CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ACUEDUCTO ADELANTE PALMAS EN LAS VEREDAS AGUA BUENA Y LA CHAPA PARA EL FORTALECIMIENTO DEL ACUEDUCTO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO PALMAS DEL SOCORRO – SANTANDER

MANUAL DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, ADUCCIÓN, ACUEDUCTO Y PTAP DEL DENOMINADO SISTEMA “MACANILLO-AGUA BUENA”

LUIS ALEJANDRO NARANJO GONZALEZ
RL PRISMA TECHNIQUES SAS BIC
MP: 68202-131705
ESPECIALISTA EN SANEAMIENTO BASICO Y AMBENTAL

DIEGO ANDRRÉS CALDERÓN BAUTISTA
ING QUIMICO
MASTER EN TRATAMIENTO DE AGUA
MAGISTER EN CIENCIAS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES

DICIEMBRE 2025

1. OBJETIVO

Identificar las actividades que involucran el arranque, la operación y el mantenimiento del sistema de acueducto veredal “Macanillo-agua blanca” del municipio de Palmas del Socorro

2. ALCANCE

Este manual aplica desde la captación hasta el almacenamiento de agua potable de la PTAP del sistema Macanillo-Agua buena.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

CAPTACIÓN: Proceso en el cual se toma, capta o secuestra parte del caudal de una fuente superficial, acuífero para derivarlo hacia un ducto, red o canal abierto para aprovecharlo, se encuentra diseñado para a través de unas rejas que colindan con un canal de derivación aprovechar un caudal especifico de la fuente (POTABLE, 2016)

DESARENADO: Proceso en el cual se separan las partículas de alrededor de 1mm provenientes del lecho de escorrentía superficial, a través de un área específica de sedimentación y un tiempo de retención específico (POTABLE, 2016)

ADUCCIÓN: El término aducción, en este contexto, se define como el acto de conducir o transportar el agua desde el origen de la captación, en este caso la cuenca, hasta la planta de tratamiento, la red o bien el tanque de regulación. (POTABLE, 2016)

CONDUCCIÓN: Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad o bombeo. Donde tuberías transportan agua desde donde se encuentra en estado natural hasta un punto que puede ser un tanque de almacenamiento, reservorio o una planta potabilizadora mediante conjunto de ductos y accesorios. (POTABLE, 2016)

COAGULACION: en el proceso de tratamiento del agua tiene por objeto preparar a las partículas dispersas en el agua (mediante la anulación de las cargas superficiales) para lograr posteriormente, mediante la floculación, otras partículas más voluminosas y pesadas que puedan ser separadas más fácilmente del agua. (POTABLE, 2016)

COAGULANTE: Normalmente una sal de aluminio o de hierro añadida al agua para formar un precipitado de hidróxido. (Gray, 1994)

FILTRACION: Proceso para eliminar partículas del agua que no han quedado retenidas en el proceso de sedimentación, pasando esta por un lechoso poroso de material granular. (Gray, 1994)

FLOCULACION Proceso por el cual partículas suspendidas se aglomeran para formar floculos mayores. Generalmente para llevar esto acabo se adicionan al agua sales de aluminio y de hierro. (Gray, 1994).

FONTANERO: Realiza todas las labores relacionadas con la supervisión, operación y mantenimiento de las redes de distribución del acueducto, lo mismo que efectuar las instalaciones, corte y reconexiones del servicio, haciendo uso correcto de las herramientas y equipos necesarios para cumplir con sus compromisos de trabajo.

MANTENIMIENTO: se refiere a las acciones que se deben realizar en las estructuras y equipos con el fin de prevenir o reparar daños. (UNATSABAR, 2005).

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Acciones que se realizan para reparar daños que se producen por efectos del deterioro o mal funcionamiento de un sistema y que no ha sido posible evitar con el mantenimiento preventivo. (UNATSABAR, 2005).

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Serie de acciones que se realizan para la conservación de las instalaciones y equipos para evitar fallas en su funcionamiento. (UNATSABAR, 2005) .

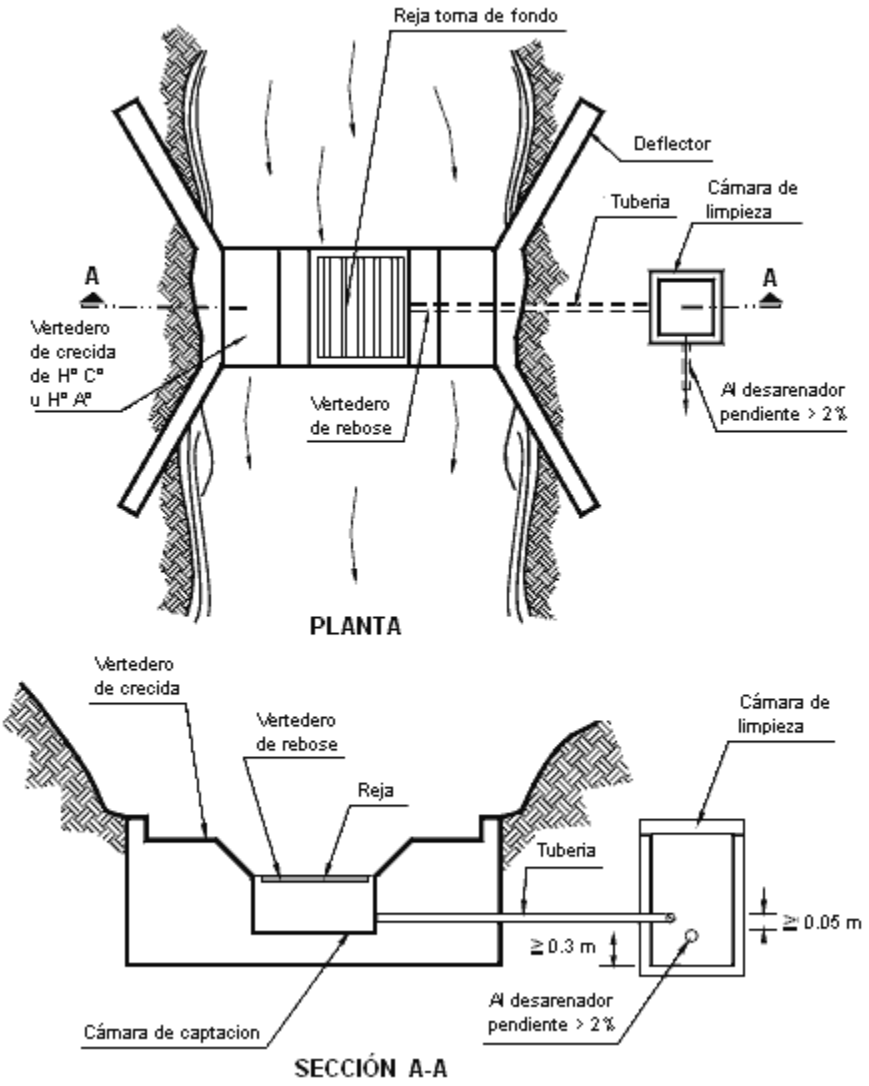
OPERACIÓN: es la acción de hacer funcionar correctamente las obras del sistema de abastecimiento de agua. (UNATSABAR, 2005).

OPERADOR: Persona calificada y responsable de la operación y el mantenimiento de las instalaciones del sistema. (UNATSABAR, 2005).

SEDIMENTACION: proceso para eliminar los sólidos sedimentables de un tanque bajo condiciones de semireposo. (Gray, 1994)

4. SISTEMA DE CAPTACIÓN

Figura 1 Presentación de las partes de un sistema de captación de Fondo



REJILLA DE CAPTACION: La rejilla de captación es la herramienta a través de la cual se capta una porción del caudal del agua para conducirlo hacia la estructura de alivio y posterior desarenado

CANAL DE DERIVACION: Elemento a través del cual se conduce el caudal captado a una velocidad, tirante y alcance específico a la estructura de alivio.

CAMARA DE LIMPIEZA Y ALIVIO: La cámara de limpieza y alivio esta diseñada para retira materiales de desecho, así también cuenta con vertedero rectangular de ancho fijo para regresar el caudal excedente a la fuente superficial de regreso conforme a la normatividad ambiental existente.

4.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR

- ✓ Identifique si existe material obstruyendo la rejilla
- ✓ Identifique si hay cantos rodados, troncos o material que ponga en riesgo la estructura
- ✓ Identifique que no haya material de obstrucción, palos hojas, musgo o material de arrastre en la cámara de alivio
- ✓ Verifique que no haya grietas o roturas en los muros de represamiento.

4.2 ARRANQUE

- ✓ Identifique que fluya caudal sobre la rejilla
- ✓ En caso de obstrucción libere el espacio de la rejilla y el canal de aducción
- ✓ Verifique la circulación de agua en la cámara de alivio
- ✓ Verifique que derive agua hacia la aducción
- ✓ Verifique la apertura de la válvula de salida de la caja de alivio

4.3 FALLA EN EL ARRANQUE

- ✓ Si la rejilla no admite caudal verifique que no haya obstrucciones, material de arrastre o sedimentos en la derivación
- ✓ Si la rejilla esta taponada u obstruida con palos y hojas, realice la limpieza con un rastrillo de dientes de metal

- ✓ Si la rejilla esta rota, comunique a la cuadrilla de reparaciones.
- ✓ Si la reja no se encuentra en su localización de aviso al gerente de la unidad de servicios públicos domiciliarios
- ✓ Si existe una roca de gran tamaño obstruyendo la rejilla comunique al gerente del prestador del servicio y a la policía municipal, para dar aviso al comité de gestión del riesgo
- ✓ Si existe la presencia de un animal lastimado, un animal peligroso o restos de animales o seres vivos comunique con la policía local.

4.4 OPERACIÓN DIARIA

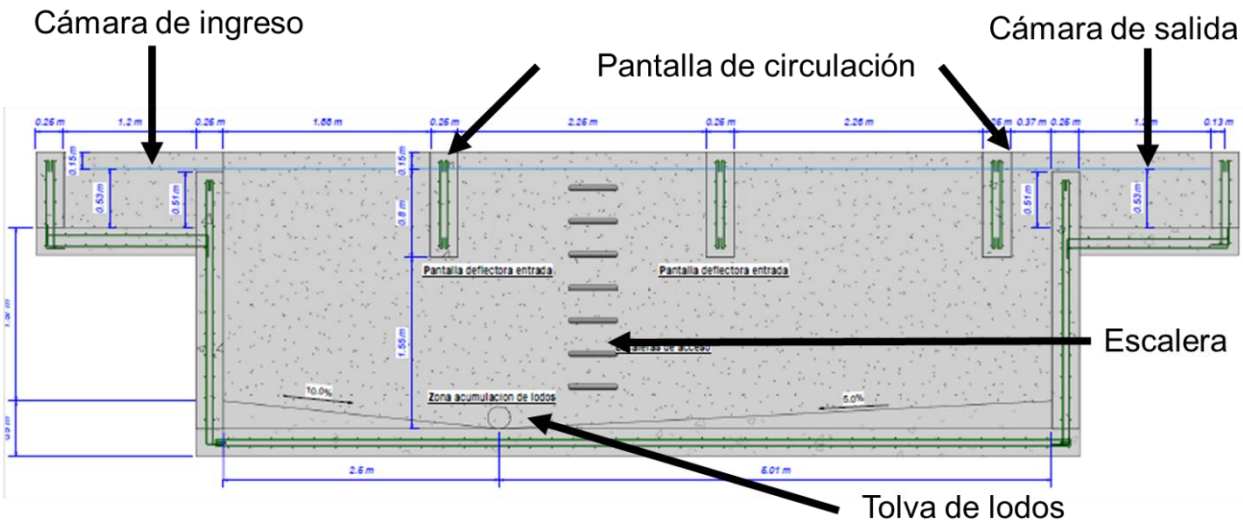
- ✓ De inicio al flujo de agua sobre la rejilla
- ✓ Identifique la fluencia del agua en la cámara de admisión, caja de alivio y salida de aducción
- ✓ Abra la válvula de ingreso a la aducción, verifique que la salida del alivio hacia la quebrada no tenga obstrucciones.

4.5 MANTENIMIENTO

- ✓ Realice la inspección diaria
- ✓ Realice la limpieza preventiva de la rejilla y la cámara de alivio
- ✓ Programe la remoción de rocas de gran tamaño que no se puedan mover con la mano
- ✓ Realice la poda de las áreas aledañas
- ✓ Realice la remoción de troncos, animales o fuentes de contaminación constante.

5. SISTEMA DE DESARENADO

Figura 2 Presentación de las partes de un sistema de desarenado



CÁMARA DE INGRESO: Cámara cuadra o rectangular que aquieta el flujo, dotada de un vertedero aforado para el ingreso del caudal de diseño

PANTALLA DE CIRCULACIÓN: La pantalla de circulación se relaciona con la eficiencia del desarenador, y es directamente relacionada con el numero de pantallas, su función principal es repartí el flujo a una velocidad especifica.

ESCALERA DE MANTENIMIENTO: Elemento para el ingreso a mantenimiento.

CÁMARA DE SALIDA: Cámara cuadra o rectangular que recibe el flujo desarenado, a velocidad constante, dotada de un vertedero rectangular un una tubería empotrada para hará inicio a la aducción.

TOLVA DE AQUIETAMIENTO: Porción del volumen que almacena los lodos y arenas, el cual está dotado de una tubería que permite desaguar los lodos.

5.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR

- ✓ Identifique si existe material obstruyendo las cámaras de ingreso o de salida
- ✓ Identifique si hay rocas, palos, hojas, animales o demás elementos que puedan obstruir.
- ✓ Verifique que no haya grietas o roturas en los muros de las cámaras y el tanque principal.

5.2 ARRANQUE

- ✓ Identifique que fluya caudal dentro de la cámara de acceso
- ✓ En caso de obstrucción libere el espacio de las cámaras de ingreso o de salida
- ✓ Verifique la circulación de agua en el tanque principal
- ✓ Verifique que el fluente de la unidad sea clarificado
- ✓ Verifique la apertura de la válvula de salida de la cámara de salida

5.3 FALLA EN EL ARRANQUE

- ✓ Si la cámara de ingreso no admite caudal verifique que no haya obstrucciones, material de arrastre o sedimentos en la derivación
- ✓ Si la cámara de ingreso o de salida están taponadas u obstruida con palos y hojas, realice la limpieza con un rastrillo de dientes de metal
- ✓ Si las cámaras de ingreso o salida están rotas, comunique a la cuadrilla de reparaciones.
- ✓ Si existe una roca de gran tamaño obstruyendo las tapas, las cámaras o el tanque de desarenado comunique al gerente del prestador del servicio y a la policía municipal, para dar aviso al comité de gestión del riesgo
- ✓ Si existe la presencia de un animal lastimado, un animal peligroso o restos de animales o seres vivos comunique con la policía local.

5.4 OPERACIÓN DIARIA

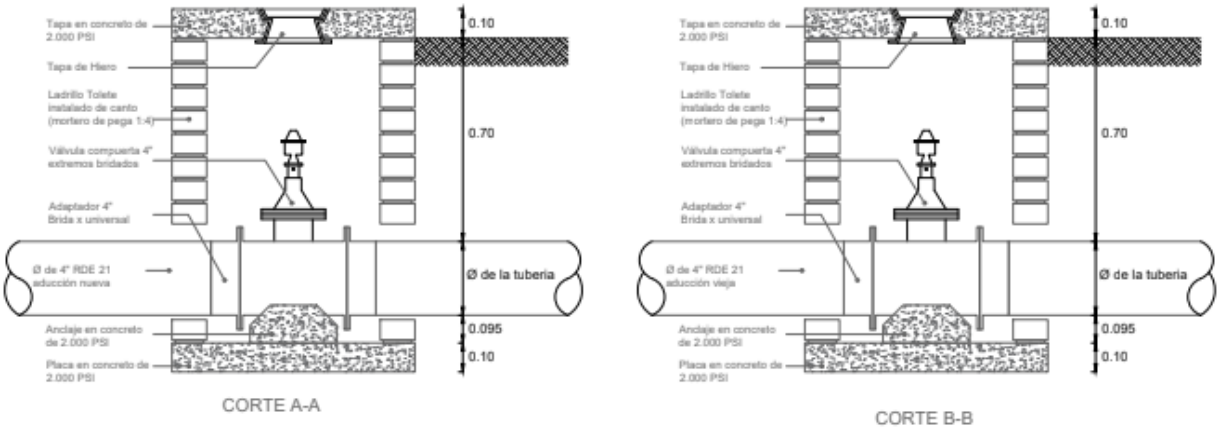
- ✓ De inicio al flujo de agua abriendo la válvula de ingreso al desarenador
- ✓ Identifique la fluencia del agua en la cámara de ingreso, el tanque principal y la cámara de salida, verifique la funcionalidad de las valvulas
- ✓ Realice anotaciones sobre factores de riesgo, merodeadores (animales o personas), vegetación, clima, estado general y fallas o daños visibles

5.5 MANTENIMIENTO

- ✓ Realice la inspección diaria
- ✓ Realice la limpieza preventiva de la tubería, valvulas y cámaras de ingreso y de salida.
- ✓ Programe la remoción de rocas de gran tamaño que no se puedan mover con la mano
- ✓ Realice la poda de las áreas aledañas
- ✓ Realice la remoción de troncos, animales o fuentes de contaminación constante.

6. ACCESORIOS CAJAS VALVULAS PURGAS Y VENTOSAS

Figura 3 Presentación de las partes de cajas de valvulas, purgas y ventosas



CUERPO DE LA CAJA: Habitáculo de contención de accesorios, puede ser construido en mampostería estructural o en concreto de 300 psi, su función es proteger el accesorio.

TAPA DE LA CAJA: Tapa de concreto o de seguridad metálica, su función es proteger el elemento de robos y daños.

VÁLVULA DE CORTE, PURGAS O VENTOSAS: Elemento para el control de flujo, desecho de sedimentos o escape de aire disuelto en el fluido, la válvula debe cerrarse a razón de una vuelta por minuto para evitar daño permanente en la red y sobre presión de honda de choque.

APOYO EN CONCRETO: Elemento para el soporte del accesorio hidráulico en concreto solado.

6.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR

- ✓ Identifique si existe material obstruyendo las tapas de ingreso a la caja

- ✓ Identifique si hay agua en la caja, rocas, palos o elementos que puedan deteriorar el accesorio.
- ✓ Verifique que no haya grietas o roturas en los muros de las cajas.

6.2 ARRANQUE

- ✓ Identifique que el accesorio instalado no presente fugas, sonidos, deslizamientos o daños
- ✓ Identifique que la válvula este en posición de abierta
- ✓ Identifique la circulación de fluido por la tubería

6.3 FALLA EN EL ARRANQUE

- ✓ Si hay fugas dalos o elementos que afecten la tubería comunique a la cuadrilla de mantenimiento
- ✓ Si hay daños permanentes en los accesorios comunique a la cuadrilla de mantenimiento para efectuar la reparación
- ✓ En caso de requerir el cambio de un accesorio realice el cierre en la válvula de salida del desarenador y abra la purga del tramo a reparar, realice el cierre en las valvulas de corte a razón de una vuelta por minuto.

6.4 OPERACIÓN DIARIA

- ✓ De inicio al flujo de agua abriendo la válvula
- ✓ Identifique la existencia de fugas y daño
- ✓ Realice anotaciones sobre factores de riesgo, merodeadores (animales o personas), vegetación, clima, estado general y fallas o daños visibles

6.5 MANTENIMIENTO

- ✓ Realice la inspección diaria
- ✓ Realice la limpieza preventiva de la tubería, valvulas y cajas de accesorios.

- ✓ Programe la purga de la tubería al menos una vez al mes
- ✓ Realice la revisión de ventosas al menos una vez al mes
- ✓ Realice la anotación general de aspecto y condiciones

7. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

7.1 COAGULACIÓN (MEZCLA RÁPIDA)

Es el primer proceso que se realiza en la planta de tratamiento de agua potable para eliminar las impurezas que puede contener el agua captada.

- **Objetivo**: tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en sus- pensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que puedan ser removidas por la sedimentación y la filtración. Tales aglomerados gelatinosos se agrupan y producen los flóculos. (Ambiente, 2002)
- Descripción: Tomando el caudal de entrada y la dosis optima de coagulante obtenida mediante el test de jarras, se aplica esta, el vertedero rectangular empezar la mezcla rápida.

7.1.1 Inspección preliminar

- ✓ Determinar que haya suficiente policloruro de aluminio cumpliendo con los estándares de calidad para operar por lo menos durante un mes la PTAP- un mínimo de 500 litros para un turno de 8 horas.

- ✓ Comprobar el estado de funcionamiento del equipo dosificador de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- ✓ Verificar la disponibilidad de agua para formar la solución del coagulante
- ✓ Inspeccionar los equipos para la realización del test de jarras

7.1.2 Operación

- ✓ Ajustar el dosificador según el caudal de entrada y la dosis que se aplicara
- ✓ Abrir la válvula de agua hasta suministrar el caudal necesario para formar la solución del coagulante con la dosis optima, determinada de acuerdo al test de jarras o las curvas de dosificación.
- ✓ Activar el equipo dosificador
- ✓ Verificar que no hallan obstrucciones en la tubería que conduce la solución de coagulante hasta la mezcla rápida
- ✓ Verificar que la dosis optima se aplicó en el sector de mayor turbulencia

7.1.3 Operación diaria

- ✓ Registrar cada hora en la minuta la dosis optima aplicada, además del caudal y la turbiedad/color/pH del agua cruda
- ✓ Verificar que se disuelve completamente la dosis de Policloruro de aluminio

- ✓ Determinar la cantidad de Policloruro de aluminio consumido las durante las 24 horas
- ✓ Informar al coordinador de tratamiento cualquier anormalidad o inconveniente durante la aplicación del coagulante
- ✓ Verificar que existe la suficiente agitación en la estructura y la aplicación del coagulante sobre toda la masa de agua

7.1.4 Policloruro de aluminio

Es el más utilizado para el tratamiento del agua su fórmula química: $Al_2(OH)_3Cl_3$

Este se puede presentar de tres formas:

- ✓ Blanco: llamado también libre de Hierro; es más costoso debido a que posee una característica que no es indispensable (libre de fierro).
- ✓ Amarillo: es el más común y económico; se produce mediante la reacción del ácido sulfúrico comercial con los desechos aluminosos.
- ✓ Negro: mezcla homogénea de Policloruro de aluminio (blanco o amarillo) con 2 a 5% de carbón activo; se utiliza para el control del sabor y del olor.

7.1.5 Manejo del Policloruro de aluminio

- ✓ Diariamente observar el estado del coagulante almacenado
- ✓ Utilizar el Policloruro de aluminio de acuerdo al orden de llegada
- ✓ El operador de planta a debe utilizar los elementos de protección personal

7.1.6 Dosis optima

La cantidad de coagulante que se agrega se le llama dosis y se mide en mg/l. peso de Policloruro (mg) agregados por cada litro de agua que entra a la planta.

Cuando un agua entra a la planta lo hace con un grado de turbiedad, para esta turbiedad hay una dosis de coagulante que hace que la turbiedad al final del tratamiento sea lo más pequeña posible. A esta cantidad de coagulante aplicada se le llama “dosis óptima de coagulante”.

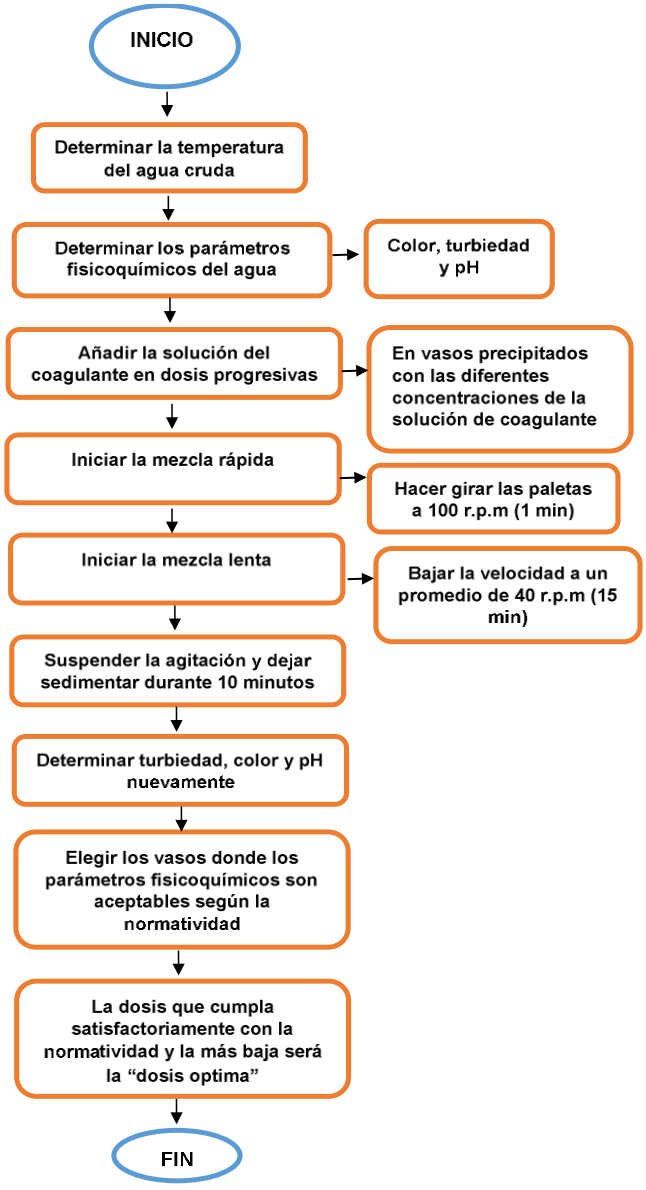
Cuando la partícula de turbiedad queda atrapada por el coagulante deben quedar espacios vacíos en ella que le permitan juntarse con otra y formar el flóculo. Si agregamos menos cantidad de coagulante que la óptima a una partícula atrapada se le hace difícil encontrar a otra partícula a formar el flóculo. (Ambiente, 2002)

Para determinar la dosis optima de la PTAP se utilizan los siguientes eequipos :

- ✓ Test de jarras
- ✓ Medidor de pH- turbiedad y color
- ✓ Policloruro de aluminio

A continuación, se describe el procedimiento mediante un diagrama de flujo para obtener la dosis óptima, a través de la prueba de ensayo denominado test de jarras

Figura 4 Flujo del proceso control de calidad y determinación de condiciones de operación.



7.1.7 Monitoreo

El coordinador de tratamiento es el encargado de las operaciones de la PTAP debe verificar las siguientes actividades:

- ✓ Comprobar que el coagulante contenga la dosis optima
- ✓ Verificar que la dosis optima se está aplicando correctamente y el dosificador es ajustado con anterioridad, ambos deberán contar con experiencia y capacitación (competencias profesionales en tratamiento del agua)

El operador de la PTAP debe verificar las siguientes actividades

- ✓ Inspeccionar el estado del dosificador
- ✓ Comprobar la existencia, estado y aplicación del Policloruro de aluminio
- ✓ Identificar si existen daños en la estructura e informarlos al coordinador de tratamiento
- ✓ El operador de la PTAP debe contar con competencias profesionales certificadas para la operación de sistemas potabilizadores (unidades, accesorios, elementos mecánicos, eléctricos, hidráulicos y equipos de laboratorio).

7.1.8 Actividades de mantenimiento

A continuación, se describen las actividades de mantenimiento de la estructura Canal de llegada y vertedero rectangular.

Tabla 1 Actividades mantenimiento unidad de mezcla rápida

Estructura	Actividades Diarias	Actividades semanales	Actividades periódicas	Responsable	Herramientas e insumos
Laboratorio	Determinar dosis optima, teniendo en cuenta el valor máximo aceptable de 0,2 mg/L, según la resolución 2115/2007	Efectuar semanalmente la limpieza de los equipos del laboratorio	Calibrar los equipos cuando sea necesario	Operador de la planta	Instrumentos de laboratorio y Policloruro de aluminio Registro de la información
Resalto hidráulico	Aplicación de la dosis optima	Limpieza de la estructura		Fontanero	Herramienta menor (cepillos)
		Punto de muestreo		Operador de la planta	Herramienta menor

Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A.

7.2 FLOCULADOR (MEZCLA LENTA)

La planta de tratamiento de agua potable nueva convencional posee dos (2) floculadores hidráulicos tipo alabama, estos utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o especifica.

Objetivo: Realizar una agitación suave y moderada para formar los flóculos pesados para una buena sedimentación

Descripción: Una vez se aplica el coagulante pasa a la sección de mezcla lenta donde se utiliza los floculadores de tipo Alabama con flujo ascendente que permiten una activación de los componentes del coagulante con una trayectoria ascendente y descendente para formar un floc.

7.2.1 Inspección preliminar

- ✓ Verificar el funcionamiento del dosificador, el punto de aplicación del coagulante y la mezcla rápida estén funcionando adecuadamente
- ✓ Observar que no haya ninguna obstrucción
- ✓ Verificar si por el exceso de velocidad de las aguas, los flóculos no se rompen en la entrada de los sedimentadores, si esto sucede se debe disminuir el caudal

7.2.2 Operación

- ✓ Revisar el estado de los compartimientos
- ✓ Llenar la unidad lentamente
- ✓ Informar al coordinador de tratamiento si existen daños en la estructura o cualquier anormalidad presentada
- ✓ Detener el ingreso de agua a la PTAP si el equipo de presenta fallas en la unidad anterior o en sí misma.

7.2.3 Operación diaria

- ✓ Verificar la aplicación del coagulante en el sistema de mezcla rápida
- ✓ Mantener el caudal de diseño constantemente con el fin de garantizar un floc adecuado
- ✓ Revisar la formación del floc y la dosis aplicada es la correcta tomando una muestra a la salida del floculador
- ✓ Validar que el tiempo de contacto en la unidad de mezcla lenta es el suficiente para la formación de los flóculos, garantizando un buen tamaño y un peso adecuado.

7.2.4 Problemas eventuales

Cuando existe una mala formación del floc o falta de peso se debe tener en cuenta:

- ✓ La inspección visual del agua floculada con el fin de identificar el tamaño del floc y velocidad de sedimentación
- ✓ Inadecuada determinación de la dosis optima
- ✓ Presencia de grandes velocidades que puedan romper el floc
- ✓ Existencia de cambios bruscos de caudal

7.2.5 Monitoreo

El operador de la PTAP debe verificar:

- ✓ Los floculadores están operando bajo el caudal de diseño
- ✓ La velocidad de sedimentación
- ✓ Llevar los registros
- ✓ Informar al coordinador de tratamiento daños en la unidad o anomalías presentadas

7.2.6 Actividades de mantenimiento

- ✓ Lavar la unidad cuando sea necesario, se debe programar mínimo 2 veces al año ya que afecta la operación de la PTAP
- ✓ Para el lavado de la unidad, abrir la válvula de entrada y desaguar la unidad

A continuación, se describen las actividades de mantenimiento de los floculadores, identificando el tiempo, responsable y herramientas necesarias para su desarrollo.

Tabla 2 Actividades mantenimiento floculadores

Estructura	Actividades diarias	Actividades periódicas (cada 15 días)	Actividades eventuales (Mensual)	Responsable	Herramientas, equipos e insumos
Floculadores	Revisión de estado físico y de uncionamiento (Caudal)			Operador de la planta	Registro de la información
			Limpieza de la estructura	Fontanero	Herramienta menor (cepillos)

Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A.

7.3 SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es el proceso mediante el cual se promueve el depósito del material en suspensión por acción de la gravedad y que tengan peso específico mayor que el fluido. La planta de tratamiento de agua potable nueva convencional del municipio de Alania cuenta con dos sedimentadores de flujo ascendente de alta tasa para separar mediante la decantación las impurezas coaguladas/floculadas del resto del agua.

- Objetivo: Remover los flocs de gran tamaño que se han generado en la unidad de mezcla lenta.
- Descripción: En esta cámara el floc queda atrapado en los módulos o colmenas de sedimentación para luego ser retirados en la limpieza del sedimentador que se realiza cuando se observa que está sucio por su actividad operativa.

7.3.1 Inspección preliminar

- ✓ Verificar el desempeño de los procesos anteriores
- ✓ Inspección visual
- ✓ Funcionamiento de válvulas

7.3.2 Operación

- ✓ Una distribución adecuada del caudal total entre todas las unidades de sedimentación
- ✓ La no existencia de placas rotas o desplazadas que pudiera aumentar la velocidad del agua a través de la zona de sedimentación.
- ✓ Una recolección uniforme del agua sedimentada, tanto entre los diferentes tubos o canales recolectores.
  - ✓ Que en ninguna ocasión la altura del lodo decantado debe alcanzar la zona de entrada a la unidad, lo que provocaría un desplazamiento de estos fuera del sedimentador. (Abreu, 2001)

7.3.3 Operación diaria

- ✓ Verificar los procesos de las unidades de mezcla rápida y lenta
- ✓ Determinar la turbiedad del agua
- ✓ Inspeccionar que el sedimentador está removiendo el

  90% o más de la turbiedad que ingresa

- ✓ Vigilar la fermentación de lodos
- ✓ Revisar si existen daños en la estructura e informarlos de manera inmediata
- ✓ Observar que todas las canaletas de aguas extraigan la misma cantidad de agua

7.3.4 Monitoreo

El operador de la planta debe:

- ✓ Realizar una inspección visual sobre las canaletas
- ✓ Verificar que no existan fugas, daños en la infraestructura
- ✓ Solicitar al coordinador de tratamiento de la PTAP reparaciones de ser necesario
- ✓ Informar al coordinador de tratamiento problemas presentados

7.3.5 Actividades de mantenimiento

- ✓ Para realizar el lavado de la unidad de sedimentación, al menos dos veces al año, se debe programar con anterioridad y preferiblemente en época de verano
- ✓ El lavado se inicia deteniendo el funcionamiento total PTAP- , luego abriendo la válvula de entrada. Posteriormente cuando la unidad este completamente vacía, iniciar con la zona depósito de lodos y revisar canal de desagüe, empezando con el lavado usando agua a media presión de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo.
- ✓ Lavar canaletas de recolección de agua sedimentada
- ✓ Cerrar válvulas una vez terminado el lavado

A continuación, se describen las actividades de mantenimiento del sedimentador

Tabla 3 Actividades de mantenimiento sedimentador

Estructura	Actividades diarias	Actividades periódicas (cada 15 días)	Actividades eventuales (Mensual)	Responsable	Herramientas, equipos e insumos
	Inspección visual y movimientos de las válvulas.	Revisión del estado físico y del funcionamiento (caudal, volumen de agua, rebose, fugas, etc.)		Operador de la planta	Registro de la información en libros, bitácoras o formularios.

Estructura	Actividades diarias	Actividades periódicas (cada 15 días)	Actividades eventuales (Mensual)	Responsable	Herramientas, equipos e insumos
Sedimentadores					
			Limpieza de la estructura (interna, externa).	Fontanero	Herramientas (palas, palustres, cepillos metálicos)
			Pintura y lubricación de los accesorios.		

Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A.

7.3.6 FILTRACIÓN

La filtración del agua consiste en hacerla pasar por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje. (Ambiente, 2002)

- Objetivo: Remover las impurezas y microorganismos que no fueron eliminados en los procesos anteriores, mediante filtros de capa triple
- Descripción: Se filtra el agua para eliminar el material micro particulado que no fue eliminado en las secciones anteriores, estos filtros son conformados por una

sección de piedras, arena y carbón activado (antracita) y se realiza una limpieza de flujo ascendente

7.3.7 Inspección preliminar

- ✓ Máxima remoción en la unidad de sedimentación
- ✓ Disposición del volumen de agua necesario para el lavado de los filtros
- ✓ Verificar el estado de las tres capas que hacen parte de los filtros
- ✓ Inspección visual sobre posibles escombros sobre el lecho filtrante

7.3.8 Operación diaria

- ✓ Monitorear la calidad del agua
- ✓ Mantener el nivel de agua en la caja del filtro, abriendo lentamente la válvula de salida a medida que se lleve a cabo la filtración
- ✓ Cada hora se debe registrar en la minuta de trabajo la calidad del agua, determinando turbiedad, color y pH.
- ✓ Verificar que el filtro no opere por mucho tiempo, después de que alcanza su máxima perdida de carga o nivel de agua sobre el lecho
- ✓ Lavado de filtros cada 24 horas o cuando sea necesario
- ✓ Registrar en la minuta de trabajo, la fecha y hora cuando se realiza el lavado del filtro
- ✓ Determinar el caudal empleado
- ✓ Informar al coordinador de tratamiento de la PTAP cuando se encuentre daños o anomalías

7.3.9 Lavado de filtros

Para lavar los filtros se invierte la corriente (el agua se introduce de abajo hacia arriba). A este proceso se le denomina de retrolavado. En el lavado, la arena que constituye el lecho filtrante se debe expandir en el agua. (Ambiente, 2002)

Cuando la pérdida de carga del filtro alcanza 3.2 a 3.57 m (usualmente 3.3-3.4 m), se debe lavar de la siguiente manera:

1. Cerrar el ingreso de agua sedimentada
2. Cerrar la salida de agua filtrada.
3. Abrir el desagüe.
4. Abrir la válvula de lavado (al principio, lentamente). Cuando el agua comience a caer en la canaleta de agua de lavado, iniciar el conteo de tiempo (tiempo de lavado 5 a 8 min min).
5. Cerrar el ingreso de agua de lavado cuando el filtro esté limpio (lo cual se sabe por la clarificación y la ausencia de flóculos en el agua que rebalsa al desagüe). Cuando el agua deja de correr en la canaleta, verificar el tiempo transcurrido entre el inicio y este instante (tiempo de lavado de cuatro a siete minutos y hasta 15 minutos, según la época del año: estiaje o creciente).
6. Cerrar el desagüe.
7. Abrir el ingreso de sedimentada.
8. Cuando el filtro este lleno, abrir el drenaje de fondo por un lapso de 2 a 3 minutos.
9. Cerrar el drenaje.
10. Llenar el filtro primero por el fondo; dejar una capa de agua de 0,10 m sobre la arena.
11. Cerrar el desagüe.
12. Abrir la salida de agua filtrada. El filtro está en uso.

7.3.10 Tiempo de lavado

Se cuenta desde el instante en que comenzó a caer el agua por las canaletas de agua de lavado hasta el instante en que el agua de lavado dejó de caer en el desagüe.

Dado:

- Tiempo = t minutos.
- Área del lecho filtrante = A m2.
- Velocidad ascendente del agua de lavado = -(0,50 -0.7) m/minutos.
- Cálculo del agua de lavado: A x 0,60 x B(profundidad de lecho) = m3 de agua usada en el lavado del filtro (Gásto operativo).

- El tiempo de lavado de un filtro depende de varios factores y puede variar de cuatro a siete minutos.
- El tiempo en el que un filtro queda fuera de funcionamiento durante las operaciones de lavado oscila entre 5 y 8 minutos.
- En una instalación debidamente proyectada y operada, el volumen que se gasta con el lavado de los filtros debe ir de 2.5 a 3% del volumen de agua filtrada en la instalación. (Ambiente, 2002) .

7.3.11 Actividades de operación después del lavado

Se debe enjuagar el filtro con el siguiente procedimiento para eliminar el agua sucia que queda después del lavado:

- ✓ Cerrar la compuerta de agua filtrada.
- ✓ Cerrar la compuerta de salida de agua de lavado.
- ✓ Abrir la compuerta de entrada de agua al filtro.
- ✓ Abrir la compuerta de desagüe del filtro durante dos o tres minutos y luego cerrarla de nuevo.
- ✓ Una vez se ha enjuagado el filtro, se abre la compuerta de salida de agua filtrada.

De este modo el filtro queda automáticamente en operación, el operador anotará en el reporte diario: El filtro que fue lavado. La hora y fecha en que se lavó dicho filtro. La duración del lavado. (Abreu, 2001).

7.3.12 Monitoreo

El operador de la planta debe tener en cuenta las siguientes actividades para garantizar un adecuado funcionamiento de los filtros

- ✓ Inspeccionar el sistema de filtración
- ✓ Verificar el funcionamiento de los filtros con respecto a la calidad del agua, el nivel de agua en los filtros
- ✓ Verificar los procedimientos de lavado se están ejecutando de manera adecuada

7.3.13 Actividades de mantenimiento

- ✓ Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada. Y realizar mantenimiento según especificaciones del fabricante.
- ✓ Lavar los filtros cada 24 horas o cuando sea necesario
- ✓ Medida del caudal del agua filtrada
- ✓ Turbiedad del efluente.

A continuación, se describen las actividades de mantenimiento identificando el tiempo, responsable y herramientas

Tabla 4 Actividades de mantenimiento filtros

Estructura	Actividades diarias	Actividades periódicas (cada 15 días)	Actividades eventuales (Mensual	Responsable	Herramientas, equipos e insumos
	Inspección visual y movimientos de las válvulas			Operador de la planta	Registro de la información en

Estructura	Actividades diarias	Actividades periódicas (cada 15 días)	Actividades eventuales (Mensual	Responsable	Herramientas, equipos e insumos
Filtros					libros, bitácoras o formularios.
	Limpieza de la estructura (interna, externa).	Revisar la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto.	Pintura y lubricación de los accesorios.	Fontanero	Herramientas (palas, palustres, cepillos metálicos)

Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A.

7.4 TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

La desinfección mediante contacto de cloro es un sistema esencial para garantizar la inocuidad del agua para consumo humano. Para su operación se tienen en cuenta 3 elementos: el primero es el volumen de contacto de cloro, el segundo es el equipo dosificador de desinfectante y el tercero es el químico empleado para esta labor. Cuanto las 3 facciones se encuentran operando sin itinerancias se considera que la desinfección tiene un porcentaje de éxito del 99.9%.

- Objetivo: Eliminar las unidades formadoras de colonias UFC/100 ml en el agua potabilizada

- Descripción: En esta cámara el agua se pone en contacto a través de interacción liquido-liquido o gas-líquido para dar origen a las siguientes reacciones:

$$NaClO + H_2O \rightarrow Na^+ + Cl^- + HCLO$$

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCL + HCLO$$

Donde

Cl2 es el cloro gaseoso

H20 es el agua

NaClO es el hipoclorito de sodio

Na+ ion de sodio disociado en agua

Cl- ion cloruro disociado en agua

HCLO es ácido hipocloroso (agente altamente desinfectante)

Allí el cloro gaseoso entra en contacto con el agua para disociarse en acido clorhídrico y acido hipocloroso (agente desinfectante), en caso de usarse ácido hipocloroso directo en solución favorecería el tiempo de desinfección del agua garantizando un mejor índice de cloro libre residual inicuo a la salud humana sin trazas de calcio o sodio.

7.4.1 Inspección preliminar

- ✓ Verificar el caudal dosificado según el método escogido de dosificación (Bombas de diafragma, inmersión directa de cabeza variable, cloración al vacío)
- ✓ Medición de cloro libre residual empleando método colorimétrico de contacto con DPD
- ✓ Instalación hidráulica de seguridad en pleno funcionamiento

7.4.2 Operación

- ✓ Identificar Peso de preparación sólida o presión del cilindro de 68kg de cloro gas
- ✓ La no existencia de olores ofensivos o vapores irritantes, verificación con amoniaco y descartar la reacción espontánea de la formación de cloruro de amonio.
- ✓ Un olor leve a agua clorada en la parte superior de la unidad
- ✓ Existencia siempre de cloro para 1 mes de operación

7.4.3 Operación diaria

- ✓ Determinar caudal de dosificación o presión de dosificación que garantice un mínimo de 1.5 ppm de CLR en el tanque de almacenamiento.
- ✓ Efectuar mediciones de cloro libre residual cada 2 horas y diligenciar la minuta de operación
- ✓ Toma de muestra diaria para verificación microbiológica mediante siembra en laboratorio
- ✓ Vigilar la Formación de color o turbidez efectuando métodos fotométricos de medición.
- ✓ Revisar si existen daños en la estructura e informarlos de manera inmediata
- ✓ Observar que todas las canaletas de aguas extraigan la misma cantidad de agua

7.4.4 Monitoreo

El operador de la planta debe:

- ✓ Realizar una inspección visual sobre el agente desinfectante
- ✓ Verificar que no existan fugas de desinfectante o presencia de cloruro de amonio con las ampolletas de amoniaco almacenadas como método de identificación primario
- ✓ Solicitar al coordinador de tratamiento de la PTAP reparaciones de ser necesario
- ✓ Informar al coordinador de tratamiento problemas presentados

7.4.5 Actividades de mantenimiento

- ✓ Cada vez que se deba cambiar el cilindro o bala de cloro de 68 kg se deberá instalar empaques de cloro o cobre flexible que permitan la presurización del circuito de conexión y evitar así escapes de gas irritante, en su defecto cuando se utilice cloro granulado o líquido (hipoclorito de sodio y de calcio respectivamente) deberá efectuarse una limpieza profunda en el recipiente antes de la siguiente preparación para retirar las trazas de impurezas presentes en el recipiente.
- ✓ Cada 6 meses deberá realizarse el mantenimiento de la unidad de dosificación si así se requiere, este deberá ser autorizado y certificado por el fabricante para dicha labor.
- ✓ Cada 6 meses deberá lavarse el tanque de contacto de cloro de forma interna empleando agua y jabón neutro

A continuación, se describen las actividades de mantenimiento del sedimentador

Tabla 5 Actividades de mantenimiento tanque de almacenamiento de cloro

Estructura	**Actividades diarias**	**Actividades periódicas (cada 15 días)**	**Actividades eventuales (Mensual)**	**Responsable**	**Herramientas, equipos e insumos**
Cloración	Inspección visual de la velocidad de descarga de cloro y medición de cloro libre residual	Revisión del estado físico y del funcionamiento de clorador, cilindro, empaques e hidráulica, bomba dosificadora, llaves de dosificación	Cambio de empaques de plomo o cobre por unos nuevos, revisión de conexión hidráulica de dosificación de desinfectante liquido	Operador de la planta	Registro de la información en libros, bitácoras o formularios.
			Limpieza de la estructura (interna, externa).	Fontanero	Herramientas

Estructura	Actividades diarias	Actividades periódicas (cada 15 días)	Actividades eventuales (Mensual)	Responsable	Herramientas, equipos e insumos
			Pintura y lubricación de los accesorios.		(palas, palustres, cepillos metálicos)

Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A. .

7.4.6 Precauciones uso cloro

Cuando el cloro se utiliza sin cuidado, es peligroso para las personas y puede destruir materiales. Por ello, se necesitan cuidados constantes de parte de los operadores de las plantas de tratamiento de agua.

se deben seguir las siguientes indicaciones:

- ✓ El cloro puede ser utilizado solamente por una persona capacitada en su debido manejo.
- ✓ Se deben evitar los residuos. También se debe garantizar que los recipientes no se golpeen, pues se puede quebrar el tubo y se pueden dañar las válvulas.
- ✓ Los recipientes se deben almacenar a temperaturas medias, lejos del calor.
- ✓ Cuando se trabaja con cloro gaseoso nunca hay que hacer una conexión de un recipiente lleno al tubo de enlace con otros recipientes mientras las temperaturas y presiones no sean aproximadamente las mismas.
- ✓ Conservar las tapas sobre las válvulas de los recipientes cuando estos no estén en uso y volver a colocarlas cuando estén vacíos.

- ✓ Cerrar la válvula del recipiente cuando este vacío (Gas).
- ✓ No aplicar fuego calor que contenga cloro gas, hipoclorito de calcio o sodio.

7.4.7 Practica de cloración

Cloración simple: consiste en la aplicación de la cantidad mínima de cloro para obtener un residual pequeño. Se aplica una determinada dosis de cloro (según el pH) y, después del intervalo recomendado, se verifica el residual; si es necesario, se gradúa la dosis de cloro. (Ambiente, 2002)

- ✓ Cuando se trata de aguas filtradas: cloro aplicado: 0,20 a 2.00 ppm.

7.4.8 Monitoreo

El operador de la PTAP debe:

- ✓ Tomar la altura de aguan en los tanques y con apoyo del subdirector determinar el volumen enviado a las redes
- ✓ Verificar la concentración de cloro residual
- ✓ Determinar el tiempo de contacto agua-cloro
- ✓ Informar al coordinador de tratamiento fugas o daños presentes

7.4.9 *Actividades de mantenimiento*

- Limpie el área circundante y elimine cualquier foco de suciedad o contaminación.
- Revise si existen fugas o grietas en el tanque y repárelas.
- Limpie periódicamente el interior del tanque. La frecuencia depende de la calidad del agua y de las condiciones del ambiente. Esta limpieza debe

efectuarse con espátula y cepillo, eliminando con cuidado toda suciedad del piso y de las paredes; hay que lavar el interior del tanque sin usar jabón.

- Revise si el tanque tiene sedimentos, en caso de ser así, realice la respectiva limpieza
- Las válvulas de entrada, salida, desagüe y de paso directo deben cuidarse de la corrosión. Por lo tanto, periódicamente se las debe proteger con pintura anticorrosiva y lubricarlas cuando se requiera
- Programar la limpieza del tanque de tal forma que no afecte la presión en la red de distribución, ni se suspenda totalmente el servicio de agua a la población

A continuación, se identifican las actividades de mantenimiento más relevantes en los tanques de almacenamiento:

Tabla 6 Actividades de mantenimiento tanques de almacenamiento

Estructura	Actividades diarias	Actividades periódicas (cada 15 días)	Actividades eventuales (Mensual)	Responsable	Herramientas, equipos e insumos
Tanque de almacenamiento	Aplicación del cloro: El valor aceptable del cloro Residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L. La dosis de cloro por aplicar para la desinfección del agua y asegurar el residual libre debe resultar de pruebas frecuentes de demanda de cloro según la resolución 2115 de 2007	Revisar estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto.	Pintura y lubricación de los accesorios.	Operador de la planta	Dosis de cloro Registro de la información en libros, bitácoras o formularios.
	Limpieza de la estructura (interna, externa).			Fontanero	Herramientas (palas, palustres, cepillos metálicos)
	Revise que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.				Pintura anticorrosiva, brocha, balde

Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A.

7.5 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Estructura para almacenar agua, que puede ser construida con Hormigón, ferro cemento, acero vitrificado o plástico de alta resistencia. Pueden tener forma cuadrada, rectangular o redonda y siempre debe ser cubierto.

- Objetivo: garantizar la cantidad de agua requerida por la población en las horas de mayor consumo.

7.5.1 *Inspección* preliminar

- ✓ Análisis de cloro residual cada dos horas
- ✓ Conocimiento del caudal tratado
- ✓ Instrumentos para la recolección de muestras
- ✓ Medidores de volumen de salida de agua a la red de distribución
- ✓ Verificar el estado y funcionamiento de los tanques de almacenamiento

7.5.2 Operación diaria

- ✓ El suministro de cloro se hará directamente en la cámara de contacto de cloro, unidad anterior y anexa a los filtros, no obstante, por biosanidad su apertura no debe considerarse una opción rutinaria, razón por la cual se hace la verificación del cumplimiento del cloro libre residual en el tanque de almacenamiento una vez ha transcurrido el tiempo de contacto minino para desinfectar el agua para consumo humano.
- ✓ Verificar que no existan escapes de agua
- ✓ Registrar en la minuta de trabajo la cantidad de cloro suministrado y la concentración de cloro residual en el tanque de almacenamiento
- ✓ Determinar la cantidad de cloro consumido cada 24 horas
- ✓ Verificar el funcionamiento de los macro medidores de salida
- ✓ Inspección visual para identificar que no exista presencial de material extraño, fugas o daños en los tanques de almacenamiento
- ✓ Revisar el funcionamiento de las válvulas

7.6 MUESTREO

El muestreo de agua consiste en extraer una porción representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características. Los trabajos de laboratorio se inician precisamente en la fijación de características que deberán tener las muestras de agua que una vez recogidas serán analizadas. Las muestras se toman y examinan esencialmente para determinar parámetros físicos, químicos, biológicos y radiactivos, que requerirán unos criterios y técnicas de toma diferentes.

7.6.1 Actividades de muestreo

En general, cuando se realiza el muestreo de un cuerpo de agua en movimiento, es necesario aforar el cauce, bien sea para expresar los resultados analíticos en términos de cargas o bien porque se requiere de estos datos para la composición de las muestras

- ✓ Antes de tomar una muestra se debe juagar por lo menos tres veces el recipiente con el agua de muestreo, a menos que este contenga algún agente preservante
- ✓ Cuando las muestras deben ser transportadas a grandes distancias, es conveniente dejar un espacio libre dentro del recipiente, de aproximadamente el 10% de su valor
- ✓ Durante las operaciones de muestreo se debe llevar un registro de cada muestra, en el que se especifique su identificación, el tipo de análisis para el cual se toma la muestra, el lugar, la fecha y la hora de toma. Adicionalmente se debe realizar una descripción de los aspectos relevantes encontrados en el sitio de muestreo
- ✓ Se debe marcar perfectamente las muestras
- ✓ Algunos parámetros cuyos valores cambian rápidamente con el tiempo, deben ser medidos directamente en el sitio de muestreo, utilizando kits o equipos portátiles de análisis.

7.6.2 Recolección Y Preservación De Muestras

La tabla indica una serie de directrices de muestreo tendientes a garantizar la calidad de los resultados analíticos

Tabla 7 Recolección y preservación de muestras

Parámetro	Material del recipiente	Mililitros muestra	Preservación	Duración
Alcalinidad	Plástico vidrio 0.5 litro	100	4 grados centígrados medio oscuro	14 días
Cloro	Plástico vidrio 0.5 litro	100	4 grados centígrados medio oscuro	28 días
Policloruro	Plástico vidrio 0.5 litro	100	4 grados centígrados medio oscuro	28 días
Dureza	Plástico o vidrio 0.1 litros	250	Sin filtrar, 4 grados centígrados	48 horas
			Filtrando, HNO_3,a pH < 2, 4 grados centígrados	6 meses
Nitrato	Plástico vidrio 0.5 litro	150	4 grados centígrados medio oscuro	28 días
Nitrito	Plástico vidrio 0.5 litro	150	4 grados centígrados medio oscuro	28 días

Parámetro	Material del recipiente	Mililitros muestra	Preservación	Duración
Solidos suspendidos	Plástico vidrio 0.5 litro	400	4 grados centígrados medio oscuro	7 días

Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A.

8. RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO DE ELEMENTOS PARA TRATAMIENTO

8.1 11.1. FLOCULANTE.

El floculante recomendado para la operación del sistema “PTAP nueva convencional” es el policloruro de aluminio sólido con contenido de alúmina entre el 23% y el 33%. El PAC de grado comercial tiene una textura, granulosa, color amarillo intenso, olor levemente dulce y debe preparase a concentraciones de 2.1% P/V y 4.2% P/V, de acuerdo con el estudio de tratabilidad del presente documento y las curvas de dosificación presentadas a la empresa AGUAS DALANIA SA ESP.

Atendiendo la recomendación del centro panamericano de ingeniería Sanitaria y ambiental CEPIS, en el documento titulado “diseño de plantas de tecnología adecuada” se demarca que los sistemas de potabilización que tengan un margen de producción de 100 l/s o inferior deberán abastecer sus bodegas de almacenamiento con material para al menos 30 días de trabajo continuo, periodo en el cual se debe asegurar el arribo de elementos que sigan garantizando los estándares enmarcados. Se deberá contar con un total de 4.5 toneladas de PAC solido por mes para asegurar 30 días de servicio y 30 de almacenamiento y reserva.

Figura 5 Fotografía del policloruro de aluminio



Fuente: Grupo consultor MERAKI INGENIEROS S.A.

9. DOTACIÓN MÍNIMA REQUERIDA

9.1 PERSONAL PARA ARRANQUE

Ingeniero químico, químico puro, ingeniero sanitario con experiencia especifica en el diseño, arranque y asesoría para la potabilización de agua en cumplimiento de la resolución 2115/2007: El profesional debe demostrar experiencia especifica en diseño de proyectos, arranque de plantas de tratamiento asesoría en control de calidad de agua potable y operación de plantas de tratamiento en al menos 5 años, contados desde la expedición de su tarjeta profesional. El profesional deberá contar con posgrado en tratamiento de agua, saneamiento o ciencias ambientales. Salario estimado 2’950.000 COP/mes

Coordinador de tratamiento: tecnólogo en tratamiento de agua con al menos tres años certificados trabajando como operador de planta en un sistema de mínimo el mismo caudal de arranque del presente sistema, el tecnólogo deberá estar capacitado en prueba de jarras medición de turbidez, color, colorimetría, volumetría y potenciometría. 1’650.000 COP/mes

Operador de planta: Personal capacitado en la operación y tratamiento de agua potable, preferentemente con certificado de capacitación en tratamiento de agua potable, deberá contar con al menos 2 años de experiencia demostrable en empresas de servicios públicos de acueducto. 1’525.000 COP/mes.

Fontanero de redes: Personal capacitado en la instalación y mantenimiento de redes de agua potable, trabajo en ambientes confinados, manejo de excavaciones y manejo de herramienta menor y de plomería , preferentemente con certificado de capacitación en tratamiento de agua potable, deberá contar con al menos 2 años de experiencia demostrable en empresas de servicios públicos de acueducto. 1’525.000 COP/mes

9.2 COSTO MEDIO DE OPERACIÓN ESTIMADO

Proyección CON	UND	consumo mes	consumo AÑO
PERSONAL	CANTIDAD	VALOR UNT	kg-Anual
PROFESIONAL EN JEFE ING QUIMICO, QUIMICO, ING SANITARIO O AMBIENTAL CON POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES O TRATAMIENTO DE AGUA	1	$ 2.950.000	$ 35.695.000
COORDINADOR DE TRATAMIENTO	1	$ 1.650.000	39'985.620
OPERADOR DE PLANTA/Coordinador de redes	3	$ 1.550.000	$ 18.755.000
floculante policloruro de aluminio **PAC** tipo comercial **GRANULADO**	kg-Día	VALOR UNT	kg-Anual
Planta convencional	25	$ 65.000	$ 23.725.000
hipoclorito de calcio de alta pureza al 70% de puerza **GRANULADO**	kg-Día	VALOR UNT	kg-Anual
Planta convencional	3,5	$ 15.000	$ 5.475.000
peroxido de hidrogeno al 30% **LIQUIDO**	kg-Día	VALOR UNT	kg-Anual
Planta convencional	2	$ 6.000	$ 2.190.000
Alcalinizante (ALKALITE)	kg-Día	VALOR UNT	kg-Anual
Planta convencional	5	$ 8.000	$ 2.920.000
Cloro Gaseoso	kg-Día	VALOR UNT	kg-Anual
Planta convencional	2,3	$ 950	$ 346.750
TOTAL			$ 109.071.750