

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA PLANTA DEL ACUEDUCTO
MUNICIPAL DE LA PAZ CESAR

CAMILO ERNESTO BELTRAN TORRES

GUSTAVO ALFONSO DIAZ MANTILLA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2021

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA PLANTA DEL ACUEDUCTO
MUNICIPAL DE LA PAZ CESAR

CAMILO ERNESTO BELTRAN TORRES

GUSTAVO ALFONSO DIAZ MANTILLA

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico

Directores:

Javier Rúgeles Y Néstor Raúl Dcroz

Ingenieros Mecánicos

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por el apoyo y sustento durante toda mi carrera, a mis compañeros Jorge Ramírez, Carlos serrano y Nicolás Mantilla por su motivación y finalmente a la persona con la que decidimos desarrollar esta importante etapa, la realización de este proyecto, mi compañero Camilo Ernesto Beltrán Torres.

Gustavo Díaz.

Agradezco a mi familia que me brindaron el apoyo suficiente en el transcurso de mi recorrido universitario, a la asesoría de los profesores Javier Rúgeles y Nestor Dcroz, a Josefina Oñate que con su colaboración nos permitió el desarrollo del proyecto, a mi compañero Gustavo Díaz.

Camilo Ernesto Beltran Torres.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
2. JUSTIFICACION	19
3. ESPECIFICACIONES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)	21
3.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	21
3.2. POTABILIZACION	23
3.3. ETAPAS DE LA POTABILIZACION.....	24
3.4. INFRAESTRUCTURA.....	33
3.4.1. Edificio de operación	34
3.4.2. Obras de captación.....	35
3.4.3. Tanque de almacenamiento	36
4. CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA	38
4.1. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	38
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO.....	40
4.2.1. Complejidad de la PTAP.....	41
4.2.2. Caudal actual:.....	42

4.3.	DESCRIPCIÓN DE LA PTAP, SUBSISTEMAS E INFRAESTRUCTURA	43
4.3.1.	Funcionamiento de la Planta	44
4.3.2.	Subsistemas de potabilización:	49
5.	DIAGNOSTICO Y PROPUESTAS DE SOLUCION DE LA PLANTA	68
5.1.	CODIFICACIÓN E INVENTARIO DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTA ..	69
5.2.	CAPACIDAD DE LA PTAP	73
5.3.	DIAGNÓSTICO POR PROCESOS Y COMPONENTES.....	75
5.3.1.	Bocatoma	75
5.3.2.	Desarenador	76
5.3.3.	Línea Desarenador – Planta.....	79
5.3.4.	Mezcla Rápida	79
5.3.5.	Dosificación	80
5.3.6.	Floculación	81
5.3.7.	Sedimentación:.....	82
5.3.8.	Desinfección:	83
5.3.9.	Filtración:	86
5.3.10.	Almacenamiento de agua tratada:.....	88
5.3.11.	Línea Planta – Tanque pueblo:.....	90
5.3.12.	Manuales y otras ayudas en la planta de tratamiento:.....	91
5.3.13.	Instrumentación de la PTAT para consumo Humano:	92
5.3.14.	Seguridad industrial:.....	93
5.3.15.	Estado y pertinencia de las instalaciones:.....	94

5.3.16. Control y Almacenamiento de sustancias:.....	95
5.4. CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO	96
6. PLAN DE MANTENIMIENTO	99
7. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	100
7.1. CERRAMIENTO EN LA BOCATOMA Y DESARENADOR.....	100
7.2. REPOSICIÓN DEL LECHO FILTRANTE DE TODOS LOS FILTROS.....	101
7.3. COBERTIZO DE DESINFECCIÓN.....	101
7.4. SISTEMAS DE MEDICIÓN DE LA PLANTA.	102
7.5. COMPRA DE UNA SEGUNDA BOMBA DE SERVICIO.....	102
7.6. SISTEMA NUEVO DE PRECLORACIÓN.....	103
7.7. SEÑALIZACIÓN DE LA PLANTA	103
7.8. ESTIMADO DEL COSTO TOTAL.....	103
8. CONCLUSIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS.....	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de una planta de tratamiento de agua	23
Figura 2: Esquema Básico de un Desarenador	25
Figura 3: Resalto hidráulico usado para mezcla rápida	26
Figura 4: Tipos de Floculadores.....	28
Figura 5: Esquema de un sedimentador.....	29
Figura 6: Esquema del Filtro	31
Figura 7: Sala de desinfección.....	33
Figura 8: Localización de la Planta	40
Figura 9: Esquema de la Planta.....	45
Figura 10: DFD del funcionamiento de la planta	49
Figura 11: Bocatoma.....	51
Figura 12: Esquema Bocatoma.....	51
Figura 13: Desarenador	53
Figura 14: Esquema Desarenador	53
Figura 15: Perfil Creager.....	56
Figura 16: Dosificador EMEC.....	57
Figura 17: Tanque se suministró con Dosificador	57
Figura 18:Floculador Alabama o cox	58
Figura 19: Floculador	59
Figura 20: Sedimentadores.....	60
Figura 21: Esquema Filtro Planta.....	61

Figura 22: Filtros	62
Figura 23: Tanque Elevado.....	63
Figura 24: Placa Motor Eléctrico	64
Figura 25: Bomba Del tanque.....	64
Figura 26: Dosificador de Cloro	65
Figura 27: Tanques de Cloro	65
Figura 28: Edificio de Operación.....	66
Figura 29: Laboratorio.....	66
Figura 30: Tanques Pueblo.....	67
Figura 31: Bocatoma.....	76
Figura 32: Canal y cámara de llegada del desarenador	78
Figura 33: Canal desarenador	78
Figura 34: Suministro del cloro al agua.....	84
Figura 35: Tanques de cloro	85
Figura 36: Dosificador y condiciones eléctricas	85
Figura 37: Válvulas de salida de los filtros.....	88
Figura 38: Filtros y sedimentador.....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:Tabla de localizaciones.....	39
Tabla 2: Nivel de Complejidad	41
Tabla 3: Censo DANE.....	42
Tabla 4: Consumo por casa	43
Tabla 5: Referencia a la localización	69
Tabla 6: Código de los subsistemas	70
Tabla 7: Tipo de función del elemento	72
Tabla 8: Clasificación para la planta	69
Tabla 9: Dotación por suscriptor según el nivel	74
Tabla 10: Caudales estimados de la población	74
Tabla 11: Resumen de las Valoraciones de la Planta.....	97
Tabla 12: Estimado de costos totales	104

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo A. Formulario de Diagnóstico Realizado	112
Anexo B. Inventario	123
Anexo C. Plan de Mantenimiento	131
Anexo D. Guías de Mantenimiento	159
Anexo E. Registro de Información	164
Anexo F. Formulario de diagnóstico vacío	166

GLOSARIO

Acueducto: Conjunto de sistemas utilizado para transportar agua desde un yacimiento o depósito natural de esta a un punto donde se requiera.

Cloración: Aplicación de cloro al agua para la desinfección de esta, matando las bacterias.

Cloro residual: Concentración de cloro presente en el agua después de un tiempo determinado de la aplicación y mezcla de este con el agua.

Desarenador: Sistema usado para remover las arenas y algunos sólidos suspendidos presentes en el agua mediante proceso de gravedad.

Dosificación: Acción de suministrar algún tipo de químico al agua en una cantidad medida.

Filtración: Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua haciendo pasar el flujo por un medio poroso.

Filtración rápida: Proceso de filtración realizado a una velocidad elevada.

Floculación: Agitación lenta del agua con coagulante que provoca la formación de aglomeraciones de partículas suspendidas llamadas flocs.

Granulometría: Medición del tamaño de los granos o partículas y estudio de la distribución de estos en un arreglo determinado.

Lecho filtrante: Medio compuesto por material granular por el que se hace pasar el flujo y en donde se retienen partículas presentes en él.

Mantenimiento: Conjunto de acciones realizadas en instalaciones o equipos para la reparación o prevención de daños en estos.

Mezcla rápida: Agitación violenta del flujo del agua para dispersar un producto químico agregado a esta.

Potabilización: Proceso mediante que se le realiza al agua para transformarla en apta para el consumo humano.

Precloración: Proceso en el cual se suministra cloro al agua antes de realizarse el proceso de desinfección.

Sedimentación: Proceso de separación del agua y los sólidos suspendidos en esta mediante gravedad.

Sólidos suspendidos: Partículas sólidas no disueltas presentes dispersas en el agua.

Turbiedad: Propiedad del agua que mide la transparencia perdida por la luz reflejada que se dispersa en las partículas suspendidas en ella.

RESUMEN

Título: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA PLANTA DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE LA PAZ CESAR*

Autores: Camilo Ernesto Beltran Torres, Gustavo Alfonso Díaz Mantilla**

Palabras Clave: Planta de tratamiento de agua, Mantenimiento, Acueducto

Cualquier asentamiento humano por pequeño que sea necesita un sistema de suministro de agua que satisfaga las necesidades de la población. En la antigüedad estos sistemas se caracterizaban por tomar el agua de ríos y manantiales cercanos a la urbe, cosa que en los tiempos actuales ha dejado de ser posible debido a la contaminación y al tamaño de la población. En la actualidad, los acueductos se especializan en el suministro adecuado del agua y debido al considerable incremento de la contaminación se deben realizar los procesos necesarios para una correcta potabilización. En el municipio de La Paz Cesar, el acueducto funciona de manera ineficiente debido a que no es capaz de brindar un suministro constante de agua a la población, para ellos se plantea el diagnóstico del acueducto, el cual abarcaría desde la captación del agua hasta los respectivos tanques de almacenamiento del municipio, con el fin de encontrar y solucionar algunos de los problemas del sistema de agua potable del municipio. Para ello se usarán las normas nacionales que permitan conocer los aspectos mínimos de funcionamiento que se deben cumplir en Colombia para el manejo de aguas de consumo humano, esto permitirá conocer en qué aspectos está fallando el acueducto municipal respecto a las normas nacionales, una vez identificado las problemáticas de la planta de agua, se plantearán soluciones que permitirán mejorar el servicio en el acueducto.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Javier Rúgeles

SUMMARY

TITLE: DIAGNOSIS AND PROPOSAL FOR THE IMPROVEMENT OF THE MUNICIPAL AQUEDUCT PLANT OF LA PAZ CESAR*

AUTHOR: Camilo Ernesto Beltran Torres, Gustavo Alfonso Días Mantilla**

KEY WORDS: Water Treatment Plant, Aqueduct, Maintenance

Any human settlement, no matter how small, needs a water supply system to meet the needs of the population. In ancient times these systems were characterized by taking water from rivers and springs near the city, which is no longer possible due to pollution and the size of the population. At present, aqueducts specialize in the adequate supply of water and due to the considerable increase in contamination, the necessary processes must be carried out for proper purification. In the municipality of La Paz Cesar, the aqueduct works inefficiently because it is not able to provide a constant supply of water to the population, for them the diagnosis of the aqueduct is proposed, which would cover from the water catchment to the respective storage tanks of the municipality, to find and solve some of the problems of the drinking water system of the municipality. For this purpose, national standards will be used to know the minimum aspects of operation that must be met in Colombia for the management of water for human consumption, this will allow to know in which aspects the municipal aqueduct is failing with respect to national standards, once the problems of the water plant are identified, solutions will be proposed that will allow to improve the service in the aqueduct.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Javier Rúgeles

INTRODUCCIÓN

Cualquier asentamiento humano por pequeño que sea necesita un sistema de suministro de agua que satisfaga las necesidades de la población. La solución empleada desde la antigüedad y la más común consistía en establecer los centros urbanos cerca de ríos o de manantiales. Pero esto cambia cuando el asentamiento supera un tamaño que no le permite cumplir los requerimientos de la población; por tal motivo nacieron los acueductos, que consisten en brindar el suministro de agua potable en la ciudad o centro urbano, gracias a diferentes formas, tales como canales que recogían el agua y la transportaban a un lugar accesible para las personas de la localidad.

En la actualidad los acueductos han avanzado notablemente y se especializan en el suministro de agua del asentamiento. Debido a la contaminación y al incremento de las poblaciones en todo el mundo, es muy difícil encontrar agua completamente potable en la naturaleza, según datos oficiales es solo del 0,007%¹ de la que hay en el mundo, debido a esto las ciudades y pueblos del mundo han tenido la necesidad de utilizar sistemas con el fin de limpiar el agua de los ríos, para su uso sin ningún tipo de riesgo para la salud de la localidad.

¹ AQUAE Fundación, «Cuanta agua potable hay en la Tierra,» [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/>. [Último acceso: 4 Noviembre 2019].

Estos sistemas se conocen como plantas de tratamiento de agua, el cual es un sistema hidráulico con la finalidad de recoger el agua de un embalse o ríos y someterla a varios procesos con el fin de que sea apta para consumo diario de la población², para su posterior suministro a la población.

Como hemos mencionado el buen funcionamiento de los acueductos es de vital importancia para el desarrollo de los habitantes, por eso en el municipio de La Paz, Cesar hay una gran problemática con sus pobladores y su derecho al agua, pues actualmente el servicio no es constante en la mayoría de las casas del municipio, debido a problemas de suministro del agua por parte del acueducto, esto hace que no se cumpla los requerimientos mínimos de funcionamiento, debido a que el agua potable que llega a las casas no lo está haciendo de manera permanente, solamente llegando a ciertas horas del día perjudicando en gran manera a la población de la localidad.

² iagua, «¿Qué es una planta potabilizadora?,» abril 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/mexico/conagua/17/04/05/que-es-planta-potabilizadora>. [Último acceso: 5 noviembre 2019].

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer una mejora general en la planta de tratamiento de agua del municipio de La Paz Cesar, que se vea reflejado en un aumento del rendimiento de la planta, mediante un diagnóstico general de esta, para un adecuado suministro de agua potable en el pueblo, contribuyendo con la misión de la escuela de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander de dar solución a problemas sociales y mejorar la calidad de vida de las personas.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnóstico en la planta de tratamiento de agua, determinando la criticidad de los subsistemas y con estos crear un modelo de calificación para la planta en donde se verifique el funcionamiento de la infraestructura existente, desde la captación del agua, al tanque de almacenamiento del acueducto.
- Proponer unas soluciones a las problemáticas encontradas en la planta basado en el modelo de clasificación del diagnóstico a realizar, el cual tiene

como fundamento un modelo de criticidad. Con esto se obtendrá un aumento de la calificación obtenida en el diagnóstico de la planta.

- Proponer un plan de mantenimiento de la planta, teniendo en cuenta el funcionamiento operacional de esta, para conservarla en optimas capacidades y en donde se implementen las mejoras propuestas.
- Estimar los costos de las propuestas de solución, identificando la infraestructura, herramientas y mano de obra necesarias, para así facilitar la implementación de estas por los organismos encargados de las instalaciones.

2. JUSTIFICACION

Con sus más de 20 000 habitantes y el continuo crecimiento de esta cifra, en La Paz se hace evidente la necesidad de un sistema de potabilización de agua que garantice no solo el correcto saneamiento del agua, sino que también, un suministro continuo a la comunidad. Este servicio debe ser garantizado para el correcto desarrollo de la comunidad en hogares, comercio e industria.

Además, es importante mencionar que con un suministro continuo y limpio de agua en las viviendas y lugares de industria y comercio juegan un papel clave dentro de la salud en general de los habitantes de La Paz. Con esto se evitan sistemas caseros de almacenamiento de agua, no adecuados como sistemas de almacenaje, pues la gran mayoría son tanques de agua, que se encuentran ubicados dentro de los baños y cocinas de la casa, los cuales son usados para el uso de cocina y personal. En los patios también existe un almacenamiento de agua, generalmente en forma de piletas o albercas, las cuales al estar abiertas son fuentes de enfermedades y vectores de esparcimiento de estas.

Asimismo, el crecimiento comercial e industrial de la ciudad también se vería beneficiado con un sistema adecuado de suministro de agua, pues con este, se tiene una producción limpia y continua, presentando una mayor calidad en productos y servicios ofrecidos, generando más confianza y una mayor atención del exterior del municipio. Cabe mencionar que La Paz no solo se ubica en una vía

nacional importante que conecta el interior del país con el departamento de la guajira, sino que también se encuentra en las inmediaciones de la capital del departamento y en sus cercanías se construirá una sede de la Universidad Nacional de Colombia, por lo que se asume el flujo y establecimiento de un grupo considerable de personas por este municipio, que al contar con una correcta prestación de servicios de agua potable lograría positivamente la atención de sus visitantes y recién llegados.

3. ESPECIFICACIONES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)

3.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA³

Una planta o estación de tratamiento de agua es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas ellas deben cumplir los mismos principios.

- Combinación de barreras múltiples (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar bajas condiciones de riesgo.
- Tratamiento integrado para producir el efecto esperado.
- Tratamiento por objetivo (cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo de contaminante).

³ AGUASISTEC, «Planta de Tratamiento de Agua Potable – PTAP,» junio 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>. [Último acceso: 5 noviembre 2019].

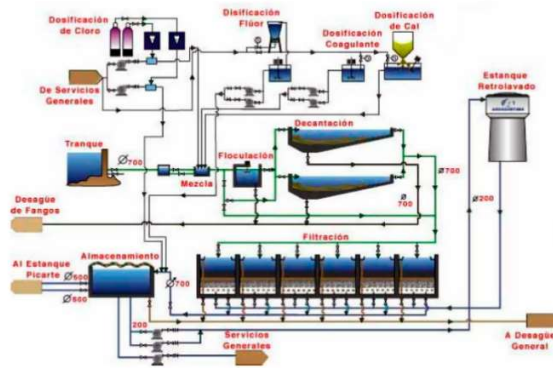
Si no se cuenta con un volumen de almacenamiento de agua potabilizada, la capacidad de la planta debe ser mayor que la demanda máxima diaria en el periodo de diseño.

Además, una planta de tratamiento debe operar continuamente, aún con alguno de sus componentes en mantenimiento; por eso es necesario como mínimo dos unidades para cada proceso de la planta.

El tratamiento de aguas y las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

Figura 1: Esquema de una planta de tratamiento de agua



Fuente: <https://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

3.2. POTABILIZACION⁴

La potabilización del agua es el proceso por el cual se trata el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para su salud. Se refiere tanto para beber como para preparar alimentos.

La potabilización consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc, así como algas, arenas

⁴ Acciona, «Potabilización del Agua,» 8 Enero 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/>. [Último acceso: 7 Noviembre 2019].

o las bacterias y virus que pueden estar presentes en el agua. En definitiva, eliminar cualquier potencial riesgo para la salud de las personas.

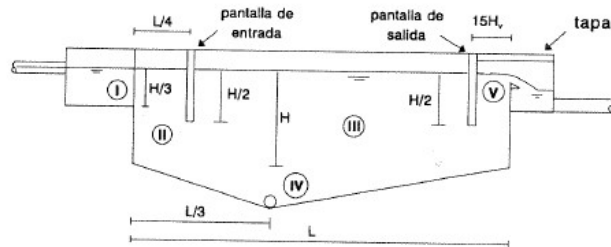
3.3. ETAPAS DE LA POTABILIZACION

Para poder hacer una buena potabilización se necesitan conocer las etapas por las que debe pasar el agua para poder alcanzar el estado óptimo para el consumo humano, que terminaran formando el sistema de potabilización, que junto a la infraestructura forman lo que se conoce como la planta de tratamiento de agua, cada sistema es esencial en el proceso y tiene una función específica que se debe realizar para poder efectuar de manera correcta el tratamiento del agua.

- **DESARENACIÓN⁵:** El desarenado y el desengrasado consisten en hacer pasar el agua por depósitos en los que se consigue, reduciendo la velocidad de flujo del agua, que las arenas se hundan y las grasas floten. Se inyectan microburbujas de aire para acelerar la flotación de las grasas. La arena se bombea y las grasas se extraen de la superficie con rasquetas.

⁵ Enviroment by Technology., «Emolatina,» [En línea]. Available: <https://www.emolatina.es/tecnologia-y-productos-emo-france/desarenado-desengrasado/>. [Último acceso: 06 Febrero 2020].

Figura 2: Esquema Básico de un Desarenador



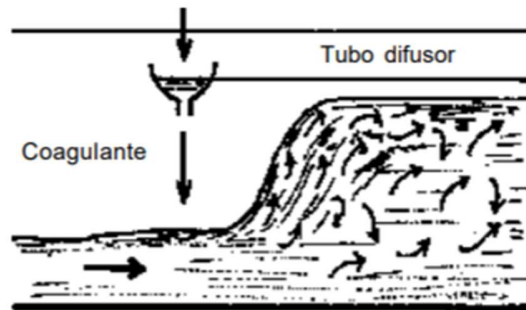
Fuente: Elementos Para diseño de Acueductos.

- **COAGULACION⁶:** Los procesos que se llevan a cabo en esta etapa del tratamiento del agua potable son la dosificación y la mezcla rápida. La cual consiste en añadir los químicos coagulantes que harán efecto en la etapa de floculación, estas 2 etapas deben estar lo más cerca posibles de la una de la otra. Se usará principalmente un sistema de dosificación de los químicos como una cámara de mezclado, en donde se unirá el agua proveniente de la captación con los químicos suministrados.

Esta esta etapa se caracteriza más que todo por lo variable que puede ser en sus instalaciones, existiendo diversos métodos para la mezcla rápida, así como para la dosificación, varían dependiendo de las instalaciones y el caudal en la planta.

⁶ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. A.58.

Figura 3: Resalto hidráulico usado para mezcla rápida



Fuente: Tratamiento de agua para consumo humano

- **FLOCULACION⁷:** En el proceso convencional de tratamiento se añade un coagulante al agua fuente para crear una atracción entre las partículas en suspensión. La mezcla se agita lentamente para inducir la agrupación de partículas entre sí para formar “flóculos”. El agua se traslada entonces a un depósito tranquilo de sedimentación para sedimentar los sólidos. Para poder ejecutar de manera adecuada la floculación es necesario toda una etapa en la planta de tratamiento, a este implemento se le conoce como floculador, del cual existen 2 tipos principales, hidráulico y mecánico. A continuación, se presentarán las actividades correspondientes al mantenimiento de cada tipo según la norma colombiana:

⁷ National Academy Of Sciences, «El Agua Potable es Esencial,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>. [Último acceso: 06 02 2020].

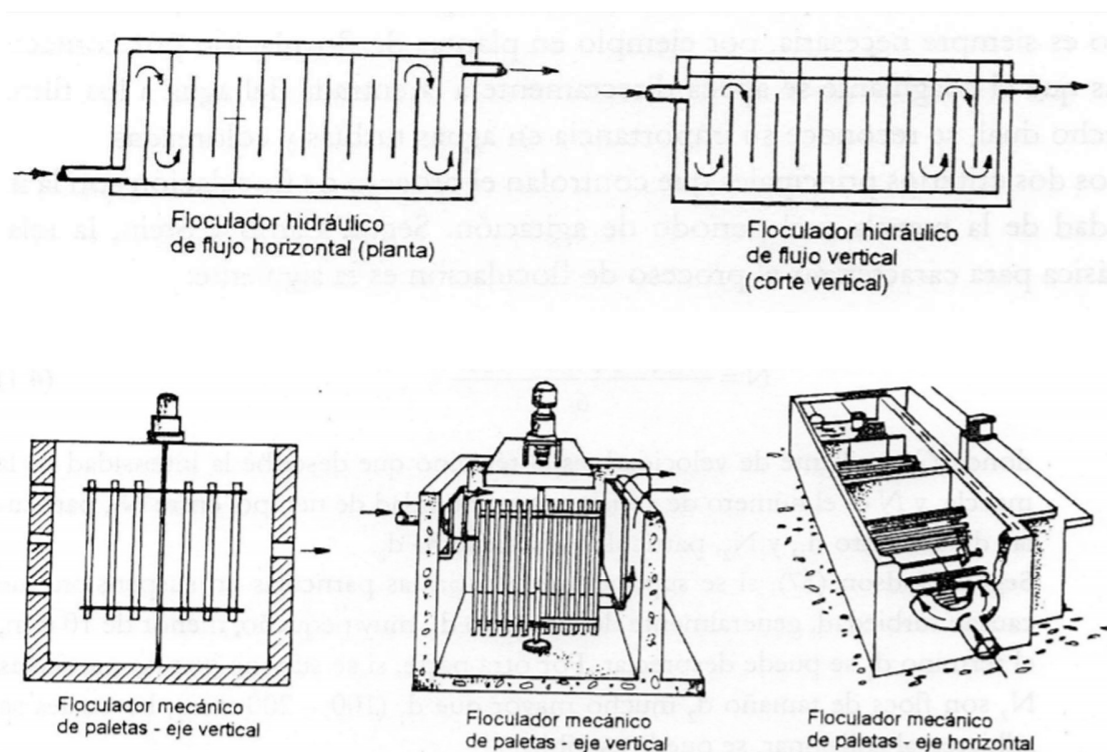
a. Floculadores hidráulicos

1. Inspección, reacondicionamiento y limpieza del mezclador.
2. Revisión de válvulas o compuertas.
3. Deben recolectarse los datos necesarios para llevar una hoja de vida del equipo.

b. Floculadores mecánicos

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del floculador.
2. Registro de vibraciones y estabilidad en el funcionamiento.
3. Lubricación de cadenas, correas, ruedas y poleas.
4. Pintura exterior para las partes metálicas.
5. Verificación de las condiciones eléctricas y temperatura del motor.
6. Revisión de los reductores y variadores de velocidad
7. Chequeo de empaquetaduras en la prensa.
8. Revisión de válvulas o compuertas.
9. Deben recolectarse los datos necesarios para llevar una hoja de vida del equipo.

Figura 4: Tipos de Floculadores



Fuente: *Sistemas de abastecimiento de agua potable*

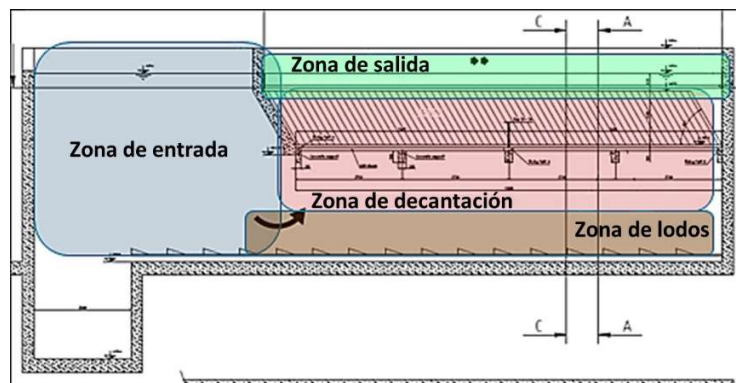
- **SEDIMENTACIÓN⁸:** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, es decir, se separan por diferencia de densidades y debido a la cantidad de movimiento los sedimentos quedan en fondo para ser eliminadas en lo que será conocido como lodos. Se recomiendan dos

⁸ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. B.475.

sedimentadores en la planta y las actividades de mantenimiento recomendadas según la norma colombiana son las siguientes:

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del sedimentador.
2. Verificar si existe en la estructura indicios de fisuras y detección de problemas para corregirlos.
3. Pintura exterior para las partes metálicas.
4. Remoción de lodos y partículas sedimentadas.
5. Revisión de válvulas o compuertas.
6. Recolección de datos.

Figura 5: Esquema de un sedimentador.



Fuente: GONZÁLEZ, M. 2015 [imagen online]

- **FILTRACION⁹:** En este proceso, la masa de agua proveniente de la sedimentación se hace pasar por un medio poroso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y algunos microorganismos quedando estas retenidas en el filtro. Este proceso puede ser clasificado según, su velocidad de filtración, medio filtrante, sentido de flujo de la masa de agua o la carga sobre el lecho.

La hidráulica del filtro debe diseñarse para que como mínimo pueda disponer de 2 m de pérdida de carga durante la carrera de filtración.

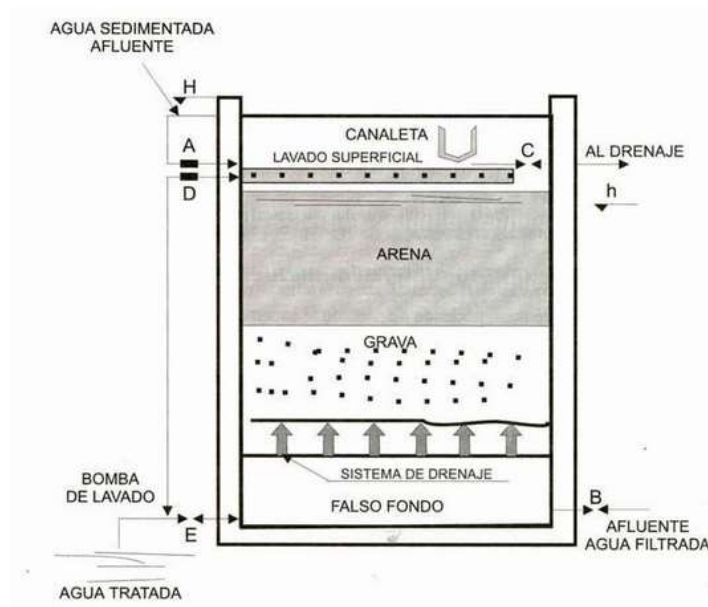
Para el diagnóstico del filtro se debe seguir el procedimiento que manda la norma colombiana, en donde dice:

1. Verificar si existe en la estructura indicios de fisuras y detección de problemas para corregirlos.
2. Revisión del funcionamiento de las válvulas o compuertas.
3. Pintura externa para las partes metálicas.¹⁰

⁹ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. A.95

¹⁰ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. C.175

Figura 6: Esquema del Filtro



Fuente: SENA, operación y mantenimiento de plantas de potabilización del agua [imagen: online]

- **DESINFECCIÓN¹¹**: Debido a las bacterias que hay en el medio ambiente y que es posible encontrar en la misma agua procedente de la captación de esta, existe un tratamiento mínimo que debe hacerse al agua es la desinfección con el fin de entregarla libres de los organismos patógenos.

¹¹ R. A. L. Cualla, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería , 1995, p. 203.

Además de proveer una protección adicional contra la contaminación eventual en la red de distribución. Para la desinfección del agua usamos la cloración.

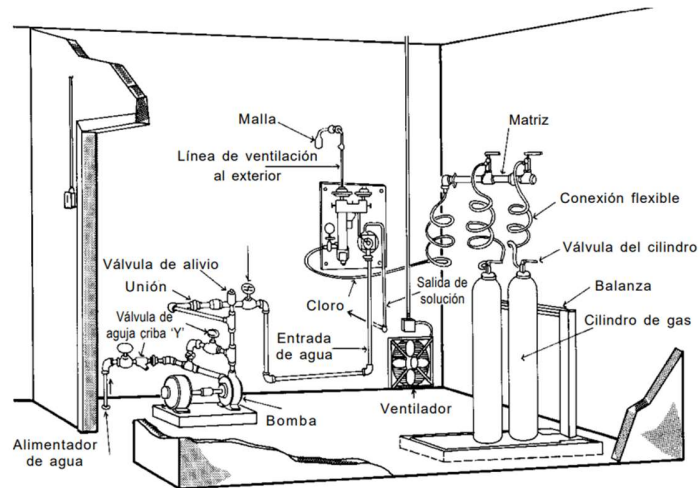
Este procedimiento es bastante efectivo y de uso generalizado en Estados Unidos y en nuestro medio. Es un sistema de desinfección bastante económico en comparación con otros usados. Las dosis de cloro empleadas en estos sistemas son determinadas por medio del RAS¹²; Para el uso de dichos sistemas se usan diferentes tipos de dosificadores, dependiendo del tipo de químicos que se le suministran al líquido, estos químicos pueden ser sólidos o líquidos, con lo cual establece la categoría del dosificador a usar, a pesar de esto el diagnóstico para cada dosificador sigue la misma secuencia de pasos provenientes de la RAS, estos son:

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del dosificador.
2. Revisión de las válvulas o compuertas.
3. Verificación de las condiciones eléctricas del motor.
4. Registro de vibraciones y estabilidad en el funcionamiento.

¹² Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, Título A, 2017.

5. Limpieza, calibración y lubricación de mecanismos de dosificación.¹³

Figura 7: Sala de desinfección



Fuente: Tratamiento de agua para consumo humano

3.4. INFRAESTRUCTURA

Conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de una actividad o para que un lugar pueda ser utilizado. En este caso para la planta de tratamiento de agua potable, deben cumplir con los requerimientos de diseño y

¹³ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. C.176

la demanda de la planta, manteniendo en funcionamiento los componentes necesarios para la correcta operación de potabilización del agua.

3.4.1. Edificio de operación¹⁴: Es el sector en la planta de tratamiento en la que se encuentran algunas de las áreas de operación de la planta y/o de administración, debe cumplir los requisitos mínimos impuestos por la norma colombiana, acorde al tipo de acueducto que se desee implementar, debe contar con un área especializada para bodega de almacenamiento, sistema de desinfección, almacenamiento para los cilindros de cloro, laboratorio de servicios, sala de operadores, oficina de laborista y depósitos de reactivos.

A su vez en la planta es necesario la creación de zonas tales como Laboratorio fisicoquímico y microbiológico; Oficina del administrador de la planta con su baño; Oficina del jefe de mantenimiento y auxiliares; Batería de baños; Cocineta; Cuarto de aseo; Zonas de esparcimiento y Parqueaderos. Servicios de agua potable. Alcantarillado o tratamiento individual, gas para el uso del laboratorio, energía eléctrica o planta, forma de comunicación con el edificio.

¹⁴ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. A.62

3.4.2. Obras de captación¹⁵: Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento. Dependen totalmente de la geografía del terreno y de las condiciones del río de donde se quiera extraer el agua, pues dependen principalmente de las condiciones geográficas de la fuente de abastecimiento ya sea un río caudaloso con gran pendiente o un pozo subterráneo. Los tipos de obras pueden ser: Toma lateral, Toma en rejilla, toma sumergida, presa en derivación, cámara de toma directa, muelle de toma, entre otros. Estos tipos de captaciones tienen que contar con unos requisitos mínimos tales como el caudal permitido para el tipo de acueducto a alimentar incluyendo la calidad del agua, además de contar con los cerramientos correspondiente para mantener a la fauna alejada de la respectiva captación.

Teniendo en cuenta la norma colombiana, los aspectos a considerar durante la operación de captación son:

- Caudal
- Calidad del agua
- Canales
- Rejillas

¹⁵ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. B.61-63.

Con respecto a las obras de mantenimiento la norma nos dice que: las operaciones de mantenimiento y limpieza de todas las estructuras que forman la obra de captación no deben interferir el normal funcionamiento de ésta.

Y que en relación con el mantenimiento preventivo y correctivo se debe tener en cuenta la complejidad del sistema y manejarse de la siguiente forma:

1. En el nivel de complejidad del sistema bajo, las labores de mantenimiento serán preferiblemente correctivas.
2. Para el nivel de complejidad del sistema medio, las labores de mantenimiento serán preferiblemente correctivas, pero se recomiendan mantenimientos preventivos.
3. Para los niveles de complejidad del sistema medio alto y alto, las labores de mantenimiento siempre deben ser preventivas.
4. Para todos los niveles de complejidad del sistema, las labores de mantenimiento de todo equipo electromecánico deben ser preventivas.

3.4.3. Tanque de almacenamiento: Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos pico, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas. Para las labores de diagnóstico en el tanque de almacenamiento se deben tener en cuenta las filtraciones que pueda tener el tanque las cuales son detalladas en la norma RAS

en el literal B.9.9.2. Las cuales repercuten en la eficacia del sistema de impermeabilización que posea el tanque, estas filtraciones no deben exceder el valor de 1 *L/min* por cada 5000 *m*³.¹⁶

¹⁶ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p. B.412; B.415.

4. CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA

Para el correcto procedimiento del diagnóstico debemos hacer una caracterización de la planta, en donde conoceremos datos de importancia que son necesarios para entender la situación actual de la planta, que serán la base del diagnóstico, estos datos son: Su localización, población a la que actualmente abastece, caudal actual por habitante, nivel de complejidad del sistema acorde a la norma nacional, reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS2017¹⁷; y por último la descripción de PTAP, en donde nos enteraremos en detalle el funcionamiento de la planta y los subsistemas que esta posee en el debido proceso de potabilización.

Con esta información realizamos el diagnóstico de la planta en donde comparemos lo que se tiene con los mínimos estándares a los que debe funcionar la planta según la RAS2017.

4.1. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Es importante tener en cuenta la localización de la PTAP pues nos permitirá saber las condiciones climáticas a las cual el municipio está expuesto climáticamente, el

¹⁷ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017.

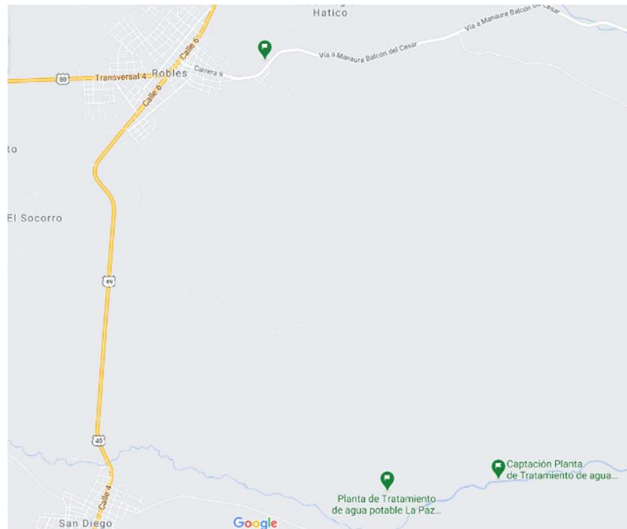
cual es un factor importante a la hora de determinar el caudal necesario para una población, con dichas características. Esta planta de tratamiento de agua potable se encuentra localizada en el municipio de La Paz, departamento de Cesar, en cercanías con la ciudad de Valledupar, la planta usa como fuente de abastecimiento a el Río Chiriaimo este nace en el municipio de La Paz en el Páramo de Sabana Rubia en el parque natural regional serranía del Perijá a una altura de 3200 m.s.n.m. aproximadamente y luego de un recorrido de 47.65 Km desemboca en el río Cesar a una altura de 100 m.s.n.m.

Se muestra además la cercanía entre las cabeceras municipales de los municipios a los cuales provee el agua la planta, los cuales son La Paz y San diego, Se aprecia que la planta está en las faldas de la serranía del Perijá. En la tabla se muestran las localizaciones geográficas de la planta de tratamiento, bocatoma y tanques de almacenamiento. Con los metros sobre el nivel del mar (msnm) de cada uno.

Tabla 1:Tabla de localizaciones

Localizaciones				
		Latitud	Longitud	M.S.N.M
1	Bocatoma	10.339	-73.1313	288
2	Planta de tratamiento	10.3379	-73.1446	262
3	Tanques de almacenamiento en el pueblo	10.3883	-73.1588	198

Figura 8: Localización de la Planta



Fuente: Google Maps

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO.

Para el correcto funcionamiento de la PTAP se debe tener en cuenta datos específicos acerca de la población de diseño del municipio para el cual funciona la planta de tratamiento, estos datos permitirán clasificar la complejidad del sistema del acueducto según la norma RAS2017¹⁸. La clasificación del proyecto o el acueducto en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica.

¹⁸ Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, 2017, p, A.5

Además de esto se debe conocer la demanda y/o necesidades actuales y futuras del sistema, con el objetivo de mantener un adecuado funcionamiento de la PTAP ante la población de la cual estaría suministrando el servicio de agua potable.

4.2.1. Complejidad de la PTAP: Para determinar la complejidad de la planta se tiene que ver la población del municipio de esta forma podremos ver un estimado actual de las capacidades en las cual debería de funcionar la planta de manera ideal, además de esto gracias al DANE se tienen registros históricos que permitirán visualizar el crecimiento municipal lo que permitirá verificar si la planta prestará el servicio de manera adecuada durante los próximos años o requerirá una ampliación, esto basado en las siguientes tablas en donde podremos verificar el nivel de complejidad del sistema, lo que será de vital importancia a la hora de ejecutar el respectivo diagnóstico de la PTAP.

Tabla 2: Nivel de Complejidad

Nivel de complejidad	Población en la Zona Urbana	Capacidad económica de los
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alto

Fuente: RAS2017

Con base a los censos nacionales realizados por el DANE, tabla 3, podremos decir que la complejidad del sistema, el cual solo abarca la cabecera municipal, será de

un nivel medio alto, esto fijaría unos estándares mínimos de funcionamiento de esta planta.

Tabla 3: Censo DANE

Años	Total	Cabecera	Rural
1985		8345	
1993		10233	
2005		13101	
2018	27759	19622	8137
2020	28993	20443	8550
2024	31461	22087	9374
2025	31855	22332	9523
2035	35331	24461	10870

Fuente: DANE

Con base a estos datos de la población podemos decir que para el municipio de La Paz la planta de tratamiento debe estar en un nivel de complejidad de medio alto.

4.2.2. Caudal actual: No se cuenta con mediciones exactas ni confiables para el caudal en el municipio, ya que no cuenta con micromedidores y macro medidores funcionales; en el caso de los micromedidores, no existe ninguna forma para contabilizar el consumo por suscriptor. La empresa del servicio maneja una tarifa fija para cada suscriptor del municipio, lo cual no es pertinente; y con respecto a los macro medidores, estos no están funcionando adecuadamente. Por esto se opta, para calcular el consumo de agua, una encuesta en algunos hogares de la población, en donde conoceremos el consumo de agua diario, en base a esto sacaremos un promedio, teniendo en cuenta los habitantes de cada hogar.

Tabla 4: Consumo por casa

Casas	Personas por hogar	Consumo diario en litros	Litros de agua Por habitante
1	3	216	72
2	4	240	60
3	4	260	65
4	3	174	58
5	7	483	69
6	5	300	60
7	4	248	62
8	5	285	57
9	8	440	55
10	4	240	60
Promedio	4.7	288.6	61.8

Al multiplicar el promedio de los litros de agua por habitante por la población actual, 20443, según la tabla 3. Determinamos la cantidad de agua que debe circular al día en la planta, $1263377,4 L = 1263,4 m^3$

4.3. DESCRIPCIÓN DE LA PTAP, SUBSISTEMAS E INFRAESTRUCTURA

Se presenta la descripción de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal de La Paz. La información se estructuró a partir de trabajos de campo en las diferentes componentes.

La cabecera municipal de La Paz cuenta con un sistema de acueducto por gravedad, actualmente es administrada el sistema por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del municipio de La Paz "EMPAZ E.S.P. Los componentes que conforman el sistema de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) son

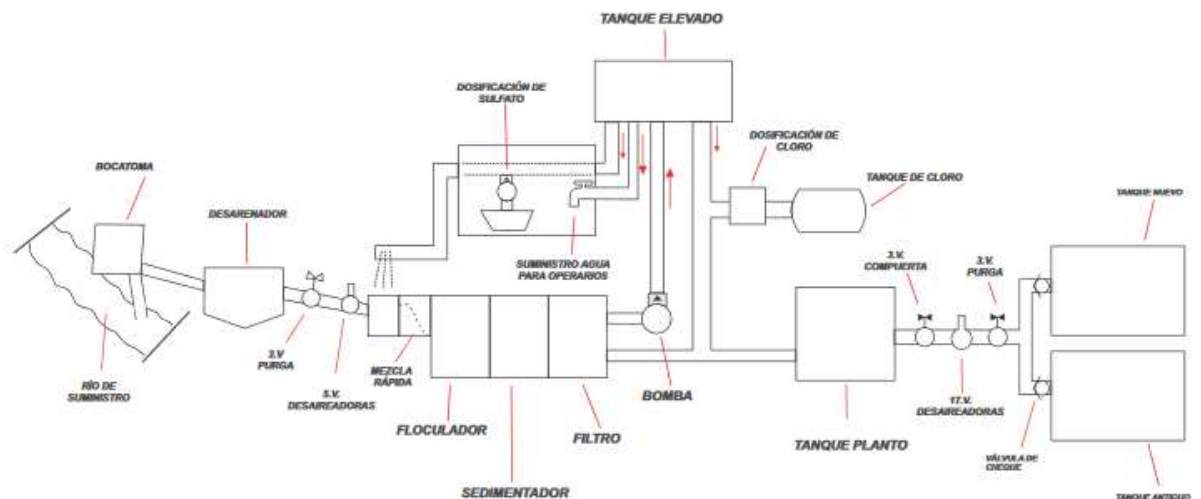
la fuente de abastecimiento, captación, aducción bocatoma, desarenador, línea desarenador-Planta, planta de tratamiento, línea planta-tanques y los respectivos tanques de almacenamiento.

Hay que aclarar que todos los respectivos subsistemas de una planta de tratamiento de agua potable son críticos y esenciales para el respectivo proceso de potabilización, es necesario que cada uno de los respectivos subsistemas presentes en la planta esté funcionando a cabalidad para que la potabilización en la planta se dé adecuadamente.

4.3.1. Funcionamiento de la Planta: El proceso de potabilización de agua en el municipio de la paz se realiza de la siguiente forma. La captación, el proceso mediante el cual se toma el agua ingresa al sistema desde un río, única fuente de abastecimiento en la actualidad toma lugar a las afueras del municipio y se hace mediante el sistema conocido como bocatoma. La bocatoma está ubicada al costado del río, dispuesta de tal forma que aproveche su caudal incluso cuando es bajo. Esto mediante una rejilla alargada en la parte inferior de la estructura de concreto. Ya dentro de la bocatoma se encuentran dos conductos, un canal de desagüe que lleva de nuevo al río material flotante como hojas o ramas y otro que se dirige al desarenador ubicado a unos metros de esta zona. Siguiendo este canal, el agua ingresa a un desarenador ubicado en los mismos predios en donde se encuentra la bocatoma. El desarenador consta de una serie de piscinas

interconectadas entre sí por válvulas de compuerta que permiten su mantenimiento, allí, las piscinas con forma de tolva remueven los lodos del agua. En este dispositivo se debe remover mínimo el 75% de los lodos y cuenta con baipás para su mantenimiento, trampa de hojas y evacuación de exceso de caudal. Es importante mencionar que tanto la bocatoma como el desarenador cumplen su función para tratar el agua de los dos municipios, La paz y San Diego. Ya en la salida del desarenador se realiza la separación del agua por la tubería respectiva de cada uno de los dos municipios.

Figura 9: Esquema de la Planta



Fue construida una nueva tubería de doce pulgadas para conectar el desarenador con la sección de la planta de La Paz, sin embargo, es posible notar que, aunque la tubería antigua de diez pulgadas no debería estar funcionando, lo hace. Esta tubería

conduce el agua por gravedad desde la sección bocatoma-desarenador a la planta de tratamiento y en este tramo las tuberías cuentan con tres válvulas de purga en caso de necesitar desviar el caudal y hacer mantenimiento interno de la tubería y cinco válvulas de aireadoras encargadas de expulsar el aire dentro de la tubería.

Después de todo lo anterior el agua ingresa en la PTAP (planta de tratamiento de agua potable) llegando a un pequeño estanque, luego pasando por un muro difusor a través de sus orificios para recibir, de un tubo con perforaciones en la parte de arriba, la mezcla de policloruro y seguir por un perfil Creager en donde se efectúa la mezcla rápida. Ya aplicado el coagulante, es decir la mezcla de policloruro, se hace el proceso de floculación. Actualmente existen tres piscinas de floculación que a su vez conectan cada una con un sedimentador y este con dos filtros. A estos conjuntos floculador-sedimentador-filtros se les llamará módulos. Las tres piscinas de floculación tienen válvulas de entrada que deben permanecer abiertas durante el proceso y lo que se realiza en este sistema es la agitación del agua con coagulante para la aglomeración de sólidos suspendidos, lo que se conoce como formación de flocs. Luego entra al sedimentador en donde por efectos de gravedad estos flocs o sólidos suspendidos son retirados del agua. A este sistema se le debe hacer mantenimiento abriendo las compuertas que permitan la evacuación de lodos acumulados resultantes de la acumulación de sólidos suspendidos. Posterior a esto el agua ingresa a los filtros, dos por cada sección de floculador-sedimentador, que consiste en un lecho filtrante compuesto por grava, arena y antracita en donde se terminan de eliminar partículas no deseadas del agua. El mantenimiento de esta

sección se llama retro lavado y se hace cerrando la válvula de entrada al filtro, abriendo la compuerta de lavado y abriendo la compuerta de salida del agua de lavado. El agua que sale de este proceso toma dos caminos, en uno de estos se dirige mediante una tubería a una bomba hidráulica que la conduce a un tanque elevado a 11 metros y en el otro, sigue su conducción por gravedad al tanque de almacenamiento de la planta.

El tanque es el encargado de distribuir esta agua tratada a tres sistemas. El primero es el sistema de agua del edificio de operación, un edificio de dos plantas en el cual habitan los operarios de la planta. El segundo es el sistema de mezcla de agua con policloruro líquido, también ubicado en el edificio de operación en donde, mediante una bomba dosificadora se realiza la mezcla, que será el coagulante mencionado. Esta mezcla va por una tubería que termina en la ya nombrada sección de tubo con orificios que se rocía antes de la floculación. El tercer sistema es el que va hacia el siguiente proceso de potabilización, la desinfección.

El proceso de desinfección se lleva a cabo en la misma planta en un cobertizo en donde se sitúan los tanques de cloro para el proceso y como ya se mencionó recibe el agua del tanque elevado. El tanque de una tonelada de cloro suministra a través de una manguera y regulada por un dosificador una cantidad necesaria de cloro para la eliminación de diversas bacterias aun contenidas en el agua.

Al finalizar estos procesos el agua se dirige a un tanque de almacenamiento en la misma planta, el cual debería permanecer lleno para una correcta operación, pero

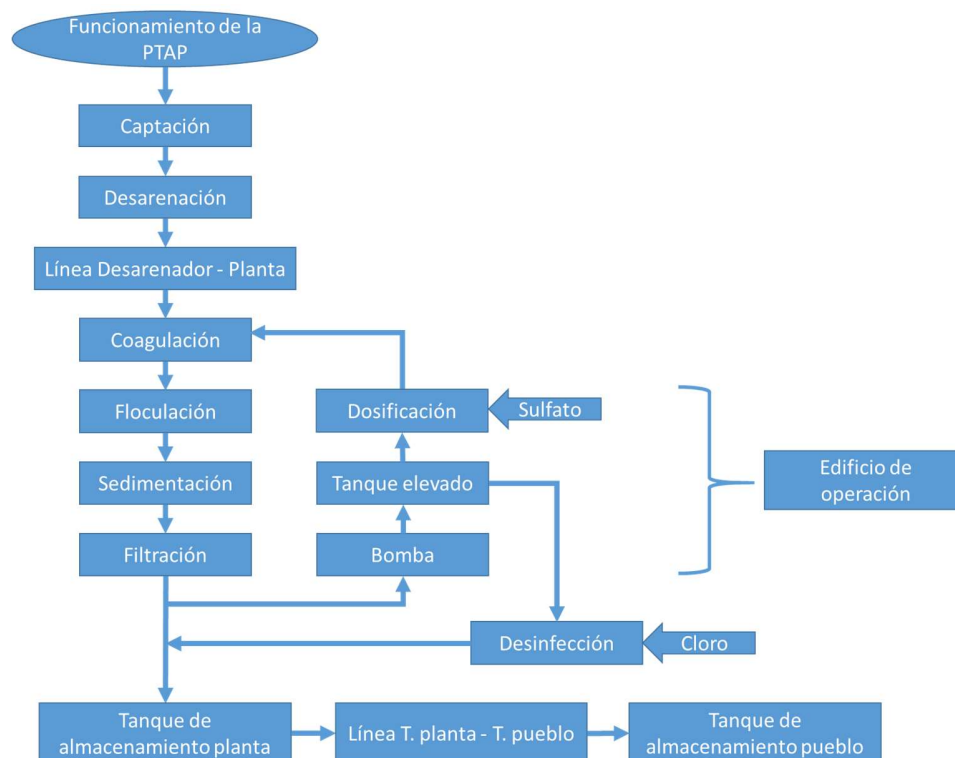
que actualmente no cumple esta característica. Este tanque con válvulas de cierre es el punto de partida para la tubería que conecta la planta con los tanques de almacenamiento del pueblo. la tubería de conexión tiene aparte de la válvula de cierre del tanque otras dos válvulas de compuerta, en la mitad y al final de la tubería. También cuenta con trece válvulas de purga y diecisiete de desaireación.

Finalmente, el agua llega a los tanques de almacenamiento del pueblo, ubicados a las afueras de este en la vía La paz-Manaure. Consisten en dos tanques, uno antiguo y otro de construcción más reciente en donde se almacena el agua que posteriormente será conducida a la red de distribución del pueblo.

Cabe mencionar que para un correcto desarrollo del proceso se deben realizar pruebas de todas las sustancias añadidas en el laboratorio del edificio de operación.

A continuación, se mostrarán un diagrama y un esquema particular para mostrar el funcionamiento y estructuras de la planta.

Figura 10: DFD del funcionamiento de la planta



4.3.2. Subsistemas de potabilización: A continuación, se van a especificar las construcciones que pertenecen a las etapas de potabilización de la PTAP del municipio junto con algunas de las especificaciones técnicas de cada etapa

- **Captación**¹⁹: La captación está ubicada en la vereda El Salto, en la finca San Vicente municipio de La Paz, a una distancia de 1615 m aproximadamente desde la planta de tratamiento, es una bocatoma lateral para captar a una

¹⁹ EMPAZ, «Descripción de la infraestructura existente de acueducto,» La Paz, 2014.

cota superior de la cresta del muro estabilizador del flujo, con rejillas laterales en platinas de 2" de ancho x 3/8" de espesor, separadas cada 6 cm e inclinadas 42° en el sentido de la corriente, para evitar la captación del material flotante o de arrastre; el muro disipador de energía es en concreto ciclópeo, reforzado en la parte superior y en la pared frontal para evitar su daño por los golpes de las piedras de gran tamaño. Las dimensiones son de 7.70 m de largo x 6.60 de ancho y 1.0 m de profundidad, adyacente al muro existente, quedando a una cota lámina de agua mínima de 290.86, la cota inferior de la rejilla es 290.44 garantizando, la captación de la corriente en época de verano. Como se ve en las figuras a continuación.

Después de las rejillas la caja de derivación recibe el líquido en un canal primario pasando a través de un vertedero de 1.60m a un canal secundario en el cual está instalada una compuerta 0.50 x 0.70m que controla la salida hacia el desarenador, seguido a esto continua con un canal de salida donde alimentan a las tuberías de aducción de 12" y 10" que van hacia el desarenador. En los dos primeros canales tiene aliviios de 0.15 x 0.30 m con sus compuertas, que sirven para descargar parte de los materiales pétreos y flotantes que logran pasar las rejillas.

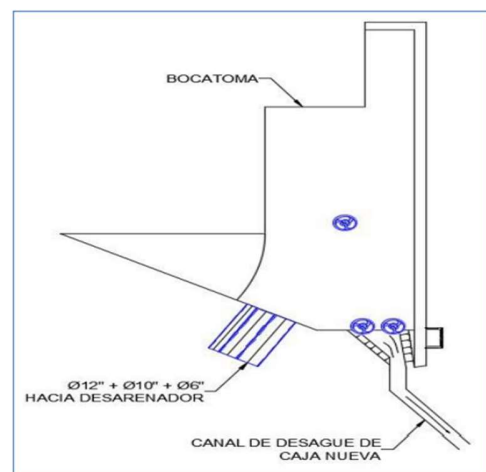
Para la comunicación del agua entre la bocatoma y el desarenador se cuenta con una línea de aducción por gravedad de la bocatoma hasta el desarenador de longitud 130 m, con dos tuberías en paralelo una de diámetro 12" de PVC

y una tubería de 10", donde caudal total de transporte de 0.258 m³/s a la llegada al desarenador en épocas de lluvias. La bocatoma solo se cierra antes grandes crecidas del río.

Figura 11: Bocatoma



Figura 12: Esquema Bocatoma



Fuente: Consorcio Fortalecimiento del Cesar

- **Desarenador**²⁰: El desarenador, se encuentra ubicado en los mismos predios de la captación, es un desarenador convencional de flujo horizontal está conformado por una cámara de aquietamiento de 1.05 x 4.50 m, pasa a través de una compuerta a una cámara en la que se encuentra ubica el muro

²⁰ EMPAZ, «Descripción de la infraestructura existente de acueducto,» La Paz, 2014.

difusor, el cuerpo del desarenador tiene una longitud de 21 m y un ancho de 4.50 y profundidad de 1.5 m, el sistema de almacenamiento de lodos está conformado por tres tolvas en forma de pirámide truncada invertida con una profundidad de 1.95 m, las tolvas de almacenamiento de lodos desaguan a unas compuertas de fondo de 12" posteriormente hay dos presedimentadores que ayuda a mejorar la calidad del agua desarenada de 5.0 m de largo por 5.0 m de ancho.

La operación normal de esta estructura debe permitir el paso del caudal requerido por el sistema de acueducto, garantizando una remoción mínima del 75% de manera que queden retenidos los sólidos que ingresen al sistema.

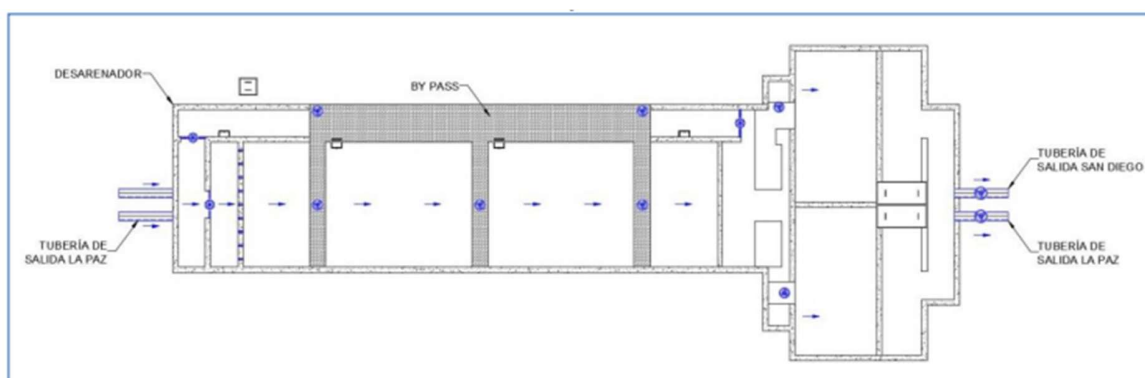
Continuo al desarenador, existen dos unidades de pre-sedimentación de 7.0 m de largo, 5.0 m de ancho y 4 m de profundidad cada uno, su capacidad volumétrica es de 235m³²¹.

²¹ Consorcio de Fortalecimiento del Cesar, «MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO,» Valledupar, 2019.

Figura 13: Desarenador



Figura 14: Esquema Desarenador



Fuente: Consorcio Fortalecimiento del Cesar

- **Línea desarenador-PTAP²²:** La aducción tiene una longitud de 1500 m, a partir del desarenador hasta la Planta de Tratamiento, a partir del desarenador se independizan los sistemas del acueducto de La Paz y San

²² EMPAZ, «Descripción de la infraestructura existente de acueducto,» La Paz, 2014.

Diego, que inicialmente operaba como un sistema regional hasta la planta de tratamiento. por decisión de las comunidades y autoridades municipales en actas de concertación, fue aprobada la separación de los dos sistemas actualmente salen dos líneas independientes una para el municipio de La Paz en diámetro 12” y 10” PVC que utilizarían para alimentar la población del municipio de La Paz.

- **Mezcla rápida²³**: En el sistema de coagulación de la PTAP del municipio cuenta con una cámara de llegada del agua con las medidas de: 1.67 m de largo, 1.10 m ancho y 1.74 m de profundidad, con espesores de muro en 0.14 m y 0.20 m a lo largo. Además de un muro difusor en concreto con las medidas de 1.10 m de ancho, 1.25 m de alto y 20 cm. de espesor, consta de 30 perforaciones circulares de 0.10 m de diámetro, separadas a lo ancho a cada 0.07 m y cada línea de 6 círculos separada a cada 0.05 m. Cabe resaltar que se cuenta con una respectiva válvula de baipás antes de continuar al perfil Creager, la cual se abre en épocas de sobrecargas para evitar el paso del agua los demás subsistemas

Para la ayuda de cuantificar el caudal que ingresa a la planta y para aumentar el régimen del agua para poder generar una mejor mezcla con los

²³ Consorcio de Fortalecimiento del Cesar, «MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO,» Valledupar, 2019.

coagulantes que ingresan en esta sección se tiene la ayuda de un vertedero rectangular, tipo Creager de 1.10 m de ancho, 1.25 m de largo y 0.76 m de altura y 0.20 m de espesor. En donde a través de esta estructura se efectúa la mezcla rápida y es el sitio donde se aplica el coagulante, "PAC" Policloruro de Aluminio, el cual se dosifica a través de un tubo PVC de 2" perforado.

El estanque de caída del agua del vertedero a los floculadores tiene 1.56 m de profundidad, de ahí sale un tubo de 10" en AC a una profundidad clave de 1.17 m y 1 m de longitud, la cual llega a una caja en concreto donde existen dos (2) compuertas de (0.25x0.25) m que permiten el paso a los dos floculadores más antiguos, el tubo de 10" en AC llega a una profundidad clave de 1.73 m, de esta caja sale un tubo de 6" en AC a una altura clave de 1.86 m y llega a una tercera caja (1.08 x 0.62 x 0.73) m con una compuerta que lleva el agua al tercer floculador. (Esta estructura tiene profundidad bajo terreno a 0.50m).

La operación de estas estructuras se limita a la manipulación manual de las compuertas las cuales se deben graduar de acuerdo con el caudal de ingreso requerido en cada uno de los módulos de tratamiento. El caudal que debe ingresar a cada una de estas estructuras se regula con la compuerta respectiva ubicada en la estructura de distribución de caudales anteriormente descrita

Figura 15: Perfil Creager



- **Dosificación:** El sistema de dosificación es el punto donde se aplica la solución o coagulante que ayudará a la posterior retención de sedimentos, por eso es de suma importancia observar la calidad de esta solución y los sistemas que la realizan. Dicho sistema se encuentra en el edificio de operaciones, es el encargado de ingresar el Policloruro de aluminio a la coagulación, de forma líquida. En esta sección se tendrá agua tomada del tanque elevado gracias a una tubería de media pulgada de PVC, se estima una longitud de esta de 40m, en donde se unirá un a la bomba dosificadora marca EMEC serie A, es graduable hasta un punto de 60L/h, en el sistema de dosificación solo se manejará como presiones máximas cercanas a 1bar de presión provenientes de la diferencia de altura del tanque elevado, además de un tanque de suministro del policloruro de alrededor de 500L.

Una vez pasa por el dosificador cambia a la tubería de 2" que llega al perfil Creager, en donde ocurre la mezcla rápida.

Figura 16: Dosificador EMEC

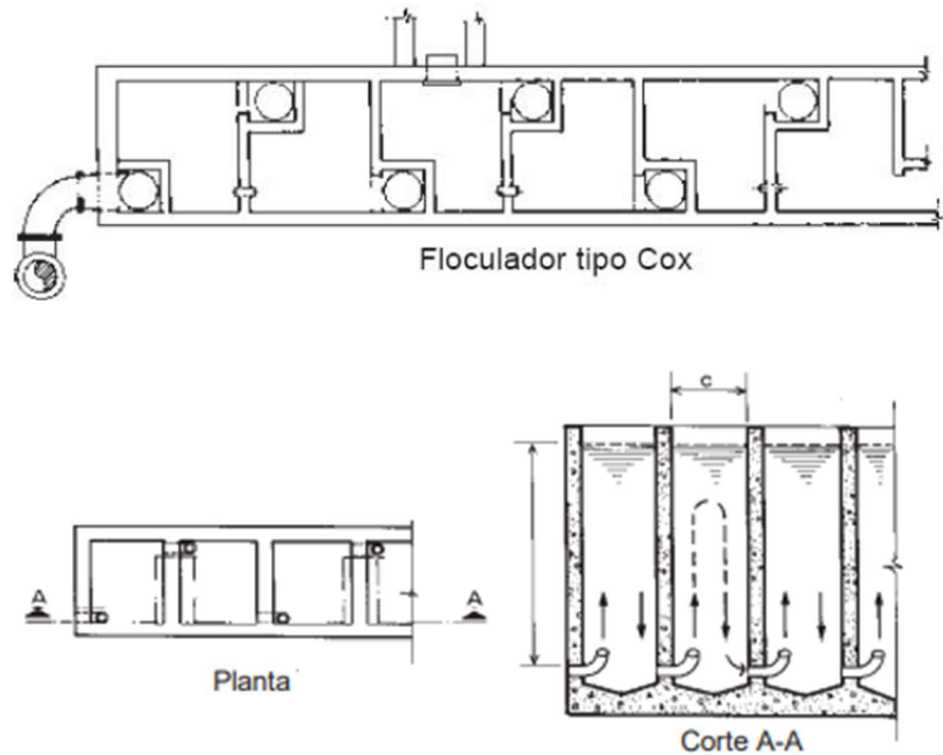


Figura 17: Tanque se suministró con Dosificador



- **Floculación:** Se cuenta con 3 floculadores tipo Alabama o cox que están constituidos por compartimentos ligados entre sí por la parte inferior a través de curvas de 90° volteadas hacia arriba. El flujo es ascendente y descendente en el interior del mismo compartimento, ver figura 8.

Figura 18:Floculador Alabama o cox



Fuente: Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida

Los floculadores de la planta de tratamiento cuentan con las siguientes características de un sistema de cuatro cámaras de 5.02m de largo, 3.67 m de ancho y 2.85 m de alto para tratar cada una 30l/s.

Figura 19: Floculador



- **Sedimentador:** La planta cuenta con tres sedimentadores de alta tasa o placas paralelas, cada uno de estos con dos módulos. Las dimensiones de los módulos son 3.85 m de largo, 2.5 metros de ancho y 4.5 m de profundidad cada uno. En cada módulo hay 57 placas planas de AC (asbesto-cemento), cada una de 2,5 m por 1,2 m y 1 cm de espesor. Completando su estructura, están dos tubos de 6" de diámetro y del mismo material que las placas, con diecinueve orificios equidistantes de 1" ubicados longitudinalmente en la parte superior de cada tubo.

Este sistema cuenta también con válvulas de compuerta que permiten el drenado de los lodos, estas están ubicadas en la parte inferior del

sedimentador y se recomienda que estén abiertas de 10 a 15 minutos, aunque esto puede variar al igual que la cantidad de aperturas de la válvula durante el día por la demanda del sistema y la acumulación de lodos.

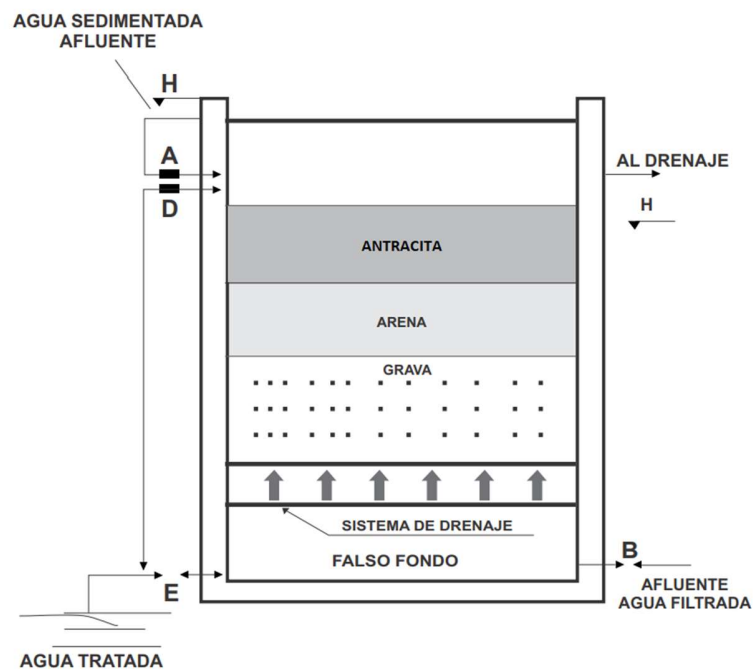
Figura 20: Sedimentadores



- **Filtración:** Los filtros que cuenta la planta son filtros de falso fondo Leopold de tasa constante y autolavado, se caracterizan por ser de filtración rápida y tener como soporte del lecho filtrante a la grava, y como lecho a la arena y antracita. Son seis filtros, dos por cada módulo filtro-sedimentador, y sus dimensiones son 3.7 metros de largo, 2.5 metros de ancho y 4.40 metros de profundidad. Los lechos filtrantes mixtos tienen 1.25 metros de espesor y están constituido por las siguientes capas, 0.35 metros de grava, 0.40 metros de arena y 0.50 metros de antracita. Los 6 filtros funcionan al tiempo, es decir en paralelo.

En esta sección también podemos encontrar tres válvulas por cada filtro. Una para abrir y cerrar la entrada de agua desde el sedimentador, otra para permitir la salida a una canaleta de lavado y la última que permite la entrada de agua de retro lavado a los filtros, esta agua viene de un canal común para todos los filtros.

Figura 21: Esquema Filtro Planta



Fuente: Adaptado del SENA

Figura 22: Filtros



- **Tanque elevado:** En la Planta se cuenta con un tanque elevado que se emplea para el lavado y mantenimiento de los componentes de la planta, aplicación del policloruro de aluminio, aplicación del cloro y usos de la planta. Sus dimensiones son: 4 metros de largo por 4 metros de ancho y 2.10 metros de profundidad, el tanque está a una altura aproximada de 11m. El uso de este tanque es para consumo dentro de la planta, es el encargado además de suministrar el agua a los sistemas de desinfección y dosificación, mediante sus respectivas tuberías, de media pulgada para la dosificación y de una pulgada para la desinfección. Para el llenado del tanque se cuenta con una bomba, movida por un motor eléctrico de máximo 3.6HP a 3470 RPM

marca Toshiba; la bomba en operación maneja una cabeza de bomba de 15m con un caudal de $45 \text{ m}^3/\text{h}$, este sistema poseé tiene un sistema de control en la bomba el cual funciona en base al nivel del agua existente en el tanque elevado. El agua del tanque se extrae después de los filtros y se lleva por tubería hasta el tanque. Solo existe una bomba a pesar de poder instalar una segunda.

Figura 23: Tanque Elevado



Figura 24: Placa Motor Eléctrico



Figura 25: Bomba Del tanque.



- **Desinfección:** La desinfección en la planta se hace suministrando cloro al agua. El agua de este proceso viene del tanque elevado ubicado en la planta, el cual se surte del agua que sale del proceso de filtración. El agua baja del tanque por gravedad y a través de una tubería de 1" de 55m llega a un cobertizo a pocos metros de las piscinas de la planta (floculadores, sedimentadores y filtros). En el cobertizo está el tanque de almacenamiento del filtro que contiene 1 tonelada de cloro. El tanque está conectado a un dosificador marca REGAL con capacidad máxima aproximada de 10 kg por hora y la tubería de salida del dosificador es igualmente de 1".

-

Figura 26: Dosificador de Cloro



Figura 27: Tanques de Cloro



- **Edificaciones de Operación:** Las edificaciones que comprenden los servicios de operación para la planta están en buen estado a nivel de construcción, siendo un edificio de 2 pisos en donde tiene espacios como laboratorios, bodegas, cocina, baños, cuarto de dosificación para policloruro y habitaciones para los operarios. En el edificio también se encuentra la bomba que se usa para alimentar al tanque elevado. A continuación, se muestra el edificio de operación junto con uno de los laboratorios, los cuales están en condiciones similares.

Figura 28: Edificio de Operación



Figura 29: Laboratorio



- **Tanques de Almacenamiento:** Se tienen tres tanques de almacenamiento, aparte del tanque elevado, dentro del ciclo de distribución del agua potable, todos ellos contruidos en concreto reforzado. El primero se encuentra en el mismo predio que la PTAP y se ubica después del proceso de desinfección, al final de la planta. Tiene una capacidad aproximada de 1000 metros cúbicos que se llena cerrando la válvula de compuerta al inicio de la tubería que va al pueblo. Los otros dos tanques se encuentran a las afueras del pueblo, en la vía La Paz-Manaure, y cada uno de estos almacena el agua de una parte de la red de distribución, es decir, la red de distribución consta de dos secciones que funcionan alternamente. Consiste en un tanque antiguo y otro de construcción más reciente cuyas correspondientes dimensiones son 450 metros cúbicos y 275 metros cúbicos. Ambos cuentan con válvulas de

entrada y salida, además de tener cada uno un macro medidor en sus tuberías salientes.

Figura 30: Tanques Pueblo



- **Línea Planta Tanques:** Esta línea de tubería es la más larga de todo el proceso. Lleva el agua desde la PTAP hasta los tanques ubicados a las afueras de La Paz. Esta línea de tuberías tiene un diámetro de 12" y una longitud de 1500 metros. Cuenta con 3 válvulas de compuerta, una al inicio, otra en el medio de la línea y otra al final. También tiene 13 válvulas de purga en caso de ser necesaria una reducción de caudal o un vaciado para mantenimiento y 17 válvulas des aireadoras, que permiten la salida del aire de la tubería.

5. DIAGNOSTICO Y PROPUESTAS DE SOLUCION DE LA PLANTA

En el diagnóstico de la planta analizaremos la información recopilada de las visitas a la PTAP y se compararán con los parámetros que deben manejar según la norma colombiana. Para esto se analizarán los aspectos de mínimos de operación que se deben tener; tomando como base el formulario de Buenas Prácticas Sanitarias (BPS), el cual analiza de manera específica cada subsistema y proceso que pueda existir en la planta de tratamiento, que aparece en la norma reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS2017. el cual se basa en los componentes y procesos que se manejan en la planta. Se opta por este modelo del diagnóstico debido a la dependencia entre los componentes de la planta, haciendo que todos los subsistemas presentes sean críticos para el proceso de potabilización.

Para determinar la clasificación de la planta y procesos, se hace un análisis por cumplimiento del formulario de BPS, en donde si cumple la característica se dará un valor de 5, si la cumple parcialmente, un valor de 3, y si no se cumple un valor de 1. Esto con el fin de clasificar el estado de la planta como se muestra en la figura. Cada proceso y subsistema que se analiza tiene características específicas que lo definen, el cumplimiento de estas de la manera mencionada dará la clasificación de este. Para la clasificación total de la planta, se sacará el promedio de cada uno de los procesos analizados por el formulario.

Tabla 5: Clasificación para la planta

Intervalo de valores	Clasificación
1 a 2	Deficiente
2 a 3	Insuficiente
3 a 4	Aceptable
4 a 5	Excelente

5.1. CODIFICACIÓN E INVENTARIO DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTA

Para una mejor organización de la información recopilada en las visitas a la planta y lectura de manuales se decidió realizar un inventario de los elementos de la planta. Debido a la gran cantidad de estos se optó por realizar una codificación que permita la fácil ubicación de cada elemento y características básicas de este, como su localización, el subsistema al que pertenece, que elemento es y que función cumple dentro del proceso. Para esto se planteó un código alfanumérico con las siguientes secciones.

- La sección A referencia la localización del elemento en el proceso de potabilización

Tabla 6: Referencia a la localización

Sección A	
Localización	Código

Captación	A
Línea Captación - Planta	B
Planta	C
Línea Planta - Tanque Pueblo	D
Tanques Pueblo	E

- La sección B muestra a que subsistema pertenece el elemento.

Tabla 7: Código de los subsistemas

Sección B	
Captación-A	
Subsistema	Código
Bocatoma	01
Desarenador	02
Línea Bocatoma - Planta-B	
Subsistema	Código

Línea Bocatoma - Planta	01
Planta-C	
Subsistema	Código
Floculadores	01
Sedimentadores	02
Filtros	03
Tanque Elevado	04
Edificio de Operación	05
Dosificación	06
Coagulación	07
Desinfección	08
Tanque Almacenamiento	09
Línea Planta - Tanque Pueblos-D	
Subsistema	Código
Línea Planta - Tanque Pueblos	01

Tanques Pueblos-E	
Subsistema	Código
Tanques Pueblos	01

- La sección C muestra el número de elemento dentro de este subsistema.
- Finalmente, en el código la sección D nos muestra que función desempeña el elemento dentro de unas tareas definidas para cada parte.

Tabla 8: Tipo de función del elemento

Sección D	
Tipo de Función	Código
Operacional	O
Suministro	S
Mantenimiento	M
Control	C
Almacenamiento	A

Con esto definido es posible organizar todos los elementos observados durante el diagnóstico. Para ejemplificar sencillamente lo anterior podemos tomar por ejemplo el elemento de **Perfil Creager**. Este elemento está localizado en la planta, es decir, código C, a su vez pertenece al subsistema de coagulación que es el 07, es el elemento 03 dentro de este subsistema y cumple una función operacional dentro del proceso. De todo lo anterior podemos determinar que su código dentro del inventario será

C-07-03-0

Esta codificación fue realizada para todos los elementos de la planta. Y es pertinente mencionar que se escogieron los factores para su fácil lectura y para abarcar, en el caso de los números de dos cifras, un rango significativo de elementos en caso de que se fuesen agregando más a la planta posteriormente.

5.2. CAPACIDAD DE LA PTAP

La capacidad de una PTAP se mide con el caudal de producción de agua que esta maneja. En la descripción de la PTAP nos damos cuenta de que en promedio el agua que llega a las casas en el municipio es de cercana a los $62 \frac{L}{\text{dia} * \text{hab}}$, tabla 4, este valor también se significa que por suscriptor llegan $8.7 \frac{m^3}{\text{sub} * \text{mes}}$. Basándonos en la norma RAS2017, en donde nos sugieren los caudales mínimos por suscriptor basándose en la complejidad del sistema y en la localización de este, refiriéndose al tipo de clima de la población para el cual es la planta.

Tabla 9: Dotación por suscriptor según el nivel

Nivel de complejidad del sistema	Dotación por suscriptor (m ³ /sus*mes) climas templado y frío	Dotación por suscriptor (m ³ /sus*mes) clima cálido
Bajo	10.8	12.0
Medio	13.8	15.0
Medio alto	15.0	16.2
Alto	16.8	18.0

Fuente: RAS2017

Como determinamos en el capítulo 5, debido al tamaño de la población se tomará un nivel de complejidad medio alto; en donde debido a ser un clima cálido, deberá existir un mínimo de $16,2 \frac{m^3}{sus*mes} = 135 \frac{L}{hab*día}$ para el consumo de la población.

Podemos observar la cantidad de agua se suministra a la población es cercano a la mitad de lo que se debería suministrar por la norma colombiana, según el nivel de complejidad del municipio, podemos observar el detalle de esto en la siguiente tabla.

Tabla 10: Caudales estimados de la población

Columna1	Caudal en Litros por habitante diario L/hab*día	Poblacion	Caudal en litros diarios L/día	Caudal en m3 diarios	Caudal en litros por segundo L/s
Actual	61.8	20443	1263377	1263.4	14.62
Por Norma RAS	135	20443	2759805	2759.8	31.94

Esto será de importancia a la hora de realizar estudios y actividades en la planta de tratamiento, pues nos definen los valores básicos a los que debe funcionar la PTAP según la norma colombiana.

5.3. DIAGNÓSTICO POR PROCESOS Y COMPONENTES

Para el diagnóstico y calificación de los componentes y procesos de la PTAP se usará un formulario basado en el listado de las Buenas Prácticas Sanitarias de la norma RAS2017, en donde se tendrán en cuenta aspectos individuales y específicos de cada sector y/o herramientas con las que cuente la PTAP. Por cada uno de estos listados se dará una calificación como se indicó anteriormente, permitiendo de esta manera conocer los aspectos que menos cumplimiento tienen según la norma, los cuales deben ser los más próximos a corregir.

El formulario en donde se toma la información de cada uno de los elementos a analizar en la planta se muestra en los anexos.

5.3.1. Bocatoma: Para el diagnóstico de la bocatoma se tendrá en cuenta la su funcionalidad, integridad estructural y los terrenos aledaños a esta; la medición de la cantidad de agua captada, su posible contaminación y el muestreo que se le hace. También se considerará las condiciones para sus operarios y la seguridad de la planta ante personas externas.

Como se evidencia en el anexo A.A01 la bocatoma no cumple con la mayoría de las características que se evaluaron y aunque su funcionamiento sea suficiente para la realización actual de su labor de captación de agua, se debe optar por la solución de estas insuficiencias para garantizar su funcionamiento continuo a largo plazo

Figura 31: Bocatoma



Propuestas de solución:

- Construcción de unas mejores mallas de seguridad alrededor de la bocatoma y del desarenador, con el fin de evitar la contaminación del agua del proceso y la alteración de los sistemas a causa de personas que circulen por el lugar.

5.3.2. Desarenador: En el correcto desarrollo del diagnóstico de esta sección de la planta, en el desarenador se considera la condición de los terrenos en que está ubicado y la estabilidad de la estructura que lo componen. También se analiza su funcionalidad en lo que respecta a filtraciones, canales de desagüe y condiciones de las válvulas que permiten la operación del subsistema. Un punto clave a analizar

son las frecuencias de mantenimiento y limpieza a las que es sometido el desarenador, son importantes con fin de evitar un acumulamiento excesivo de material sedimentado, que de no ser evitado se dirigiría fácilmente a la planta de tratamiento.

Los problemas presentes en el desarenador se pueden evidenciar en el anexo A.A02 que representa el formulario con el que se realizó el diagnóstico, en el podemos evidenciar la valoración del subsistema para esta planta y nos damos cuenta de que la principal falencia en este es la falta de mantenimiento, que terminan afectando a largo plazo los demás aspectos a analizar del formulario. Se evidencia que no hay un aislamiento en el desarenador lo cual aumenta la probabilidad de accidentes en él.

Figura 32: Canal y cámara de llegada del desarenador



Figura 33: Canal desarenador



Propuestas de solución:

- La construcción de la malla ya mencionada también abarca esta sección por ocupar el mismo predio, sin embargo, se propone la construcción de una malla extra alrededor del desarenador ya que a partir de este sistema el agua irá conducida subterráneamente a la planta y es crucial prevenir su contaminación en estas piscinas.

5.3.3. Línea Desarenador – Planta: Esta línea es una de los labores más nuevos de la planta debido a un trabajo realizado por aguas del cesar en donde se actualizo la línea de tubería de una de asbesto cemento a una en PVC, debido a lo reciente del trabajo realizado, menos de 5 años, y a las revisiones a las que es sometida semanalmente por parte de los operarios tiene una alta calificación en formulario A.B01, a pesar de no poseer disipadores de energía en la longitud total de la tubería, a la llegada de la planta se cuenta con una cámara de llegada del agua, esta cámara hace parte de la sección de mezcla rápida. No se sugieren mejoras o correcciones en esta sección de la planta.

5.3.4. Mezcla Rápida: En este sistema se analiza el cumplimiento de las condiciones necesarias para una correcta aplicación de coagulante en el agua. Para esto se mirará el punto de aplicación del coagulante, agitación del agua y

movimiento del flujo. Cabe mencionar que este proceso ocurre hasta la entrada de los floculadores

En la planta se cumplen con todas las características del formulario A.C07, aunque algunas de estas no están en correctas condiciones de uso, debido principalmente al paso del tiempo, en el sistema se ocurre de manera correcta la aplicación de coagulante, exactamente en el resalto hidráulico, el perfil Creager, así como la distribución del flujo que se normaliza gracias a este mismo. Sus únicas falencias son el estado de la instrumentación, a pesar de esto no hay inconvenientes operacionales en el subsistema. Debido al estado de la instrumentación no existe registro actual del caudal de entrada a la planta

5.3.5. Dosificación: n el sistema de dosificación se evidencia la falta de los resultados del laboratorio, que rijan el caudal de suministro del policloruro de aluminio, dejando a elección del operario el suministro de este. Los operarios realizan este proceso de manera incorrecta ya que solo lo realizan en épocas de lluvias en donde el agua llega más turbia, en el resto del año no aplica el coagulante lo que afecta considerablemente el proceso de floculación de la planta. Esto se evidencia en el anexo A.C06.

En la zona en la que está el sistema de dosificación a pesar de ser amplia cuenta con grandes obstáculos en ella incluyendo sistemas antiguos de dosificación que

ya no están en uso disminuyendo el área de trabajo de la sala, tanto las tuberías como el tipo de dosificador son adecuados ante el tipo de coagulante usado, se cuenta con una única bomba dosificador, que en caso de averías o mantenimiento detendría todo el subsistema. Las tuberías y tanque de almacenamiento del coagulante son PVC, aunque el tanque de suministro no cuenta con una tapa. La dosificación ocurre justo después de la cámara de llegada de la planta, en la parte superior del perfil Creager.

Propuestas de solución:

- Creación de curvas de calibración para el dosificador de policloruro teniendo como base el nivel de turbiedad y caudal de ingreso de agua a la planta. Esta propuesta se encuentra en conjunto con la capacitación de los operarios sobre el manejo de las cantidades de policloruro en la dosificación para asegurar la calidad del proceso y las curvas deben ser seguidas con rigurosidad por ellos.

5.3.6. Floculación: Con base a lo observado en la planta y registrado en el anexo A.C01 podemos decir que su funcionamiento operacional es correcto, aunque cabe recalcar que debido al ser un floculador Alabama es altamente influenciado por la variación del caudal que maneje, ya que si este permite que la velocidad de flujo dentro del floculador sea menor a los 5 m/s se crearan cortos circuitos en el

floculador que terminaran afectando en gran medida el proceso de la creación de los flocs.

A parte de lo mencionado otro aspecto para tener en cuenta es su gran falencia en la frecuencia del mantenimiento y limpieza del floculador, lo cual entorpece su eficiencia. También se observó en esta sección del tratamiento de agua, que los floculadores presentan sobrecarga en épocas del año lluviosas, las cuales son los tres últimos meses del año, en estas épocas se crea una sobrecarga en toda la planta. Se debe resolver el problema del mantenimiento, pues se podría traducir en fallas del sistema en cualquier momento, como lo podría ser el taponamiento de las respectivas válvulas de comunicación con los demás subsistemas. Estas unidades son muy vulnerables a las variaciones de caudal. Fácilmente se pueden generar espacios muertos y cortocircuitos de flujo.

5.3.7. Sedimentación: Para la sedimentación se debe analizar su capacidad, el estado estructural y limpieza de las piscinas, así como de su sección de recolección de agua libre de sedimentos. Es importante de esta parte mirar la acumulación de materias indeseadas como lodos y la posible aparición de algas.

Según lo observado en su diagnóstico (A.C02), este sistema tiene falencias en su limpieza, tal como los que se encuentran próximos a él, esto se traduce en la posibilidad de putrefacción en los lodos y una excesiva cantidad de algas que puede afectar la calidad del agua tratada. Su estructura se encuentra en buen estado y

cumple su trabajo, pero no a su mayor capacidad. Es necesario hacer énfasis en la necesidad de mantenimiento y limpieza de esta sección.

5.3.8. Desinfección: En el proceso de diagnóstico de este subsistema se consideran aspectos importantes como la seguridad, el almacenamiento y el correcto suministro del material desinfectante, en este caso cloro gaseoso. Además de estos, hay que verificar la frecuencia del mantenimiento, la limpieza y estructuras de los equipos y herramientas presentes en el subsistema.

Basado en un análisis del formulario A.C08 el sistema posee bastantes falencias, esto debido a que el entorno de trabajo no presenta las mejores condiciones de seguridad, el entorno no es adecuado para el almacenamiento este tipo de sustancias, debido principalmente a las condiciones estructurales de la sección, a tal punto que el tanque es sostenido por pedazos de concreto, al igual que los soportes de las tuberías, la limpieza en la sección tampoco es que sea muy adecuada debido a la importancia de la sección. las instalaciones eléctricas necesarias para el dosificador tampoco son las más adecuadas pues son bastante inestables. Se debe mencionar que este proceso evidencia una de las falencias importantes de la planta y es la falta de un laboratorio en el que se verifiquen la cantidad y calidad de sustancias aplicadas al agua con el fin de cumplir el rol del subsistema, desinfectar, adecuadamente

No existe en la planta un proceso de precloración en la llegada del agua a la planta el cual se hace con el fin de prevenir la formación de cultivos de algas en las estructuras y especialmente en los filtros los cuales son esenciales en la potabilización.

Figura 34: Suministro del cloro al agua



Figura 35: Tanques de cloro



Figura 36: Dosificador y condiciones eléctricas



Propuestas de solución:

- Restauración del espacio donde se lleva a cabo el proceso de desinfección en la planta debido al deterioro que presenta para así evitar un colapso de la estructura que comprometa la continuidad de la planta y cause un corte de agua por un periodo significativo de tiempo. Esto incluye la reconstrucción de soportes adecuados para el tanque de cloro, las tuberías y sistemas de control de suministro.
- Construcción de una red de precloración en la planta desde el cobertizo de desinfección hasta la cámara de llegada o en la mezcla rápida de la planta, con el fin de evitar el crecimiento de algas en los posteriores subsistemas. Esta red consistirá en una línea de tubería que comienza después de la aplicación de cloro y se conecta con el agua saliente de la dosificación de policloruro y así esta se dirija a la cámara de mezcla rápida

5.3.9. Filtración: En la filtración se analiza el estado de su estructura y equipos, el cumplimiento de su función de remoción de partículas no deseadas del agua, para lo cual es necesario examinar la correcta cantidad y distribución de material filtrante, así como dispositivos para la verificación de la calidad del proceso, el

funcionamiento de las válvulas del sistema y la limpieza y mantenimiento de todo este.

Según su diagnóstico en el formulario A.C03 es un sistema de baja calificación, por presentar afectaciones en su parte primordial que es el material filtrante, esto se le adjudica a la falta de retro lavados en el filtro, lo cual hace perder la correcta disposición del material filtrante, por lo que la granulometría no es correcta, pues se ha perdido debido a la falta de mantenimiento; además de ocasionar una alta presencia de algas. También faltan medidores de calidad del agua y pérdida de carga. Posee el mismo problema que otros sistemas de la planta de insuficiencia de capacidad durante tiempo lluvioso.

Figura 37: Válvulas de salida de los filtros



Figura 38: Filtros y sedimentador



Propuestas de solución:

- Restauración funcional de los filtros de la planta, cambio del lecho filtrante debido a la pérdida de este con el paso del tiempo y uso, verificando las cantidades correctas para la composición de las capas y la granulometría óptima para el correcto desarrollo del proceso de filtración. Este proceso debe llevarse a cabo con rigurosidad ya que puede ser costoso y no debe ser muy recurrente este cambio de material filtrante.

5.3.10. Almacenamiento de agua tratada: En esta sección se hablará de distintos sistemas que cumplen la misma función de almacenamiento de agua, estos

son: el tanque elevado que funciona de suministro para la red de tubería del edificio de operación de la planta, el proceso de desinfección y de dosificación y 3 tanques de almacenamiento de agua tratada, el que está ubicado en la planta al final del proceso de tratamiento y los 2 ubicados en inmediaciones del pueblo. Debido a sus condiciones de trabajo similares, pueden ser tomados como un sistema en conjunto en el que se debe cumplir con un almacenamiento limpio y funcional.

Como se evidencia en el formulario A. (C04, C09, E01), su baja complejidad estos sistemas cumplen acordemente su trabajo de almacenar agua correctamente en distintos puntos del proceso. Entre sus falencias está la ya mencionada ausencia de un tanque de contacto de cloro y la falta de medidores de nivel en todos los tanques, sin embargo, cabe mencionar que son sistemas que funcionan correctamente.

Propuestas de solución:

- Implementación de una segunda bomba de abastecimiento del tanque elevado en caso de imprevistos o mantenimientos de la motobomba que esté en funcionamiento. Para esto sencillamente se debe adquirir una bomba de las mismas características y conectarla en paralelo a la tubería ya existente. Esta disposición está ideada para que las bombas no funcionen al mismo tiempo.

- Construcción de medidores de nivel en los tanques de almacenamiento de agua del municipio, tanto en de la planta de agua como los 2 en la entrada del pueblo. Los niveles medidos podrán ser documentados para hacer un seguimiento del comportamiento del llenado de tanques a lo largos de las distintas temporadas.

5.3.11. Línea Planta – Tanque pueblo: Tal como en la anterior línea de tubería, se debe observar la ubicación y estabilidad de la tubería, la fluidez a través de esta, así como también las formas en las que se pueden presentar perdidas, ya sea por conexiones fraudulentas o filtraciones en ella. Además de garantizar el buen estado del agua.

En su diagnóstico consignado en el formulario A.D01 se observa que al igual que la anterior línea de tubería mencionada, se encuentra en buenas condiciones y presenta una valoración similar salvo en un aspecto, en este tramo de tubería si se presentan conexiones fraudulentas a la tubería, conexiones ilegales por parte de terceros que afecta el caudal de llegada al pueblo, por lo cual se presentan pérdidas de agua en el proceso. Este es un aspecto que debe ser tratado cuanto antes e incluso sancionado por autoridades pertinentes.

Propuestas de solución:

- Organización de visitas periódicas a la línea de conducción de la planta a los tanques de almacenamiento, con el fin de evitar pérdidas en la línea debido a conexiones de terceros o fugas y verificación operacional de las válvulas presentes.

5.3.12. Manuales y otras ayudas en la planta de tratamiento: En la planta apenas se cumple algunas de las características mencionadas en el anexo A.M01, un aspecto importante es que no cuenta con manuales de operación y calidad en las instalaciones, y el plan de mantenimiento que se maneja, no posee una copia en la planta para el uso de los operarios, sin contar que tampoco existe una guía para los usuarios en casos de emergencias, como lo podría ser casos de aumentos repentinos del caudal en el río. A pesar de esto la planta tiene en existencia de una planta de energía eléctrica a base de combustible perfectamente funcional y un dispositivo de radiocomunicación.

Propuestas de solución:

- En el proyecto se hace la construcción de un plan de mantenimiento con instrucciones generales de la planta, en este se incluyen formatos que permitirán el registro organizado del mantenimiento por parte de los operarios. Dicho plan se encuentra en los anexos de este libro.

5.3.13. Instrumentación de la PTAT para consumo Humano: Esta sección del diagnóstico evalúa los instrumentos de la planta de tratamiento referentes a las mediciones del caudal, lo cuales son esenciales para las buenas prácticas sanitarias que se deben realizar en la planta, además de esto son esenciales para mantener registros de lo consumido por la planta en aplicaciones de mantenimiento y limpieza, así como lo que se suministra a la población en general. La evaluación que se hace se puede evidenciar en el anexo A.M02

La planta carece de cualquier sistema de medición de caudal o registro de este, solo existen 2 macro medidores a la salida de los tanques de almacenamiento del pueblo que son usados como referencia para comprobar el consumo de agua del municipio, a pesar de esta ser su función, no se pose un registro de estos respectivos datos de caudal en el municipio.

Propuestas de solución:

- Compra de caudalímetros en zonas esenciales de la planta que permitirán un mejor registro y control de las labores concernientes a las buenas prácticas sanitarias de la planta, estos caudalímetros se deben de ubicar en la bocatoma, llegada de la planta, salida de la planta y salida de los tanques de almacenamiento del municipio.

5.3.14. Seguridad industrial: En la seguridad industrial se tomarán en cuenta los protocolos que siguen los operarios en el día a día de la planta, se toman en cuenta la señalización pertinente que exista en la planta y el uso de uniformes con los respectivos elementos de protección sean necesarios para el trabajo diario, se puede apreciar la valoración en detalle que se evalúa en el anexo A.M03.

En la planta no existe ninguna consideración acerca de la seguridad industria por parte de los operarios, pues no poseen si acaso un uniforme para estar en la planta, de lo que disponen únicamente son de carnets de identificación, tampoco hay algún elemento de protección para ellos, a pesar de esto se cuentan protecciones mediante barandas en los subsistemas de floculación, sedimentador y filtros; en el caso de la desinfección se encuentra apartado de las demás instalaciones de la planta en un cobertizo que no se encuentra en las mejores condiciones, esto se analiza en detalle en la desinfección.

Propuestas de solución:

- Señalizaciones en la planta, equipos de seguridad. Estos deberán ser suministrados por la empresa encargada de la administración de la planta de agua y debe ser respetado por los operarios. Se hace con el fin de evitar cualquier inconveniente que ponga en riesgo la integridad de los trabajadores y una correcta identificación de los espacios.

- Suministro de los respectivos uniformes de los operarios por parte de la empresa de servicios públicos para su correcta identificación y para la seguridad de estos.

5.3.15. Estado y pertinencia de las instalaciones: Se evaluarán las condiciones físicas de manera general que tiene la planta, como lo puede ser las respectivas vías de acceso y condiciones de las edificaciones que comprenden a la planta de tratamiento. En el estado y pertinencia de las instalaciones, se puede observar que las instalaciones cuentan con facilidad de acceso, en donde se llega por una vía destapada con sectores en placa huella, se cuenta un entorno encerrado y protegido, además de los respectivos espacios de descanso para los operarios. La principal falencia de las instalaciones son algunas edificaciones que anteriormente eran usadas como habitaciones de los operarios, las cuales hoy están técnicamente abandonadas. La calificación se podrá observar en detalle en el anexo A.M04.

Propuestas de solución:

- Reabastecimiento de los laboratorios químicos de la planta de tratamiento de agua potable, ya que actualmente no se encuentran en operación debido a su falta de suministros. Este reabastecimiento es importante para la realización de los respectivos ensayos de jarras que son esenciales en la

determinación de la calidad del proceso de potabilización con respecto a la adición de sustancias como cloro y policloruro.

5.3.16. Control y Almacenamiento de sustancias: En el control y almacenamiento de sustancias se tiene en cuenta características que van desde las dimensiones de la bodega hasta el cumplimiento de resoluciones dadas por el gobierno sin contar el suministro oportuno de las sustancias que permiten que la planta opere de manera eficiente se pueden ver en detalle las valoraciones en el anexo A.M05. Se ve en la planta que se tratan de cumplir los requisitos mínimos para esta sección, pero se logra principalmente debido a diversos problemas de gestión en la planta, un ejemplo de esto es el sistema de acarreo interno, la bodega principal queda en el primer piso del edificio de operaciones, mientras que el sistema de dosificación está en el segundo piso, lo cual dificulta el transporte de los coagulantes.

Propuestas de solución:

- Se debe mantener el orden de los productos almacenados, así como realizar una limpieza periódica de los lugares de almacenamiento con el fin de que la suciedad acumulada no afecte los productos o sus contenedores.
- Constante examinación de posibles filtraciones de humedad que afecten la composición o el contenedor de los productos almacenados.

Realizar una correcta rotulación de los productos almacenados para aumentar la confiabilidad y facilitar su manipulación, es decir, un registro de inventario.

5.4. CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO

Tomando en consideración la valoración de los procesos y componentes que están presentes en los anexos, los cuales fueron basados en las buenas prácticas sanitarias (BPS) de la norma RAS2017, que se puede ver en detalle en los anexos del documento, como los formularios con los que evaluamos cada subsistema, tenemos como resultados generales los que se aprecian en la siguiente tabla, La cual también nos brinda la valoración general de la PTAP.

Tabla 11: Resumen de las Valoraciones de la Planta

Proceso Evaluado de la Planta	Valoración	Clasificación
A.M02- INSTRUMENTACION DE LA PTAP PARA CONSUMO HUMANO	1.40	Deficiente
A.M03 - SEGURIDAD INDUSTRIAL	1.50	Deficiente
A.C08-DESINFECCIÓN	2.00	Insuficiente
A.C03-FILTRACION	2.17	Insuficiente
A.A01-BOCATOMA	2.17	Insuficiente
A.M01-MANUALES Y OTRAS AYUDAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO	2.67	Insuficiente
A.C06-DOSIFICACIÓN	2.75	Insuficiente
A.M05 - CONTROL Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS	3.00	Aceptable
A.A02-DESARENADOR	3.17	Aceptable
A.D01-LINEA PLANTA-TANQUES	3.50	Aceptable
A.C02-SEDIMENTACIÓN	3.55	Aceptable
A.C01-FLOCULACIÓN	3.60	Aceptable
A.C07-MEZCLA RÁPIDA	3.63	Aceptable
A.M04 - ESTADO Y PERTINENCIA DE LAS INTALACIONES	3.44	Aceptable
A.(C04, C09, E01)-ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	4.27	Excelente
A.B01-LINEA DESARENADOR-PLANTA	4.69	Excelente
Valoración de la Planta	2.97	Insuficiente

El resultado de la calificación de la planta, según el formulario realizado, es de insuficiente, esto es debido principalmente a las condiciones, operacionales de las estructuras y la falta de un mantenimiento continuo de los subsistemas, además de esto, cabe resaltar que el caudal que se maneja en la planta que es el suministrado al municipio no cumplen con la respectiva dosis mínima recomendada por la norma para una zona caliente, como es el caso del lugar.

Propuestas de solución generales de la planta:

- Construcción de nuevos módulos de potabilización de la planta de agua, para poder hacer el correcto proceso de potabilización en épocas de

lluvias, en donde la planta presenta una sobrecarga de agua proveniente de la bocatoma.

- Hoja de ruta para una correcta limpieza de todos los sistemas con el fin de mantener los equipos limpios y ordenados. Esto evitará averías y disminución en la capacidad de funcionamiento de los distintos sistemas de la planta, además de un ambiente de trabajo más sano y una mejor calidad del agua.
- Estudio de nuevas formas de abastecimiento de agua, para el aumento del caudal que entra al proceso de potabilización, debido a la falencia de agua que se presenta actualmente respecto al caudal recomendado por la norma colombiana.
- Capacitación del personal en los respectivos procesos de la planta, de igual forma en los ensayos de jarras que se realizan en el laboratorio para que así ellos conozcan las cantidades correctas de policloruro y cloro suministrados al agua en el proceso de potabilización

6. PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable implica el desarrollo de una secuencia ordenada de actividades para mantener los componentes, equipos e instalaciones en condiciones óptimas de funcionamiento y operabilidad.

Este plan está enfocado en los procesos esenciales de la potabilización del agua, que consiste desde la captación hasta los tanques de almacenamiento municipal. El documento presenta una guía de los mantenimientos correspondientes a los procesos de potabilización de la Planta de tratamiento de agua potable del municipio de La Paz, Cesar. El documento en cuestión está dirigido a la parte administrativa de la planta, con excepción de los respectivos anexos de este que está dirigido a los operarios de la planta con el fin de llevar un registro de eventualidades que se presenten en la planta.

Toda la información detallada del plan, guías de mantenimiento de los subsistemas y formatos para el registro de la información se encontrarán en los respectivos anexos del libro.

7. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Estos costos que se mostrarán a continuación son valores tentativos de cada propuesta de solución, basados en los valores estimados de compra de los recursos necesarios, para cada una de las soluciones planteadas. El desarrollo de estas dependerá completamente de la administración del acueducto municipal el cual deberá realizar un APU, análisis de presupuesto unitario, para las propuestas que quieran llevar a cabo.

Para el costo de las propuestas, se incluyeron aquellas soluciones que requieran nuevos suministros o construcciones para su desarrollo, las soluciones orientadas a la operación y labores de mantenimiento de la planta no serán incluidas en estos costos debido a que ya están dentro del presupuesto de la planta.

7.1. CERRAMIENTO EN LA BOCATOMA Y DESARENADOR

En esta parte se juntan dos propuestas, el cerramiento del predio de bocatoma-desarenador y un cerramiento extra para las piscinas del desarenador. Para el predio completo se sugiere usar un alambre de púas de aproximadamente 350m de largo templado con estacas cada 3m, lo cual significaría la instalación de 117 estacas de madera. Este trabajo incluye la plomada para templar el alambre y su amarre a los postes de madera.

En el caso del desarenador se plantea la construcción de un cerramiento por tubos de acero, para lo que se requieren aproximadamente 270 tubos de acero de 1m, y su respectivo trabajo de ensamble e instalación realizado por un técnico.

7.2. REPOSICIÓN DEL LECHO FILTRANTE DE TODOS LOS FILTROS

Para llevar a cabo esta propuesta es necesaria la compra de los tres materiales que componen el lecho filtrante. Se deberá comprar la suficiente cantidad para reabastecer todos los 6 filtros con los que se cuenta actualmente. Para esto se calcula el volumen que llenará cada material y haciendo uso de la densidad aparente se determina la masa requerida para el llenado, que en este caso sería, 6512 kg de arena, 6013 kg de antracita y 4857 kg de grava. Se debe poner suma atención cada llenado para obtener capas uniformes y consistentes.

7.3. COBERTIZO DE DESINFECCIÓN

Para la restauración del edificio se deben contratar a un maestro de construcción que restaure las paredes del cobertizo y reconstruya los soportes para el tanque de cloro y tener en cuenta el costo de su mano de obra. También se incluyen los materiales posiblemente necesarios para llevar a cabo esta reconstrucción como lo son el cemento y la arena. A demás de esto se considera un presupuesto adicional para materiales que se requieran en la remodelación.

7.4. SISTEMAS DE MEDICIÓN DE LA PLANTA.

Para los sistemas de medición de la planta, se plantea la compra de caudalímetros magnéticos marca BERMAD con una presión de trabajo de 230 PSI y lectura de sellado en seco; estos medidores se ubicaran en la salida de la bocatoma y salida de la planta, también se plantea la compra de un flujómetro industrial en la entrada de la planta con capacidad de medición hasta 40 GPM con el fin de llevar un registro completo del caudal que se maneja en la planta y del que se envía a los tanques de almacenamiento.

Dos medidores de acidez o de alcalinidad para determinar el nivel de PH del agua tanto en la entrada de la planta como a la salida de esta. La compra de cuatro manómetros certificados con mediciones de hasta 200PSI ubicados en la entrada de la planta, antes de los filtros, salida de la planta y antes de los tanques de almacenamiento, con el fin de conocer las respectivas pérdidas de presión que ocurren en la planta.

7.5. COMPRA DE UNA SEGUNDA BOMBA DE SERVICIO

La compra de una segunda bomba de servicio en la planta con el fin de mantener un suministro continuo en esta, en caso de que exista una avería en la que este funcionando en la planta, la bomba suministrara agua a el tanque elevado de la planta, que es esencia en el funcionamiento de los subsistemas de dosificación y desinfección de la planta. La referencia de la bomba será marca EVANS AC2ME300 con un flujo óptimo de 360 LPM y una altura de 24m.

7.6. SISTEMA NUEVO DE PRECLORACIÓN

Se plantea la realización de una nueva tubería en paralelo a la actual de desinfección, que, una vez adicionado el cloro en el subsistema de cloración, se dirija al perfil Creager con el fin de realizar una precloración del agua que llega a la planta, para esto se usaran 40m de tubería de PVC con sus respectivos accesorios y soportes.

7.7. SEÑALIZACIÓN DE LA PLANTA

En este punto se plantea la señalización de toda la planta en cuestiones de seguridad y ubicación, esto incluye rótulos para los espacios de trabajo y almacenamiento. Para la realización de este proceso se requiere contactar con una entidad especializada en dichas instalaciones que de un estimado del costo del trabajo.

7.8. ESTIMADO DEL COSTO TOTAL.

A continuación, se hace el estimado de los costos totales de las mejoras planteadas, que tienen como objetivo cumplir con los requerimientos mínimos operacionales de la norma colombiana

Tabla 12: Estimado de costos totales

Propuesta	Concepto	Costo	Referencia	Cantidad	Total
Cerramiento	Tubo de acero de 1m	\$ 18,000.00	Homecenter	270	\$ 4,860,000.00
Desarenador	Mano de Obra	\$ 2,000,000.00	Tecnico	1	\$ 2,000,000.00
Carramiento Bocatoma	Alambre de puas 350m	\$ 300,000.00	Almacen Agropecuario pascal	1	\$ 300,000.00
	Postes de madera	\$ 7,000.00	Carpinteria	12	\$ 84,000.00
Reposición de lechos filtrantes	Arena por 25kg	\$ 15,500.00	La leñeria	1563	\$ 24,224,640.00
	Antracita por 25kg	\$ 48,000.00	FIBRAS Y NORMAS	1446	\$ 69,408,000.00
	Grava por 25kg	\$ 15,500.00	La leñeria	1166	\$ 18,065,250.00
Segunda bomba de servicio	Bomba marca EVANS AC2ME300	\$ 1,245,000.00	EVANS Colombia	1	\$ 1,245,000.00
Sistemas de medición de la planta	Manómetros certificados 200PSI	\$ 320,000.00	Soluciones industriales	4	\$ 1,280,000.00
	Flujometro Industrial 40 GPM	\$ 584,831.49	FIBRAS Y NORMAS	1	\$ 584,831.49
	Medidor de acidez o alcalinidad	\$ 107,678.88	FIBRAS Y NORMAS	2	\$ 215,357.76
	Caudalímetros BERMAD magneticos DSBM250	\$ 4,881,000.00	Soluciones industriales	2	\$ 9,762,000.00
Sistema nuevo de precloración	Tuberia de 3/2 in de PVC por metro	\$ 2,300.00	Homecenter	40	\$ 92,000.00
	Accesorios de la tuberia	\$ 20,000.00	Homecenter	Varios	\$ 20,000.00
Restauración del cobertizo de desinfeccion	Bultos de cemento de 50kg	\$ 25,000.00	Homecenter	2	\$ 50,000.00
	Arena de río 40kg	\$ 7,000.00	Ferreteria Cesar	10	\$ 70,000.00
	Imprevistos	\$ 100,000.00	N/A	1	\$ 100,000.00
	Mano de Obra por hora	\$ 6,000.00	Albañil	20	\$ 120,000.00
Señalización en la planta	Rotulos en Acrilico para habitaciones, equipos y almacenamiento	\$ 15,000.00	Empresa de publicidad Digitalix	12	\$ 180,000.00
	Señales de Seguridad	\$ 6,000.00	Empresa de publicidad Digitalix	32	\$ 192,000.00
	instalacion	\$ 100,000.00	Empresa de publicidad Digitalix	1	\$ 100,000.00
	Señalización pisos	\$ 30,000.00	Empresa de publicidad Digitalix	6	\$ 180,000.00
Total					\$ 133,133,079.25

En la anterior tabla están los valores estimados de los respectivos costos de las propuestas que se plantean para la planta, al implementar estas propuestas se

espera que la planta opere de mejor manera acorde a las recomendaciones y requisitos mínimos de la norma colombiana, ya que permitirán un mejor proceso de potabilización para la planta que beneficiara notablemente a población del municipio.

8. CONCLUSIONES

- Se realizó un diagnóstico de la planta, contrastando la información recopilada en visitas a esta con las exigencias que presenta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2017) mediante formatos de calificación para cada subsistema de la planta. Se opta por este modelo de diagnóstico debido a la dependencia entre los todos los componentes, haciendo que todos los subsistemas presentes sean críticos para el proceso de potabilización. Con esto se logra determinar las falencias que se presentan, teniendo como base los requerimientos mínimos de la norma.
- Se proponen soluciones en la planta por cada subsistema y componente revisado en el diagnóstico, estas propuestas están orientadas a aumentar la calificación obtenida en el diagnóstico, con el fin de cumplir los requerimientos mínimos establecidos por la norma RAS2017, permitiendo obtener un aumento en los posteriores diagnósticos a los que se someta la planta.
- Se creó un plan de mantenimiento con el fin de conservar la buena operación de los componentes de la planta. El plan incluye las características de cada

subsistema, las guías de mantenimiento de estos y formatos de registro para, el historial de los equipos, diagnósticos posteriores e inventarios de los componentes de la planta y bodega.

- Se estimó un valor tentativo de algunas propuestas de solución a las problemáticas encontradas en el diagnóstico. Las contempladas en esta parte son aquellas con las que no se cuenta un presupuesto permanente en la planta como sí lo son las labores de mantenimiento, limpieza y similares, razón por la cual se excluyeron estas últimas de esta sección.

BIBLIOGRAFÍA

AGUASISTEC. (Junio de 2018). *Planta de Tratamiento de Agua Potable – PTAP*.

Recuperado el 5 de Noviembre de 2019, de
<https://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

AQUAE Fundación. (s.f.). *Cuanta agua potable hay en la Tierra*. Recuperado el 4

de Noviembre de 2019, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/>

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2002).

Operación y mantenimiento de plantas. Lima.

Consortio de Fortalecimiento del Cesar. (2019). *MANUAL DE MANTENIMIENTO*

PREVENTIVO Y CORRECTIVO. Valledupar.

Cualla, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*.

Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

EMPAZ. (2014). *Descripcion de la infraestructura existente de acueducto*. La Paz.

Enviroment by Technology. (s.f.). *Emolatina*. Recuperado el 06 de Febrero de 2020,

de <https://www.emolatina.es/tecnologia-y-productos-emo-france/desarenado-desengrasado/>

iagua. (Abril de 2017). *¿Qué es una planta potabilizadora?* Recuperado el 5 de

Noviembre de 2019, de

<https://www.iagua.es/noticias/mexico/conagua/17/04/05/que-es-planta-potabilizadora>

Ministerio de Vivienda - Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2017). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS. Colombia.

Moros, I. M. (s.f.). *Sistemas de Abastecimiento de agua potable*. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de https://uvirtual.unet.edu.ve/pluginfile.php/306989/mod_resource/content/1/FI oculadores%20final.pdf

National Academy Of Sciences. (2007). *El Agua Potable es Esencial*. Recuperado el 06 de 02 de 2020, de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>

REGAL GAS. (2007). *Agua y Aire*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020, de <https://www.aguayaire.com/CLORADORES/folleto-cloradores-regal.pdf>

Vargas, I. L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida. Lima, Peru: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

ANEXOS

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.A01-BOCATOMA							
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor	
		Si	No	P	N/A		
1	Sin Taponamiento	El agua, mientras el río tenga caudal, fluye libremente por estasección	x				5
2	Sin deterioro estructural	Es funcional, falta limpieza			x		3
3	Encerramiento o protección	A la intemperie, de fácil acceso para cualquiera		x			1
4	Energía Eléctrica	La casa de los operarios no cuenta con el servicio		x			1
5	Casa de Operación u Operador	Se cuenta con una edificación para los operarios	x				5
6	Terrenos aledaños estables	Terreno sin riesgo por derrumbes	x				5
7	Sin contaminación del agua	Se presenta contaminación ríos arriba debido a una localidad		x			1
8	Con medición de nivel del agua	Falta una figura de medición en la captación		x			1
9	Con medición del caudal captado	No se hace ni se cuenta con implementos para ello		x			1
10	Con toma de muestras del agua	No se hace ni se cuenta con implementos para ello		x			1
11	Con caracterización del agua cruda	No se hace ni se cuenta con implementos para ello		x			1
12	Con alarma por intrusión	Parcela solo encerrada por alambre de púas		x			1
13	Otras	N/A				x	0
Frecuencia de mantenimiento cada:		2 veces al mes					
Frecuencia de Inspección cada:		1 vez al día					
Total						2.17	

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.A02-DESARRENADOR							
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor	
		Si	No	P	N/A		
1	Terrenos aladaños estables	Terreno sin riesgo por derrumbes	x			5	
2	Sin asentamiento del suelo	Terreno sin riesgo de hundimiento	x			5	
3	Sin filtraciones	Las piscinas no muestran filtraciones, las válvulas se ven algo gastadas			x	3	
4	Sin sobrecargas de sedimento	Debido a la falta de mantenimiento de este se presentan de forma seguida sobrecargas	x			5	
5	Sin putrefacción de lodos	Se observan en buenas condiciones	x			5	
6	Sin dificultad para los lavados	En las instalaciones no se presenta energía eléctrica por lo cual se la limpieza es mucho más tediosa de lo que debería ser			x	3	
7	Con drenajes apropiados	Cuenta con los drenajes apropiados,pero no con la frecuencia de mantenimiento suficiente			x	3	
8	Con mantenimiento oportuno	Solo mantenimiento correctivo		x		1	
9	Con protección o aislamiento	A la intemperie, de fácil acceso para cualquiera		x		1	
11	Con estructura de suplencia	Cualquier intervención al sistema implica la parada de este		x		1	
12	Sin deterioro estructural	Presenta un poco de deterioro en especial en las válvulas de control de las recamaras del sedimentador			x	3	
13	Con entorno limpio y ordenado	Se requiere mayor limpieza			x	3	
14	Otros	N/A				x	0
Frecuenciencia de mantenimiento cada:		No hay registro					
Frecuencia de Inspección cada:		Diaria					
Total						3.17	

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.B01-LÍNEA DESARENADOR-PLANTA						
Longitud:130m			Tipo de Línea: Tubería			
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
		Si	No	P	N/A	
1	Terrenos aledaños estables	Terreno sin riesgo por derrumbes	x			5
2	Sin asentamientos del suelo	Terreno sin riesgo de hundimiento	x			5
3	Con mantenimiento en los Taludes	N/A			x	0
4	Sin taponamientos	El agua fluye libremente	x			5
5	Canal protegido con cera	No se observa esta condición			x	0
6	Sin vertimientos contaminantes	Al ser tubería no es posible	x			5
7	Sin filtraciones	No se observó ninguna	x			5
8	Sin riesgo de derrames accidentales al canal	Tubería cerrada	x			5
9	Sin conexiones fraudulentas	No se evidencio conexiones fraudulentas	x			5
10	Anclajes en buen estado	Es mayormente subterránea y en las partes que emerge las sujeciones son buenas	x			5
11	Con disipadores de energía	No se observaron a lo largo de la tubería		x		1
12	Con válvulas de purga	Cuenta con estas válvulas	x			5
13	Con ventosas	Cuenta con estas válvulas	x			5
14	Con servidumbres legalizadas	Predios legalizados	x			5
15	Sin intervención de terceros	No se observó ninguna intervención de terceros	x			5
16	Otras	N/A			x	0
Frecuencia de Inspección cada:		Diaria				
Total						4.69

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.C07-MEZCLA RÁPIDA							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Gradiente con correcta agitación del agua	Existe una reducción del área transversal antes de la coagulación lo que permite la agitación correcta para el agua			x		3
2	Tiempo de retención adecuado	Debido a la falta de datos de caudal no se conoce con el dato	x				5
3	Sin problemas hidráulicos	No se aprecia ningún problema en el flujo del agua	x				5
4	Correcta aplicación del coagulante	Se aplica en el punto correcto, antes de la cámara de mezclado	x				5
5	Sin sobrecarga	En épocas de lluvias ocurre sobrecarga			x		3
6	Buena distribución de flujos	Debido al resalto hidráulico que hay presente	x				5
7	Buen estado de estructuras y equipos	Se encuentra desgastada por el paso del tiempo			x		3
8	Otros	N/A				x	0
Frecuencia de mantenimiento cada:		1 vez a la semana					
Frecuencia de Inspección cada:		Todos los días					
Total						3.63	

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.C06-DOSIFICACIÓN							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Dosificadores en buen estado	Dosificador en correcto funcionamiento	x				5
2	Preparación de solución confiable	Debido a la no existencia de un laboratorio, la dosis es medida al ojo por los operarios		x			1
3	Existen curvas de calibración	No existen curvas de calibración para el dosificador		x			1
4	Dilución y tiempo de retención correctos	El sistema de dosificación funciona adecuadamente	x				5
5	Con dosificador alternativo	No existe dosificador alternativo en el sistema		x			1
6	Punto de aplicación bien escogido	El punto de dosificación de la solución al agua es en la cámara de mezcla	x				5
7	Correcta preparación y almacenamiento	La preparación se hace en un tanque destapado		x			1
8	Sala de dosificación limpia y ordenada	Es una amplia sala, pero existen varios obstáculos en ella			x		3
9	Otros	N/A				x	0
Frecuencia de mantenimiento cada:		1 vez a la semana					
Frecuencia de Inspección cada:		Todos los días					
Total						2.75	

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.C01-FLOCULACIÓN							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Gradiente, agitación decreciente	Adecuado para el funcionamiento de los floculadores.	x				5
2	Sin problemas hidráulicos	No se presentan obstrucciones en el camino			x		3
3	Sin sobrecarga	En épocas de lluvias genera sobrecargas en el sistema			x		3
4	Buena distribución de flujos	Presenta buena distribución de estos	x				5
5	Sin filtraciones	No hay filtraciones visibles en ellos	x				5
6	Sin derrames de aceites y grasas	No hay presentes aceites y grasas cercanas a los floculadores	x				5
7	Buena interconexión entre estructuras	Debido a la falta de mantenimiento, las válvulas de conexión no se encuentran en óptimas condiciones			x		3
9	Con oportuna limpieza y lavado	Se presenta suciedad y acumulación de algas, lo que indica una falta de limpieza y lavado oportuno		x			1
10	Buena formación del flocs	Están presentes en el proceso aunque deberían presentarse más			x		3
11	Buen estado de estructuras	Se presentan daños mínimos en algunas cámaras del floculador debido al paso del tiempo			x		3
12	Otros	N/A				x	0
Frecuenciencia de mantenimiento cada:		2 veces al mes					
Frecuencia de Inspección cada:		Diaria					
Total							3.60

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.C02-SEDIMENTACIÓN						
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
		Si	No	P	N/A	
1	Sin problema hidráulicos	No hay problemas hidráulicos		x		5
2	Sin defectos de entrada y salida	Debido a la falta de mantenimiento se desconoce las condiciones de las válvulas de entrada y salida			x	3
3	Recolección nivelada	Se aprecian ligeros desniveles en la estructura			x	3
4	Sin sobrecarga	En épocas de lluvias ocurre una sobrecarga			x	3
5	Sin filtraciones	No existen filtraciones		x		5
6	Sin putrefacción de lodos	Debido a la falta de adecuada limpieza de estos se espera que exista			x	3
7	Sin excesiva cantidad de algas	Debido a la falta de adecuada limpieza de estos, se aprecia una gran cantidad de algas cercanas a la superficie			x	1
8	Mantenimiento de limpieza y lavado	Se realiza la limpieza y mantenimiento, pero a una muy baja frecuencia			x	3
9	Sin hierros a la vista	No se aprecian hierros		x		5
10	Moderado paso del flocs al filtro	El flocs que llega circula sin inconvenientes en este			x	3
11	Buen estado de la estructura	No se aprecian daños en la estructura		x		5
12	Otros	N/A			x	0
Frecuenciencia de mantenimiento cada:		2 veces al mes, aunque esto no se cumple, debido a las condiciones				
Frecuencia de Inspección cada:		Diaria				
Total						3.55

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.C08-DESINFECCIÓN							
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor	
		Si	No	P	N/A		
1	Terrenos aledaños estables	Cobertizo estable	x				5
2	Con almacenamiento de cloro seguro	Falta una estructura estable para el tanque de cloro.		x			1
3	Con facilidad de acceso	Cobertizo junto a las demás secciones de la planta de tratamiento	x				5
4	Con elementos de protección	Tanque y tuberías expuestas en cobertizo sin puerta		x			1
5	Con mantenimiento oportuno	Se hace el cambio de tanque oportunamente, el resto de las actividades de mantenimiento son ignoradas			x		3
6	Sin deterioro estructural	Faltan los soportes para los implementos del proceso		x			1
7	Con entorno limpio y ordenado	No se hace limpieza regular		x			1
9	Existe tanque de contacto de cloro	No existe tanque de contacto de cloro el suministro de este se hace directo		x			1
10	Con dosificadores calibrados	Al no existir un laboratorio no se puede calibrar el suministro adecuado de cloro			x		3
11	Se determina la demanda de cloro	Se conoce el estimado del gasto de cloro, más no los valores fijos de este		x			1
12	Tanque sin filtraciones	Los tanques son suministrados por la compañía de cloro, están en buenas condiciones	x				5
13	Equipos y estructuras en buen estado	Hay un deterioro en la zona de desinfección		x			1
14	Otros	No hay existencia de una precloración en la planta		x			1
Frecuencia de mantenimiento cada:		2 meses					
Frecuencia de Inspección cada:		2 días					
Total						2.00	

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.C03-FILTRACION						
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
		Si	No	P	N/A	
1	Buena distribución de flujos	x				5
2	Válvulas en buen estado de Operación			x		3
3	Granulometría de lechos bien distribuida		x			1
4	Lavado cuidadoso para no dañar el lecho		x			1
5	Expansiones de lecho uniformes		x			1
6	Sin pérdida del medio filtrante			x		3
7	Cada filtro tiene medidor de perdida de carga		x			1
8	Con medición de calidad del agua filtrada		x			1
9	Sin sobrecargas		x			1
10	Sin filtraciones	x				5
11	Baja presencia de algas		x			1
12	Equipos y estructuras en buen estado			x		3
13	Otros				x	0
Frecuenciencia de mantenimiento cada:		Limpieza todos los días en horas de la noche				
Frecuencia de Inspección cada:		Diaria				
Total						2.17

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A. (C04, C09, E01)-ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA							
Tanques: elevado dentro de la planta; a la salida de la planta; nuevo y antiguo a las afueras del municipio							
	Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Con tanque de almacenamiento a la salida del tratamiento	El tanque se encuentra a menos de 50 metros de las salidas de los filtros	x				5
2	Con tanque de contacto de cloro	No existe tanque de contacto de cloro		x			1
3	Con tanque para consumo interno y mantenimiento	Tanque elevado a 11m de altura con un volumen de 32m3	x				5
4	Almacenamiento con capacidad suficiente	Suficiente para consumo interno, mantenimiento y operación de la planta	x				5
5	Sin filtraciones	No se evidencias filtraciones en los tanques	x				5
6	Con respiraderos protegidos	Se cuenta con cerramientos en la planta, además de que los tanques poseen sus respiraderos	x				5
7	Con aislamiento	Está a 50 metros del resto de la planta	x				5
8	Sin posibilidad de contaminación	No hay posibilidades de contaminación, involuntaria	x				5
10	Válvulas y compuertas operables	Posé un control de flujo adecuado, con sus respectivas válvulas y cheques	x				5
11	Con instrumentos de nivel o de volumen	No tiene ningún tipo de medidor		x			1
12	Con procedimiento de lavado y desinfección	Existe un plan de mantenimiento para la limpieza de los tanques	x				5
13	Otros	N/A				x	0
Frecuencia de mantenimiento cada:		2 veces al año					
Frecuencia de Inspección cada:		1 vez al mes					
Total						4.27	

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.D01-LÍNEA PLANTA-TANQUES							
Longitud: 7500m			Tipo de Línea: Tubería				
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Terrenos aladaños estables	Los terrenos son normales	x				5
2	Sin asentamientos del suelo	No se presenta asentamientos debido a las cargas de la tubería	x				5
3	Sin conexiones fraudulentas	Existen conexiones por parte de algunas fincas por las cuales pasa la tubería		x			1
4	Anclajes en buen estado	Los anclajes están es perfectas condiciones	x				5
5	Con disipadores de energía	No existen disipadores de energía en la Línea		x			1
6	Con válvulas de purga	Existe un total de 13 válvulas de purga	x				5
7	Con ventosas	existen un total de 17 ventosas	x				5
8	Con servidumbres legalizadas	No existe un registro de las servidumbres		x			1
10	Otras	N/A				x	0
Frecuencia de Inspección cada:		2 meses					
Total							3.50

A.M01-MANUALES Y OTRAS AYUDAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Manual de operación	No se encontró ninguno		x			1
2	Manual de calidad	No se encontró ninguno		x			1
3	Manual de mantenimiento	Disponibile un manual virtual			x		3
4	Manual de emergencias	No se encontró ninguno		x			1
5	Planta de emergencia de energías	De accionamiento por combustible	x				5
6	Equipo de radiocomunicación	Los operarios cuentan con radiocomunicación	x				5
Total							2.67

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.M02- INSTRUMENTACION DE LA PTAP PARA CONSUMO HUMANO							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Medición de caudal de ingreso	No se realiza		x			1
2	Medición de caudal de salida	Se cuenta con micromedidores pero estos no son funcionales actualmente			x		3
3	Medición de caudales para lavados y operación de mantenimiento	No se realiza		x			1
4	Medición de niveles de tanques	No se realiza		x			1
5	Control para determinar el momento de lavado de filtros	No se realiza		x			1
Total							1.40

A.M03 - SEGURIDAD INDUSTRIAL							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Manual o protocolo de higiene y seguridad industrial	No se aprecia el uso de un manual en la planta		x			1
2	Señalización y demarcación de áreas de trabajo	Existe una señalización, pero no se encuentra en óptimas condiciones			x		3
3	Operarios con uniformes	No usan uniformes		x			1
4	Elementos de protección	No usan elementos de protección		x			1
Total							1.50

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.M04 - ESTADO Y PERTINENCIA DE LAS INTALACIONES							
	Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Vías de acceso en buen estado	Camino rural no pavimentado			x		3
2	Alrededores de la planta libres de obstáculos	Predios libres de obstáculos	x				5
3	Planta tiene cerramiento	Cuenta con un portón y cercado	x				5
4	Aseo interior eficiente	Falta limpieza en todas las instalaciones			x		3
5	Instalaciones de almacenamiento adecuadas	Escogidas arbitrariamente			x		3
6	Zonas para el descanso y consumo de alimentos	Los operarios cuentan con estos espacios	x				5
7	Servicios sanitarios en cantidad suficiente	Un adecuado suministro de agua	x				5
8	Estado físico de las edificaciones	Descuido en los edificios, principalmente en la casa de operarios del desarenador		x			1
9	El laboratorio está en óptimas condiciones	A pesar de la existencia de 2 laboratorios en las instalaciones no está en operación ninguno de estos		x			1
Total							3.44

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO REALIZADO

A.M05 - CONTROL Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS							
	Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Suministro Oportuno				x		3
2	Almacenamiento adecuado	La limpieza del lugar de almacenamiento no es la más adecuada			x		3
3	Productos debidamente empacados y rotulados	Sin rotulación adecuada			x		3
4	Cumplen resolución 2314/86	Solo se cumple de forma parcial debido a la preparación del respectivo químico que es por medio de un agente externo de la planta			x		3
5	Se tiene un almacenamiento con entorno	No hay orden ni limpieza en los almacenes			x		3
6	Se tiene un almacenamiento sin humedad	La falta de limpieza no permite asegurar la ausencia de humedad			x		3
7	Con facilidades de acarreo interno	No se observan elementos de transporte para suministros de gran peso o dimensiones		x			1
8	Con espacios suficientes	Amplitud en almacenes	x				5
9	Otros	N/A				x	0
Total							3.00

INVENTARIO

Código	ítem	Material	Descripción	Estado	Notas	Subsistema
A0101O	Rejilla de admisión	N/A	Rejilla 5x0,8 m	Funcional	Ubicada en la estructura de la bocatoma, funciona perfectamente	Bocatoma
A0102O	Canal retorno grava	concreto	0,8x0,8x10 m	Funcional	Canal que sirve para recolectar los elementos más densos admitidos por la rejilla	
A0103M	válvula compuerta	Hierro	N/A	No Funcional	Compuerta que sirve para realizar el mantenimiento de la rejilla de admisión de la bocatoma	
A0104O	tubería	PVC	15' Diámetro	Funcional	tubería que lleva el agua de la bocatoma al desarenador	
A0201O	válvula de Admisión	Hierro	Compuerta	Funcional	Admite el agua al desarenador	Desarenador
A0202O	Piscinas del desarenador	Concreto	N/A	Funcional	Recogen las arenas y suciedad que trae el agua que se recoge de la Botana	
A0203M	válvula Vaciado 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Admite el agua a la purga del desarenador	
A0204M	válvula Vaciado 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Admite el agua a la purga del desarenador	
A0205M	válvula Purga 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Devuelve el agua al río del canal de purga que hay en el desarenador	
A0206M	válvula Purga 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Devuelve el agua al río del canal de purga que hay en el desarenador	
A0207M	válvula Piscina 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Devuelve el agua al río desde la piscina 1 para su lavado	
A0208M	válvula Piscina 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Devuelve el agua al río desde la piscina 2 para su lavado	
A0209M	válvula de desagüe 1	Hierro	Compuerta	Funcional	El exceso de agua es regresado al río por estas válvulas, al cerrarse se hace el mantenimiento de las últimas piscinas	
A0210M	válvula de desagüe 2	Hierro	Compuerta	Funcional	El exceso de agua es regresado al río por estas válvulas, al cerrarse se hace el mantenimiento de las últimas piscinas	

INVENTARIO

B0101O	Tubería antigua	Concreto	10" Diámetro	Parcialmente funcional	tubería que recibe agua de uno de los desagües del desarenador	Línea Captación - Planta
B0102O	Tubería nueva	PVC	12" Diámetro	Funcional	tubería que recibe agua directamente del desarenador	
B0103O	válvula de desaireación 1	N/A	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
B0104O	válvula de desaireación 2	N/A	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
B0105O	válvula de desaireación 3	N/A	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
B0106O	válvula de desaireación 4	N/A	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
B0107O	válvula de desaireación 5	N/A	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
B0108M	válvula de Purga	N/A	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento al desarenador	
C0101M	Válvula floculador 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite el paso del agua al floculador 1	Floculadores
C0102M	Válvula floculador 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite el paso del agua al floculador 2	
C0103M	Válvula floculador 3	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite el paso del agua al floculador 3	
C0104O	Floculador 1	Concreto	Alabama 4x4x4,5	Funcional	Primera sección de la planta de agua, general el Flock	
C0105O	Floculador 2	Concreto	Alabama 4x4x4,5	Funcional	Primera sección de la planta de agua, general el Flock	
C0106O	Floculador 3	Concreto	Alabama 4x4x4,5	Funcional	Primera sección de la planta de agua, general el Flock	
C0201O	Sedimentador 1	Concreto	De tasa acelerada 4x2,5x4,5	Funcional	Retiene los sólidos suspendidos (flocs) generados en el floculador	Sedimentador
C0202O	Sedimentador 2	Concreto	De tasa acelerada 4x2,5x4,5	Funcional	Retiene los sólidos suspendidos (flocs) generados en el floculador	
C0203O	Sedimentador 3	Concreto	De tasa acelerada 4x3,5x4,5	Funcional	Retiene los sólidos suspendidos (flocs) generados en el floculador	

INVENTARIO

C0204O	Válvula sedimentador 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Se abre para drenar los lodos sedimentados	Sedimentador
C0205O	Válvula sedimentador 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Se abre para drenar los lodos sedimentados	
C0206O	Válvula sedimentador 3	Hierro	Compuerta	Funcional	Se abre para drenar los lodos sedimentados	
C0301M	válvula de entrada filtro 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite la entrada a cada par de filtros. Abierta en operación	Filtro
C0302M	válvula de entrada filtro 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite la entrada a cada par de filtros. Abierta en operación	
C0303M	válvula de entrada filtro 3	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite la entrada a cada par de filtros. Abierta en operación	
C0304M	válvula salida a canal de lavado 1	Hierro	Compuerta	Parcialmente funcional	Permite la salida del agua de retro lavado y el material removido de los filtros	
C0305M	válvula salida a canal de lavado 2	Hierro	Compuerta	Parcialmente funcional	Permite la salida del agua de retro lavado y el material removido de los filtros	
C0306M	válvula salida a canal de lavado 3	Hierro	Compuerta	Parcialmente funcional	Permite la salida del agua de retro lavado y el material removido de los filtros	
C0307M	válvula para agua de retro lavado 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite la entrada de agua de retro lavado de un canal interconectado de filtros	
C0308M	válvula para agua de retro lavado 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite la entrada de agua de retro lavado de un canal interconectado de filtros	
C0309M	válvula para agua de retro lavado 3	Hierro	Compuerta	Funcional	Permite la entrada de agua de retro lavado de un canal interconectado de filtros	
C0310O	Filtro 1	concreto	Falso fondo Leopold 3,7x2,5x4,4	Funcional	Realizan el proceso de filtración mediante un fondo falso con lecho filtrante	

INVENTARIO

C03110	Filtro 2	concreto	Falso fondo Leopold 3,7x2,5x4,4	Funcional	Realizan el proceso de filtración mediante un fondo falso con lecho filtrante	Filtro
C03120	Filtro 3	concreto	Falso fondo Leopold 3,7x2,5x4,4	Funcional	Realizan el proceso de filtración mediante un fondo falso con lecho filtrante	
C03130	Filtro 4	concreto	Falso fondo Leopold 3,7x2,5x4,4	Funcional	Realizan el proceso de filtración mediante un fondo falso con lecho filtrante	
C03140	Filtro 5	concreto	Falso fondo Leopold 3,7x2,5x4,4	Funcional	Realizan el proceso de filtración mediante un fondo falso con lecho filtrante	
C03150	Filtro 6	concreto	Falso fondo Leopold 3,7x2,5x4,4	Funcional	Realizan el proceso de filtración mediante un fondo falso con lecho filtrante	
C04010	Tubería de entrada a Bomba	PVC	2"Diámetro con 7m	Funcional	Conduce el agua hacia la bomba	
C04020	Bomba	N/A	3HP-3.6 HP a 3470 RPM	Funcional	Bombea agua al tanque elevado, con un factor de servicio de 1,15	
C04030	Tubería bomba tanque	PVC	2" Diámetro con 50m	Funcional	Conduce el agua de la bomba al tanque elevado	
C04040	Tanque	Concreto	4x4x2m. Elevado a 11m	Funcional	Tanque elevado de almacenamiento de agua	
C0501M	Laboratorio	Habitación	N/A	No funcional	El laboratorio debe contener equipo para el ensayo de jarras y otras pruebas	Edificio de Operación
C0502S	Habitaciones de operarios	Habitación	N/A	Funcional	Habitaciones para que los operarios realicen sus	
C0503S	Almacenamiento de sulfato	Tanque	Bodega de un área de 24 metros cuadrados	Funcional	En el edificio se almacena el sulfato que, para La Paz, es líquido y está contenido en un tanque	
C0507S	Tubería interna del edificio	PVC	N/A	Funcional	Suministro de agua para las necesidades de los operarios	

INVENTARIO

C06010	Tubería tanque elevado a mezcla de sulfato-agua	PVC	1/2" de Diámetro 40m	Funcional	Transporta el agua desde el tanque elevado hasta el cuarto donde se realiza la mezcla con el sulfato	Dosificación
C06020	Tanque de sulfato liquido	PVC	250L	Funcional	Este tanque contiene el sulfato liquido que es bombeado a la tubería en donde se mezcla con agua	
C06030	Dosificador de sulfato liquido	N/A	Dosificador marca EMEC serie A	Funcional	Bomba graduable que suministra el sulfato liquido al agua que viene de tanque, con presiones hasta los 25bar y dosificación hasta 60 L/H, que funciona a 115VAC 50-60Hz	
C07010	Tubería mezcla sulfato-agua a perfil Creager	PVC	2" Diámetro	Funcional	Conduce el agua mezclada con sulfato liquido hasta el perfil Creager	Coagulación
C07020	Aspersor de mezcla	PVC	2" de Diámetro con perforaciones	Funcional	Son orificios en la tubería por donde sale la mezcla al agua que llega a la planta en el perfil Creager	
C07030	Perfil Creager	concreto	1,5x0,7x2,5 m	Funcional	Canaleta que sirve para generar turbulencia en el agua antes de distribuirla a los floculadores, recibe la solución de sulfato	
C08010	Tubería de entrada	PVC	1" Diámetro 55m	Funcional	Tubería que conduce el agua de la salida del filtro a la sección de desinfección	Desinfección
C0802C	Dosificador de cloro gaseoso	N/A	15 las de cloro cada 24 horas	Funcional	Controlador que dosifica la entrada de cloro al flujo de agua. Marca REGAL	
C0803S	Tanque de cloro	Metal	1 ton	Funcional	Tanque de suministro de cloro	
C0804O	Tubería de salida	PVC	1" Diámetro	Funcional	Conduce el agua desde el proceso de desinfección al tanque de la planta	
C09010	Tanque de almacenamiento	Concreto	1000 m3	Funcional	Tanque de almacenamiento dentro de la planta	Tanque de Almacenamiento
C09020	válvula de compuerta	Hierro	12"	Funcional	válvula que comunica el tanque con la Línea al pueblo	
D01010	válvula de compuerta 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Ubicada al inicio del tramo de tubería	Línea Planta-Tanque

INVENTARIO

D01020	válvula de compuerta 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Ubicada en el medio del tramo de tubería	Línea Planta-Tanque pueblo
D01030	válvula de compuerta 3	Hierro	Compuerta	Funcional	Ubicada al final del tramo de tubería	
D01040	válvula de purga 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01050	válvula de purga 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01060	válvula de purga 3	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01070	válvula de purga 4	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01080	válvula de purga 5	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01090	válvula de purga 6	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01100	válvula de purga 7	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01110	válvula de purga 8	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01120	válvula de purga 9	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01130	válvula de purga 10	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	

INVENTARIO

D01140	válvula de purga 11	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	Línea Planta-Tanque pueblo
D01150	válvula de purga 12	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01160	válvula de purga 13	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula encargada de vaciar el agua en la tubería en el momento en que se hace mantenimiento	
D01170	válvula des aireadora 1	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01180	Válvula des aireadora 2	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01190	Válvula des aireadora 3	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01200	Válvula des aireadora 4	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01210	Válvula des aireadora 5	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01220	Válvula des aireadora 6	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01230	Válvula des aireadora 7	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01240	Válvula des aireadora 8	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01250	Válvula des aireadora 9	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01260	Válvula des aireadora 10	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01270	Válvula des aireadora 11	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D01280	Válvula des aireadora 12	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	

INVENTARIO

D0129O	Válvula des aireadora 13	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	Línea Planta-Tanque pueblo
D0130O	Válvula des aireadora 14	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D0131O	Válvula des aireadora 15	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D0132O	Válvula des aireadora 16	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
D0133O	Válvula des aireadora 17	Hierro	12" Diámetro	Funcional	Válvula encargada de evacuar el aire en la tubería	
E0101M	Válvula tanque nuevo 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula que controla la entrada al tanque nuevo	Tanques pueblo
E0102M	Válvula tanque nuevo 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula que controla la salida del tanque nuevo	
E0103M	Válvula tanque antiguo 1	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula que controla la entrada al tanque nuevo	
E0104M	Válvula tanque antiguo 2	Hierro	Compuerta	Funcional	Válvula que controla la salida del tanque nuevo	
E0105C	Macro medidor 1	N/A	Marca Turbo Bar	No funcional	Medidor de caudal que actualmente no funciona	
E0106C	Macro medidor 2	N/A	Marca Turbo Bar	No funcional	Medidor de caudal que actualmente no funciona	
E0107O	Tanque nuevo	Concreto	9x10x3	Funcional	Tanque construido más recientemente para suplir mayor demanda del pueblo	
E0108O	Tanque antiguo	Concreto	15x10x3	Funcional	Tanque de almacenamiento a las afueras de La Paz	
E0109O	Válvula de cheque tanque Nuevo	Hierro	Cheque	Funcional	Bloquea el contraflujo del tanque a la tubería que viene de la planta	
E0110O	Válvula de cheque tanque Antiguo	Hierro	Cheque	Funcional	Bloquea el contraflujo del tanque a la tubería que viene de la planta	

PLAN DE MANTENIMIENTO

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Bocatoma	137
Figura 2: Esquema Bocatoma	138
Figura 3: Desarenador	139
Figura 4: Esquema Desarenador	140
Figura 5: Perfil Creager	142
Figura 6: Dosificador marca EMEC	144
Figura 7: Tanque de suministro.....	144
Figura 8: Floculador Alabama o cox.....	145
Figura 9: Floculador	146
Figura 10: Sedimentadores	148
Figura 11: Filtros	149
Figura 12: Dosificador de Cloro.....	151
Figura 13: Tanques de Cloro.....	151
Figura 14: Tanque Elevado	153
Figura 15: Placa de la Motobomba	153
Figura 16: Bomba.....	153
Figura 17: Edificio de Operación	155
Figura 18: Laboratorios	155
Figura 19: Tanques pueblo	157

PLAN DE MANTENIMIENTO

1. INTRODUCCIÓN

El plan de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable implica el desarrollo de una secuencia ordenada de actividades para mantener los componentes, equipos e instalaciones en condiciones óptimas de funcionamiento y operabilidad.

Este plan está enfocado en los procesos esenciales de la potabilización del agua, que consiste desde la captación hasta los tanques de almacenamiento municipal, en donde se integran los siguientes elementos de la planta.

- Un inventario codificado por la localización, procesos y subsistemas de la planta de agua. Con el fin de conocer lo existente en la planta de agua y poseer un mejor registro ante las eventualidades que pudiesen ocurrir en la planta
- Descripción de los respectivos procesos de la planta de forma general. Especificando la función que cumplen en la planta, así como la forma en la que ocurre en la planta, pues esto es variable y depende de la planta de tratamiento
- Definición de las actividades de mantenimiento por subsistema de potabilización. Con el fin de prevenir situaciones en donde se corte el suministro de agua potable al municipio que se abastece.

Las actividades que se mencionan a continuación se clasifican en tres tipos, según el objetivo específico para el que requiera.

- Actividades con el objetivo de evaluar el desempeño de PTAP, la herramienta que estructura este proceso es por medio del levantamiento de información de la planta y análisis de esta por medio de un formulario de diagnóstico, que clasificara de forma individual procesos y herramientas que se deben cumplir en la PTAP según la norma colombiana.
- Actividades con el fin de evitar problemas, mantenimiento preventivo, la herramienta que estructura este proceso es por medio de las respectivas actividades de mantenimiento de cada subsistema en particular. Dentro de las principales actividades que se practican como parte de este tipo de mantenimiento cabe destacar, la inspección del equipo, lavado y limpieza de

PLAN DE MANTENIMIENTO

las estructuras, lubricación y sustitución de componentes según amerite el caso.

- Manual de mantenimiento del Operario, esta herramienta corresponde a un documento que deberá existir en la planta de tratamiento para el uso diario de los operarios, deberá tener una lista del inventario con el fin de llevar registro de los mantenimientos o fallos que puedan ocurrir en la planta, además de una guía específica de la forma en la que se le debe hacer el mantenimiento a los respectivos procesos de la PTAP.

Este documento presenta una guía de los mantenimientos correspondientes a los procesos de potabilización de la Planta de tratamiento de agua potable del municipio de La Paz, Cesar.

El documento en cuestión está dirigido a la parte administrativa de la planta, con excepción de los respectivos anexos de este que está dirigido a los operarios de la planta con el fin de llevar un registro de eventualidades que se presenten en la planta.

PLAN DE MANTENIMIENTO

2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO

A continuación, se hará la descripción de los procesos de la planta en donde veremos la función que cumple cada sección de la planta, en el proceso de potabilización del agua, junto con la descripción de la infraestructura que comprende cada una de las secciones. Después de haber detallado las secciones se detallarán los respectivos pasos de mantenimiento para cada proceso.

2.1. CAPTACIÓN O BOCATOMA

Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento. Dependen totalmente de la geografía del terreno y de las condiciones del río de donde se quiera extraer el agua, pues dependen principalmente de las condiciones geográficas de la fuente de abastecimiento ya sea un río caudaloso con gran pendiente o un pozo subterráneo. Los tipos de obras pueden ser: Toma lateral, Toma en rejilla, toma sumergida, presa en derivación, cámara de toma directa, muelle de toma, entre otros. Estos tipos de captaciones tienen que contar con unos requisitos mínimos tales como el caudal permitido para el tipo de acueducto a alimentar incluyendo la calidad del agua, además de contar con los cerramientos correspondiente para mantener a la fauna alejada de la respectiva captación.

La captación está ubicada en la vereda El Salto, en la finca San Vicente municipio de La Paz, a una distancia de 1615 m aproximadamente desde la planta de tratamiento, es una bocatoma lateral para captar a una cota superior de la cresta del muro estabilizador del flujo, con rejillas laterales en platinas de 2" de ancho x 3/8" de espesor, separadas cada 6 cm e inclinadas 42° en el sentido de la corriente, para evitar la captación del material flotante o de arrastre; el muro dissipador de energía es en concreto ciclópeo, reforzado en la parte superior y en la pared frontal para evitar su daño por los golpes de las piedras de gran tamaño. Las dimensiones son de 7.70 m de largo x 6.60 de ancho y 1.0 m de profundidad, adyacente al muro existente, quedando a una cota lámina de agua mínima de 290.86, la cota inferior de la rejilla es 290.44 garantizando, la captación de la corriente en época de verano. Como se ve en las figuras a continuación.

PLAN DE MANTENIMIENTO

Después de las rejillas la caja de derivación recibe el líquido en un canal primario pasando a través de un vertedero de 1.60m a un canal secundario en el cual está instalada una compuerta 0.50 x 0.70m que controla la salida hacia el desarenador, seguido a esto continua con un canal de salida donde alimentan a las tuberías de aducción de 12" y 10" que van hacia el desarenador. En los dos primeros canales tiene aliviios de 0.15 x 0.30 m con sus compuertas, que sirven para descargar parte de los materiales pétreos y flotantes que logran pasar las rejillas.

Para la comunicación del agua entre la bocatoma y el desarenador se cuenta con una línea de aducción por gravedad de la bocatoma hasta el desarenador de longitud 130 m, con dos tuberías en paralelo una de diámetro 12" de PVC y una tubería de 10", donde caudal total de transporte de 0.258 m³/s a la llegada al desarenador en épocas de lluvias. La bocatoma solo se cierra antes grandes crecidas del río.

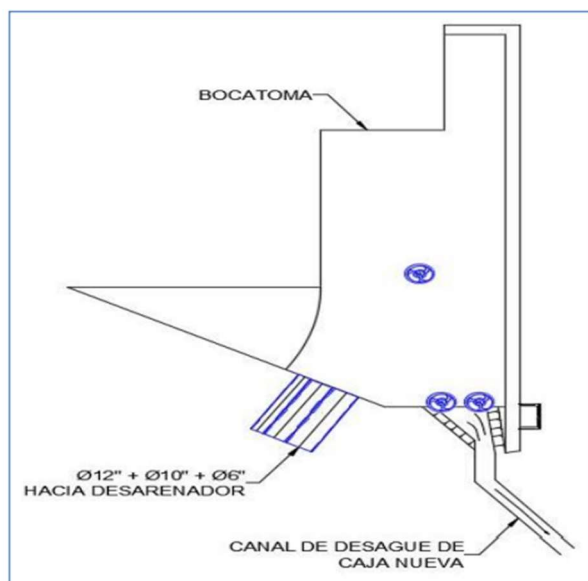
Figura 39: Bocatoma



Fuente: Elaboración propia

PLAN DE MANTENIMIENTO

Figura 40: Esquema Bocatoma



Fuente: Consorcio Fortalecimiento del Cesar

Mantenimiento:

Para las labores de mantenimiento de la bocatoma se tendrán en consideración el mantenimiento a elementos que pertenecen al sistema, como lo son las válvulas, rejillas, elementos de concreto y los canales de derivación de retorno al río, en la sección de la bocatoma incluimos la línea que conecta a la bocatoma con el desarenador de la planta, esta sección de 130m también tendrá consideraciones de mantenimiento.

- Se recomienda que las válvulas se accionen al menos una vez por semana para prevenir oxidación y para la aplicación de aceite en caso de presentar resistencia. Estas deben mantenerse en un grado de apertura para conservar el caudal requerido por el sistema
- En las rejillas debe removerse diariamente los elementos que puedan obstruirla tales como, hojas, ramas y troncos. La herramienta ideal para ello son los rastrillos
- Para el mantenimiento del canal de retorno al río se deberá hacer una limpieza mínima cada seis meses con el fin de evitar obstrucciones y suciedad en este.
- En el mantenimiento de este sistema deberán mantener limpias de maleza las zonas circundantes a la línea, se hará una revisión de al menos una vez a la

PLAN DE MANTENIMIENTO

semana con el fin comprobar la estabilidad del terreno y las estructuras de apoyo de estas.

- Los elementos metálicos deben ser engrasados y se debe remover los rastros de óxidos de ellos al menos cuatro veces al año.

2.2. DESARENADOR

El desarenado y el desengrasado consisten en hacer pasar el agua por depósitos en los que se consigue, reduciendo la velocidad de flujo del agua, que las arenas se hundan y las grasas floten. Se inyectan microburbujas de aire para acelerar la flotación de las grasas. La arena se bombea y las grasas se extraen de la superficie con rasquetas.

El desarenador, se encuentra ubicado en los mismos predios de la captación, está conformado por una cámara de aquietamiento de 1.05 x 4.50 m, pasa a través de una compuerta a una cámara en la que se encuentra ubicada el muro difusor, el cuerpo del desarenador tiene una longitud de 21 m y un ancho de 4.50 y profundidad de 1.5 m, el sistema de almacenamiento de lodos está conformado por tres tolvas en forma de pirámide truncada invertida con una profundidad de 1.95 m, las tolvas de almacenamiento de lodos desaguan a unas compuertas de fondo de 12” posteriormente hay dos presedimentadores que ayuda a mejorar la calidad del agua desarenada de 5.0 m de largo por 5.0 m de ancho.

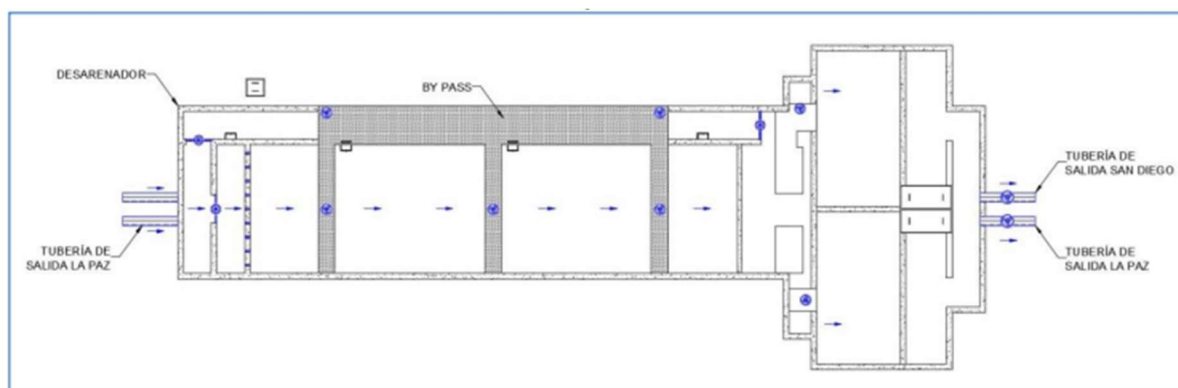
Figura 41: Desarenador



Fuente: Elaboración Propia

PLAN DE MANTENIMIENTO

Figura 42: Esquema Desarenador



Fuente: Consorcio Fortalecimiento del Cesar

Mantenimiento:

Semanalmente se hará la limpieza operando las compuertas de fondo o laterales existentes para tal fin por donde se drenarán los sedimentos. En caso de que la limpieza no sea adecuada por este método, se deberá hacer una limpieza manual, sacando de servicio el desarenador correspondiente, de ser necesario se emplearán palas y chorros de agua para contribuir con esta tarea.

La limpieza de los tanques de almacenamiento para evitar la acumulación de sedimentos y garantizar la eficiencia en la remoción. Adicionalmente y con la misma frecuencia, se retirarán elementos flotantes en la superficie del agua, se inspeccionará el funcionamiento de las estructuras en general para implementar las acciones correctivas necesarias.

Finalmente, se recomienda el lavado periódico del tanque desarenador para remover el material sedimentado, y el musgo o vegetación adheridas a las paredes y de este modo, evitar la formación de bio-películas.

El mantenimiento del desarenador y los presedimentadores se realizará accionando los Baipás, la frecuencia estará dada por la acumulación de sedimentos, la cual en épocas de invierno será mucho mayor, por lo tanto, se deben hacer inspecciones periódicas para determinar el momento de hacer la limpieza sin superar esto el límite recomendado que será de una vez al mes.

PLAN DE MANTENIMIENTO

2.3. LÍNEA DESARENADOR-PTAP

La aducción tiene una longitud de 1500 m, a partir del desarenador hasta la Planta de Tratamiento, a partir del desarenador se independizan los sistemas del acueducto de La Paz y San Diego, que inicialmente operaba como un sistema regional hasta la planta de tratamiento. por decisión de las comunidades y autoridades municipales en actas de concertación, fue aprobada la separación de los dos sistemas actualmente salen dos líneas independientes una para el municipio de La Paz en diámetro 12" y 10" PVC que utilizarían para alimentar la población del municipio de La Paz.

3 Mantenimiento:

Las zonas contiguas a las líneas de conducción se deben mantener limpias y sin maleza. La línea de aducción será inspeccionada en todo su recorrido una vez por semana. En dicho recorrido se comprobarán la estabilidad del terreno y de las estructuras de apoyo y se evacuarán los sedimentos.

2.4. MEZCLA RÁPIDA

Los procesos que se llevan a cabo en esta etapa del tratamiento del agua potable son la dosificación y la mezcla rápida. La cual consiste en añadir los químicos coagulantes que harán efecto en la etapa de floculación, estas 2 etapas deben estar lo más cerca posibles de la una de la otra. Se usará principalmente un sistema de dosificación de los químicos como una cámara de mezclado, en donde se unirá el agua proveniente de la captación con los químicos suministrados.

En el sistema de mezcla rápida de la PTAP del municipio cuenta con una cámara de llegada del agua con las medidas de: 1.67 m de largo, 1.10 m ancho y 1.74 m de profundidad, con espesores de muro en 0.14 m y 0.20 m a lo largo. Además de un muro difusor en concreto con las medidas de 1.10 m de ancho, 1.25 m de alto y 20 cm. de espesor, consta de 30 perforaciones circulares de 0.10 m de diámetro, separadas a lo ancho a cada 0.07 m y cada línea de 6 círculos separada a cada 0.05 m.

Para la ayuda de cuantificar el caudal que ingresa a la planta y para aumentar el régimen del agua para poder generar una mejor mezcla con los coagulantes que ingresan en esta sección se tiene la ayuda de un vertedero rectangular, tipo Creager

PLAN DE MANTENIMIENTO

de 1.10 m de ancho, 1.25 m de largo y 0.76 m de altura y 0.20 m de espesor. En donde a través de esta estructura se efectúa la mezcla rápida y es el sitio donde se aplica el coagulante, "PAC" Policloruro de Aluminio, el cual se dosifica a través de un tubo PVC de 2" perforado.

El estanque de caída del agua del vertedero a los floculadores tiene 1.56 m de profundidad, de ahí sale un tubo de 10" en AC a una profundidad clave de 1.17 m y 1 m de longitud, la cual llega a una caja en concreto donde existen dos (2) compuertas de (0.25x0.25) m que permiten el paso a los dos floculadores más antiguos, el tubo de 10" en AC llega a una profundidad clave de 1.73 m, de esta caja sale un tubo de 6" en AC a una altura clave de 1.86 m y llega a una tercera caja (1.08 x 0.62 x 0.73) m con una compuerta que lleva el agua al tercer floculador. (Esta estructura tiene profundidad bajo terreno a 0.50m).

Figura 43: Perfil Creager



Fuente: Elaboración Propia.

Mantenimiento

En las labores de mantenimiento de esta sección de la planta, la estructura debe mantenerse libre de elementos extraños como algas, lamas etc. Para ello se debe hacer una limpieza periódica de al menos una vez a la semana. De igual forma mantener lubricados y en buen funcionamiento las válvulas de compuerta que comunican con los floculadores. Sabemos que en la planta se usa un mezclador hidráulico por ende se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos

PLAN DE MANTENIMIENTO

1. Debe verificarse que la estructura de control de entrada permita el acceso del agua al perfil Creager.
2. Debe verificarse que la dosificación del coagulante esté realizándose por el eyector, regadera o tubo perforado.
3. Debe constatarse que la solución esté aplicándose uniformemente en el punto de máxima turbulencia.
4. Inspeccionar y limpiar la respectiva estructura.
5. Revisión de las válvulas de compuerta, tanto de entrada como de salida de la sección, verificando su correcto funcionamiento, en dado caso lubricarlas al menos una vez cada 6 meses
6. Generar el registro de la sección señalando lo realizado en el mantenimiento, así como estipulando la respectiva fecha.

2.5. DOSIFICACIÓN

En el sistema de dosificación, el cual se encuentra en el edificio, es el encargado de ingresar el Policloruro de aluminio a la coagulación. En esta sección se tendrá agua tomada del tanque elevado gracias a una tubería de media pulgada, se estima una longitud de esta de 40m, en donde se unirá un el dosificador marca EMEC serie A, que cuenta con una presión máxima de 25bar, es graduable hasta un punto de 60L/h, además de un tanque de suministro del policloruro de alrededor de 500L. Una vez pasa por el dosificador cambia a la tubería de 2" que llega a la coagulación.

PLAN DE MANTENIMIENTO

Figura 44: Dosificador marca EMEC



Fuente: Elaboración Propia

Figura 45: Tanque de suministro



Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento

Para las actividades de mantenimiento correspondiente a la dosificación se deben realizar las siguientes actividades por parte de los operarios.

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del dosificador.
2. Revisión de la respectiva línea de dosificación, que en este caso corresponde desde el tanque elevado hasta el suministro de coagulantes, que ocurre en la sección de mezcla rápida.
3. Verificar la capacidad de variabilidad de dosis de coagulante por parte del dosificador, la cual se variará dependiendo de la turbiedad del agua y del respectivo ensayo de jarras.

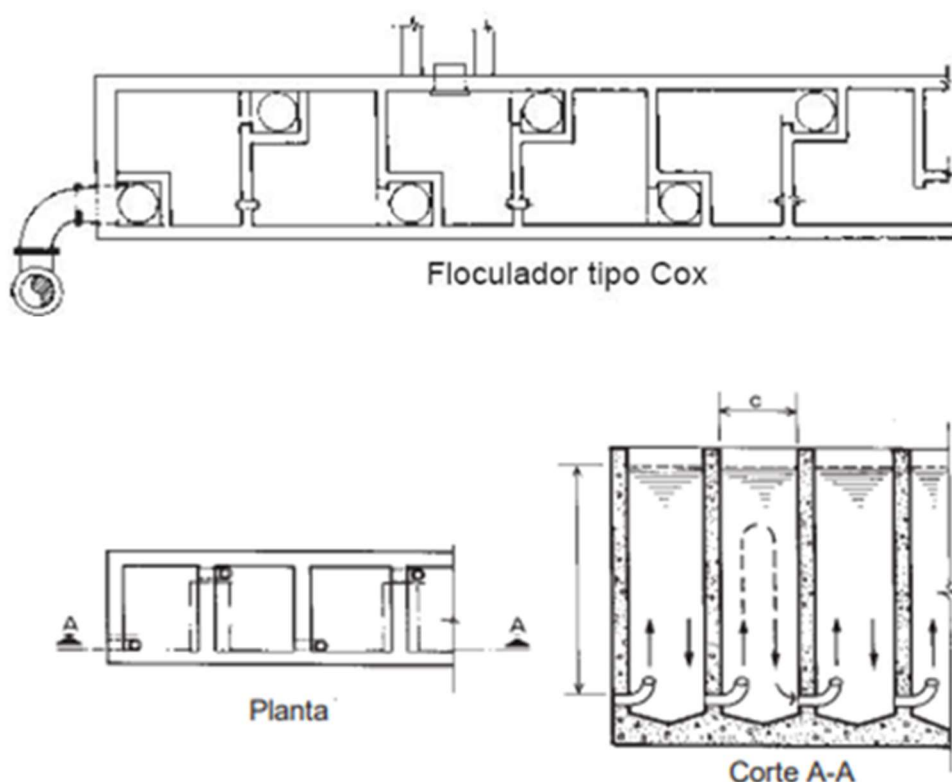
PLAN DE MANTENIMIENTO

2.6. FLOCULACIÓN

En el proceso convencional de coagulación-floculación-sedimentación, se añade un coagulante al agua fuente para crear una atracción entre las partículas en suspensión. La mezcla se agita lentamente para inducir la agrupación de partículas entre sí para formar "flóculos". El agua se traslada entonces a un depósito tranquilo de sedimentación para sedimentar los sólidos.

Se cuenta con 3 floculadores tipo Alabama o Cox que están constituidos por compartimentos ligados entre sí por la parte inferior a través de curvas de 90° volteadas hacia arriba. El flujo es ascendente y descendente en el interior del mismo compartimento, ver figura 8. Estas unidades son muy vulnerables a las variaciones de caudal. Fácilmente se pueden generar espacios muertos y cortocircuitos de flujo.

Figura 46: Floculador Alabama o Cox



Fuente: Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida

PLAN DE MANTENIMIENTO

Los floculadores de la planta de tratamiento cuentan con las siguientes características de un sistema de cuatro cámaras de 5.02m de largo, 3.67 m de ancho y 2.85 m de alto para tratar cada una 30l/s.

Figura 47: Floculador



Fuente: Elaboración Propia.

Mantenimiento

Para el respectivo mantenimiento de los floculadores, teniendo en cuenta que es tipo Alabama, se recomiendan las siguientes actividades de mantenimiento.

1. Debe verificarse que la dosificación y la mezcla rápida estén operando satisfactoriamente.
2. Es necesario constatar que el nivel del agua en las cámaras no varíe más del 10% por arriba o por abajo del nivel de diseño. El cual se podrá referenciar como la respectiva estructura.
3. Revisión diaria de las respectivas válvulas de compuertas que están presentes en la sección

PLAN DE MANTENIMIENTO

4. Limpieza periódica general del floculador por medio de los respectivos drenajes para evitar la suciedad en los codos del floculador, al menos una vez al mes.

2.7. SEDIMENTACIÓN

Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, es decir, se separan por diferencia de densidades y debido a la cantidad de movimiento los sedimentos quedan en fondo para ser eliminadas en lo que será conocido como lodos.

La planta cuenta con tres sedimentadores de alta tasa o placas paralelas, cada uno de estos con dos módulos. Las dimensiones de los módulos son 3.85 m de largo, 2.5 metros de ancho y 4.5 m de profundidad cada uno. En cada módulo hay 57 placas planas de AC (asbesto-cemento), cada una de 2,5 m por 1,2 m y 1 cm de espesor. Completando su estructura, están dos tubos de 6" de diámetro y del mismo material que las placas, con diecinueve orificios equidistantes de 1" ubicados longitudinalmente en la parte superior de cada tubo.

Este sistema cuenta también con válvulas de compuerta que permiten el drenado de los lodos, estas están ubicadas en la parte inferior del sedimentador y se recomienda que estén abiertas de 10 a 15 minutos, aunque esto puede variar al igual que la cantidad de aperturas de la válvula durante el día por la demanda del sistema y la acumulación de lodos.

Al momento de las visitas los sedimentadores presentaban bastante suciedad, muestra de la falta de lavados oportunos, en donde se evidencia incluso el crecimiento de algas en el tubo y las paredes del sedimentador.

PLAN DE MANTENIMIENTO

Figura 48: Sedimentadores



Fuente: Elaboración Propia

2.8. Mantenimiento

En el proceso de sedimentación tiene la particular necesidad de la evacuación de lodos por lo que este proceso tiene una serie de requerimientos para el correcto funcionamiento del sistema.

La evacuación de lodos consiste en la apertura de una válvula en la parte inferior de la piscina, la cual debe mantenerse abierta hasta que el nivel de turbiedad del agua evacuada sea bajo, es decir contenga menos lodo. Es necesario mencionar que este proceso se debe realizar por lo menos dos veces al día

Entonces el mantenimiento del sedimentador consiste principalmente en la limpieza de este, para cuya realización se debe tener en cuenta lo siguiente.

1. Para una limpieza interna del tanque se debe cerrar la válvula de entrada
2. Abrir la válvula de drenado de lodos
3. Revisar los conductos, de entrada, salida y drenado
4. Desprender sedimentos y algas adheridos a las paredes de piscina y conductos
5. Desprender y sacar los sedimentos del fondo de la piscina de forma manual o a presión
6. Juagar todo el sistema
7. Llenar de nuevo el sedimentador

Además de este proceso se deben realizar las correspondientes revisiones de válvulas y su debido engrasamiento de ser necesario.

PLAN DE MANTENIMIENTO

2.9. FILTRACIÓN

En este proceso, la masa de agua proveniente de la sedimentación se hace pasar por un medio poroso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y algunos microorganismos quedando estas retenidas en el filtro. Este proceso puede ser clasificado según, su velocidad de filtración, medio filtrante, sentido de flujo de la masa de agua o la carga sobre el lecho.

Los filtros que cuenta la planta son filtros de falso fondo Leopold de tasa constante y autolavado. Son seis filtros, dos por cada módulo filtro-sedimentador, y sus dimensiones son 3.7 metros de largo, 2.5 metros de ancho y 4.40 metros de profundidad. Los lechos filtrantes mixtos tienen 1.25 metros de espesor y están constituido por las siguientes capas, 0.35 metros de grava, 0.40 metros de arena y 0.50 metros de antracita. Los 6 filtros funcionan al tiempo, es decir en paralelo.

En esta sección también podemos encontrar tres válvulas por cada filtro. Una para abrir y cerrar la entrada de agua desde el sedimentador, otra para permitir la salida a una canaleta de lavado y la última que permite la entrada de agua de retro lavado a los filtros, esta agua viene de un canal común para todos los filtros. Esta sección tampoco se encontró en buenas condiciones de limpieza.

Figura 49: Filtros



Fuente: Elaboración Propia

PLAN DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento

El principal proceso de mantenimiento para un correcto funcionamiento en el filtro es el retro lavado. Este proceso se realiza cuando el agua del filtro se encuentra en un nivel alto y para realizarlo se debe seguir el siguiente procedimiento.

1. Se cierra la válvula de entrada al filtro desde el sedimentador
2. Se abre la válvula de salida para el retro lavado
3. Se abre la válvula de entrada del canal de retro lavado, que conecta al canal de retro lavado el cual se interconectan los filtros
4. Se inicia el retro lavado del filtro hasta que el agua drenada tome un color claro
5. Al terminar este proceso se cierra la válvula de entrada de agua de retro lavado
6. Se cierra la válvula de salida para el retro lavado
7. Se vuelve a abrir la válvula de entrada de agua al filtro desde el sedimentador

En este proceso se debe observar que no se drene material filtrante, en cuyo caso se debe regular el caudal de entrada de agua para retro lavado. El material filtrante debe ser revisado en sus cantidades para comprobar la ausencia de fugas de este y cuando los retro lavados se requieran en periodos más cortos debido al aumento de presión, se deberá reemplazar la arena del lecho filtrante en iguales cantidades y composición. Durante vaciados del filtro se debe aprovechar para la remoción de algas y otras materias flotantes que perjudiquen su funcionamiento

2.10. DESINFECCIÓN

Debido a las bacterias que hay en el medio ambiente y que es posible encontrar en la misma agua procedente de la captación de esta, existe un tratamiento mínimo que debe hacerse al agua es la desinfección con el fin de entregarla libres de los organismos patógenos. Además de proveer una protección adicional contra la contaminación eventual en la red de distribución. Para la desinfección del agua usamos la cloración.

La desinfección en la planta se hace suministrando cloro al agua. El agua de este proceso viene del tanque elevado ubicado en la planta, el cual se surte del agua que sale del proceso de filtración. El agua baja del tanque por gravedad y a través de una tubería de 1" de 55m llega a un cobertizo a pocos metros de las piscinas de la planta

PLAN DE MANTENIMIENTO

(floculadores, sedimentadores y filtros). En el cobertizo está el tanque de almacenamiento del filtro que contiene 1 tonelada de cloro. El tanque está conectado a un dosificador marca REGAL con capacidad máxima aproximada de 10 kg por hora y la tubería de salida del dosificador es igualmente de 1”.

El punto principal de esta sección es que, aunque su funcionamiento es correcto, la estructura de soporte está en terribles condiciones, a tal punto que el tanque es sostenido por ladrillos, al igual que los soportes de las tuberías y existe mucha suciedad en el cobertizo. las instalaciones eléctricas necesarias para el dosificador tampoco son las más adecuadas pues son bastante inestables.

Figura 50: Dosificador de Cloro



Fuente: Elaboración propia

Figura 51: Tanques de Cloro



Fuente: Elaboración Propia

Mantenimiento

Este proceso al ser llevado a cabo por tuberías su correcto funcionamiento dependerá de los dispositivos que lo componen.

Para esto se debe realizar una revisión de:

1. Suministro de energía para los componentes eléctricos
2. Calibración del dosificador
3. Estado y funcionamiento de las válvulas
4. Cantidad disponible de cloro y fugas en el tanque

PLAN DE MANTENIMIENTO

5. Limpieza de todos los equipos y entorno de trabajo

Además de esto, es de suma importancia realizar pruebas periódicas en el laboratorio que determinen si la cantidad de cloro suministrada en el proceso es la correcta. Esta medición puede ser realizada por colorimetría y el laboratorio de la planta debe contar con las herramientas necesarias para ello. El cloro residual en el punto más alejado de la red de suministro debe estar entre 0.3 mg/l y 1 mg/l.

2.11. TANQUE ELEVADO

En la Planta se cuenta con un tanque elevado que se emplea para el lavado y mantenimiento de los componentes de la planta, aplicación del policloruro de aluminio, aplicación del cloro y usos de la planta. Sus dimensiones son: 4 metros de largo por 4 metros de ancho y 2.10 metros de profundidad, el tanque está a una altura aproximada de 11m.

El uso de este tanque es para consumo dentro de la planta, es el encargado además de suministrar el agua a los sistemas de desinfección y dosificación, mediante sus respectivas tuberías, de media pulgada para la dosificación y de una pulgada para la desinfección. Para el llenado del tanque se cuenta con una bomba de máximo 3.6HP a 3470 RPM marca Toshiba con un factor de servicio de 1,15; tiene un sistema de control en la bomba el cual no funciona adecuadamente. El agua del tanque se extrae después de los filtros y se lleva por tubería hasta el tanque. Solo existe una bomba a pesar de poder instalar una segunda.

PLAN DE MANTENIMIENTO

4. Revisión de fugas y partes en mal estado
5. Limpieza del dispositivo

Para el caso del tanque se deberán realizar las siguientes actividades

1. Verificar diariamente la ausencia de elementos externos que entran al tanque
2. Inspección de válvulas y conductos
3. Vaciado del tanque para la remoción de materias adheridas y algas en el tanque
4. Realizar una desinfección del tanque por lo menos dos veces al año haciendo uso de cloro y jugando este correctamente

2.12. EDIFICIO DE OPERACIÓN

Es el sector en la planta de tratamiento en la que se encuentran algunas de las áreas de operación de la planta y/o de administración, debe cumplir los requisitos mínimos impuestos por la norma colombiana, acorde al tipo de acueducto que se desee implementar, debe contar con un área especializada para bodega de almacenamiento, sistema de desinfección, almacenamiento para los cilindros de cloro, laboratorio de servicios, sala de operadores, oficina de laborista y depósitos de reactivos.

A su vez en la planta es necesario la creación de zonas tales como Laboratorio fisicoquímico y microbiológico; Oficina del administrador de la planta con su baño; Oficina del jefe de mantenimiento y auxiliares; Batería de baños; Cocineta; Cuarto de aseo; Zonas de esparcimiento y Parqueaderos. Servicios de agua potable. Alcantarillado o tratamiento individual, gas para el uso del laboratorio, energía eléctrica o planta, forma de comunicación con el edificio.

Las edificaciones que comprenden los servicios de operación para la planta están en buen estado a nivel de construcción, siendo un edificio de 2 pisos en donde tiene espacios como laboratorios, bodegas, cocina, baños, cuarto de dosificación para sulfato y habitaciones para los operarios; pero debido a la falta de mantenimiento y cuidado de estos no están funcionales varios de estos puntos, en especial los laboratorios, que a pesar de poseer 2 laboratorios, uno por piso, no tienen los recursos necesarios para poder funcionar adecuadamente y realizar respectivamente los

PLAN DE MANTENIMIENTO

ensayos de muestreo que son necesarios para determinar las dosis óptimas para el agua. En el edificio también se encuentra la bomba que se usa para alimentar al tanque elevado. A continuación, se muestra el edificio de operación junto con uno de los laboratorios, los cuales están en condiciones similares.

Figura 55: Edificio de Operación



Fuente: Elaboración Propia

Figura 56: Laboratorios



Fuente: Elaboración Propia

PLAN DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento

El edificio de operación es el lugar de descanso de los operarios de la planta, el lugar de almacén de algunas sustancias requeridas en el proceso y en él se ubican los laboratorios de la planta.

Ya que cuenta con varias habitaciones, el correcto cuidado de este edificio consiste en la limpieza y el orden de los espacios. Se debe mantener el lugar libre de polvo y suciedad causada por la humedad, además de un chequeo diario de las condiciones de almacenamiento del sulfato líquido.

2.13. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos pico, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas. Para las labores de diagnóstico en el tanque de almacenamiento se deben tener en cuenta las filtraciones que pueda tener el tanque las cuales son detalladas en la norma RAS en el literal B.9.9.2. Las cuales repercuten en la eficacia del sistema de impermeabilización que posea el tanque, estas filtraciones no deben exceder el valor de 1 L/min por cada 5000 m³.

En este caso, para la paz se tienen tres tanques de almacenamiento, aparte del tanque elevado, dentro del ciclo de distribución del agua potable, todos ellos construidos en concreto reforzado. El primero se encuentra en el mismo predio que la PTAP y se ubica después del proceso de desinfección, al final de la planta. Tiene una capacidad aproximada de 1000 metros cúbicos que se llena cerrando la válvula de compuerta al inicio de la tubería que va al pueblo. Los otros dos tanques se encuentran a las afueras del pueblo, en la vía La Paz-Manaure, y cada uno de estos almacena el agua de una parte de la red de distribución, es decir, la red de distribución consta de dos secciones que funcionan alternamente. Consiste en un tanque antiguo y otro de construcción más reciente cuyas correspondientes dimensiones son 450 metros cúbicos y 275 metros cúbicos. Ambos cuentan con

PLAN DE MANTENIMIENTO

válvulas de entrada y salida, además de tener cada uno un macro medidor en sus tuberías salientes, los cuales actualmente no se encuentran en funcionamiento.

Figura 57: Tanques pueblo



Fuente: Elaboración Propia

Mantenimiento

En este punto se consideran tres tanques de almacenamiento de gran tamaño, los dos ubicados en las inmediaciones del pueblo y el que se encuentra en la PTAP, por lo que las siguientes consideraciones de mantenimiento se deben aplicar a todos ellos. Las labores de mantenimiento, al igual que las del tanque elevado ya mencionado son:

- Verificar diariamente la ausencia de elementos externos que entran al tanque
- Inspección de válvulas y conductos
- Vaciado del tanque para la remoción de materias adheridas y algas en el tanque
- Realizar una desinfección del tanque por lo menos dos veces al año haciendo uso de cloro y jugando este correctamente

2.13. LÍNEA PLANTA TANQUES

Esta línea de tubería es la más larga de todo el proceso. Lleva el agua desde la PTAP hasta los tanques ubicados a las afueras de La Paz. Esta línea de tuberías tiene un diámetro de 12" y una longitud de 1500 metros. Cuenta con 3 válvulas de

PLAN DE MANTENIMIENTO

compuerta, una al inicio, otra en el medio de la línea y otra al final. También tiene 13 válvulas de purga en caso de ser necesaria una reducción de caudal o un vaciado para mantenimiento y 17 válvulas des aireadoras, que permiten la salida del aire de la tubería.

Mantenimiento

Se realiza el mismo proceso de revisión y mantenimiento que a la línea bocatoma-planta y además se incluye una revisión de fugas por conexiones fraudulentas, frecuentes en las largas líneas de conducción de agua como lo es esta.

GUIAS DE MANTENIMIENTO

Sección:	Bocatoma	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Rejillas: remover con rastrillo elementos que obstruyan la rejilla tales como hojas o ramas	Diariamente
2	Válvulas: accionamiento para observar su estado de funcionamiento y engrasado si es requerido	Semanalmente
3	Canal de retorno al río: limpieza del canal removiendo materias y suciedad que dificulten el flujo	Cada 6 meses
4	Línea de aducción: Revisión de la estabilidad del terreno y estructuras de apoyo de la Línea y erradicación de malezas alrededor de esta	Semanalmente
5	Los elementos metálicos deben ser engrasados y se debe remover los rastros de óxidos de ellos al menos cuatro veces al año.	Cada 3 meses

Sección:	Desarenador	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Vaciado de piscinas del desarenador, haciendo uso de las válvulas de compuerta, para inspección y limpieza. De ser necesario emplear agua a presión y palas	Semanalmente
2	Vaciado de presedimentadores, haciendo uso de las válvulas de compuerta, para inspección y limpieza. De ser necesario emplear agua a presión y palas	Semanalmente

Sección:	Línea desarenador-PTAP	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Revisión de la estabilidad del terreno y estructuras de apoyo de la Línea y erradicación de malezas alrededor de esta	Diariamente
2	Apertura de las válvulas de purga para evacuar posibles lodos en la tubería	Semanalmente

GUIAS DE MANTENIMIENTO

Sección:	Mezcla rápida	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Verificar que la dosificación del coagulante esté realizándose por el eyector, regadera o tubo perforado.	Diariamente
2	Verificar que la estructura de entrada permita el acceso del agua al perfil Creager.	Diariamente
3	Constatar que la solución esté aplicándose uniformemente en el punto de máxima turbulencia.	Diariamente
4	Inspeccionar y limpiar las paredes de la estructura.	Semanalmente
5	Revisión de las válvulas de compuerta, tanto de entrada como de salida de la sección, verificando su correcto funcionamiento, en dado caso lubricarlas	Cada 6 meses

Sección:	Dosificación	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Revisión del dosificador.	Diariamente
2	Revisión de la respectiva Línea de dosificación, que en este caso corresponde desde el tanque elevado hasta el suministro de coagulantes, que ocurre en la sección de mezcla rápida.	Diariamente
3	Verificar la capacidad de variabilidad de dosis de coagulante por parte del dosificador, la cual se variará dependiendo de la turbiedad del agua y del respectivo ensayo de jarras.	Diariamente

GUIAS DE MANTENIMIENTO

Sección:	Floculación	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	verificar que la dosificación y la mezcla rápida estén operando satisfactoriamente.	Diariamente
2	Constar que el nivel del agua en las cámaras no varíe más del 10% por arriba o por abajo del nivel de diseño. El cual se podrá referenciar como la respectiva estructura.	Diariamente
3	Revisión de las respectivas válvulas de compuertas que están presentes en la sección	Diariamente
4	Limpieza general del floculador por medio de los respectivos drenajes para evitar la suciedad en los codos del floculador	Mensualmente

Sección:	Sedimentación	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Realizar el respectivo procedimiento de evacuación de lodos	2 veces al día
2	Vaciado y limpieza de material adherido a las paredes y conductos del sedimentador mediante agua a presión o de forma mecánica	Mensualmente
3	Revisión de las válvulas de compuerta y engrasado de ser necesario	Semanalmente

Sección:	Filtración	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Realización del respectivo retro lavado del filtro cuando este se encuentra en un nivel alto	2 veces al día
2	Verificación de la disposición y cantidad del material filtrante mediante variaciones de presión	Semanalmente
3	Remoción del alga y otras materias adheridas a las superficies durante el vaciado del filtro	Semanalmente
4	Revisión de las válvulas de compuerta y engrasado de ser necesario	Semanalmente

GUIAS DE MANTENIMIENTO

Sección:	Desinfección	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Revisión del suministro de energía para los componentes eléctricos	Diariamente
2	Calibración del dosificador	Dos veces al mes
3	Comprobar el estado y funcionamiento de las válvulas	Semanalmente
4	Revisión de cantidad disponible de cloro y fugas en el tanque	Diariamente
5	Limpieza de todos los equipos y entorno de trabajo	Semanalmente

Sección:	Conjunto tanque elevado-bomba	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Comprobar el correcto funcionamiento de la bomba en su entrada y salida	Diariamente
2	Revisión de sellos de la bomba	Mensualmente
3	Lubricación de componentes de la bomba según su requerimiento	Mensualmente
4	Revisión de fugas y partes en mal estado de la bomba	Semanalmente
5	Limpieza general de bomba	Semanalmente
6	Verificar la ausencia de elementos externos que entran al tanque	Diariamente
7	Inspección de válvulas y conductos	Semanalmente
8	Vaciado del tanque para la remoción de materias adheridas y algas en el tanque	Semanalmente
9	Realizar una desinfección del tanque haciendo uso de cloro y jugando este correctamente	Cada 6 meses

GUIAS DE MANTENIMIENTO

Sección:	Conjunto tanque elevado-bomba	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Comprobar el correcto funcionamiento de la bomba en su entrada y salida	Diariamente
2	Revisión de sellos de la bomba	Mensualmente
3	Lubricación de componentes de la bomba según su requerimiento	Mensualmente
4	Revisión de fugas y partes en mal estado de la bomba	Semanalmente
5	Limpieza general de bomba	Semanalmente
6	Verificar la ausencia de elementos externos que entran al tanque	Diariamente
7	Inspección de válvulas y conductos	Semanalmente
8	Vaciado del tanque para la remoción de materias adheridas y algas en el tanque	Semanalmente
9	Realizar una desinfección del tanque haciendo uso de cloro y jugando este correctamente	Cada 6 meses

Sección:	Edificio de operación	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Limpieza básica de las habitaciones del edificio: barrido y trapeado	Diariamente
2	Limpieza general: remoción de polvo y limpieza paredes	Semanalmente
3	Revisión de filtraciones o acumulaciones de humedad en el edificio	Diariamente
4	Chequeo del almacén de sulfato	Diariamente

Sección:	Tanques de almacenamiento	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Verificar la ausencia de elementos externos que entran al tanque	Diariamente
2	Inspección de válvulas y conductos	Semanalmente
3	Vaciado del tanque para la remoción de materias adheridas y algas en el tanque	Semanalmente
4	Realizar una desinfección del tanque haciendo uso de cloro y jugando este correctamente	Cada 6 meses

GUIAS DE MANTENIMIENTO

Sección:	Línea PTAP-Tanques pueblo	
No.	Actividad para realizar	Frecuencia
1	Revisión de la estabilidad del terreno y estructuras de apoyo de la Línea y erradicación de malezas alrededor de esta	Diariamente
2	Apertura de las válvulas de purga para evacuar posibles lodos en la tubería	Semanalmente
3	Revisión de conexiones fraudulentas en la tubería	Diariamente

REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Registro en la Bodega					
ítem	Código	Fecha	Descripción	Unidad	Cantidad

REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Reporte Mensual de Mantenimiento			
Fecha	Código del equipo	Descripción del Trabajo realizado	Operario

REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Historial del Equipo			
Nombre del Equipo:		Código del Equipo:	
Fecha	Descripción de lo realizado	Materiales Utilizados	Operario

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A.A01-BOCATOMA							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Sin Taponamiento						
2	Sin deterioro estructural						
3	Encerramiento o protección						
4	Energía Eléctrica						
5	Casa de Operación u Operador						
6	Terrenos aledaños estables						
7	Sin contaminación del agua						
8	Con medición de nivel del agua						
9	Con medición del caudal captado						
10	Con toma de muestras del agua						
11	Con caracterización del agua cruda						
12	Con alarma por intrusión						
13	Otras						
Frecuenciencia de mantenimiento cada:							
Frecuencia de Inspección cada:							
Total							

A.A02-DESARRENADOR							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Terrenos aledaños estables						
2	Sin asentamiento del suelo						
3	Sin filtraciones						
4	Sin sobrecargas de sedimento						
5	Sin putrefacción de lodos						
6	Sin dificultad para los lavados						
7	Con drenajes apropiados						
8	Con mantenimiento oportuno						
9	Con protección o aislamiento						
11	Con estructura de suplencia						
12	Sin deterioro estructural						
13	Con entorno limpio y ordenado						
14	Otros						
Frecuenciencia de mantenimiento cada:							
Frecuencia de Inspección cada:							
Total							

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A.B01-LÍNEA DESARENADOR-PLANTA						
Longitud:130m		Tipo de Línea: Tubería				
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
		Si	No	P	N/A	
1	Terrenos aledaños estables					
2	Sin asentamientos del suelo					
3	Con mantenimiento en los Taludes					
4	Sin taponamientos					
5	Canal protegido con cera					
6	Sin vertimientos contaminantes					
7	Sin filtraciones					
8	Sin riesgo de derrames accidentales al canal					
9	Sin conexiones fraudulentas					
10	Anclajes en buen estado					
11	Con disipadores de energía					
12	Con válvulas de purga					
13	Con ventosas					
14	Con servidumbres legalizadas					
15	Sin intervención de terceros					
16	Otras					
Frecuencia de Inspección cada:						
Total						

A.C07-MEZCLA RÁPIDA						
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
		Si	No	P	N/A	
1	Gradiente con correcta agitación del agua					
2	Tiempo de retención adecuado					
3	Sin problemas hidráulicos					
4	Correcta aplicación del coagulante					
5	Sin sobrecarga					
6	Buena distribución de flujos					
7	Buen estado de estructuras y equipos					
8	Otros					
Frecuencia de mantenimiento cada:						
Frecuencia de Inspección cada:						
Total						

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A.C06-DOSIFICACIÓN							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Dosificadores en buen estado						
2	Preparación de solución confiable						
3	Existen curvas de calibración						
4	Dilución y tiempo de retención correctos						
5	Con dosificador alternativo						
6	Punto de aplicación bien escogido						
7	Correcta preparación y almacenamiento						
8	Sala de dosificación limpia y ordenada						
9	Otros						
Frecuencia de mantenimiento cada:							
Frecuencia de Inspección cada:							
Total							

A.C01-FLOCULACIÓN							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Gradiente, agitación decreciente						
2	Sin problemas hidráulicos						
3	Sin sobrecarga						
4	Buena distribución de flujos						
5	Sin filtraciones						
6	Sin derrames de aceites y grasas						
7	Buena interconexión entre estructuras						
9	Con oportuna limpieza y lavado						
10	Buena formación del flocs						
11	Buen estado de estructuras						
12	Otros						
Frecuencia de mantenimiento cada:							
Frecuencia de Inspección cada:							
Total							

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A.C02-SEDIMENTACIÓN							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Sin problema hidráulicos						
2	Sin defectos de entrada y salida						
3	Recolección nivelada						
4	Sin sobrecarga						
5	Sin filtraciones						
6	Sin putrefacción de lodos						
7	Sin excesiva cantidad de algas						
8	Mantenimiento de limpieza y lavado						
9	Sin hierros a la vista						
10	Moderado paso del floccs al filtro						
11	Buen estado de la estructura						
12	Otros						
Frecuenciencia de mantenimiento cada:							
Frecuencia de Inspección cada:							
Total							

A.C08-DESINFECCIÓN							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Terrenos aledaños estables						
2	Con almacenamiento de cloro seguro						
3	Con facilidad de acceso						
4	Con elementos de protección						
5	Con mantenimiento oportuno						
6	Sin deterioro estructural						
7	Con entorno limpio y ordenado						
9	Existe tanque de contacto de cloro						
10	Con dosificadores calibrados						
11	Se determina la demanda de cloro						
12	Tanque sin filtraciones						
13	Equipos y estructuras en buen estado						
14	Otros						
Frecuenciencia de mantenimiento cada:							
Frecuencia de Inspección cada:							
Total							

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A.C03-FILTRACION							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Buena distribución de flujos						
2	Válvulas en buen estado de Operación						
3	Granulometría de lechos bien distribuida						
4	Lavado cuidadoso para no dañar el lecho						
5	Expansiones de lecho uniformes						
6	Sin pérdida del medio filtrante						
7	Cada filtro tiene medidor de perdida de carga						
8	Con medición de calidad del agua filtrada						
9	Sin sobrecargas						
10	Sin filtraciones						
11	Baja presencia de algas						
12	Equipos y estructuras en buen estado						
13	Otros						
Frecuenciencia de mantenimiento cada:							
Frecuencia de Inspección cada:							
Total							

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A. (C04, C09, E01)-ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA						
Tanques: elevado dentro de la planta; a la salida de la planta; nuevo y antiguo a las afueras del municipio						
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
		Si	No	P	N/A	
1	Con tanque de almacenamiento a la salida del tratamiento					
2	Con tanque de contacto de cloro					
3	Con tanque para consumo interno y mantenimiento					
4	Almacenamiento con capacidad suficiente					
5	Sin filtraciones					
6	Con respiraderos protegidos					
7	Con aislamiento					
8	Sin posibilidad de contaminación					
10	Válvulas y compuertas operables					
11	Con instrumentos de nivel o de volumen					
12	Con procedimiento de lavado y desinfección					
13	Otros					
Frecuenciencia de mantenimiento cada:						
Frecuencia de Inspección cada:						
Total						

A.D01-LÍNEA PLANTA-TANQUES						
Longitud: 7500m			Tipo de Línea: Tubería			
Característica	Descripción	¿Cumple?				Valor
		Si	No	P	N/A	
1	Terrenos aledaños estables					
2	Sin asentamientos del suelo					
3	Sin conexiones fraudulentas					
4	Anclajes en buen estado					
5	Con disipadores de energía					
6	Con válvulas de purga					
7	Con ventosas					
8	Con servidumbres legalizadas					
10	Otras					
Frecuencia de Inspección cada:						
Total						

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A.M01-MANUALES Y OTRAS AYUDAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Manual de operación						
2	Manual de calidad						
3	Manual de mantenimiento						
4	Manual de emergencias						
5	Planta de emergencia de energías						
6	Equipo de radiocomunicación						
Total							

A.M02- INSTRUMENTACION DE LA PTAP PARA CONSUMO HUMANO							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Medición de caudal de ingreso						
2	Medición de caudal de salida						
3	Medición de caudales para lavados y operación de mantenimiento						
4	Medición de niveles de tanques						
5	Control para determinar el momento de lavado de filtros						
Total							

A.M03 - SEGURIDAD INDUSTRIAL							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Manual o protocolo de higiene y seguridad industrial						
2	Señalización y demarcación de áreas de trabajo						
3	Operarios con uniformes						
4	Elementos de protección						
Total							

FORMULARIO DE DIAGNOSTICO

A.M04 - ESTADO Y PERTINENCIA DE LAS INTALACIONES							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Vías de acceso en buen estado						
2	Alrededores de la planta libres de obstáculos						
3	Planta tiene cerramiento						
4	Aseo interior eficiente						
5	Instalaciones de almacenamiento adecuadas						
6	Zonas para el descanso y consumo de alimentos						
7	Servicios sanitarios en cantidad suficiente						
8	Estado físico de las edificaciones						
9	El laboratorio está en optimas condiciones						
Total							

A.M05 - CONTROL Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS							
Característica		Descripción	¿Cumple?				Valor
			Si	No	P	N/A	
1	Suministro Oportuno						
2	Almacenamiento adecuado						
3	Productos debidamente empacados y rotulados						
4	Cumplen resolución 2314/86						
5	Se tiene un almacenamiento con entorno limpio y ordenado						
6	Se tiene un almacenamiento sin humedad y ventilado						
7	Con facilidades de acarreo interno						
8	Con espacios suficientes						
9	Otros						
Total							