

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN EL MUNICIPIO DE CERRITO-SANTANDER

LUDY YANNETH ARCHILA DURAN
TANIA LIZETH SANDOVAL JOYA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

2013

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN EL MUNICIPIO DE CERRITO-SANTANDER

LUDY YANNETH ARCHILA DURAN
TANIA LIZETH SANDOVAL JOYA

Monografía para optar el título de
Especialistas en Ingeniería Ambiental

DIRECTOR
Dr. LUIS MARIANO IDARRAGA BERNAL
INGENIERO QUÍMICO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

2013

DEDICATORIA

A mis padres Ciro y Mery, a mis hermanos Paty y Cesar que me han apoyado en todo momento, a Gerson que me ha dado todo su amor y cariño. Les dedico una meta más que hoy es posible culminar con gran éxito y que ha sido posible gracias al apoyo incondicional de ustedes.

Ludy Yanneth Archila Durán

A Dios por iluminar mi camino, a mi madre por su amor incondicional, a mis hermanas Angélica y Deisy por el apoyo y a mi sobrino por sus sonrisas.

Tania Lizeth Sandoval Joya

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director Ingeniero Luis Mariano Idagarra Bernal por su orientación y dedicación a este trabajo.

Al Ingeniero William Ibáñez por sus valiosos aportes a este trabajo.

A cada uno de los profesores que nos ayudaron en la formación de la Especialización en Ingeniería Ambiental.

A la Universidad Industrial de Santander y la Escuela de Ingeniería Química por la formación académica.

A la Unidad de Servicios Públicos de la Administración Municipal de Cerrito por permitirnos la realización de este proyecto.

Al Señor Efrain del Cerrito por brindarnos las facilidades logísticas durante la fase de campo y por toda la orientación y acompañamiento en la planta de tratamiento de agua.

Al laboratorio de aguas SIAMA Ltda. y al Dr. Albio Espinosa por permitirnos realizar las pruebas y análisis del agua.

Al Doctor Crisóstomo y a Ernesto por acogernos y brindarnos su colaboración en el transcurso de la Especialización.

A nuestros amigos y compañeros de la Especialización en especial a Omar y Carlos por su valiosa e incondicional amistad.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE	17
1.2. PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA	18
1.2.1. Aireación	18
1.2.2. Coagulación	19
1.2.3. Floculación	19
1.2.4. Sedimentación	19
1.2.5 Filtración	20
1.2.5.1 Retrolavado del filtro:	20
1.2.6 Desinfección	20
1.2.6.1 Calidad de Agua	21
2. METODOLOGÍA	22
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	22
2.2 TRABAJO DE CAMPO	23
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	25
3.1. FICHA DE EVALUACIÓN INICIAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE CERRITO, SANTANDER.....	25
3.2. DIÁNOSTICO PRELIMINAR.....	27
3.2.1. Red de Drenaje.....	28
3.2.2. Subcuenca Del Río Servitá.....	28
3.2.3. Microcuenca Quebrada Susalí.....	29
3.2.4. Población Abastecida	29
3.3. CALIDAD DEL AGUA	30
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CERRITO, SANTANDER	32
4.1. CAPTACIÓN	33

4.2. DESARENADOR	34
4.3. ADUCCIÓN.....	35
4.4. UNIDAD DE AIREACIÓN.....	36
4.5. MEZCLA RÁPIDA	37
4.6. COAGULANTE	38
4.7. FLOCULACIÓN	39
4.8. SEDIMENTACIÓN.....	41
4.9. FILTRACIÓN.....	42
4.10. DESINFECCIÓN.....	43
5. OBSERVACIONES Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR.....	44
5.1. DESARENADOR	44
5.2. ADUCCIÓN:.....	44
5.3. AIREACIÓN	44
5.4. MEZCLA RÁPIDA.....	45
5.5. FLOCULACIÓN	48
5.6. SEDIMENTACIÓN	49
5.7. FILTRACIÓN.....	49
5.8. DESINFECCIÓN.....	50
5.9. TANQUE DE ALMACENAMIENTO	51
6. CALIDAD DE AGUA TRATADA.....	53
6.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA TRATADA DEL MUNICIPIO DE CERRITO.....	54
7. CONCLUSIONES	59
8. RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema del proceso de Potabilización del agua.	18
Figura 2. Ubicación de la Planta de tratamiento de Agua Potable.	22
Figura 3. Variación de la precipitación en el Municipio del Cerrito.	23
Figura 4. Planta de tratamiento de agua potable Cerrito, Santander.	32
Figura 5. Etapas del proceso de potabilización del agua.	33
Figura 6. Bocatoma de Fondo.	33
Figura 7. Desarenador.	35
Figura 8. Tubería de conducción de agua a la planta.	35
Figura 9. Unidad de aireación.	36
Figura 10. Unidad de mezcla rápida.	37
Figura 11. Inyector de solución de coagulante.	37
Figura 12. Tanques de 500 y 1100 litros donde se prepara la solución de coagulante.	38
Figura 13. Cuarto de almacenamiento de sustancias químicas.	39
Figura 14. Unidad de floculación.	40
Figura 15. Diseño de la unidad de floculación.	40
Figura 16. Unidad de sedimentación.	41
Figura 17. Diseño de la unidad de sedimentación.	42
Figura 18. Unidad de filtración.	42
Figura 19. Unidad de Desinfección. Pipeta de cloro gaseoso.	43
Figura 20. Curva del Test de jarras.	46
Figura 21. Turbiedad residual versus distribución del gradiente de velocidad.	48
Figura 22. Diseño del tanque de almacenamiento.	51
Figura 23. Diseño de la planta de tratamiento de agua de Cerrito.	58

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificación técnicas sulfato de aluminio P.Q.P.....	38
Tabla 2. Test de jarras	45
Tabla 3. Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema	51
Tabla 4. Características físicas del agua.	53
Tabla 5. Características químicas del agua.	53
Tabla 6. Análisis microbiólogo de las muestras de agua tratada	54
Tabla 7. Análisis fisicoquímicos de las muestra de agua tratada.....	54
Tabla 8. Calidad de Agua en el Municipio de Cerrito.	55
Tabla 9. Clasificación del IRCA.....	56
Tabla 10. Puntaje de Riesgo.....	56

TITULO: DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE CERRITO-SANTANDER*

AUTORES: ARCHILA DURAN L. Y., SANDOVAL JOYA T.L.**

PALABRAS CLAVE: Agua potable, acueducto, calidad de agua.

DESCRIPCIÓN:

El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos, es fuente de vida y tiene innumerables usos, es por esto que se debe garantizar su cuidado, protección y conservación, ya que es fuente de vida y de abastecimiento de la población por medio de los acueductos. Sin embargo, el panorama nacional en cuanto al promedio de Municipios que presentan plantas de tratamiento de agua potable es del 60% y de estas solo opera el 70%. Por esto se hace necesario entrar a evaluar la operación y funcionamiento de las unidades y procesos de las plantas de tratamiento para optimizar el servicio y mejorar la calidad de vida.

En este estudio se realizó un diagnóstico preliminar de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cerrito-Santander donde se inició con una inspección visual y se siguió la ficha de evaluación del Instituto CEPIS/OPS. Se encontró en este estudio que las unidades en estado más crítico y que necesitan ser evaluadas de manera específica son la mezcla rápida y la desinfección. Además en cuanto al Índice de Riesgo de la Calidad del agua para consumo Humano- IRCA, en este Municipio se encontró que se encuentra clasificada en un valor medio de riesgo, por lo cual, debe ejecutar acciones inmediatas para corregir las causas y poder optimizar el funcionamiento de esta planta de tratamiento de agua.

*Monografía

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de ingeniería Química. Luis Marianao Idagarra Bernal

TITLE: PRELIMINARY DIAGNOSIS OF THE POTABLE WATER TREATMENT PLANT IN THE MUNICIPALITY OF CERRITO-SANTANDER*

AUTHORS: ARCHILA DURAN L. Y., SANDOVAL JOYA T.L.**

KEY WORDS: Potable water, aqueduct, water quality.

DESCRIPTION:

Water is an essential resource for all living beings, it is source of life and has innumerable uses, and this is why its care, protection and conservation must be guaranteed as it is also a source of supply for population through water supply systems. However, the national outlook in terms of average of municipalities with potable water treatment plants is 60% and only 70% of them operate. For this reason, it is necessary to evaluate the operation and performance of the units and processes inside the treatment plants to optimize service and improving the quality of life.

In this study it was conducted a preliminary diagnosis of potable water treatment plant in the municipality of Cerrito-Santander starting with a visual inspection guided by the CEPIS / OPS Institute's scorecard. It was found in this study that the units in most critical condition and with the need to be evaluated specifically are the rapid mixing, and disinfection. Furthermore, regarding the Risk Index of potable water quality -IRCA-, it was found that this municipality is classified in an average value of risk; therefore, immediate actions to correct the causes and to optimize the functioning of this water treatment plant must be implemented.

*Research Monograph

**Physical-chemical Engineering Faculty. School of Chemical Engineering. Luis Marianao Idagarra Bernal.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar de forma preliminar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Cerrito, Santander.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las unidades de tratamiento y los equipos utilizados en la planta de tratamiento de agua potable.
- Realizar el diagnostico preliminar de las condiciones de las unidades de tratamiento y equipos.
- Evaluar la eficiencia de la planta respecto a los parámetros de calidad de agua.

INTRODUCCIÓN

Los recursos de agua dulce de que dispone la tierra representan el 3% del volumen total, del cual una parte importante es utilizada en las actividades humanas (Superintendencia de Servicios públicos 2007). El agua para uso personal o doméstico debe ser potable o apta para el consumo humano, y no contener microorganismos o sustancias químicas o radiactivas que puedan constituir una amenaza para la vida y la salud de las personas. Además, debe tener color, sabor y olor aceptables. La calidad del recurso hídrico debe satisfacer los requisitos de los diferentes usos que se le dan al agua, pero principalmente debe cumplir con los requerimientos de salud pública (Tercer diagnóstico sobre calidad de agua para consumo humano 2007).

La disponibilidad de servicios es un importante indicador de la calidad de vida de una población y una condición indispensable para alcanzar el desarrollo sostenible (TIRADO et.al 1995). Sin embargo, de la población total en Colombia las coberturas promedio de acueducto, agrupadas según regiones, son el 98.6% en Bogotá, el 94% en el Valle, el 86.8% en Antioquia, el 85.7% en la región central, el 81,1% en la oriental, el 47.7% en San Andrés y Providencia, el 72% en la costa atlántica, el 59.9% en la Amazonía y Orinoquía, y el 62.7% en la región pacífica.

En Santander, según el plan de departamental para el manejo empresarial de los servicios de agua y saneamiento (2010), el promedio en cuanto a cobertura de los acueductos instalados es de 98,4 %.

Para el 2007, a nivel nacional, el 60 % de los municipios contaban con una planta de tratamiento de agua potable, de los cuales el 70% operaban y solo el 30% funcionaban correctamente (Ponce de León 2007). Según este panorama, no es

suficiente aumentar la cobertura de suministro de agua potable a la población sino evaluar las condiciones de las plantas existentes para ofrecer un servicio de mejor calidad.

Una evaluación de una planta de tratamiento de agua comprende un análisis del funcionamiento y comportamiento hidráulico de cada una de las partes que físicamente la conforman, de su eficiencia y de la forma como está siendo operada, controlada, mantenida y administrada (Caballero 2011).

En el presente trabajo se despliega un diagnóstico preliminar de la planta de tratamiento de agua potable en el Municipio de Cerrito con la finalidad de dar a conocer su estado actual y detectar las posibles causas que no permiten un adecuado funcionamiento.

1. MARCO TEÓRICO

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo (Orellana 2005).

1.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE

El agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos. Por estas razones suele ser necesario tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión a la población. El agua contiene ciertas sustancias químicas u organismos microscópicos que pueden ser perjudiciales para ciertos procesos industriales, y al mismo tiempo perfectamente idóneo para otros. Los microorganismos causantes de enfermedades que se transmiten por el agua la hacen peligrosa para el consumo humano. Las aguas subterráneas de áreas con piedra caliza pueden tener un alto contenido de bicarbonatos de calcio (dureza) y requieren procesos de ablandamiento previo a su uso.

Para alcanzar las características aceptables del agua para consumo humano, se requiere un conjunto de operaciones unitarias de tipo físico y químico o biológico. Este conjunto tiene como función eliminar y/o reducir la contaminación o las características no deseables del agua. (Arboleda, 2000).

1.2. PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

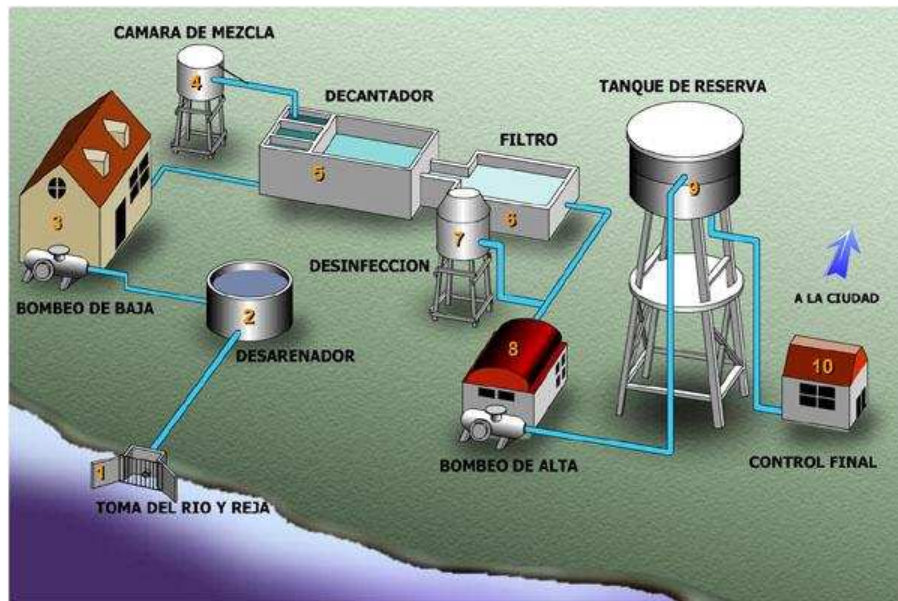


Figura 1 Esquema del proceso de Potabilización del agua.

Fuente: <http://educasitios.educ.ar/grupo096/?q=node/59>

1.2.1. Aireación

En la aireación debe ponerse en contacto el agua cruda con el aire, con el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en ella, la aireación se recomienda en los siguientes casos:

- oxígeno al agua y aumentar con ello el oxígeno disuelto.
- Disminuir la concentración de dióxido de carbono (CO₂).
- Remover el metano (CH₄).
- Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn).
- Remover compuestos orgánicos volátiles (COV).

Las bandejas de carbón coke consisten en una serie de superficies con un lecho de coke conformado por partículas de 0.05 a 0.15 m. sobre las cuales se vierte el agua cruda tal que se genere una capa de aproximadamente 0.15 m. Lo que allí

se genera es una caída del agua de bandeja a bandeja y por ende una aireación con la añadida capacidad del carbón para absorber y adsorber metales pesados como el hierro y el manganeso.

1.2.2. Coagulación

La coagulación tiene por objeto desestabilizar las partículas en suspensión es decir facilitar su aglomeración. En la práctica este procedimiento es caracterizado por la inyección y dispersión rápida de productos químicos (Andía 2000). Los mezcladores tienen como objetivo la dispersión instantánea del coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta dispersión debe ser lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación (Andía 2000).

1.2.3. Floculación

La floculación consiste en la aglomeración, mediante la agitación moderada del agua, de las partículas que se desestabilizaron durante la coagulación, formando otras de mayor tamaño y peso específico llamados flóculos (Rodríguez 1995).

Los objetivos básicos de la floculación son reunir microflóculos para formar partículas con peso específico superior al del agua y compactar el flóculo disminuyendo su grado de hidratación para producir baja concentración volumétrica, lo cual produce una alta eficiencia en los procesos posteriores como sedimentación y filtración (Restrepo 2009).

1.2.4. Sedimentación

La sedimentación es un proceso por el cual se realiza la decantación de partículas en suspensión por la acción de la gravedad. De esta forma se eliminan parte de los microorganismos y la materia orgánica que les sirve de alimento, aumentando

la eficiencia del tratamiento al aumentar el tiempo de retención del agua en el sedimentador (Junta de Castilla y León 2009).

1.2.5 Filtración

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloides presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. La filtración es una operación final que se realiza en un planta de tratamiento de agua y por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los patrones de potabilidad (Willi F. & Escobar E. 2005).

1.2.5.1 Retrolavado del filtro:

Es necesaria la limpieza del sistema de filtración, en el proceso de filtración son retenidos sólidos e impurezas que presenta el agua, el filtro los acumula en los lechos filtrantes, hasta que llega el momento de saturación, generando malos olores y sabores desagradables contaminado la calidad del agua tratada. El retrolavado es el proceso en el cual se invierte el flujo de agua, es necesario que el flujo llegue con mayor presión por lo tanto el agua se suministra al filtro directamente sin pasar por la torre de aireación, se abren los registros para que el agua llegue al filtro directamente; y se retrolava el filtro abriendo los otros registros y el agua producto del lavado se desecha por la tubería de desagüe.

1.2.6 Desinfección

La desinfección de aguas de abastecimiento se define como el proceso integrante que tiene como objetivo la inactivación de microorganismos presentes en el medio, minimizando la probabilidad de transmisión hídrica de enfermedades, y el manejo del agua tratada (C.N. Hass Desinfection 1990).

Entre los agentes químicos de desinfección más utilizados, se destacan el cloro elemental gaseoso (Cl_2), el hipoclorito (ClO), la mezcla de cloro con amoníaco (Cl_2/NH_3) que forman cloramina, el dióxido de cloro (ClO_2), el ozono (O_3) y el permanganato de potasio (KMnO_4). También se utiliza extensamente la luz ultravioleta. Se han desarrollado también métodos modernos que se basan en la generación de oxígeno singulete por absorción de radiación por un colorante, la irradiación con rayos γ y la fotocatalisis heterogénea UV/ TiO_2 (Laot et al. 1999).

1.2.6.1 Calidad de Agua

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, es uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud (Organización Mundial de la Salud 2006).

Las normas de agua potable no se deben considerar como un criterio para evaluar o controlar la operación de una planta de tratamiento de agua sino como especificaciones generales para la aceptación del producto. Cuando el tratamiento de agua está bien controlado, se pueden obtener mejores resultados que los establecidos en las normas (CEPIS 2002).

2. METODOLOGÍA

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Planta de Tratamiento de Agua Potable a 2.595 m de altitud (N 6° 50' 36.49" W 72° 41' 35.21). La planta se ubica en la Vereda el Siote en el Municipio del Cerrito que se encuentra al Nororiente de la Provincia de García Rovira, en el departamento de Santander (Figura 2). El Municipio está ubicado en la parte alta de la cuenca del río Chicamocha, está enmarcado por la subcuenca del río Servitá y cuenca del río Chitagá. Se encuentra a una distancia de 22 Km de Málaga, la capital de la Provincia y a 188 Km de la capital del departamento. El acueducto lo abastece la microcuenca quebrada Susalí perteneciente a la subcuenca del río Servitá (EOT 2003).

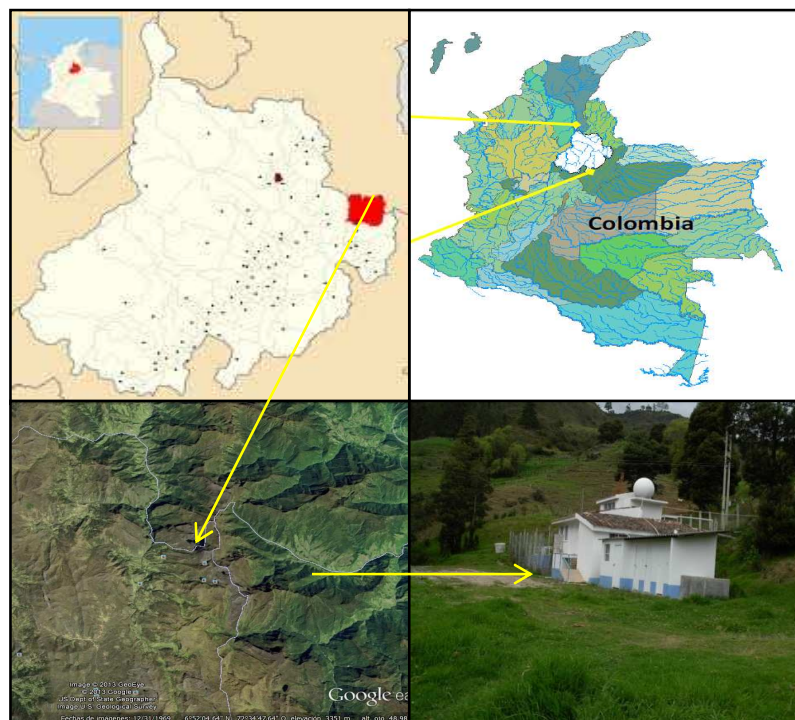


Figura 2. Ubicación de la Planta de tratamiento de Agua Potable.

Fuente: Las Autoras

El régimen de lluvias de la zona es bimodal tetraestacional con un promedio anual de 138.93 mm. La primera época de lluvias es entre abril y mayo, la segunda entre octubre y noviembre donde el más lluvioso es abril con 312 mm. El periodo seco más largo va de diciembre a febrero, el segundo período seco se presenta entre junio y julio dónde el mes más seco es enero con 37 mm (Figura 3).

La temperatura media anual oscila entre 15 °C a 18 °C

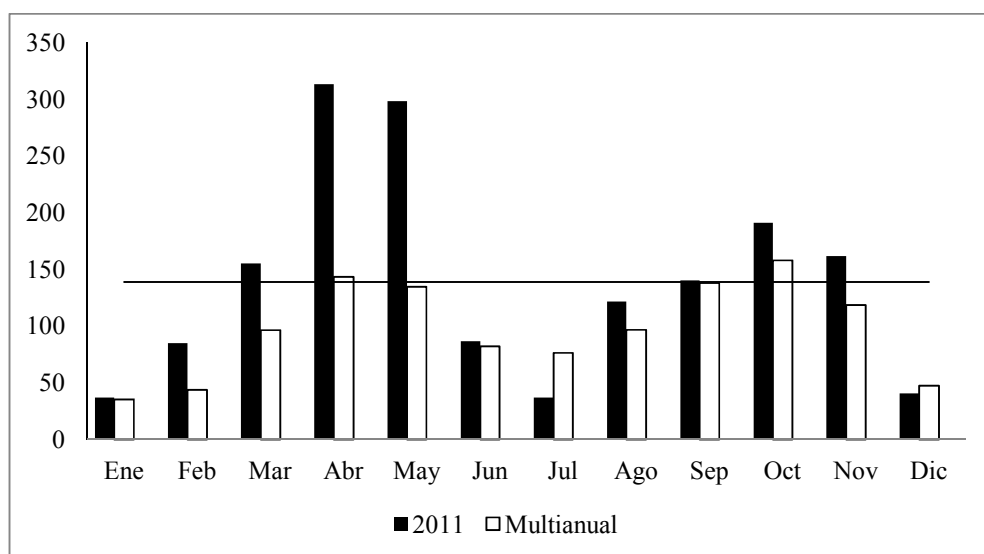


Figura 3. Variación de la precipitación en el Municipio del Cerrito.

Fuente: Las Autoras

La línea constante muestra el valor promedio de precipitación en el 2011. (138,93 mm), las barras negras indican la precipitación de cada uno de los meses, las barras blancas el promedio multianual de precipitación (de una serie de 20 años) de cada mes. Datos básicos IDEAM 2011, estación Volcán, Cerrito.

2.2 TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron 4 visitas a la planta de tratamiento del Municipio, en las cuales se hicieron todos los recorridos donde se observaron los procesos del tratamiento del

agua. En una de las visitas se realizó el recorrido desde la boca toma hasta la planta.

Primero se realizó una inspección visual inicial de todas las dependencias de la planta, desde la unidad administrativa, boca toma, conducción y la planta de tratamiento.

Con base a la información recolectada y verificada, se diligenció la ficha para la evaluación inicial de una planta de tratamiento del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS/OPS.

Asimismo, se realizó la descripción de cada una de las secciones de la ficha de evaluación.

Finalmente, a partir de la información recogida de los monitoreos fisicoquímicos y microbiológicos, se analizó la calidad del agua suministrada por el acueducto a la población del municipio del Cerrito.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. FICHA DE EVALUACIÓN INICIAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE CERRITO, SANTANDER

A. Ubicación

Fecha: Enero 7 de 2013

1. **País:** Colombia.

2. **Nombre de la planta:** Planta de Tratamiento de Agua Potable Cerrito.

3. **Poblaciones Abastecidas:** Casco urbano del municipio Cerrito, Santander.
Aproximadamente 649 habitantes.

4. **Localización:**

Departamento: Santander Provincia: García Rovira Municipio: Cerrito

5. **Dirección de la Planta:** Ubicada en la vereda El Sote

Distancia de la cabecera municipal: 50 m

Altitud: 2595 m.s.n.m

6. **Institución Propietaria o administradora:** Unidad de Servicios Públicos del Cerrito, dependencia de la Alcaldía Municipal.

B. Fuente de Abastecimiento, Captación, Conducción y Acondicionamiento Previo

7. Fuente de Abastecimiento

a) Quebrada: Susalí

7.1 Tipo de toma: Bocatoma de fondo

7.2 Conducción de agua cruda: por Gravedad

7.3 Remoción de partículas por sedimentación (arena):

Dimensiones:

Desarenador- Elevación

Largo: 6,70 m

Ancho: 1,30 m

Área: 9,36 m²

Carga superficial: 72 m³/m²*d

C. Calidad de la Fuente

D. características de la planta

8. Caudal de la Planta: 8 l/s

8.1 Caudal del Proyecto: 12 l/s

8.2 Caudal máximo con el que opera la planta: 7 l/s Tiempos de sequía

8.3 Caudal mínimo con el que opera la planta: 9 l/s Tiempos de Invierno

9. Tipo de planta: Filtración Rápida Completa

Año en que se diseñó: 1974

Año en que se remodeló/ amplió/ optimizó: 2009

Convencional clásica

10. 0 DESCRIPCIÓN

10.1 Medidor de Caudal

No se cuenta con una estructura para medición de caudal.

10.2 Mezcla Rápida

Tipo de mezclador: Hidráulico-Tipo helicoidal

Punto de aplicación: Sin determinar

10.3 Floculadores

Tipo Hidráulico de flujo horizontal en serie.

Número de unidades: 1

Número de tramos: 3

Profundidad útil: Tramo 1: 0,70 , Tramo 2: 0,65 y Tramo 3: 0

Largo: 15.65 m

Ancho:

Área:

10.4 Sedimentador

Tipo: Una sección es laminar y la otra convencional

Forma: Rectangular

Unidades: 4

Profundidad Útil: 3 m

Largo: Laminar: 4,80 Convencional: 5,0

Ancho: 1,40

Área cada unidad: Dos unidades sedimentación laminar 6,72 m² cada unidad. Dos unidades de sedimentación convencional: 7 m² cada una.

10.5 Filtros

Tipo de filtro: Tasa declinante

Número de Unidades: 3

Tipo de lecho filtrante: Doble Arena y antracita

Área de cada filtro: Filtro 1: 0,935 m² Filtro 2: 1,105 Filtro 3: 1,275

10.6 Dosificación

a) Coagulante: Sulfato de Aluminio tipo A o Tipo B

Tipo de dosificador en disolución: Volumétrico

Número de dosificadores: 1

b) Modificador de PH: No cuenta con este tratamiento.

c) Desinfectante: Cloro gaseoso

Tipo de dosificador en solución:

Número de dosificadores: 1

E. OBSERVACIONES

3.2. DIÁNOSTICO PRELIMINAR

Ubicación

La planta de tratamiento de agua potable del Municipio del Cerrito se encuentra ubicada en la vereda el Siote contiguo al casco urbano (N 6° 50' 36.49" W 72° 41' 35.21", Figura 1). La fuente de abastecimiento del acueducto proviene de la microcuenca quebrada Susalí. A continuación se describe la red de drenaje de la fuente de captación tomada del esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio.

3.2.1. Red de Drenaje

La red hidrográfica del Municipio de Cerrito está comprendida por dos hoyas hidrográficas, la del río Magdalena y la del río Arauca. La hoya hidrográfica del río Magdalena está comprendida por la cuenca del río Chicamocha, a la cual pertenece la Subcuenca del río Servitá que posee las microcuencas quebradas Tulí, Susalí, Pescadito, Volador, Borly, Alto del Padre, Agua Sucia, Queriga, Hervidor, Volador y Angostura.

3.2.2. Subcuenca Del Río Servitá.

El Río Servitá nace a los 4000 m.s.n.m. en el sitio llamado el páramo del Almorzadero en la vereda Corral Falso, perteneciente al municipio del Cerrito, sus aguas atraviesan gran parte del municipio del Cerrito y el municipio de Concepción, se convierte en límite del municipio de Málaga-Enciso, Enciso-san José de Miranda, y Capitanejo-Enciso y finalmente desemboca en la cuenca del río Chicamocha a 950 m.s.n.m. El río desciende por un valle estrecho, formando meandros y terrazas aluviales en las cuales se cultivan principalmente papa, ajo y Cebolla en las partes frías y tabaco, tomate, maíz y melón principalmente en las partes cálidas. El agua de este río es utilizada por los habitantes de los 5 municipios que se localizan en su cuenca, Cerrito, Concepción, Málaga, San José de Miranda, Enciso y una pequeña parte del municipio de Capitanejo.

3.2.3. Microcuenca Quebrada Susalí.

La microcuenca Susalí se encuentra localizada al oriente del casco urbano, limita al sur con la microcuenca quebrada Tulí al oriente con la microcuenca Río Sartaneja y la microcuenca Río Anagá, al norte con la microcuenca Quebrada Pescaditos y con la microcuenca quebrada Hervidor y al occidente con el cauce del río Servitá, realiza su recorrido de oriente a occidente.

La quebrada Susalí nace en la vereda Volcán a 3650 m.s.n.m, en la confluencia de las quebradas Palomar, Laurelitos, Boquerón y la Casita, que nacen hacia los 3700 m.s.n.m en inmediaciones del Páramo de Anagá, recorre una longitud de 4.27 kilómetros y hacia los 3.2000 m.s.n.m recibe las aguas de la quebrada el Fraile y un poco más abajo las aguas de la quebrada Pozo Grande, el área de influencia de esta microcuenca dentro del municipio es de 18 km² que equivalen al 4.32%. El área de la microcuenca cobija a las veredas Platera Baja, Tulí, Peralonso y Volcán, después de recorrer estas desemboca en el río Servitá

En esta microcuenca se distinguen dos zonas; una amplia y de relieve ondulado hacia la parte alta y media de la cuenca y la otra una zona de pendientes fuertes hacia la parte baja de la cuenca. Los principales afluentes de esta microcuenca son la Quebrada el Fraile, Quebrada la Casita, Quebrada Boquerón, la Quebrada Pozo Grande y las cañadas el Palmar y Laurelitos.

La pendiente media de los cauces de 17.90%, es una pendiente fuertemente inclinada, por lo tanto necesita protección a lo largo de todo el cauce, posee una forma oval-redonda a oval-oblonga.

3.2.4. Población Abastecida

El Total de habitantes en el Municipio del Cerrito, registrados en los diferentes sistemas de identificación de personas: SISBEN, Registro Indígena y Registro de

desplazamiento suman un total de 6028 personas, distribuidas territorialmente así: un 55,2% en el área rural correspondiente a 3333 habitantes y un 44,7% en el área urbana, correspondiente a 649 habitantes la cual es la población abastecida por el acueducto (Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015).

Según el plan de desarrollo municipal del 2012, anexos al acueducto principal, existen tres pequeños acueductos administrados por las comunidades que suministran agua al resto de la población urbana.: Calicanto con 84 usuarios, Belén con 17 usuarios y Arenales con 23 usuarios. Estos acueductos cuentan con captaciones y red de distribución pero no cuentan con una planta de tratamiento

3.3. CALIDAD DEL AGUA

En cuanto a la calidad del recurso, en las áreas donde se concentra el mayor producción agropecuaria y de población (área urbana del municipio del Cerrito y centro poblado de Servita), se presenta un deterioro como consecuencia de la recepción de vertimientos puntuales y difusos con una considerable carga contaminante que supera la capacidad de auto depuración de los mismos, como es el caso del río Servita, principalmente en las microcuena Susalí, Borly , buchuata, Tuli, Pescadito. Los principales contaminantes son: por volumen de materia orgánica originada por vertimientos domésticos, residuos químicos de los procesos agrícolas y los generados en procesos erosivos.

El estudio de las características de la fuente, debería ser el primero ya que la calidad de las aguas restringe su uso y condiciona las características del tratamiento potabilizador posterior. Este proceso del agua será diseñado a partir de los resultados de las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas realizadas al agua.

Sin embargo, el estudio de las fuentes de abastecimiento es escaso y en cuanto a la quebrada Susalí no se conocen datos de sus características. Lo anterior

demuestra que no existe en el país un monitoreo periódico, sistemático y articulado de la calidad de las fuentes hídricas superficiales y subterráneas. (Superintendencia de Servicio Públicos Domiciliarios, 2007).

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CERRITO, SANTANDER

A partir de las visitas realizadas y de la información que se tiene, se pudo establecer que el municipio de Cerrito cuenta con un sistema convencional de filtración rápida para el tratamiento de agua potable (Figura 4). Esta planta de filtración rápida es completa porque está integrada por los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, a diferencia de las plantas de filtración directa. (Ibáñez y Mendoza 2006)



Figura 4. Planta de tratamiento de agua potable Cerrito, Santander.

Fuente: Las Autoras

La PTAP fue diseñada en 1974 y actualmente trata un caudal aproximado de 8 L/s. A continuación se enuncia las operaciones unitarias de la planta (Figura 5):

- Aireación
- Mezcla Rápida
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración

- Desinfección



Figura 5. Etapas del proceso de potabilización del agua.

Fuente: Las Autoras

4.1. CAPTACIÓN

El agua es captada a través de una bocatoma de fondo ubicada de forma perpendicular al sentido de la corriente y provista de una rejilla de 0.4 m x 0.8 m con una profundidad de 0.4 m. (Figura 6).



Figura 6. Bocatoma de Fondo

Fuente: Las Autoras

4.2. DESARENADOR

A 20 m de la bocatoma se encuentra ubicado el desarenador (Figura 7) que tiene como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación permite pasar y que pueden obstruir el sistema de conducción de agua a la planta. (Ibáñez y Mendoza 2006)

Esta estructura hidráulica tiene 6,70 m de largo y 1,30 de ancho; permite la sedimentación de las partículas a partir de la reducción de velocidad con que son transportadas por el agua (Caballero, 2011). Además, a 0,85 m de la entrada tiene ubicado un tabique de 1,90 m que obliga al agua a descender y pasar por debajo de este al siguiente compartimiento, por tanto las partículas más pesadas quedan en el fondo.

El compartimiento subsiguiente consiste en un tanque rectangular dotado de una pantalla deflectora horizontal de 1,30 m de ancho y 2,20 m de profundidad. Esta pantalla tiene 20 orificios de 2 pulgadas. El agua sale del desarenador por rebose hacia un compartimiento más pequeño donde se encuentra la tubería de conducción a la planta. Esta estructura tiene una altura máxima de 2,40 m con una pendiente de 3,5 % hacia la válvula de desagüe que permite el lavado y mantenimiento de la unidad.

La unidad está totalmente cubierta por láminas de concreto que impiden entrada de viento y otros materiales. Además, está provista de una tubería de PVC para excesos de 6 pulgadas.



Figura 7. Desarenador

Fuente: Las Autoras

4.3. ADUCCIÓN

Desde el sitio de la bocatoma hasta la entrada de la planta de tratamiento se tiene 1164,9 m de tubería de PVC. La mayor parte de este recorrido está de forma aérea y sostenida por estructuras en concreto, metálicas y otras por cables (Figura 8). Además, la conducción cuenta con válvulas para realizar purgas o interrumpir el suministro en caso de eventos de ruptura de la tubería.



Figura 8. Tubería de conducción de agua a la planta

Fuente: Las Autoras

4.4. UNIDAD DE AIREACIÓN

Una vez llega el agua a la planta ingresa a una unidad de aireación por gravedad (Figura 9). Este aireador por cascada consiste en una torre de 4 platos cada uno con 144 orificios para aumentar el contacto superficial del agua con el aire.



Figura 9. Unidad de aireación

Fuente: Las Autoras

Este contacto permite que el oxígeno actúe sobre los compuestos ferrosos y manganosos para formar sustancias insolubles que posteriormente se remueven en las etapas de filtración. (Burbano y Sánchez 2007). Adicional al proceso de oxidación de metales, este pre tratamiento permite aumentar el oxígeno, reducir el contenido de CO₂ y remover algunas sustancias volátiles que confieren al agua sabor y olor.

4.5. MEZCLA RÁPIDA

A la salida de la torre de aireación existe una tubería en PVC de 6 pulgadas que conecta a la etapa de mezcla rápida (Figura 10). Ésta tubería tiene un caída de altura de 20 cm y llega de forma tangencial al tanque de 80 cm de diámetro.



Figura 10. Unidad de mezcla rápida.

Fuente: Las Autoras

La dosificación del coagulante se realiza por medio de una manquera ubicada a 20 cm sobre el tanque de mezcla rápida e impulsada por un inyector desde el tanque de preparación de reactivos (Figura 11).

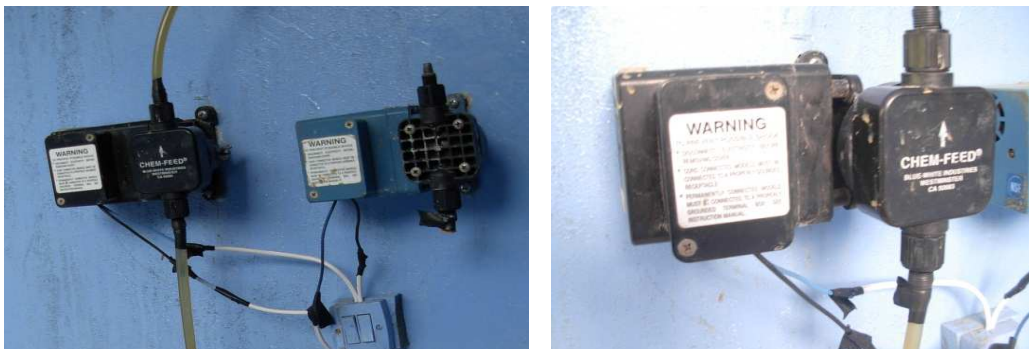


Figura 11. Inyector de solución de coagulante

Fuente: Las Autoras

4.6. COAGULANTE

El coagulante utilizado en esta unidad de tratamiento es sulfato de aluminio tipo A y Tipo B en estado sólido, suministrado por la empresa Productos Químicos Panamericanos PQP. Los sulfatos de aluminio P.Q.P., en sus presentaciones sólidas, son empacados en sacos de polipropileno con laminado de polietileno con contenido neto de 25 Kg.

A continuación se relaciona las especificaciones técnicas para cada tipo de sulfato de aluminio (Tabla 1).

Tabla 1. Especificación técnicas sulfato de aluminio P.Q.P

Referencia	Contenido de Aluminio como % Al_2O_3	Contenido de Hierro como % Fe_2O_3	Contenido de Insolubles
Tipo A sólido	17,0 mín.	0,75 máx.	0,5 % máx.
Tipo B sólido	15,3 mín.	2,0 máx.	8 máx.

Fuente: Las Autoras

La preparación de la solución de coagulante se realiza diluyendo 50 Kg de sulfato (tipo A o tipo B) en un tanque de 500 litros (Figura 12). Posterior a la preparación del coagulante, la solución se envía a un tanque de 1100 litros y a partir de este último se realiza la dosificación al sistema.



Figura 12. Tanques de 500 y 1100 litros donde se prepara la solución de coagulante.

Fuente: Las Autoras

La planta cuenta con un cuarto de almacenamiento de materias primas como se evidencia en la figura 13 y un laboratorio con equipo de jarras para determinar la dosis óptima de coagulante.



Figura 13. Cuarto de almacenamiento de sustancias químicas.

Fuente: Las Autoras

4.7. FLOCULACIÓN

La planta de tratamiento cuenta con una unidad de floculación hidráulica de tabiques horizontales, compuesta por tres secciones que permiten la variación del gradiente de velocidad de forma decreciente. La unidad completa de floculación tiene 15,65 m de largo y de ancho (Figura 14 y 15).

La primera sección está conformada por 12 tabiques, la segunda con 26 y finalmente la última sección la conforman 38 tabiques horizontales. La separación entre los tabiques varía de 15 cm hasta 35 cm, de esta manera, el gradiente de velocidad va disminuyendo por aumento de la separación de los tabiques.

El primer tramo, compuesto por 12 tabiques, tiene de ancho, 2,20 de largo y 0,70 m de profundidad (con una leve inclinación para permitir el desagüe de los lodos sedimentados). Al terminar esta sección, se encuentra un muro de 0,1 m de espesor que obliga al flujo de agua a pasar por rebose a la siguiente sección.

La segunda sección inicia con un muro de 0,1 m de espesor y 0,65 m de profundidad que permite al flujo ingresar por rebose a este tramo. La profundidad de la sección inicia con 0,60 m y aumenta hasta 0,70 m, logrando disminuir la velocidad del agua para permitir el proceso de floculación.

La última sección, inicia con el ingreso de la masa de agua por debajo de un muro de 0,1 m de espesor y tiene una profundidad con una pendiente que parte de 0,70 m hasta 1,20 m. Esta es la sección con el gradiente de velocidad más bajo.



Figura 14. Unidad de floculación

Fuente: Las Autoras



Figura 15. Diseño de la unidad de floculación.

Fuente: Las Autoras

4.8. SEDIMENTACIÓN

Para realizar el proceso de sedimentación, se cuenta inicialmente con un sedimentador de alta tasa, que consiste en dos módulos compuestos con 70 láminas inclinadas 60 grados. Este tipo de tratamiento permite obtener tasas de sedimentación de 120 y 300 m³/m² (Ibáñez y Mendoza 2006). Las láminas son tubos tipo colmena o de forma hexagonal de material plástico que permiten el ascenso del agua con flujo laminar.

La segunda sección es un sedimentador convencional de flujo horizontal compuesto por dos unidades. Cada unidad tiene 5,0 m de ancho y una altura creciente de 2,8 m hasta 3,0 m (Figura 16 Y 17).



Figura 16. Unidad de sedimentación.

Fuente: Las Autoras

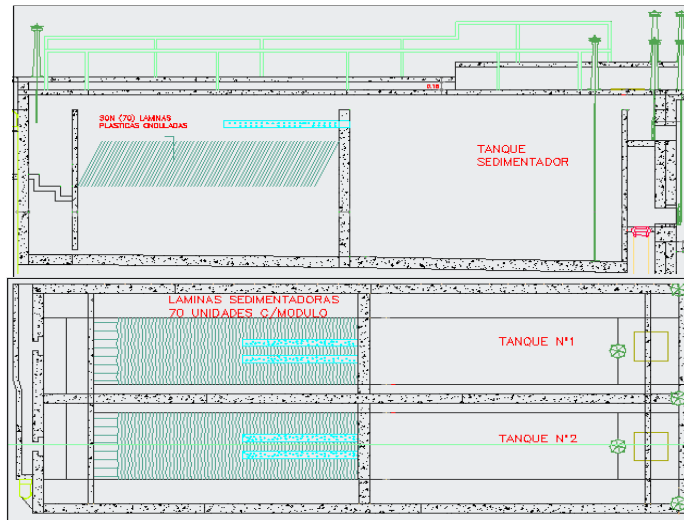


Figura 17. Diseño de la unidad de sedimentación.

Fuente: Las Autoras

4.9. FILTRACIÓN

El acueducto del Cerrito tiene 3 unidades de filtración rápida, de flujo descendente y tasa declinante. Todas las estructuras tienen 0,85 m de ancho pero varían su largo de 1,10, 1,30 y 1,50 metros. La profundidad de los filtros es de 2,90 m hasta la canaleta de rebose (Figura 18).



Figura 18. Unidad de filtración.

Fuente: Las Autoras

El lecho filtrante es de tipo doble, porque está compuesto de arena y antracita. Se desconoce la magnitud de las capas.

Estas estructuras poseen un falso fondo que comunica el agua filtrada al tanque de cloración o desinfección. Además, son filtros de autolavado que utilizan la descarga del mismo tanque de desinfección para enviar agua en sentido ascendente (retrolavado) para limpiar el lecho, por medio de un juego de válvulas diseñadas para tal fin.

4.10. DESINFECCIÓN

El proceso final de desinfección se realiza mediante dosificación de cloro gaseoso. Este desinfectante está envasado a presión en forma líquida, en cilindros metálicos (Figura 19).



Figura 19. Unidad de Desinfección. Pipeta de cloro gaseoso

Fuente: Las Autoras

5. OBSERVACIONES Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

En esta sección, se realizan las observaciones y recomendaciones de cada unidad de tratamiento resultado de la evaluación preliminar para optimizar su funcionamiento.

5.1. DESARENADOR

- Es importante establecer jornadas de mantenimiento y limpieza ya que es un factor primordial en este tipo de estructura.
- Se observó flujo por el tubo de exceso lo cual indica que el desarenador está trabajando por encima de su capacidad.
- Se recomienda medir periódicamente el caudal en este tipo de estructuras para garantizar su eficiencia y controlar las pérdidas de agua que puedan presentar antes de entrar a la planta de tratamiento.

5.2. ADUCCIÓN:

Durante la inspección visual no se evidenció mantenimiento de las válvulas dispuestas a lo largo de la tubería. El mantenimiento preventivo de estos accesorios permite la limpieza y la respuesta rápida ante la ruptura de un tramo.

En el recorrido se evidenciaron algunas fugas que deben ser reparadas para evitar pérdidas del recurso.

5.3. AIREACIÓN

Para conocer la eficiencia de esta unidad de pretratamiento es necesaria la evaluación de parámetros del afluente y efluente. Algunas características para monitorear son concentración de oxígeno disuelto, concentración de metales, concentración de CO₂, PH entre otros. Si la fuente no presenta problemas de este

tipo, esta etapa puede ser omitida y utilizar el área para instalar estructuras importantes como la canaleta parshall. Ésta última permite realizar medición de caudal y dosificación correcta de coagulante.

5.4. MEZCLA RÁPIDA

Ésta etapa del tratamiento tiene la particularidad de no poseer una estructura convencional y descrita en la literatura. Por tanto, se recomienda realizar pruebas de trazadores para calcular el gradiente de velocidad y determinar si la mezcla se hace en toda la masa de agua con un gradiente de velocidad superior a 2000 / s. (Ibáñez y Mendoza 2006)

Durante una de las visitas se tomaron muestras del agua de entrada a la planta y se determinaron los siguientes parámetros promedios:

Turbiedad: 40,2 NTU

PH: 6,28 Unidades

Temperatura: 23.0 °C

El pH óptimo de coagulación para las sales de aluminio está entre 6,5 y 8,0 por tanto, se realizó corrección del pH con cal viva CaO hasta un valor de 7,0 unidades (Arboleda 2000).

A continuación se presentan los resultados del ensayo de test de jarras:

Tabla 2. Test de jarras

Sulfato de Aluminio Tipo A		
DOSIFICACIÓN (mg/L)	TURBIEDAD (NTU)	pH Unidades
6,75	8,90	6,8
12,5	6,02	6,8
18,75	2,25	6,6
25,0	1,82	6,5
31,25	2,36	6,2
37,5	5,90	6,1

Fuente: Las Autoras

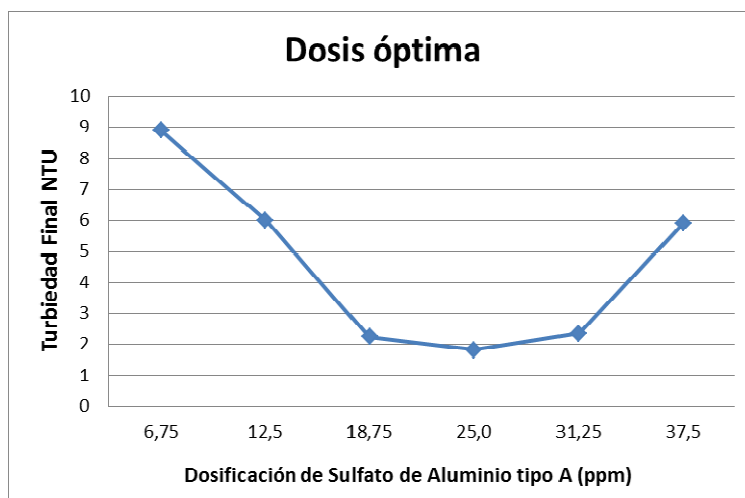


Figura 20. Curva del Test de jarras

Fuente: Las Autoras

La dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A es de 25 ppm, sin embargo, durante la jornada el encargado de la planta, a partir de su inspección visual del agua, estaba dosificando 32 ppm. Con este valor, el proceso no es eficiente porque tiene exceso de sulfato lo cual no permite cumplir con los valores máximos permisibles de turbiedad y pH exigidos por la resolución 2115 de 2007.

Para esta etapa del proceso es fundamental realizar medición de los parámetros del agua a la entrada de la planta, ya que si el PH de la fuente hídrica está constantemente en este valor, se debe añadir una etapa de corrección de pH con algún alcalinizante como la cal viva.

La cantidad de alcalinizante a adicionar al tratamiento del agua también debe ser el resultado de ensayos de jarras en los que se determine el pH óptimo de coagulación.

Finalmente, una vez más se evidencia la importancia de los ensayos de jarras en el tratamiento del agua potable.

Es preciso recordar, que la eficiencia de las demás unidades de tratamiento se relaciona directamente con la manera en que las partículas son desestabilizadas en la mezcla rápida.

Además, dentro de los instructivos se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Adquirir equipo sencillo para medición de la turbiedad del agua a la entrada de la planta. Sólo de esta manera la operación de las unidades del proceso serán eficientes.
- La decisión de dosificar sulfato tipo A o sulfato tipo B debe partir de las pruebas de jarras para determinar la dosificación óptima de coagulante según la turbiedad del agua y no por simples inspecciones visuales
- Tabular los resultados del ensayo de dosis óptima para tenerlos como guía para periodos en los que el equipo de jarras esté fuera de servicio. (Estos datos no son estándar pero pueden ser utilizados mientras pasa la emergencia)
- La dosificación del coagulante desde los inyectores varía según el tipo de sulfato utilizado porque tienen diferente grado de pureza. Por tanto, la una determinada posición en la perilla es una dosificación diferente para cada tipo de sulfato. Entonces, se debe dar capacitación a las personas a cargo de la operación de la planta.
- Se debe establecer un instructivo para preparación de las soluciones de coagulante en el cual se tenga en cuenta el tiempo de mezclado manual. Lo anterior, debido a que el tanque no cuenta con agitador mecánico que garantice la homogeneidad de la solución.
- El cuarto de almacenamiento de sustancias químicas está cubierto, sin humedad y ventilados, sin embargo, los productos deben estar aislados del piso en estibas.

- Se tiene un tanque auxiliar con solución del coagulante ubicado al inicio de la etapa de floculación, según el encargado de la planta, se utiliza para adicionar sulfato cuando la unidad de tratamiento se encuentra en mantenimiento. Ésta práctica debe ser eliminada porque en este punto del proceso el coagulante no se mezcla con la masa de agua originando un residual de aluminio superior al valor máximo permisible por norma.
- Realizar mantenimiento preventivo al inyector de la solución del coagulante para dosificar la cantidad exacta.

5.5. FLOCULACIÓN

La unidad cuenta con los tres tramos mínimos requeridos para realizar el proceso de floculación, además, el gradiente de velocidad va disminuyendo entre secciones. Ésta distribución del gradiente es la recomendada por la literatura para obtener la turbiedad residual más baja en un proceso de floculación.

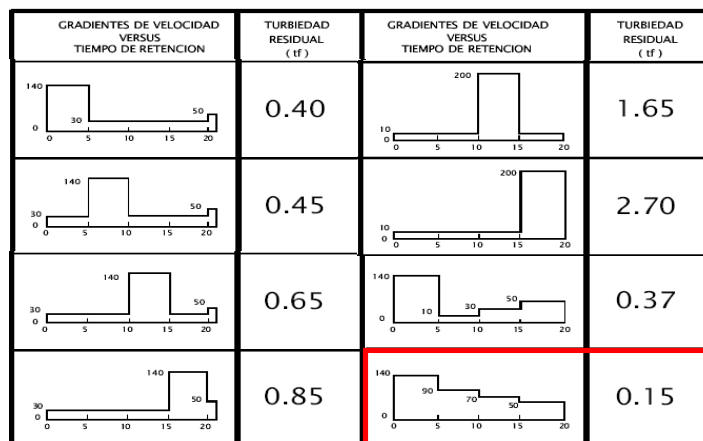


Figura 21. Turbiedad residual versus distribución del gradiente de velocidad.

Fuente: Ibáñez y Mendoza 2006

- Durante la visita de inspección se verificó que la mayoría de láminas horizontales están en buen estado y separadas por la misma distancia. Sin embargo, se observó la ausencia de dos láminas que pueden afectar las

condiciones hidráulicas de la estructura y por tanto la floculación de las partículas.

- Se recomienda realizar los ensayos de trazadores y formación de floc para determinar la eficiencia de la etapa.
- Se recomienda realizar control visual al tamaño y velocidad de floc, tomando una muestra de agua a la salida del floculador. A partir de este seguimiento se pueden realizar correcciones pertinentes en la dosificación.

5.6. SEDIMENTACIÓN

En la sección de sedimentación rápida es importante realizar mantenimiento a los módulos que tienen las láminas con los tubos en forma de colmena. Lo anterior, para evitar colmatación que impida el flujo ascensional del agua a través de ellos. Se deben reparar o realizar cambio de las láminas que se encuentran fuera de servicio y programar jornadas generales de mantenimiento que incluya válvulas y lavado.

Respecto a la sedimentación convencional, en el momento no tiene ninguna funcionalidad por estar ubicada después de la sedimentación de alta tasa. Es decir, su estructura es semejante a una canaleta de conducción porque la mayor parte del floc sedimentó en la etapa anterior. Este tipo de estructura sería más eficiente si estuviera antes de la etapa de sedimentación rápida. Sin embargo, estas unidades convencionales son importantes con el tiempo porque pueden convertirse en sedimentadores de alta tasa cuando se necesite tratar mayores caudales.

5.7. FILTRACIÓN

En este proceso es de vital importancia el control del lavado de las unidades filtrantes para mantener el buen estado del lecho. Para evitar malas operaciones que contribuyan al deterioro del material filtrante, se recomienda lo siguiente:

- Determinar el caudal de agua filtrado para conocer la rata de filtración y a partir del seguimiento de este parámetro, determinar los periodos entre cada lavado de las unidades. También se puede llevar este control con seguimiento a los niveles del sedimentador.
- Determinar el caudal de lavado para realizar una limpieza eficiente del grano. Es importante tener en cuenta que la velocidad ascensional de lavado debe estar en 0,6 m/min y 0,8 m/min, según la metodología CEPIS/OPS.

5.8. DESINFECCIÓN

La única etapa que permite obtener agua potable desde el punto de vista microbiológico es la dosificación de desinfectante. Es decir, las demás unidades del proceso pueden trabajar con máxima eficiencia, pero si el agua no se desinfecta, no es apta para el consumo humano. Si bien es cierto, la remoción de la turbiedad elimina gran parte de los microorganismos es en la etapa de desinfección donde se alcanza las características de aceptabilidad.

Esta unidad de proceso en el acueducto del Cerrito opera con cloro gaseoso, sin embargo, en el momento se encuentra fuera de servicio por daño en el dosificador. Por tanto, es urgente, tomar acciones correctivas y preventivas para lograr las características potables del agua suministrada a la población.

Por ende, se recomienda contar con un sistema de dosificación de relevo, como la desinfección del agua con hipoclorito de sodio líquido para atender este tipo de emergencia. Además, realizar mantenimiento preventivo al cilindro de cloro gaseoso.

Finalmente, así como son indispensables los equipos de test de jarras y turbidímetro, también se debe buscar la forma de realizar mediciones más frecuentes de la concentración de cloro residual en el agua suministrada.

5.9. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

La planta de tratamiento cuenta con un tanque de almacenamiento de 8,80 m de largo y 8,80 m de ancho. Tienen una altura máxima de 3,75 m con una ligera pendiente hacia la válvula que conecta a la red de distribución. El volumen útil del tanque es de 276 m³ y el agua llega por gravedad.

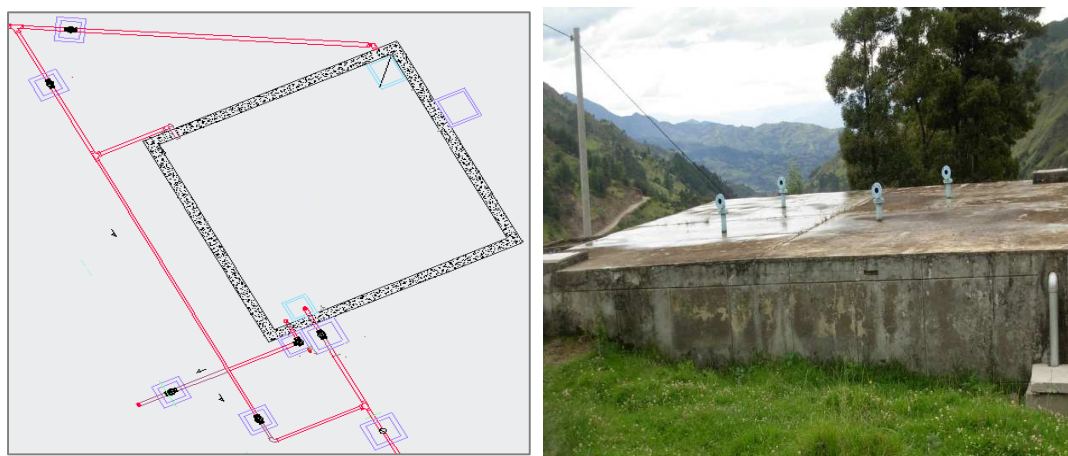


Figura 22. Diseño del tanque de almacenamiento.

Fuente: Las Autoras

Dotación mínima y máxima por persona

Tabla 3. Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab·día)	Dotación neta máxima (L/hab·día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000
Ministerio de Desarrollo Territorial

De acuerdo al RAS, Numeral A.3.1, Niveles de Complejidad del Sistema, se establece que según la población proyectada para todo el Municipio de Cerrito,

éste se ubica en un Nivel de Complejidad Bajo. Por tanto, la dotación mínima y máxima, según RAS, es de 100 y 150 L/ hab-día respectivamente.

Teniendo cuenta el dato de la población abastecida, y suministrando la dotación mínima según el RAS, se consumiría 64.9 m³/día, A partir del volumen útil del tanque de almacenamiento 276 m³, si existe parada de la planta, el tanque puede abastecer al casco urbano durante un poco más de 4 días.

Se debe revisar las pérdidas que pueden darse en la red de distribución porque según los datos de operación entregados por el encargado, la planta opera 14 horas al día suministrando 403,2 m³, es decir, la población está consumiendo 621 L/ hab.-día. El anterior resultado, es un avlor muy alto y debe ser objeto de estudio.

Regulación de pH

La planta no cuenta con una etapa de modificación de pH, por tanto, es necesario realizar el control de la dosificación de sulfato, para saber la dosis óptima y evitar el descenso del pH por exceso de coagulante.

También es importante, llevar registro del PH del agua que entra a la planta para saber si la fuente mantiene condiciones normales de potencial de hidrógeno o se requiere la adición de sustancias para modificarlo de acuerdo a los requerimientos del proceso.

6. CALIDAD DE AGUA TRATADA

El objetivo principal de las plantas de tratamiento de agua potable es ofrecer a la población una dotación de agua con calidad. Las características de agua potable están reglamentadas por la resolución 2115 de 2007 2007 y se enuncian a continuación:

Tabla 4. Características físicas del agua.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115 de 2007 Ministerio de la Protección Social
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Tabla 5. Características químicas del agua.

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Fuente: Resolución 2115 de 2007 Ministerio de la Protección Social
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

El potencial de hidrógeno debe estar entre 6,5 y 9,0.

No existen análisis periódicos de las características del agua tratada, los datos que se tienen son de las muestras tomadas mensualmente por el ministerio de salud para monitoreo de la calidad de agua potable a nivel departamental.

6.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA TRATADA DEL MUNICIPIO DE CERRITO

A continuación se presentan los resultados de los análisis realizados por el laboratorio departamental de salud pública para el reporte del SIVICAP, Sistema de Información para Vigilancia de Calidad de Agua Potable del Ministerio Nacional de Salud:

Tabla 6. Análisis microbiológico de las muestras de agua tratada

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO MUESTRAS DE AGUA TRATADA			
MES	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 cm ³)	E. COLI (UFC/100 cm ³)	Mesófilos (UFC/100 cm ³)
Agosto	845	338	3380
Septiembre	85	0	

Fuente: Las Autoras

El incumplimiento en las características microbiológicas puede deberse al poco control que existe en la dosificación de cloro, ya que algunas veces el sistema falla y no se tiene prevista una medida de contención. Además, no se hace seguimiento a la dosificación de cloro ni al residual que debe permanecer por norma en la red de distribución. En la tabla 7 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos para las muestras tomadas para el SIVICAP. Los valores resaltados en rojo indican que incumplen los valores máximos permisibles según la resolución 2115 de 2007.

Tabla 7. Análisis fisicoquímicos de las muestra de agua tratada.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS MUESTRAS DE AGUA TRATADA									
MES	ALCALINIDAD TOTAL (mg CaCO ₃ /L)	CALCIO (mg Ca/L)	CLORUROS (mg Cl-/L)	COLOR APARENTE (UPC)	DUREZA TOTAL (mg CaCO ₃ /L)	MAGNESIO (mg Mg/L)	PH (Unidades)	TURBIEDAD (NTU)	Conductividad (µs/cm)
Febrero	30,0	32,1	4,7	3,3	160	30,7	6,13	1,15	
Abril	41,0	28,1	3,0	14,7	84,0	13,4	6,8	1,26	
Mayo	27,0	21,6	4,0	7,3	80,0	14,0	6,60	1,61	
Julio	70,08	2,40	5,53	1,40	68,0	15,74	6,82	1,78	95,80
Agosto	4,95	2,40	9,38	20,0	32	7,10	6,50	20	32
Septiembre	6,03	0,8	3,80	14,80	20,0	4,61	4,47	8,68	47,40

Fuente: Las Autoras

La turbiedad y el potencial de hidrógeno para algunos meses no cumplen con la normatividad. Lo anterior puede deberse a la inadecuada operación de las unidades que permiten la remoción de la turbiedad, como se mencionó en el diagnóstico, o problemas de mantenimiento en la red de distribución.

El color aparente está directamente relacionado con la turbiedad por tanto para una turbiedad de 20 NTU, el color aparente no será admisible.

La calidad de agua en Colombia se mide por el riesgo de contraer enfermedades relacionadas con su consumo. El riesgo se da por medio de porcentajes que resultan de la calificación del cumplimiento de los valores máximos permisibles de las características físicas, químicas y microbiológicas, de acuerdo a la normatividad. (Tabla 8)

A continuación se presenta los resultados de la calidad para los últimos meses:

Tabla 8. Calidad de Agua en el Municipio de Cerrito.

Mes 2012	% IRCA	Riesgo
Julio	17.65	Medio
Agosto	47.06	Alto
Septiembre	19.41	Medio
Octubre	17.65	Medio
Noviembre	17.86	Medio
Diciembre	17.86	Medio

Fuente: Las Autoras

Según la resolución 2115 de 2007, un % IRCA igual a cero representa un agua sin riesgo para consumo humano y un valor de 100 % representa el riesgo máximo. Los resultados para el agua tratada del municipio del Cerrito presentan un riesgo medio y, por tanto, no es apta para consumo humano. (ver tabla clasificación irca).

Por lo anterior, la Unidad de Servicios Públicos del Cerrito debe ejecutar acciones de control orientadas a detectar las causas del incumplimiento y establezca las medidas, acciones, definan recursos y procedimientos de contingencia o emergencia necesarios para garantizar la calidad del servicio.

Tabla 9. Clasificación del IRCA

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

Fuente: Resolución 2115 de 2007 Ministerio de la Protección Social
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Tabla 10. Puntaje de Riesgo

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

Fuente: Resolución 2115 de 2007 Ministerio de la Protección Social
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

IRCA= 0 Sin riesgo IRCA= 100 Riesgo máximo

Sin embargo, este diagnóstico es el reflejo de la situación de Colombia en cuanto a la calidad de agua potable. En el 2008, 17 de los 30 departamentos con información reportada en SIVICAP obtuvieron el nivel medio, es decir, el % IRCA se encuentra entre 14.1% y 35% lo cual implica que en promedio el agua suministrada a la población se considera NO APTA para el consumo humano y requiere que las personas prestadoras realice gestión directa sobre la calidad del servicio. (Superintendencia de Servicios Públicos 2008).

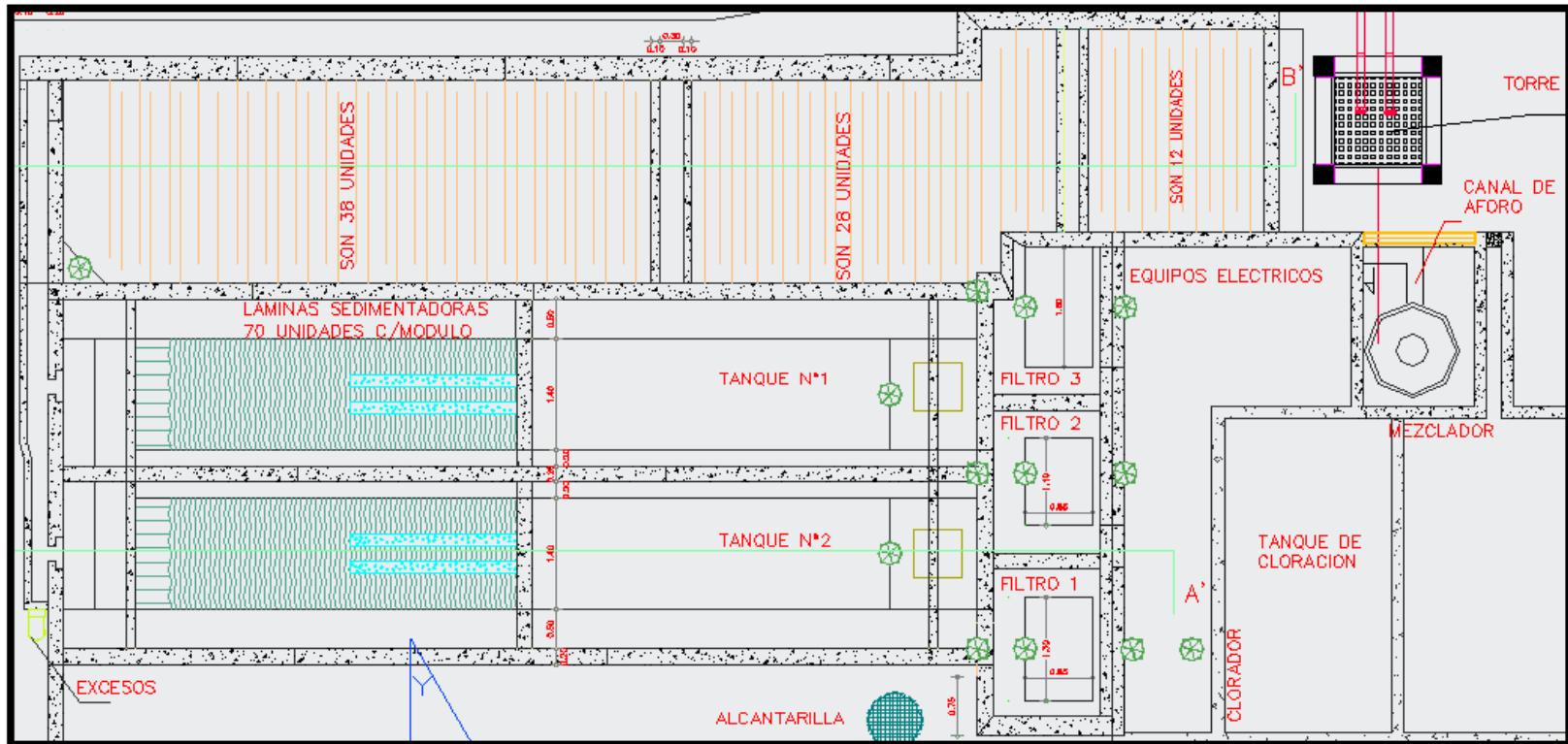


Figura 23. Diseño de la planta de tratamiento de agua de Cerrito.

Fuente: Las Autoras

7. CONCLUSIONES

- El Municipio de Cerrito tiene una planta de tratamiento de agua potable de filtración rápida completa: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.
- A partir del diagnóstico preliminar se define que las unidades de coagulación y desinfección son las más críticas debido a que se desconoce su hidráulica o están fuera de funcionamiento como en el caso de la etapa de desinfección. Por ende, requieren una evaluación específica de cada una de ellas.
- Con los resultados encontrados sobre la calidad de agua, actualmente la planta, no cumple con las características de la resolución 2115 de 2007. En cuanto al IRCA, se encuentra clasificada en un valor medio de riesgo por lo cual debe ejecutar acciones para corregir las falencias.

8. RECOMENDACIONES

- Utilizar las fichas de Cepis/ops para realizar una evaluación específica para de las unidades más críticas para optimizar el funcionamiento.
- Es importante el monitoreo de las características del agua a la entrada y salida de la planta por medio de registros para garantizar la calidad del servicio en los usuarios del Municipio.
- Se recomienda adquirir los equipos mínimos para garantizar una buena operación de la planta.
- Se recomienda estandarizar los procedimientos y generar instructivos para capacitar al personal encargado de operar la planta de agua potable, de esta manera se garantiza un eficiente funcionamiento.
- Realizar análisis de la calidad de agua de la quebrada fuente de abastecimiento, Susalí.

BIBLIOGRAFÍA

ANDÍA Y. 2000. Tratamiento de agua: coagulación y floculación. SEAPAL-Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico

ARBOLEDA J. 2000. Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera edición. McGraw Hill, Bogotá.

BURBANO L. Y SÁNCHEZ L. 2007 Remoción de hierro y manganeso por oxidación-filtración para agua potable. Instituto Cinara, Universidad del Valle.

CABALLERO D. 2011. Manual para la evaluación y diagnóstico de plantas de tratamiento de filtrado rápido e la zona rural Colombiana. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE-CEPIS. 2002. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Capitulo 8 Lima. Perú.

C.N. Haas, Disinfection. In: AWWA. Water Quality and Treatment; A Handbook of Community Water Supplies. 4ª Edición USA: MacGraw Hill, Inc. Vol. 1, cap. 14.

ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPIO CERRITO-EOT.2003. Sabino Ramírez Calderón-Alcalde.

JUNTA DE CATILLA Y LEÓN. 2009. Manual de Tratamientos del agua de consumo humano. Consejería de Sanidad.

LAOT N. NARKIS N. NEENAN, I. BILANOVIC D. y ARMON R., J. 2999. Adv. Oxid. Technol. 4, 97-102.

ORELLANA J. 2005. Ingeniería Sanitaria UTN – FRRO. Unidad Temática N° 3.

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2012-2015. ALCALDIA CERRITO. Humildad y Honestidad para la prosperidad. Sabino Ramírez Calderón-Alcalde.

PROGRAMA REGIONAL HPE/OPS/CEPIS DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. *Manual V: Diseño*. Tomo I. *Criterios de diseño para la dosificación y mezcla rápida*. Lima, CEPIS/OPS, 1992.

RESTREPO H. 2009. Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de minas.

RODRÍGUEZ, Carlos.1995. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Santafé de Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas,115p.
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS. 2008. Informe Anual de Servicios públicos en Colombia 2007. Oficina Asesora de Planeación. Bogotá.

TIRADO, M. VIGO E. & MEZA R. Plantas de Tratamiento de agua potable como ambito para la educación y gestión ambiental.

WILLI F& ESCOBAR E. 2005. Descripción Hidráulica de la batería de filtros de planta N. 1 de la Atarjea. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Marcos-UNMSM. Lima-Perú.