y su poder desinfectante es menor que el libre. La suma de los dos constituye el cloro residual total (Aquaquest, sf).

4. Metodología

Inicialmente se recopiló la información disponible de la PTAP y todos sus procesos implementados en ese momento.

En las primeras semanas se realizó un sondeo de cómo lo operarios realizaban todas sus funciones, referentes al manejo de la calidad del agua. Inicialmente, la aplicación de coagulante Hidroxicloruro de aluminio, el cual se suministraba a tanteo y error y que no es adecuada para garantizar un buen tratamiento. La prueba de jarras era realizada en un balde y su mezclado era manual. Adicionalmente la planta contaba con una bomba dosificadora, la cual no se había utilizado por desconocimiento de como funcionaba. Es así que esta primera etapa del proyecto se enfocó en la implementación del equipo en desuso para los procesos de coagulación y floculación, así como el uso de la prueba de jarras con equipamiento adecuado.

En una segunda etapa del proyecto, se encontró que el proceso de sedimentación no era el más óptimo debido a los problemas de adición de floculante que generaban residuos sólidos indeseables en los tanques y aguas abajo. El sedimentador contaba con unos paneles para que tuviera mayor área de contacto y se pudiera retener la mayor cantidad posible de solidos suspendidos, el mejoramiento de este proceso se dio al realizar y verificar una óptima dosificación del coagulante.

En una tercera instancia se evidencian inconvenientes en el proceso de filtración, ya que los filtros se encontraban constantemente saturados debido a las deficiencias de las etapas previas. Este proceso es uno de los más importantes ya que permita de forma visual garantizar la calidad del agua suministrada, igualmente en este paso tuvo una notable mejora al regular y optimizar los dos primeros pasos.

El cuarto proceso, el cual conlleva a la desinfección del agua por cloración, es de los más importantes y que debía mejorarse, debido a que no había un control del suministro de cloro dando como resultado que en algunas ocasiones el suministro de este reactivo fuera nulo o en exceso. En algunos casos el agua se suministraba sin cloro o en concentraciones por encima del límite implementado en la resolución 2115.

Una vez analizado todos estos inconvenientes se empezaron a implementar todos los aspectos técnicos requeridos tanto en cada proceso como los descritos en la resolución 2115, una vez

realizados los mantenimientos correctivos pertinentes a los equipos que estaban en mal funcionamiento, así como la adquisición de otros para complementar todos los requerimientos mínimos exigidos por la resolución.

Se empezaron a realizar inicialmente pruebas de turbiedad tanto a la entrada de la planta (agua cruda), a la entrada de los filtros y a la salida de los filtros. Este proceso se realiza principalmente para prevenir el taponamiento de los filtros por la cantidad de solidos suspendidos presentes. Seguidamente se realizaron las pruebas de jarras a la entrada de la planta (agua cruda) para determinar la cantidad de dosificación requerida y óptima para el tratamiento del agua.

Finalmente, se implementó la realización adecuada de las pruebas requeridas y exigidas por la resolución 2115, las cuales fueron el test de cloro libre, color aparente y pH.



5. Resultados y análisis

Luego de analizar las fallas e irregularidades en el proceso de tratamiento de aguas, se implementaron pruebas que han permitido mejorar el proceso. A continuación, se presentan algunos de los resultados ya que por confidencialidad no se presentan todos.

Turbiedad.

Luego de implementar procesos para el control del suministro del floculante y del cloro, se tienen datos que se presentan en la Figura 1. Desafortunadamente por no tenerse registros anteriores no se tienen puntos de comparación. La Figura 2 presenta los resultados de la optimización del último mes de funcionamiento de la planta una vez corregidas algunas de las deficiencias presentadas.

La prueba de turbiedad se tomaba dos veces al día, en algunos casos visualmente se veía un incremento en el color del agua cruda es decir a la entrada de la planta lo que indicaba una gran cantidad de sólidos suspendidos. En la Figura 1 se incluyen datos de la toma de una muestra por día.



Figura 1. Turbiedad agua cruda

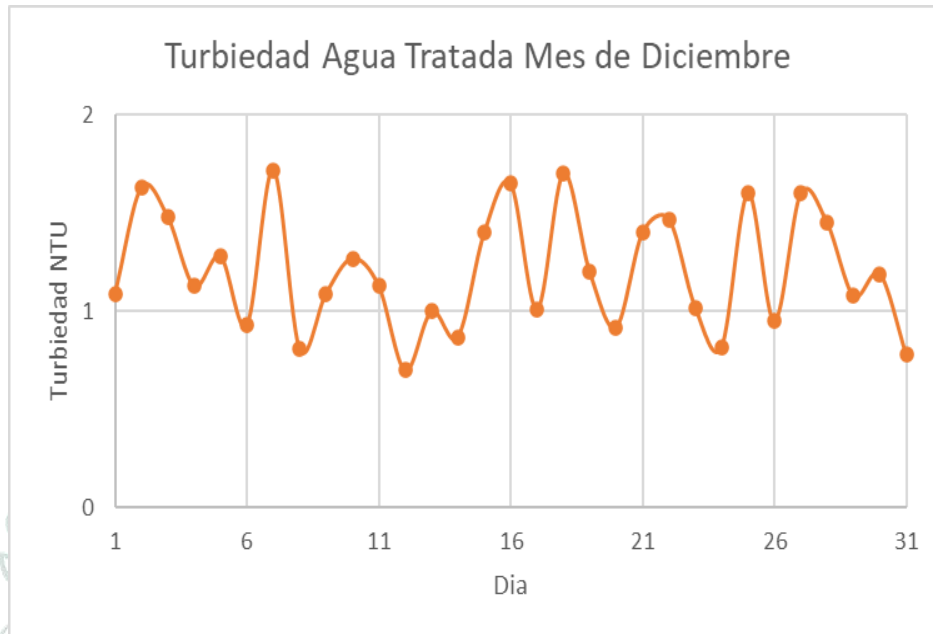


Figura 2. *Turbiedad agua tratada*

Cabe resaltar que según la resolución 2115, el agua para consumo humano no podrá sobrepasar el valor de 2 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (MAVDT, 2007), valores máximos aceptables para esta característica física. De acuerdo a la Figura 2, dichos valores en la plata ahora son aceptables y el tratamiento se ha mejorado.

Cloro Residual Libre.

Esta prueba se tomaba 4 veces al día (dos en la mañana y 2 en la tarde) y 2 veces en la noche. En la Figura 3 se incluirán datos de la toma de una muestra por día.



Figura 3. *Cloro residual libre*

Cabe resaltar que según la resolución 2115, el valor aceptable del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L. La dosis de cloro por aplicar para la desinfección del agua y asegurar el residual libre debe resultar de pruebas frecuentes de demanda de cloro, valores máximos aceptables para esta variable físico-química. Las concentraciones en la Figura 3 son un poco altas, casi llegando al valor máximo permisible, debido a que en la red de distribución (tuberías) este valor tiende a disminuir.

pH

La medición del pH se realiza una vez al día, en horas de la mañana, debido a que su valor durante el transcurso del día no es tan variable aunque se realicen cambios en el suministro del floculante. Las muestras son tomadas al final en el tanque de almacenamiento, el cual posee el agua a suministrar a la comunidad.

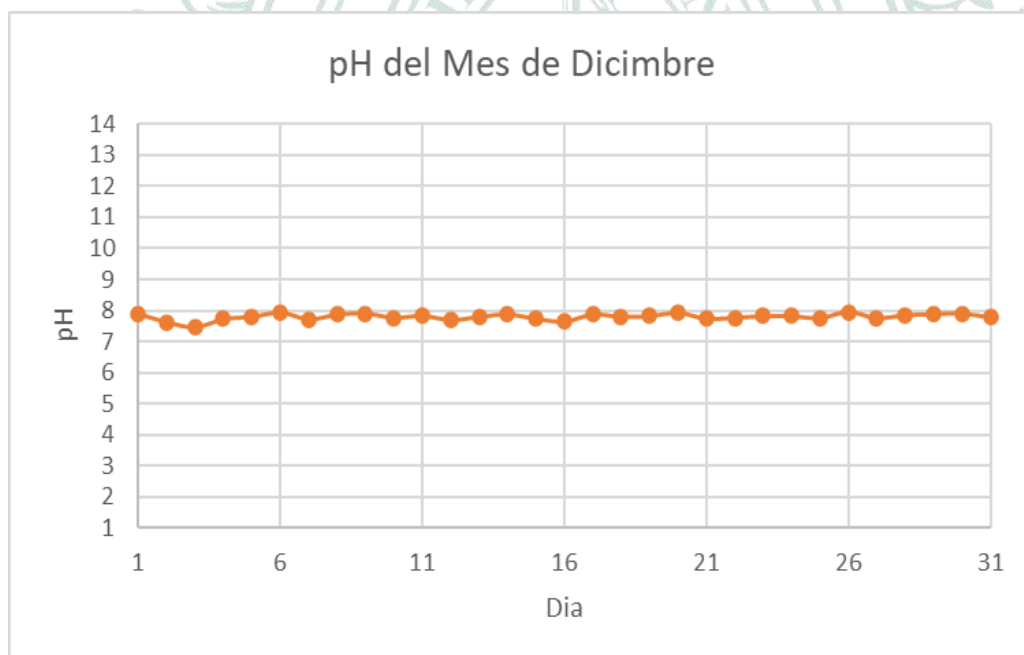


Figura 4. Comportamiento del pH (mes de diciembre)

Cabe resaltar que según la resolución 2115, El valor para el potencial de hidrógeno (pH) del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

Color aparente

Esta prueba se realiza 2 veces al día, en la mañana y en la noche, en la Figura 5 se observa que su valor no varía significativamente, aunque se realicen cambios en el suministro del floculante: Esta prueba se realiza al final, en el tanque de almacenamiento, donde está el agua a suministrar a la comunidad.

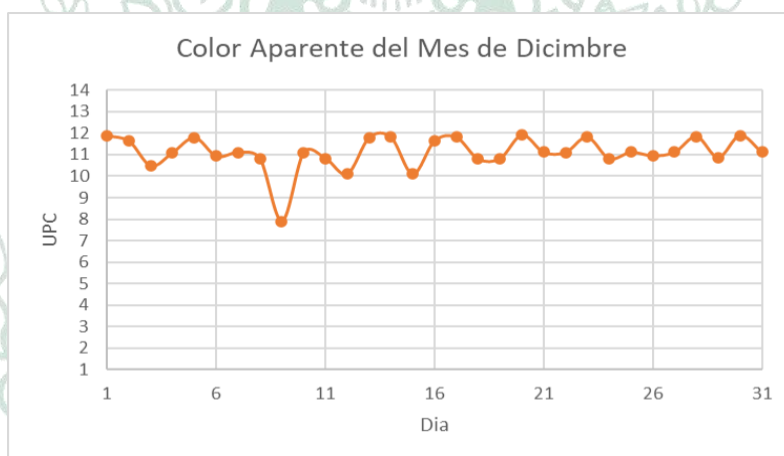


Figura 5. Variación del color aparente (mes de diciembre)

Según la resolución 2115, el valor para el color aparente del agua para consumo humano, deberá no sobre pasar el valor máximo aceptable de 15 UPC (unidades de platino cobalto). Los valores reportados son inferiores a los establecidos en la resolución.

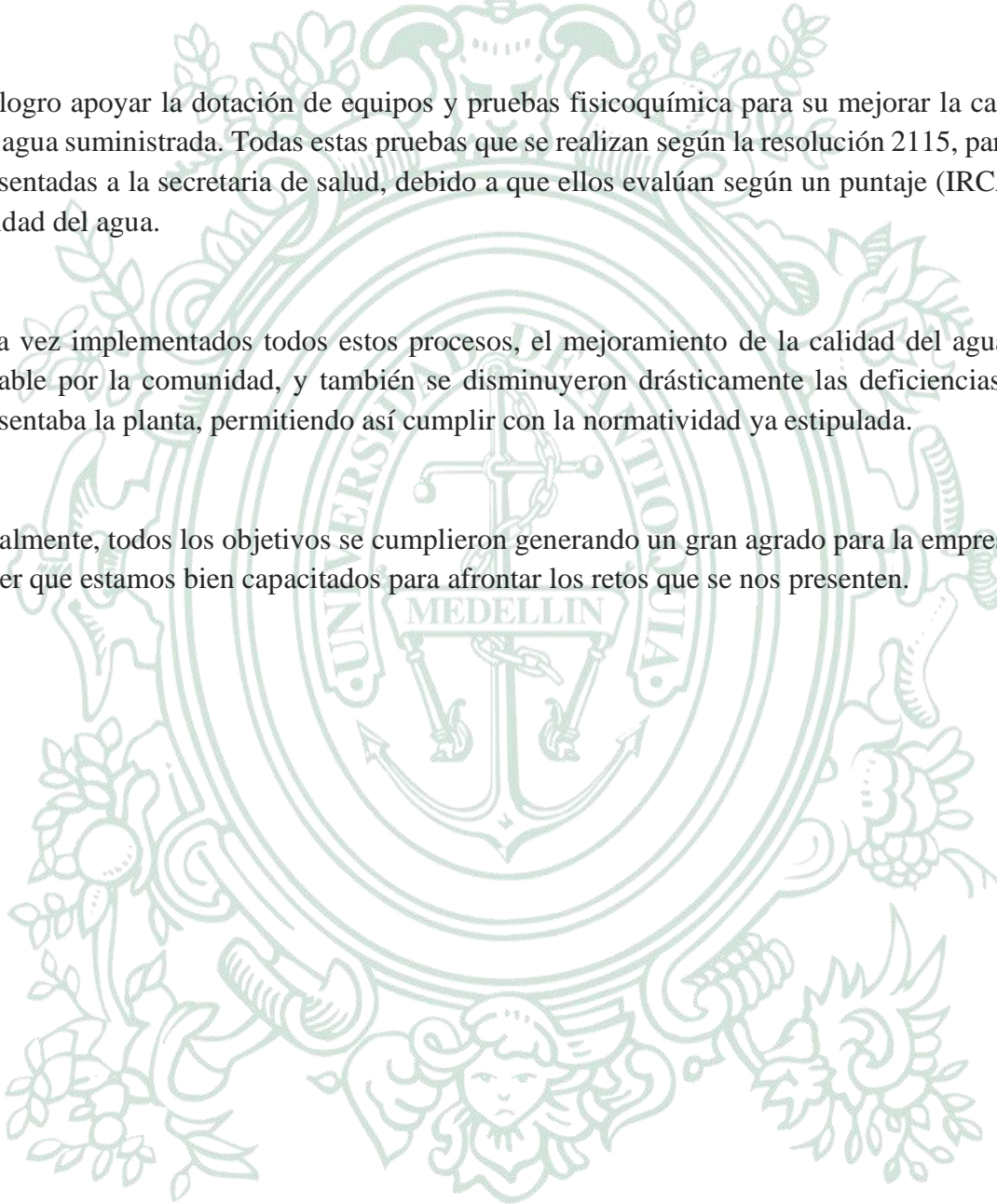
6. Conclusiones

Como se pudo observar en el análisis de resultados se logró cumplir con los objetivos propuestos, los cuales se enfocaron en el mejoramiento de los procesos unitarios involucrados en la PTAP Santa Bárbara, ya que al realizar el diagnóstico de las posibles deficiencias de la planta de tratamiento y proponiendo las diferentes alternativas para su mejor optimización.

Se logró apoyar la dotación de equipos y pruebas fisicoquímica para su mejorar la calidad del agua suministrada. Todas estas pruebas que se realizan según la resolución 2115, para ser presentadas a la secretaria de salud, debido a que ellos evalúan según un puntaje (IRCA) la calidad del agua.

Una vez implementados todos estos procesos, el mejoramiento de la calidad del agua fue notable por la comunidad, y también se disminuyeron drásticamente las deficiencias que presentaba la planta, permitiendo así cumplir con la normatividad ya estipulada.

Finalmente, todos los objetivos se cumplieron generando un gran agrado para la empresa, al saber que estamos bien capacitados para afrontar los retos que se nos presenten.



7. Referencias Bibliográficas

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007), Resolución 2115: 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. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf
- Pérez Carrión, J. M. y Vargas, L (2004). El agua. Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I y II, Serie Filtración Rápida. Programa Regional HPE/CEPIS/OPS de Mejoramiento de la Calidad del Agua. 106 p.
- Lenntech (sf). Turbidez y pH. Recuperado de: <https://www.lenntech.es/turbidez.htm> y <https://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm#ixzz6XN22Jkk1>
- Hanna Instruments (2019). Color del agua, parámetro indicador de calidad. Recuperado de: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>
- Aquafest Región de Murcia (sf). Ficha calidad del agua, Cloro residual libre. Recuperado de: <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>

