



**ANORÍ S.A.**

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS

**MANUAL DE FUNCIONAMIENTO**

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
SISTEMA DE ACUEDUCTO

MUNICIPIO DE ANORÍ

Anorí – Antioquia 2021

## Tabla de Contenido

Introducción .....	4
1. Agua Potable.....	5
2. Descripción General de la Planta .....	6
3. Aforo y Dosificación de Sustancias Químicas.....	6
3.1 Caudal de Operación .....	6
3.2 Dosificación de Sustancias Químicas.....	6
3.2.1 Dosificación del Policloruro .....	7
3.2.1.1 Dosificación del Policloruro Líquido .....	7
3.2.2 Ensayo de Jarras.....	8
3.2.2.1 Utilización del Policloruro Líquido .....	8
3.2.2.2 Preparación del Equipo para el Ensayo.....	8
3.2.2.3 Dosificación del Policloruro .....	8
3.2.2.4 Ejecución del Ensayo .....	9
3.2.3 Silicato de Sodio .....	9
3.2.4 Dosificación del Cloro.....	10
3.2.4.1 Curva de Demanda del Cloro .....	11
3.2.4.2 Parámetros de Operación del Cloro.....	12
4. Ensayos de Laboratorio para Muestreo .....	13
4.1 Físicos .....	13
4.1.1 Turbiedad.....	13
4.1.2 Color .....	14
4.1.3 Temperatura.....	14
4.1.4 Olor y Sabor .....	15
4.2 Químicos.....	16
4.2.1 Alcalinidad.....	16
5. Análisis Microbiológicos.....	20
6. Operación y Mantenimiento de los Competentes de la Planta.....	20
6.1 Bombeo.....	20
6.1.1 Operación y Mantenimiento .....	21

6.1.2 Sistema de Bombeo de Agua Filtrada y Clorada.....	22
6.1.3 Procedimiento para poner en Funcionamiento una Unidad de Bombeo....	22
6.1.4 Línea de Impulsión.....	23
6.2 Aforo y Muestra Rápida.....	24
6.3 Floculación.....	24
6.3.1 Operación y Mantenimiento del Floculador .....	25
6.4 Sedimentación .....	25
6.4.1 Operación y Mantenimiento del Sedimentador .....	26
6.5 Filtración.....	27
6.5.1 Operación y Mantenimiento de los Filtros.....	27
6.6 Tanque y Almacenamiento .....	28
6.6.1 Lavado y Mantenimiento del Tanque de Almacenamiento.....	28
7. Operación y Mantenimiento de Equipos.....	29

## Introducción

En este manual se presentan los conceptos teóricos y prácticos fundamentales para la correcta operación de un sistema de tratamiento de agua potable. La obtención de una buena calidad de agua para abasto, depende en gran medida de que todos y cada uno de los procesos que intervienen en la potabilización se ejecuten en forma adecuada y eficientemente. Para lograr este propósito, además de que se debe contar con una buena infraestructura física, cada uno de los procesos y la manera adecuada en que estos deben realizarse.

Este manual además de documentar, pretende estandarizar entre los operadores de la planta de tratamiento y su paso por cada uno de los procesos unitarios de la potabilización; garantizando de esta forma un producto absolutamente confiable y de excelente calidad.

Inicialmente, se hace referencia al concepto de calidad de agua bien sea cruda o tratada, teniendo en cuenta las propiedades físico-químicas, organolépticas y bacteriológicas, así como su procedencia. Dichas propiedades influyen en los diferentes procesos y operaciones que se realizan en el tratamiento, pues son estas las que normatizan en el decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Salud.

Para su mejor entendimiento de lo que el presente informe quiere dar a conocer, se realiza una pequeña descripción física de la estructura, se explicará en forma cronológica su funcionamiento y si se considera necesario, se complementará con un ejemplo ilustrativo (para el caso de dosificación de sustancias químicas) Finalmente paralelo al funcionamiento de la estructura se presentará la forma y periodicidad en que se deben realizar su mantenimiento así como los cuidados a tener en cuenta durante el mismo.

## 1. Agua Potable

El agua potable se puede definir como aquella que cumple con los requisitos físico químicos y bacteriológicos, de tal manera que al ser consumida no cause ningún trastorno a la salud.

Los requisitos o normas de calidad para agua potable, las ha establecido el Ministerio de Salud de Colombia en el decreto 1575 de 2007.

Los requisitos físicos, se deben prácticamente a aspectos de orden estéticos o psicológicos, ejerciendo una cierta influencia en el consumidor.

La calidad química del agua depende de su gran capacidad para disolver una gran variedad de elementos. Es posible encontrar elementos tóxicos, cuyas determinaciones tienen importancia sanitaria.

El requisito bacteriológico del agua, debe cuidarse en forma esencial, aplicándose para ello la desinfección del agua, es decir, la reducción del contenido bacteriano de la misma, destruyendo los organismos patógenos que puede contener y que la hacen vehículo de enfermedades transmisibles de origen hídrico.

## 2. Descripción General de la Planta

El sistema de tratamiento de agua potable del municipio de Anorí consiste en una planta convencional semi compacta, donde el agua llega por gravedad a una tolva, aquí se presenta el aforo y mezcla rápida; Luego pasa al sistema de floculación, una vez el agua es floculada es sometida al proceso de sedimentación; las aguas ya clarificadas son recolectadas y llevadas hasta la filtración; luego de realizado este proceso las aguas filtradas y cloradas son transportadas a un tanque donde se le aplica silicato de sodio para luego ser llevadas hasta el tanque de almacenamiento y posteriormente ser entregadas a la red de distribución.

## 3. Aforo y Dosificación de Sustancias Químicas

### 3.1 Caudal de Operación

El caudal de operación se determina mediante la lectura directa en el transmisor del micromedidor instalado en la caseta de bombeo.

### 3.2 Dosificación de Sustancias Químicas

Para las diferentes calidades de agua que llegan a la planta se den realizar ensayo de jarras para determinar la dosificación optima y calcular la descarga de policloruro para todo el caudal de agua cruda que ingresa y así calibrar equipos dosificadores para la descarga calculada.

Las sustancias químicas utilizadas durante el proceso de potabilización son: Policloruro de aluminio como coagulante, hipoclorito de sodio o cloro gaseoso como desinfectante y silicato de sodio como alcalinizante. A continuación, se presentan algunas consideraciones y la forma de aplicación de cada uno de ellos.

La correcta operación de la planta depende fundamentalmente de que la dosificación de policloruro, cloro gaseoso y silicato de sodio se realicen adecuadamente.

Para esto, tanto el caudal de operación de la planta como la calibración de los equipos dosificadores, deben ser apropiadamente ajustados.

### 3.2.1 Dosificación del Policloruro

Las partículas que, por su gran tamaño, densidad o carga eléctrica, no puedan ser removidas en el desarenador, son las que al entrar al sistema de tratamiento generan turbiedad y color en el agua.

La remoción de dichas partículas se realiza mediante el proceso de coagulación, que no es más que la desestabilización de las cargas eléctricas que hacen que las partículas se repelen entre sí, para de esta forma poderlas aglutinar hasta formar un floculo con un peso superior al del agua, de tal forma que pueda sedimentarse por sí solo.

La coagulación comienza en el instante mismo en que adiciona el policloruro al agua y dura solamente fracciones de segundo, consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre el coagulante, las superficies de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma.

#### 3.2.1.1 Dosificación del Policloruro Líquido

El policloruro líquido, es almacenado en un tanque exterior y transportado por una bomba dosificadora hasta el sitio de aplicación donde cae al agua en la tolva.

El caudal que debe ser suministrado por la bomba dosificadora puede ser calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$q = \frac{6 * Q * D}{C}$$

Donde

**q** = caudal de dosificación

**Q** = caudal de operación de la planta

**D** = dosis de policloruro

**C** = concentración de la dosis aplicada

### 3.2.2 Ensayo de Jarras

A continuación, se hace referencia a cada uno de los pasos que deben efectuarse para la correcta ejecución del ensayo de jarras.

#### 3.2.2.1 Utilización del Policloruro Líquido

La solución de policloruro se adiciona en forma pura

#### 3.2.2.2 Preparación del Equipo para el Ensayo

Se agrega a cada una de las jarras 1 l de muestra de agua cruda. Se centran las jarras bajo los agitadores, bajando estos últimos y asegurando su posición con el tornillo de fijación de la parte superior de los ejes. Se deben disponer a la mano el cronometro y los frascos muestreadores.

#### 3.2.2.3 Dosificación del Policloruro

Para la aplicación del coagulante a cada una de las jarras, se utilizan jeringas desechables de diferentes capacidades succionando la cantidad requerida del recipiente que contiene la solución del policloruro al 8%, agitando simultáneamente.

Una vez tomada la decisión del rango de variación de las dosis que serán utilizadas para efectuar el ensayo se toma en las jeringas los mililitros correspondientes de la solución. Frente a cada una de las jarras se coloca la jeringa respectiva.



#### 3.2.2.4 Ejecución del Ensayo

Mediante el aparato de jarras se pretenden simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, esto se logra controlando las revoluciones del equipo.

El procedimiento para efectuar el ensayo es el siguiente:

- Se coloca el equipo a 100 r.p.m.
- Se toman 2 a 2 las jeringas localizadas frente a las jarras y se inyecta el coagulante hundiendo profundamente las jeringas en la muestra; una vez efectuada la dosificación en las seis jarras se deja trabajar el equipo a 100 r.p.m. durante 1 min.
- Luego se disminuye la velocidad de agitación a 40 r.p.m. durante 15 minutos, al cumplirse este tiempo se apaga el equipo y se retiran los agitadores de las jarras. Desde el instante en que se apaga el equipo deben transcurrir 15 minutos para iniciar la toma de las muestras de agua decantada.

En resumen, se hace la mezcla rápida durante 1 min, floculación 15 min. y sedimentación 15 min.

#### 3.2.3 Silicato de Sodio

Eventualmente por la dosificación de policloruro de aluminio, se disminuye el pH del agua tratada; teniendo en cuenta que este parámetro está controlado en el decreto 1575 de 2007, en este caso que se encuentre por fuera del rango permisible (6,5 - 9,0), esta anomalía se corrige utilizando como alcalinizante silicato de sodio, el cual se encuentra en solución. La dosificación se realiza en el tanque de succión.

El instructivo a seguir para determinar las concentraciones de silicato de sodio a utilizar es el siguiente:

- Determinare el pH obteniendo para distintas concentraciones
- Obtener la dosis óptima de silicato de sodio (12 ppm).
- Preparar una solución al 13% de silicato de sodio

**Cálculo:**

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

**Donde**

C<sub>1</sub> = dosificación optima

V<sub>1</sub> = caudal

C<sub>2</sub> = concentración optima

V<sub>2</sub> =? ml /m

**Entonces**

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2}$$

### 3.2.4 Dosificación del Cloro

Para la desinfección y el tratamiento de aguas se puede emplear el cloro gaseoso generado a partir de la evaporización de cloro líquido almacenado bajo presión en cilindros; o como líquidos (hipoclorito de sodio), y sólido (hipoclorito de calcio), para la planta de tratamiento.

La dosificación de cloro se hace mediante la utilización de un cilindro de 68 kilogramos. La dosis de cloro requerida debe ser establecida con base en la determinación del contenido de cloro residual en diferentes puntos de la red; la longitud de la conducción que une el tanque de almacenamiento de la planta con la red de distribución permite un adecuado tiempo de contacto; una vez establecida la dosis de cloro

requerida, la misma puede ser calibrada mediante el ajuste del clorador, con ayuda de la siguiente fórmula:

$$CI = 0.19 * Q * D$$

**Donde**

**CI** = libras de cloro durante 24 horas

**Q** = caudal de operación de la planta

**D** = dosis de cloro (mg/l)

Ajustada la dosis de cloro, el eyector realiza la solución del gas en el agua de arrastre, para ser descargada mediante una tubería en cada uno de los vertederos de los filtros; la equitativa distribución del cloro se controla mediante las válvulas de bola del clorador.

En caso de presentarse una fuga en el sistema, que se detecta con amoníaco y anuncia el detector, el operador debe colocarse el equipo de seguridad y accionar el extractor de cloro mediante el interruptor localizado afuera de la sala.

La dosificación en mg/l de cloro gaseoso es soportada en una curva de demanda de cloro que tiene como objetivo obtener una aplicación de cloro que garantice la eliminación en el agua de agentes patógenos

#### 3.2.4.1 Curva de Demanda del Cloro

A continuación, se presenta los pasos para realizar la curva de demanda de cloro en el municipio de Anorí:

- 1) Se utiliza Hipoclorito de sodio líquido a una concentración de 10 ppm como desinfectante.
- 2) Se toman 15 vasos con 50 ml de agua filtrada sin clorar en cada uno.
- 3) Se le miden los parámetros de pH y temperatura.
- 4) A cada vaso se le adiciona un volumen de hipoclorito de sodio desde 0.05 hasta 1.4 ppm.
- 5) Se guarda durante 20 minutos en un sitio oscuro.

- 6) Luego a cada vaso se le adiciona 5 ml de ácido acético y una pizca de yoduro de potasio.
- 7) Finalmente se titula con una solución de tiosulfato de sodio 0.1 N, utilizando almidón como indicador, tomando como punto final el cambio de color de azul a transparente.
- 8) Se realiza una curva buscando el punto de quiebre, que es el punto que indica a partir de que dosificación se empieza a dejar un residual de cloro en la red de distribución.

#### 3.2.4.2 Parámetros de Operación del Cloro

Los parámetros de operación que influyen en la desinfección y que son posibles de controlar en la operación son:

- **Tiempo de contacto – Tc (min.):** es el tiempo de contacto necesario entre el cloro y el agua para la destrucción de todos los microorganismos patógenos; depende del pH y la temperatura del agua. Cuando mayor es el tiempo libre de contacto, más efectiva es su acción y la dosis de cloro puede ser menor.
- **pH:** La desinfección es más efectiva a un pH bajo entre 6.0 y 7.0
- **Limpieza y reparación de los equipos de cloración:** esta deberá ser realizada bajo la dirección de personal debidamente capacitado, que este familiarizado con los riesgos inherentes a esta actividad y que conozca todas las medidas de seguridad que deben tenerse en cuenta para el desempeño seguro de su trabajo.
- **Medición del cloro residual libre.** Se debe realizar como mínimo cada hora.

## 4. Ensayos de Laboratorio para Muestreo

### 4.1 Físicos

#### 4.1.1 Turbiedad

La medición de la turbiedad del agua se considera como el parámetro más importante para la caracterización de los procesos.

La medición de la turbiedad se logra mediante el uso de un turbidímetro nefelométrico, el cual mide la intensidad de la luz que es dispersada por las partículas en suspensión presentes en la muestra desde una dirección situada a 90° de la dirección original del haz de luz.

#### **Medición de turbiedad**

El equipo está diseñado para permanecer encendido en forma continua, no obstante, se recomienda encenderlo 1 o 2 minutos antes de su utilización.

Para la determinación de la turbiedad de una muestra se procede de la siguiente manera:

- Se vierte a la celda la muestra previamente agitada en forma suave para que no se formen burbujas de aire, se introduce en el compartimiento y se coloca la tapa.
- Se procede a leer la turbiedad que marque el tablero en la escala correspondiente.
- La celda muestreadora debe ser lavada con agua destilada utilizando un frasco lavador para cada determinación de turbiedad, secando externamente el recipiente con el paño desechable.

La celda debe ser manipulada del extremo superior tomando la precaución de no empañarla con los dedos, ni colocarla sobre

las superficies ásperas que rayan el cristal, ambas situaciones alteran la transparencia y conducen a lecturas erróneas.

#### 4.1.2 Color

La presencia de color verdadero en el agua de la fuente es de tipo orgánico por presencia de sustancias húmicas, taninos, etc., muy comunes en este tipo de cauces con cobertura boscosa en sus orillas.

Para este ensayo se utiliza el colorímetro Aquatester Hellige el cual mide el color del agua mediante comparación visual de patrones (agua destilada o tratada) y se efectúa la lectura en el disco de color. Su resultado se expresa en UPC (Unidades de Platino Cobalto)

Si se lee directamente, se reporta como color aparente, si se ha removido la turbiedad, se reporta como color verdadero.

Cuando existen colores demasiado altos (agua cruda sin tratar) se utiliza el factor de disolución.

#### **Procedimiento:**

- En el tubo de vidrio de la izquierda se coloca agua destilada y en el tubo de la derecha la muestra sin agitar y se procede a comparar con el disco hasta que coincida el color observado en ambos tubos.
- Si el color es mayor a 100 unidades, se diluye la muestra con agua destilada hasta que el color se situé dentro del intervalo de la curva de calibración.

#### 4.1.3 Temperatura

Es importante porque actúa como elemento que retarda o acelera la actividad biológica, la absorción de oxígeno y bióxido de carbono de la

atmosfera por el agua e influye en la proliferación de algas y en la precipitación de compuestos.

Además, afecta los procesos de tratamiento como la desinfección por cloro y por tener influencia sobre la viscosidad del agua, incide también indirectamente en las operaciones de mezcla rápida, floculación, sedimentación y el proceso de filtración.

Se utiliza para el ensayo un termómetro que se coloca dentro de la muestra de agua cruda de forma vertical durante un minuto. La lectura se realiza en grados centígrados.

#### 4.1.4 Olor y Sabor

El análisis del olor y el sabor depende en buena medida de la sensibilidad olfativa y degustativa de quien realiza la prueba.

#### **Procedimiento**

Llene un recipiente previamente enjuagado con agua destilada a la temperatura ambiente, huela el agua de la muestra. Si encuentra algún olor trate en lo posible de describirlo cualitativamente como tierra, cloro u otros, si no hay olor anota simplemente “no hay”

A continuación, tome un sorbo de aproximadamente 10 mililitros de agua de la muestra, manténgalo durante 5 segundos haciendo buches y escúpalo.

Saboree la muestra mientras está en la boca y luego anote si encuentra algún sabor y haga una descripción cualitativa de este como salado, amargo, medicinal, a jabón, u otros si no hay diferencia, anote simplemente el resultado “no hay”.

## 4.2 Químicos

### 4.2.1 Alcalinidad

Es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos. Por lo general se presenta en forma de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Dentro de límites razonables, no tiene importancia sanitaria, pero es muy importante en relación con el proceso de coagulación y correctivos del poder corrosivo del agua. Así, si la alcalinidad presente es insuficiente para reaccionar con todo el policloruro de aluminio, la coagulación será incompleta y quedará alumbre en el agua.

#### **Procedimiento:**

Para el muestreo se miden 100 ml de la muestra a analizar, se agregan 5-7 gotas de indicador mixto o fenolftaleína y se titula con ácido sulfúrico 0.02 N hasta encontrar el cambio de azul a transparente y su lectura se anota como alcalinidad total.

El resultado se expresa como mg/l de  $\text{CaCO}_3$  es igual al volumen de ácido sulfúrico gastado multiplicado por 10.

Cálculos:

$$A(\text{mg/l})\text{CaCO}_3 = (V \cdot N \cdot 50000) / M$$

Donde:

**A** = alcalinidad mg/l  $\text{CaCO}_3$

**V** = volumen de ácido titulado

**N** = normalidad de ácido usado (0.02 N)



#### 4.2.2 Alcalinidad Fenol

Para este análisis se toman 100 ml del agua a analizar, se le agrega 1 ml de fenolftaleína, luego se titula con ácido sulfúrico. El resultado es igual al ácido sulfúrico gastado multiplicado por 10.

#### 4.2.3 Ph

Se expresa como el grado de acidez o basicidad del agua; el valor deseable para pH en aguas potables, según la norma colombiana es un rango que va de 7.0 y 8.5 unidades, mientras que el valor admisible oscila entre 6.5 y 9.0 unidades.

##### **Procedimiento:**

Se toman 10 ml del agua a analizar, se lleva el equipo a 0, luego se le agregan 2 gotas de rojo de fenol y se presiona la tecla ✓.

#### 4.2.4 Cloro Residual

Nos indica, la aplicación de la dosis adecuada de cloro, para que en cualquier punto de la red, se logre un residual de cloro, que combata cualquier contaminante fuera de la planta.

##### **Procedimiento:**

Se toma la muestra del agua a analizar, se lleva el equipo a 0, luego se le agrega 1 papeleta de DPD y se deja reposar por 1 minuto aproximadamente y luego se presiona la tecla ✓.

Nota: la cantidad de agua a analizar es de acuerdo a la papeleta DPD, es decir, si la papeleta DPD es F5 se analizan 5 ml de agua, si es F10 se analizan 10 ml de agua y así sucesivamente.

Este método es estándar tanto para trabajar en la planta de tratamiento como para la toma de muestras que son enviadas al laboratorio en Medellín.

El resultado obtenido se expresa en mg/l de cloro residual.

#### 4.2.5 Dureza Total

Representa la concentración total de los compuestos de calcio y magnesio; no hay aseveración sobre su significación sanitaria, pero si doméstica, ya que, si es alta, se va a consumir jabón en el lavado, sin lograr la acción lavadora.

El procedimiento para este ensayo es el siguiente:

- 1) Se miden 100 ml de la muestra.
- 2) Se agrega 1 ml de buffer amoniacal para elevar el pH.
- 3) Se agrega 1 tableta tampón para la dureza.
- 4) Se mezcla y luego se titula con E.D.T.A. (versenato de sodio o disodium dihydrogen ethylendiamine tetra acetate deshidrate) hasta que vire de vino tinto a verde.
- 5) El resultado se expresa en partes por millón que es igual al E.D.T.A. gastado multiplicado por 10. Este ensayo se realiza cada 8 horas.

Cálculos:

$$DT(\text{mg/l})\text{CaCO}_3 = (A * B * C * 1000) / M$$

Donde

**DT** = dureza total

**A** = mililitros de EDTA 0.01 M titulados

**B** = concentración molar del EDTA utilizado (0.01 M)

**C** = peso formula gramo de carbonato de calcio (100 mg)

**1000** = factor de conversión en mg/l

**M** = volumen en mililitros de agua titulada

#### 4.2.6 Cloruros

Es una medida de lo laxante que puede ser el agua, también es un índice de polución.

**El procedimiento para el ensayo es el siguiente:**

Se miden 50 ml de la muestra y se agrega 1 ml de cromato de potasio si se presenta coloración amarilla se titula con nitrato de plata de 0.141 normal hasta el punto de tener un color amarillo rojizo a color ladrillo y los mililitros gastados de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) se multiplica por 10.

También se pueden tomar 100 ml de la muestra de agua a analizar, pero la multiplicación ya no se hace por 10 sino por 5; el resultado obtenido se expresa en p.p.m.

Cálculos:

$$(\text{mg/l})\text{Cl}^- = (A \cdot N \cdot 35.45 \cdot 10^3) / M$$

Donde:

**A** = ml valoración para la muestra

**N** = normalidad del  $\text{AgNO}_3$

**35.45** = peso equivalente gramo del anión cloruro.

**M** = mililitros de la muestra

#### 4.2.7 Hierro Total

El hierro es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre, pero a pesar de esto las aguas naturales no contienen mucha cantidad de hierro; no exceden de 1 mg/l y las mayores concentraciones se presentan en las aguas subterráneas y superficiales que tengan propiedades ácidas.

En presencia de agentes oxidantes o con la exposición al aire, el hierro es oxidado, pasando a un estado férrico y puede hidrolizarse formando

óxido férrico hidratado, el cual es insoluble. Esta es la forma que predomina en las aguas cuando en el muestreo no se tiene cuidado de evitar la oxidación.

El hierro se controla en el laboratorio para evitar la formación de malos olores y la coloración producida por el óxido de hierro.

**El procedimiento del ensayo es el siguiente:**

- 1) Se llena el recipiente del comparador hasta el menisco.
- 2) Se le agrega 1 papeleta de hierro (ferrover)
- 3) Se deja reposar la muestra de 2 a 3 minutos al cabo de los cuales se lee el resultado como hierro total.

**Nota:** Los ensayos físico-químicos se realizan con una frecuencia de una hora y sus resultados son anotados en el cuadro de control diario (de la planta de tratamiento) excepto en los casos en que no se esté haciendo tratamiento.

## 5. Análisis Microbiológicos

Estos se efectúan en el laboratorio especializado para tal fin y el operador solo procede a la toma de la respectiva muestra en el calendario prefijado para la recolección de las mismas.

La frecuencia de las muestras y su procedimiento están predeterminadas y no se incluyen en este manual.

## 6. Operación y Mantenimiento de los Competentes de la Planta

### 6.1 Bombeo

La estación de bombeo del municipio de Anorí está conformada por los siguientes componentes:

- Dos unidades de bombeo localizadas a la salida del filtro de la planta de tratamiento donde se realiza el proceso de cloración, mediante estas bombas se lleva el agua filtrada y clorada hasta un tanque de sección.
- Tres unidades de bombeo, dos eléctricas y un sistema alterno a base de ACPM para emergencias, estas unidades llevan el agua ya tratada desde el tanque de succión hasta el tanque de almacenamiento.
- Una línea de impulsión.
- Un sistema para la dosificación del cloro gaseoso.
- Un sistema eléctrico que consta de tres arrancadores, una acometida eléctrica, un transformador, entre otros elementos.

La correcta y eficiente operación de la estación de bombeo depende en buena medida de que el operador conozca con claridad la función y el orden en que se deben maniobrar los diferentes elementos que componen dicha estación como son: válvulas, sistema de control y de potencia contenidos en los diferentes salientes y que controlan los factores y sistema de alumbrado de la estación.

#### 6.1.1 Operación y Mantenimiento

El agua filtrada es llevada desde el tanque hasta el pozo de succión, para ello se dispone de dos unidades de bombeo, cada una con un sistema de succión negativa de 4" y tubería de impulsión de 4".

Cada unidad de bombeo la compone una motobomba de 12 HP, monoclock o de acople directo, una válvula de bola de 4" y su respectivo arrancador.

Las dos unidades de bombeo N° 1 y 2 válvulas de bola de 4". Cuando entra en funcionamiento una de ellas, supongamos que sea la unidad

de bombeo N° 1, entonces se abre la válvula de bola de 4" de la unidad N° 1 y se cierra la válvula de la unidad 2 y así con la otra bomba.

Es importante que solamente funcione una unidad de bombeo, mientras que las otras permanecen disponibles.

### 6.1.2 Sistema de Bombeo de Agua Filtrada y Clorada

La compone 3 unidades de bombeo N° 3, 4 y 5 cada uno con sistema de succión negativa de diámetro 8" y sistema de impulsión en diámetro 6".

Cada unidad de bombeo consta fundamentalmente de un motor, una bomba, una válvula de compuerta de 6", una válvula de retención de 8" (cheque) accesorios como reducciones y niples, y su respectivo gabinete con los elementos de control y potencia; las 3 unidades de bombeo poseen las válvulas de compuerta de 6".

Es importante anotar que en el sistema de bombeo de agua filtrada y clorada solamente se pone en funcionamiento una de las tres unidades de bombeo mientras las otras permanecen disponibles.

### 6.1.3 Procedimiento para poner en Funcionamiento una Unidad de Bombeo

Antes de dar encendido a la unidad de bombeo se verifica la lectura en el voltímetro, si se asume que se va a poner en funcionamiento la unidad de bombeo N° 1, se procede a abrir totalmente la válvula de compuerta de la unidad 1 y cerrar completamente la válvula de compuerta de la unidad 2.

Luego se verifica que el nivel en el tanque de succión de agua filtrada y clorada este por encima del del nivel crítico para evitar que la

motobomba trabaje en vacío igual verificación se realiza en el tanque de agua filtrada.

Es muy importante tener en cuenta que cuando se pone en funcionamiento una unidad del sistema de bombeo de agua filtrada y clorada, simultáneamente se debe poner en funcionamiento una de las unidades del sistema de bombeo de agua filtrada.

Inmediatamente se verifica la corriente de arranque para la unidad de bombeo N° 1 y la corriente nominal o estabilizada.

Cuando la corriente nominal o estabilizada se incrementa sustancialmente significa que la bomba puede estar trabajando en vacío, caso en el cual debe apagarse de inmediato y proceder al cerrado de esta.

La información relacionada con el voltaje, las corrientes de arranque y nominal, los periodos de bombeo de las diferentes unidades, son registrados en un formato denominado “horarios de bombeo” cuyo objetivo es llevar un registro que permita hacerle un seguimiento permanente tanto a las bombas como a los motores.

#### 6.1.4 Línea de Impulsión

Existe una línea de impulsión, la cual consiste en 15 m de tubería PVC de 4” y permite llevar el agua filtrada y clorada desde la planta de tratamiento hasta un pozo de succión donde el agua se somete al proceso de corrección de pH mediante la aplicación de silicato de sodio. Además, existen 2 bombas de succión que envían el agua por la misma línea de impulsión.

## 6.2 Aforo y Muestra Rápida

Es de tipo hidráulico y se encuentra localizada a la entrada de la planta de tratamiento. El sistema de dosificación es por goteo y se puede usar el tipo venoclises o bomba dosificadora, el flujo de la planta en el floculador accede por intermedio de una tubería que empalma con otra formando una estructura cónica que al final entrega las aguas del proceso al floculador.

El sistema de aforo se encuentra localizado aproximadamente a 20 mts, antes de la entrada de agua cruda a la planta tratamiento, el cual consiste en un sistema de macromedición.

Los sistemas de aforo en una planta de tratamiento pueden ser de varios tipos:

Por medio de micromedidores.

- Vertedero rectangular.
- Vertedero semitriangular.
- Canaleta parshall.

## 6.3 Floculación

La floculación consiste en suministrarle al agua movimientos lentos y moderados para causar la aglomeración de las partículas finas y producir lo que se denomina floc sedimentable.

La agitación no debe ser ni muy lenta que favorezca la sedimentación, ni muy rápida que provoque el rompimiento de los flóculos ya formados, el tiempo y el gradiente óptimo deben ser los obtenidos en la prueba de jarras.

La floculación puede ser:



- Hidráulica: consiste en cámaras con baffles.
- Mecánica: consiste en mezcladores con paletas horizontales o verticales.

### 6.3.1 Operación y Mantenimiento del Floculador

El sistema de tratamiento de Anorí utiliza 1 floculador hidráulico de tabiques de flujo horizontal.

Las estructuras tienen dimensiones internas de:

3.50 m x 2.75 m y una profundidad media de 3.0 m

Periódicamente cada mes aproximadamente o a necesidad se debe efectuar limpieza al floculador, para esto se debe proceder de la siguiente manera:

- 1) Se cierra la válvula de 6" que regula la entrada de agua cruda a la planta.
- 2) Abrir la válvula de 4" localizada en el fondo del floculador.
- 3) Suspender la dosificación de productos químicos.
- 4) Una vez vaciada la unidad se lavan las paredes y fondo con agua a presión.
- 5) Se debe revisar el estado general de la unidad.
- 6) Terminada la operación, cerrar la válvula de 4" ubicada en el fondo del floculador y abrir la válvula de 6" que regula la entrada de agua cruda a la planta.
- 7) Dosificar nuevamente productos químicos.

### 6.4 Sedimentación

Es el proceso fisicoquímico mediante el cual se precipita el floc formado por la acción de la fuerza de gravedad.

La función principal del sedimentador es la de facilitar la separación de sólidos del agua por acción de la gravedad, o sea, permite la sedimentación en la zona de lodos del floc formado en el floculador.

Los sedimentadores se pueden clasificar de acuerdo con el sentido del flujo, forma y condiciones de funcionamiento.

- Por su forma: rectangulares, circulares y cuadrados.
- Por el sentido del flujo: inclinados (ascendentes o descendentes) y verticales.
- Por las condiciones de su funcionamiento: convencionales, contacto de sólidos y laminares (tubos o placas paralelas).

#### 6.4.1 Operación y Mantenimiento del Sedimentador

La planta de tratamiento posee 1 sedimentador de alta tasa, formado por módulos de poliestireno de alto impacto, sedimentación acelerada tipo colmena rectangular.

Esta estructura tiene dimensiones internas de:

3.50 m x 4.0 m y una profundidad media de 3.5 m.

Para purgar los lodos del sedimentador, se debe cada día y mínimo una vez por turno, abrir las 2 válvulas de 4" localizadas en el fondo de la unidad. Esta operación debe durar aproximadamente 3 minutos.

Para su mantenimiento aproximadamente una vez por mes o a necesidad se debe proceder de la siguiente manera:

- 1) Cerrar paso de agua al sedimentador.
- 2) Suspender dosificación de productos químicos.
- 3) Abrir las válvulas de 4" pulgadas (2) localizadas en el fondo del sedimentador.
- 4) Una vez vaciada la unidad, lavar con chorro a presión la unidad.

- 5) Terminada la operación, se deben cerrar las válvulas de 4" ubicadas en el fondo de la unidad y abrir la válvula que regula la entrada de agua cruda a la planta.
- 6) Dosificar productos químicos.

## 6.5 Filtración

Es el proceso de purificación del agua, mediante el cual se remueven las partículas (floc) que alcanzaron a pasar del sedimentador, mediante el paso del agua a través de un lecho poroso.

En general, la filtración en una planta de tratamiento es el proceso que sigue a la coagulación, floculación y sedimentación.

Existen filtros rápidos y lentos de arena. Los filtros rápidos, su lecho consta de: grava, gravilla, arena y antracita. Los filtros lentos de arena que consisten en un fondo de: grava y una capa de arena.

En el lecho filtrante pueden ocurrir reacciones de oxidación.

El filtro que posee esta planta es de flujo ascendente y permite retener el microfloc que alcanza a pasar del sedimentador, igualmente retiene algunas bacterias y virus.

### 6.5.1 Operación y Mantenimiento de los Filtros

La filtración está compuesta por 1 unidad de lecho mixto de arena, grava y antracita; de flujo ascendente y sistema de retro lavado.

Del correcto lavado de la unidad depende la calidad del agua producida y la duración en buenas condiciones del lecho de arena, grava y antracita. Este módulo presenta un diámetro de 50 cm.

Durante la operación normal del filtro debe estar abierta la válvula que permite el ingreso del agua a la planta y por ende el paso de agua sedimentada y decantada al lecho filtrante.

Para el lavado de la unidad se hace necesario el siguiente procedimiento:

El lavado del filtro se hace consecuentemente con la purga del sedimentador, abriendo sus 2 válvulas de 4", luego se abren las 3 válvulas de 4" que posee el filtro en la parte inferior; el proceso de lavado del filtro dura aproximadamente de 10 a 12 minutos.

## 6.6 Tanque y Almacenamiento

Tiene como función el almacenamiento y compensación de las variaciones de consumo a lo largo del día mediante el almacenamiento de agua en horas de bajo consumo y descarga en horas de consumo elevado. El tanque de almacenamiento de Anori se encuentra ubicado en el sitio llamado la Gruta, parte alta de la Calle Bolívar o también llamada Calle arriba. Se sabe que este tanque fue construido en 1973, en concreto reforzado y es un tanque enterrado, tiene aproximadamente un área de 103.80 metros cuadrados, su capacidad es de 311 m<sup>3</sup>, pero realmente se aprovechan 282 m<sup>3</sup>.

Sus dimensiones aproximadas son de largo 10.38m x 3.0 m de profundidad.

### 6.6.1 Lavado y Mantenimiento del Tanque de Almacenamiento

El lavado del tanque de almacenamiento se debe realizar cada 6 meses, pero es necesario que a la estructura se le realice una inspección detallada cada tres meses en donde se evaluara el funcionamiento de las válvulas, la existencia de grietas o humedades en las partes visibles de la estructura, al igual que el empozamiento o afloramiento de agua en las partes bajas de los alrededores del tanque por causas desconocidas. Cuando cualquiera de estas anomalías ocurra, el operador o el fontanero deben dar aviso al ingeniero o jefe inmediato, el cual dará las instrucciones al respecto.

Cuando se presenten formaciones mohosas en las superficies visibles del tanque, bien sea externas o internas se procederá de inmediato a la remoción de las mismas y a solicitar la autorización del coordinador del municipio, para que este de aviso a los usuarios de tal forma que puedan almacenar agua para el tiempo en que dure el corte del servicio, una vez el coordinador del municipio de la autorización para el vaciado.

## 7. Operación y Mantenimiento de Equipos

Los equipos de laboratorio, bombas centrifugas, bombas de diagrama, dosificadores, eyector, clorador, y equipos de medición electrónica deben ser operados, revisados y reparados de acuerdo con las especificaciones propias de cada equipo, la cual es suministrada en los correspondientes manuales y debe ser ejecutada por personal externo calificado.