



RESOLUCIÓN DE GERENCIA GENERAL
N° 089 -2025-GG/EPS SEDACAJ S.A.

Cajamarca, 15 de julio de 2025.

VISTO:

El Informe N° 093-2025-DPT-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 10 de julio de 2025, de la División de Producción y Tratamiento de la Gerencia Operacional;

El Informe N° 133-2025-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 11 de julio de 2025, de la Gerencia Operacional, y;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Informe N° 093-2025-DPT-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 10 de julio de 2025, el Jefe la División de Producción y Tratamiento de la Gerencia Operacional (e); hace llegar a la Gerencia Operacional el Manual de Operación y Mantenimiento de la Plantas de Tratamiento de Agua Potable El Milagro y Santa Apolonia, para su revisión y aprobación correspondiente;

Que, mediante Informe N° 133-2025-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 11 de julio de 2025, el Gerente Operacional de la Empresa, da la conformidad y solicita la aprobación de los Manuales de Operación y Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca, conforme a los documentos presentado por la División de Producción y Tratamiento;

Que, la Resolución de Consejo Directivo N° 058-2023-CD-SUNASS, que aprueba el TUO del reglamento de la Calidad de Prestación de los Servicios de Saneamiento, señala en su artículo 53° que: "La calidad del agua potable distribuida por la empresa prestadora para consumo humano debe cumplir con las disposiciones y los requisitos sanitarios establecidos en la normativa sobre calidad del agua emitida por la autoridad de salud, lo que incluye de modo enunciativo mas no limitativo los siguientes parámetros: físicos, químicos, microbiológicos, parasitológicos u otros. La SUNASS supervisa el cumplimiento de dicha normativa y, de ser el caso, comunica a la autoridad de salud su incumplimiento, no ejerciendo función sancionadora al respecto. La SUNASS solo ejerce función sancionadora sobre las obligaciones de orden operativo establecidas en el presente reglamento (...);

Que, la EPS SEDACAJ S.A., se encuentra dentro de los alcances del Texto Único Ordenado Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 058-2023-SUNASS-CD, de fecha 10 de octubre de 2023, el cual tiene como objeto regular el adecuado funcionamiento de las instalaciones e infraestructura con que cuenta la Empresa, para brindar un adecuado servicio a los usuarios;

Que, en atención al artículo 1°, del Texto Único Ordenado Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 058-2023-SUNASS-CD, de fecha 10 de octubre de 2023, corresponde a la EPS SEDACAJ

OFICINA PRINCIPAL
📍 Jr. Cruz de Piedra N° 150
✉ sedacaj@sedacaj.com.pe
☎ 076-363660 Cajamarca
OFICINA COMERCIAL
📍 Jr. Manco Capac s/n
Qhapaq Ñan Cajamarca
📍 C.C. El Quinde - 2° Nivel
☎ 076-367952

S.A., que los servicios de saneamiento sean de óptima calidad, empezando por el acceso e incluyendo aspectos técnicos, comerciales, de facturación y medición de consumo, hasta el cierre de los servicios; así como, los derechos y las obligaciones de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento y sus usuarios, y las consecuencias de sus incumplimientos.;

Estando a lo expuesto en los párrafos precedentes; con la conformidad de la Oficina de Control de Calidad y en concordancia con las facultades que otorga el Estatuto Social de la Empresa a la Gerencia General, Artículos 48° y 51°;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR el Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) el Milagro, conforme al documento del visto y que en folios ciento treinta y tres (133), forman parte de la presente Resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO. - APROBAR el Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Santa Apolonia, conforme al documento del visto y que en folios sesenta y cuatro (64), forman parte de la presente Resolución.

ARTICULO TERCERO- ENCARGAR, a la Gerencia Operacional de la EPS SEDACAJ S.A., el cumplimiento efectivo de cada una de las actividades programadas.

ARTICULO CUARTO. - HÁGASE de conocimiento la presente Resolución a la Gerencia Operacional, Gerencias de Línea, Oficina de Control de Calidad y demás dependencias competentes de la EPS SEDACAJ S.A.

ARTÍCULO QUINTO. - DISPONER que la Oficina de Imagen Institucional de la Empresa realice la correspondiente difusión de los programas aprobados, así como se publique la misma en la página web de la Empresa, bajo responsabilidad.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE.



Ing. Carlos Arturo Obregón Díaz
Gerente General
E.P.S. SEDACAJ S.A.



EPS SEDACAJ S.A.

Servicio de Potable y Alcantarillado de Cajamarca
GERENCIA OPERACIONAL



INFORME N° 133 -2025-GO/EPS SEDACAJ S.A.

Señor : Ing. Carlos Obregón Diaz
Gerente General EPS SEDACAJ S.A.

Asunto : Alcanzo Manuales de Operación y Mantenimiento para su aprobación.

Ref. : Informes No. 093-2025-DPT-GO/ESPS SEDACAJ S.A.

Fecha : Cajamarca, Julio 11 del 2025.

Tengo el agrado de dirigirme a usted con la finalidad de saludarlo cordialmente y a la vez hacer llegar el documento indicado en la referencia de la División de Producción y Tratamiento relacionado a los manuales de Operación y Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de "Santa Apolonia" y "El Milagro"; a fin de que sirva disponer a quien corresponde elaboren la respectiva Resolución de aprobación.

Es todo cuanto informo a usted para su conocimiento y fines.

Atentamente,


ING. JOSE LUIS URTEAGA RODRIGUEZ
Gerente Operaciones (e)

15-07-2025
PUE A SERASEMI
GENERAL- SU INDIKIF
CORRESPONDIENTE.

Inc.: lo indicado
en 02 anillados
cc.:
Archivo

11-07-2025
PUE PARA
Proyectar Acto
Resolución.




PROVEIDO
GERENCIA GENERAL

A: OAL

Acción: Proyectar Resolución.

GERENCIA GENERAL

14/07/25



Informe N° 093-2025-DPT-GO/EPS SEDACAJ S.A.

A : **Ing. José Luis Urteaga Rodríguez**
Gerente Operacional.

Asunto : **Información Solicitada**

Referencia : **Carta Interna N° 079 – 2025 – SCI – GG/ EPS SEDACAJ S.A**

Fecha : **Cajamarca, 10 de Julio del 2025.**

Por intermedio del presente me dirijo a Ud. Dando atención al documento de la referencia, por lo que adjunto alcanzo a Ud. lo siguiente:

- 1.- Resolución de Gerencia General N°026 – 2025 – GG/ EPS SEDACAJ S.A, que aprueba el PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, de las unidades de tratamiento de agua potable-
- 2.- Anillado del MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO de la PTAP "Santa Apolonia"
- 3.- Anillado del MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO de la PTAP " El Milagro ", los mismos que deben tener el V°B° , de su despacho y solicitar la respectiva resolución de su aprobación por G. General.

Es cuanto informo a Ud. Para conocimiento y trámite correspondiente

Atentamente.,



[Firma]
Ing. William A. Vargas Alvarez
Jefe (e) División de Producción y Tratamiento
E.P.S. SEDACAJ S.A



Archivo-

PROV. GO
GERENCIA DE OPERACIONES

A.
Acción:
.....
.....
.....

RESOLUCIÓN DE GERENCIA GENERAL
Nº 026 -2025-GG/EPS SEDACAJ S.A.

Cajamarca, 05 de Marzo de 2025.

VISTO:

El Informe Nº 030-2025-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 19 de febrero del 2025, del Gerente Operacional de la EPS SEDACAJ S.A.

El Informe Nº 023-2025-DPT-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 19 de febrero del 2025, del Jefe de la División de Producción AP y Tratamiento AS de la EPS SEDACAJ S.A.

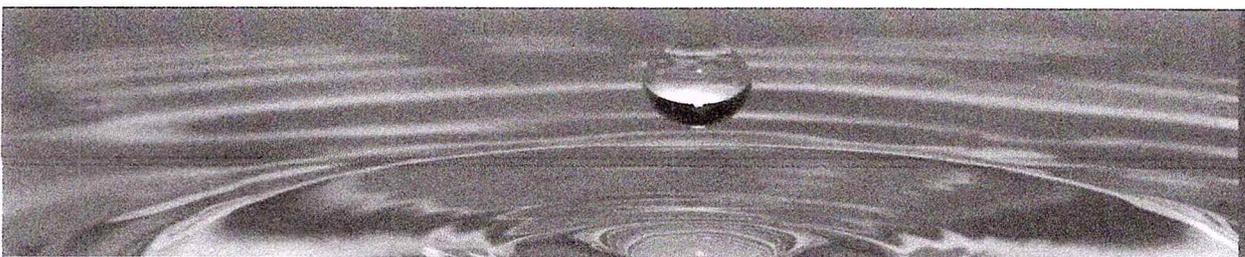
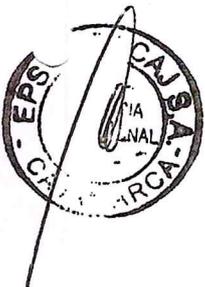
CONSIDERANDO:

Que, mediante el Informe Nº 030-2025-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 19 de febrero del 2025, del Gerente Operacional de la EPS SEDACAJ S.A., alcanza a la Gerencia General El Programa de Mantenimiento Preventivo Captaciones, Planta de Tratamiento de Agua Potable, Reservorios, Cisternas, Equipos de Desinfección, Electrobombas, Bombas Dosificadoras, Agitadores, Filtros, Válvulas de Control-Cajamarca, Contumazá y San Miguel Año 2025.

El Programa tiene como objetivo garantizar el adecuado mantenimiento de la infraestructura sanitaria utilizada para el abastecimiento de agua potable de los sistemas administradoras por la EPS SEDAJ S.A., asegurando así la continuidad y calidad del servicio conforme a los estándares operacionales y normativas vigentes.

Mediante el Informe Nº 023-2025-DPT-GO/EPS SEDACAJ S.A., de fecha 19 de febrero del 2025, del Jefe de la División de Producción AP y Tratamiento AS de la EPS SEDACAJ S.A, alcanza al Gerente Operacional el Programa de Mantenimiento Preventivo de la infraestructura sanitaria que utilizamos para el proceso de producción de agua potable, en el ámbito de la EPS SEDACAJ S.A.

De acuerdo al Decreto Legislativo Nº 1280, señala que para garantizar el acceso universal a los servicios de saneamiento, los prestadores cuentan con los ingresos necesarios que les permita cubrir los costos de la operación eficiente, el mantenimiento de los sistemas que comprenden los





servicios y las amortizaciones de las inversiones de ampliación y reposición de la infraestructura en saneamiento y la remuneración al capital.

Las empresas prestadoras están habilitadas para la formulación, evaluación, aprobación y ejecución de proyectos y para el pago de los costos de operación y mantenimiento de los mismos, incluso cuando los proyectos hayan sido ejecutados por terceros.

En mérito a las atribuciones que le otorgan los Artículos 48° y 51° del Estatuto Social de la Empresa a la Gerencia General.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR el Programa de Mantenimiento Preventivo Captaciones, Planta de Tratamiento de Agua Potable, Reservorios, Cisternas, Equipos de Desinfección, Electrobombas, Bombas Dosificadoras, Agitadores, Filtros, Válvulas de Control-Cajamarca, Contumazá y San Miguel Año 2025, el mismo que en folios veintiséis (26) forma parte de la presente Resolución, de acuerdo a la propuesta hecha por la División de Producción y Tratamiento

ARTICULO SEGUNDO.- NOTIFIQUESE la presente Resolución a las áreas competentes, para conocimiento y fines.

ARTICULO TERCERO.- DISPONER a la Oficina de Sistemas e Informática la publicación de la presente resolución en el portal web de la Empresa.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Ing. Carlos Arturo Obregón Díaz
Gerente General
E.P.S. SEDACAJ S.A.



OFICINA PRINCIPAL
© Jr. Cruz de Piedra N° 150
© sedacaj@sedacaj.com.pe
© 076-363660 Cajamarca
OFICINA COMERCIAL
© Jr. Manco Capac s/n
Qhapaq Ñan Cajamarca
© C.C. El Quinde - 2° Nive
© 076-367952

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

PLANTA “EL MILAGRO”



JULIO 2025

EPS SEDACAJ S.A - CAJAMARCA

Creado por: Div. de Producción y Tratamiento



**E.P.S.
SEDACAJ S.A.** E-06
te damos agua, te damos vida



I. INTRODUCCION

La potabilización del agua comprende una serie de procesos cuya finalidad es transformar la materia prima (agua cruda) en un producto terminado apta para el consumo humano (agua potable).

El agua producida por la EPS, proviene de fuentes superficiales, la misma que es tratada y desinfectada hasta convertirla en agua potable con características que cumplan con el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S N° 031- 2010 - SALUD) a fin de ser entregada a la población Cajamarquina a través de un sistema de distribución, en cantidad y presión suficientes.

El agua potable debe cumplir con ciertos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos establecidos por las normas nacionales del país.

La operación de la planta de tratamiento de agua tiene dos finalidades:

- Producir agua apta para consumo humano.
- Lograr el funcionamiento óptimo de las instalaciones y equipos.

Los aspectos que se consideran en este manual están básicamente referidos a la Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de **"El Milagro"**.

Se ha determinado que una de las principales causas del mal funcionamiento de los sistemas de agua potable se debe a la falta de conocimientos básicos sobre la operación del personal que laboran en ellas; las cuales deben ser constantemente capacitadas a fin de mejorar su eficiencia y estar capacitados para cualquier tipo de situación en la que se encuentren.

Su funcionamiento adecuado requiere operar los diferentes equipos que componen las instalaciones físicas en las plantas de tratamiento.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Formular un manual de operaciones y mantenimiento para orientar a los operadores, brindando un conocimiento apropiado de las instalaciones, operaciones y mantenimiento para el buen desarrollo de sus actividades dentro de la planta de tratamiento para obtener agua potable de calidad apta para el consumo humano en la ciudad de Cajamarca.

2.2. Objetivos Especificos

- a. Descripción de la infraestructura existente de las Plantas de tratamiento.
- b. Formulación de un Manual de operaciones.
 - Operación Normal.
 - Operación Especial.
 - Operación en Emergencia.
- c. Formulación de Mantenimiento de las instalaciones.
- d. Plan de Control de Calidad.
- e. Formulación de las Medidas de Seguridad y Control de Riesgos.

III. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Empresa prestadora de servicios de agua potable y alcantarillado SEDACAJ S.A. cuyo objeto es el desarrollo, control, operación y mantenimiento de los servicios de agua potable apta para el consumo humano y alcantarillado para la localidad de Cajamarca.

Actualmente la empresa cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable: "El Milagro y Santa Apolonia"

Las infraestructuras que comprenden el Sistema de Tratamiento "EL MILAGRO" son las siguientes: captaciones (Río Grande y Porcón), línea de conducción, cámara de reunión agua cruda, canal parshall, pre-sedimentador, unidad de mezcla rápida, unidad de floculación, unidad de sedimentación, unidad de filtración (filtros rápidos), cámara de desinfección (cloración), reservorios, laboratorio, sub-almacén y caseta de guardianía.

3.1. Parametros de diseño

La Planta de Tratamiento " El Milagro", fue construida en el año 1980 ubicada en el caserío de Huambocancha baja a unos 5.4 km de Cajamarca con cota promedio 2,844 msnm, su capacidad de diseño máxima de tratamiento es de 140 l/s y actualmente trata un caudal promedio de 300 l/s, las cuales son abastecidas por la Captación del Rio Porcon con un caudal de 100 l/s y la Captación Rio Grande con un caudal de 200 l/s.



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

“EL MILAGRO



Imagen 1.1: Vista de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro - Cajamarca



Imagen 1.2: Vista de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Milagro – Cajamarca

3.1.1. Captación

3.1.1.1. Captación Río Grande



Imag. 1.3 Vista de Captación de agua Río Grande - Cajamarca

Esta captación se ubica en el caserío de Llushcapampa, fue construida en el año 1980 ubicada en la cota 2,834 msnm, del tipo convencional, constituida por tres estructuras principales, tales como: presa de derivación, toma, canal de ingreso, 02 desarenadores y obras auxiliares o complementarias.

Las estructuras se ubican en la margen izquierda del río. Esta captación se encuentra en un sitio con acceso relativamente fácil a una distancia de 400 m aguas arriba de la captación existente. La bocatoma está instalada al lado izquierda del barraje fijo de 2.00 m de altura en forma lateral permitiendo el material arrastre pasar por el vertedero del barraje sin la boca.



3.1.1.2. Captación Río Porcón



Imag. 1.4 Vista de Captación de agua Río Porcón – Cajamarca

Esta captación se ubica en el caserío de Huambocancha Alta, en la cota de terreno 2751 msnm., fue construida el año 1980. Está compuesta por un dique de concreto ciclópeo, 02 desarenadores, cuenta con muros de encauzamiento y de contención de mampostería y concreto armado para represamiento, un canal de captación, una caja de reunión de agua cruda y una canaleta con medidor Parshall. Se estima un caudal de captación promedio actual de 60 lps y una capacidad máxima de 100 lps.

3.1.2. Canal de conducción

Ubicado al margen derecho del río Porcón, canal cubierto con tapas de concreto simple con una sección transversal de forma rectangular de 0.45 x 0.40 m y con una longitud de 50 metros.

3.1.3. Línea de conducción

3.1.3.1. Línea de conducción Río Grande

La línea de conducción de la captación hacia la Planta de Tratamiento "El Milagro" tiene una longitud de 3,081.00 m. está conformada por tubería de 16" de diámetro, de asbesto cemento clase A-10 (1,567 m); los otros tramos no se encuentran catastrados



por problemas sociales en la zona. Esta línea tiene una capacidad de conducción de 200 lps.

3.1.3.2. Línea de conducción Río Porcón

La línea de conducción de la captación hacia la Planta de Tratamiento "El Milagro" tiene una longitud total de 1,225 m, está conformada por un primer tramo de 14" de diámetro, de asbesto cemento clase A-10 (745 m), un segundo tramo de 10" de diámetro de asbesto cemento clase A-10 (480 m). Esta línea tiene una capacidad de conducción de 148 lps.

3.1.4. Línea de Conducción de agua tratada

3.1.4.1. Conducción PT El Milagro – Reservoirio R-2

La línea de conducción proveniente de la planta de tratamiento El Milagro hacia el reservorio R-2; abarca una longitud total de 5,234.00 m, las mismas que se distribuyen de la siguiente forma:

- Tubería de hierro fundido dúctil (HDF) DN 600 mm (24") en una longitud de 5,234.00 m. Como obras de mejoramiento y/o rehabilitación se han instalado válvulas de purga y válvulas de aire en la línea de DN 400 mm. Todas las conducciones y aducciones han sido equipadas con macro medidores al inicio y al final de las líneas.

3.1.4.2. Derivación del R-2 al Reservoirio R-4

La línea de conducción proveniente de la derivación del R-2 al Reservoirio R-4 abarca una longitud total de 3,497.00 m, las mismas que se distribuyen de la siguiente forma:

- Tubería de hierro fundido dúctil (HDF) DN 600 mm (24) en una longitud de 3,157 m.
 - Tubería de hierro fundido dúctil (HFD) DN 400 mm (16") en una longitud de 339 m.
- Como obras de mejoramiento y/o rehabilitación se han instalado válvulas de purga y de aire en la línea DN 400 mm.

3.1.4.3. Línea de Aducción

Línea de Aduccion Reservoirio R2 – Jr. Huanuco

Se inicia en el reservorio R2, hasta su intersección con el Jr. Huánuco, que consiste en tubería de AC O 10" de 215.00 m. Esta línea se desarrolla entre las cotas 2,783.50



- 2,748, presentando un estado de funcionamiento adecuado, abasteciendo la parte alta de la ciudad.

Línea de Aducción Reservoirio R2 – Av. 13 de julio

Se inicia en el reservorio R2 hasta su intersección con la Av. 13 de Julio, se desarrolla entre las cotas 2,783.50 - 2,735, con una longitud de 472 m. que se distribuye de la siguiente manera:

- Tubería de Asbesto Cemento (AC) O 12" en una longitud de 232.00 m.
- Tubería de Asbesto Cemento (AC) O 16" en una longitud de 240.00 m.

Esta línea cuenta además con una cámara rompe presión (abasteciendo la parte baja de la ciudad), cuenta además con caseta de guardianía (25 m².) de material noble. La cámara rompe presión gradúa la presión del R2 hacia la parte baja de la ciudad, cuenta con dos compartimientos: cámara húmeda y cámara de válvulas.

3.1.5. Camara de Reunión y Canal Parshall

Estructura de concreto que recibe las descargas de agua cruda del río Porcón y del río Grande, está constituida por muros de 0.25m de espesor y una sección interna de 2.50 x 2.50m y 2.00m de altura; se interconecta en seguida con el canal parshall que sirve para realizar los aforos de caudal de ingreso a la planta.

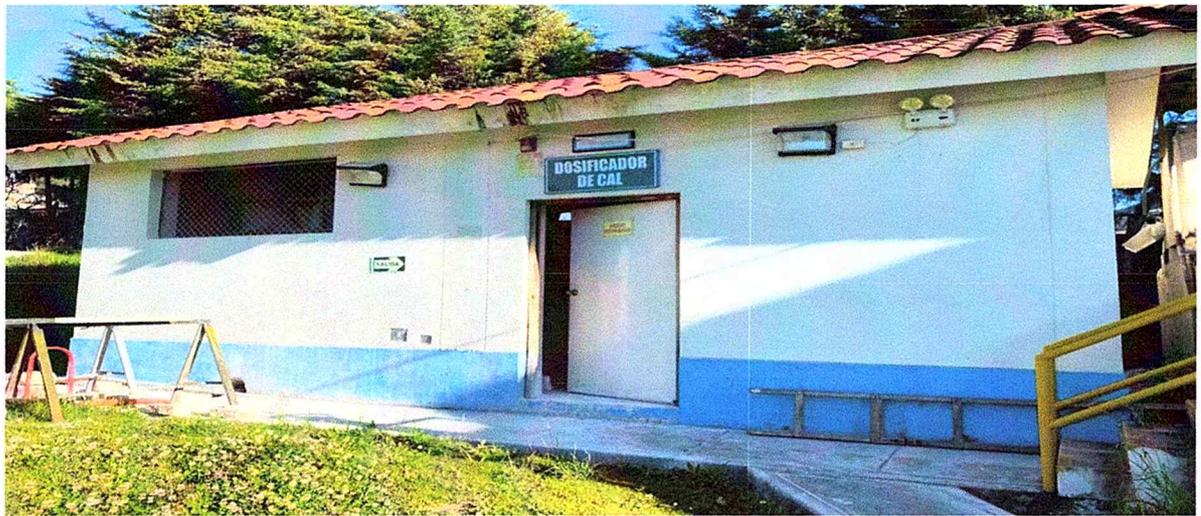
Asimismo en el canal parshall, se ubica 02 tanques de 3000 litros y se emplea para dosificar la Cal hidratada con una concentración al 1.5% al ingreso del agua cruda, y también se cuenta con un tanque para dosificar el polimero cationico, cuando existen altas turbiedades al ingreso de agua cruda.



Imag. 1.5 Camara de Reunion y medidor Parshall

3.1.6. Tanques de preparación de solución de cal hidratada, polimero cationico y sulfato de aluminio, dosificación.

- **Cal Hidratada:** Ambiente construido con material noble con dimensiones de 7.80 x 4.50 m, que alberga dos tanques de concreto armado, cada uno con una capacidad de 1.20 m³ cada uno, equipados con agitadores mecánicos. La lechada de cal preparada en estos tanques es impulsada mediante bombeo hacia los tanques ubicados en el Canal Parshall, donde se utiliza para ajustar (elevar) el pH del agua cruda. Adicionalmente, este ambiente también cumple la función de almacenamiento de la Cal Hidratada.

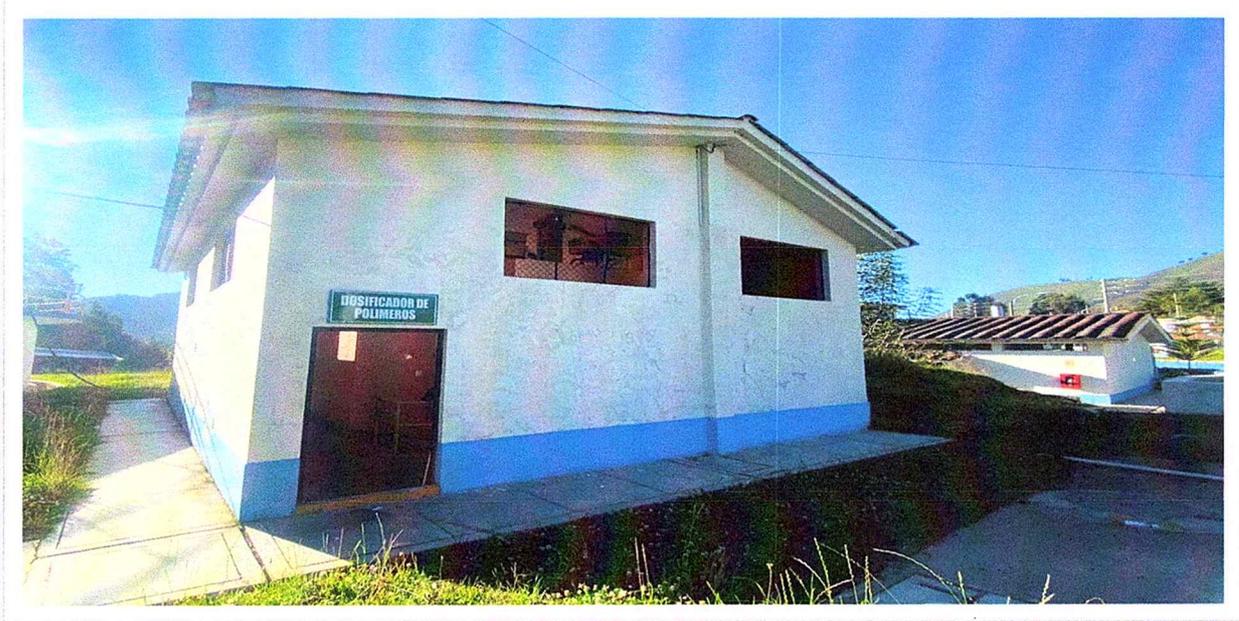


Imag. 1.6 Caseta de preparación de Cal Hidratada

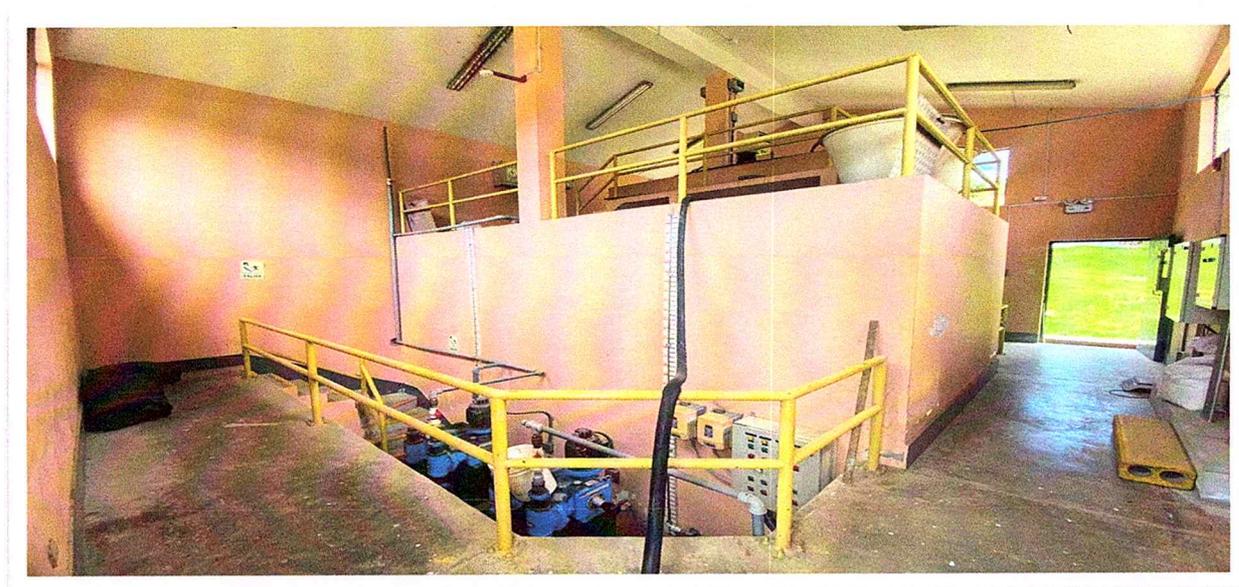


Imag. 1.7 Tanques de preparacion de Cal Hidratada

- **Polímero:** Ambiente de material noble, con dimensiones de 7.45 x 8.90 m, que contiene dos tanques de concreto armado, cada uno con una capacidad de 21.00 m³ cada uno, equipados con agitadores mecánicos. La solución de polímero es preparada en estos tanques y posteriormente bombeada hacia los tanques ubicados en el Canal Parshall, donde se realiza su dosificación para el tratamiento del agua cruda.



Imag. 1.8 Caseta de preparación de Polímero.

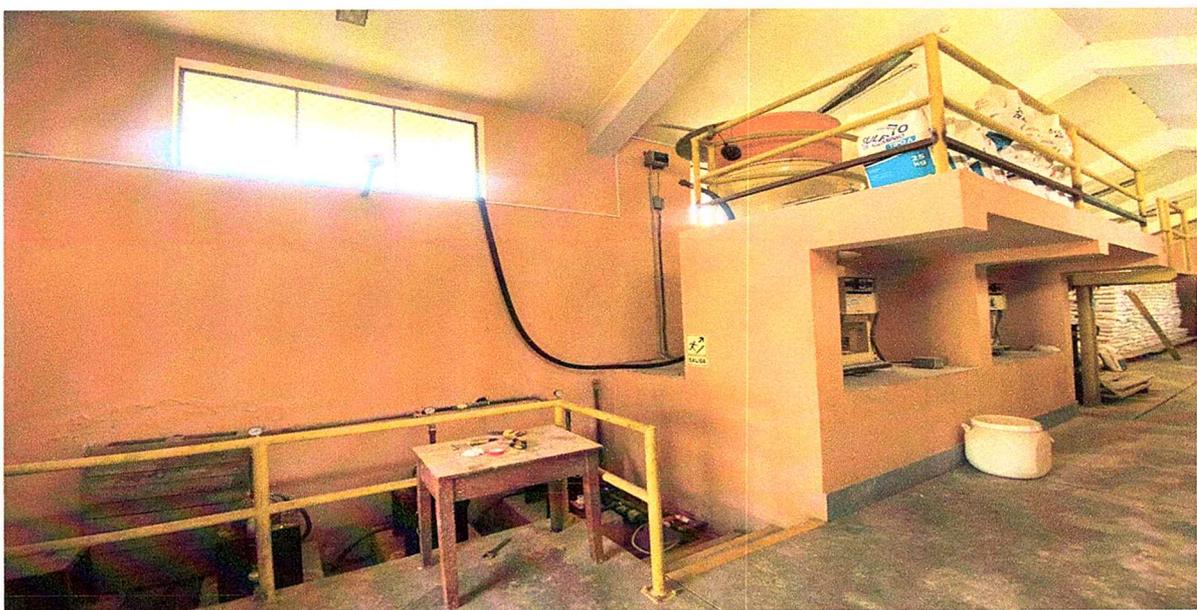


Imag. 1.9 Tanque de preparación de Polímero.

- **Sulfato de Aluminio:** Ambiente construido con material noble, de 5.60 x 22.90 m, que contienen dos tanques de concreto armado, con una capacidad de 1.50 m³ cada uno, también equipados con agitadores mecánicos. La solución de sulfato de aluminio es preparada en estos tanques y luego es bombeada hacia dos tanques de polietileno, cada uno con una capacidad de 5,000 litros, para su almacenamiento y posterior dosificación.



Imag. 1.10 Caseta de preparacion de Sulfato de Aluminio



Imag. 1.11 Tanques de preparación de Sulfato de aluminio

3.1.7. Unidad de Mezcla Rápida

- **Modulo 1:** Estructura rectangular (acoplado al floculador N° 01), actualmente en esta cámara se dosifica el Sulfato de Aluminio.



Imag. 1.12 Mezcla Rapida modulo N° 01

- **Modulo 2:** Estructura rectangular (acoplado al floculador N° 02), actualmente en esta cámara se dosifica el Sulfato de Aluminio.



Imag. 1.13 Mezcla Rapida modulo N° 02

3.1.8. Unidad de Floculación

Unidad de Floculación N° 01:

La Planta cuenta con un Floculador del tipo Hidráulico de flujo vertical, con pantallas de madera, con un periodo de retención de 17.5 minutos. Posee tres compartimentos cada uno con las siguientes características:

Características de la estructura física:

- | | |
|--|-----------------------|
| Largo de cada cámara | : 17.00m |
| N° de módulos | : 3 unidades. |
| Ancho de la 1er, 2do, 3er compartimiento respectivamente | : 0.95m, 1.05m, 1.30m |
| Profundidad promedio de cada compartimiento | : 3.00m |



Imag. 1.14 Unidad de floculación modulo N° 01

Unidad de Floculación N° 02:

La Planta cuenta con un Floculador del tipo Hidráulico de flujo vertical, con pantallas de madera, con un periodo de retención de 17.5 minutos. Posee tres compartimentos cada uno con las siguientes características:

Características de la estructura física:

Largo de cada cámara	: 17.00m
N° de módulos	: 3 unidades.
Ancho de la 1er, 2do, 3er compartimiento respectivamente	: 0.97m, 1.08m, 1.12m
Profundidad promedio de cada compartimiento	: 3.00m



Imag. 1.15 Imag. 1.14 Unidad de floculación modulo N° 02

3.1.9. Distribución de agua a sedimentadores

Es un canal de concreto que reparte las agua ya floculadas, de 0.35 m de altura y de 0.45m de ancho, que garantizan un reparto equitativo y una velocidad adecuada hacia las unidades de sedimentación.

3.1.10. Unidad de Sedimentación

Unidad de Sedimentadores N° 01 – N° 02

Compuesto por dos sedimentadores rectangulares de concreto armado, contiguos a los floculadores y filtros, con una tasa superficial por cada unidad de 23 m³/m² día para un caudal de 70 lps/tanque y un tiempo de retención de 3 horas.

Unidades convencionales de flujo horizontal de 10.00 m de largo, 4.68 m de ancho, con un área de decantación de 251.46 m².

La estructura de entrada consta de tres compuertas de 0.30 m de ancho, un vertedero rectangular a todo lo ancho de la unidad y una cortina de distribución.

Parámetros	Unidades	D1	Optimo
Caudal de operación	l/s	70.00	
Gradiente de velocidad en las compuertas	s-1	9.53	≤ 20.00
Área superficial de la unidad	m ²	219.00	
Tasa superficial de la unidad	m ³ /m ² .d	27.40	
Longitud de recolección	m	99.40	
Tasa de recolección	L/s.m	1.42	≤ 2.00
Calidad de efluente	UNT	2.45	≤ 2.00





Imag. 1.16 Unidad de sedimentación N° 01 - 02

Unidad de Sedimentador N° 03

Compuesto por un sedimentador rectangulares de concreto armado, contiguos a los floculadores y filtros, con una tasa superficial por cada unidad de 23 m³/m² día para un caudal de 70 lps/tanque y un tiempo de retención de 3 horas, en su interior contiene Placas Lamelas con una inclinación de 60° clave para una mejor sedimentación.

La estructura de entrada consta de tres compuertas de 0.30 m de ancho, un vertedero rectangular a todo lo ancho de la unidad y una cortina de distribución.

Parámetros	Unidades	D1	Optimo
Caudal de operación	l/s	70.00	
Gradiente de velocidad en las compuertas	s-1	9.53	≤ 20.00
Área superficial de la unidad	m ²	219.00	
Tasa superficial de la unidad	m ³ /m ² .d	27.40	
Longitud de recolección	m	99.40	
Tasa de recolección	L/s.m	1.42	≤ 2.00
Calidad de efluente	UNT	2.45	≤ 2.00



Imag. 1.17 Unidad de sedimentación N° 03

3.1.11. Unidad de Filtración

Unidad de Filtración N° 01 – N° 02

Conformado por cuatro tanques rectangulares que cuentan con un falso piso de fondo, en el cual se ubican el lecho filtrante mixto de antracita y arena con soporte de grava. Estos filtros se encuentran acoplados a los ambientes de galería de tubos y sala de operaciones. Cada unidad cuenta con un área de filtración de 14 m² y una carga superficial de 4,25 m/h.

Los cuatro filtros en la actualidad procesan 140 lps de agua. Tasa superficial de los filtros: Normal (4 filtros) 244 m³/m²/día Máxima (3filtros) 325 m³/m²/día.

El lavado de filtros en "contracorriente", se efectúa con el empleo de dos bombas centrífugas instaladas en paralelo, una de ellas esta operativa y la otra en reserva. Cisterna de Agua Filtrada: Estructura subterránea rectangular donde se almacena el agua filtrada que luego se conduce al reservorio apoyado R-2 de 2,500 m³ de capacidad, también se efectúa la desinfección del agua mediante la adición de cloro gas a la salida de este tanque cisterna se encuentra instalado un macro medidor en la tubería de AC de 16" de diámetro. En el marco de las obras de mejoramiento y ampliación de agua potable y saneamiento de la ciudad de Cajamarca que se ejecutaron con financiamiento de la KFW de Alemania; se amplió la Planta de Tratamiento de Agua El Milagro de 140 lp/s a 200 lp/s, del tipo hidráulico con filtración rápida.



Imag. 1.18 Unidad de filtracion Modulo N° 01

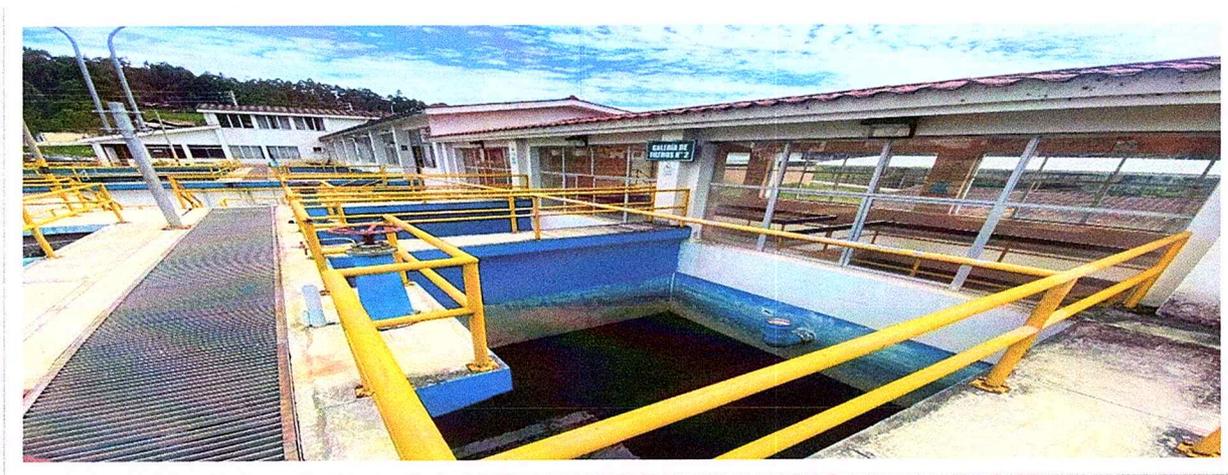
Los filtros se lavan cada 24 horas, las carreras de filtración están siendo extremadamente cortas y se está consumiendo un gran porcentaje del agua producida en el lavado de filtros.

Unidad de Filtración N° 03

Conformado por cuatro tanques rectangulares, en el cual se ubican el lecho filtrante mixto de antracita y arena con soporte de grava. Estos filtros se encuentran acoplados a los ambientes de galería de tubos y sala de operaciones. Cada unidad cuenta con un área de filtración de 14 m² y una carga superficial de 4,25 m/h.

Los cuatro filtros en la actualidad procesan 140 lps de agua. Tasa superficial de los filtros: Normal (4 filtros) 244 m³/m²/día Máxima (3filtros) 325 m³/m²/día.

El lavado de filtros en "contracorriente", se efectúa con el empleo de dos bombas centrífugas instaladas en paralelo, una de ellas está operativa y la otra en reserva. Cisterna de Agua Filtrada: Estructura subterránea rectangular donde se almacena el agua filtrada que luego se conduce al reservorio apoyado R-2 de 2,500 m³ de capacidad, también se efectúa la desinfección del agua mediante la adición de cloro gas a la salida de este tanque cisterna se encuentra instalado un macro medidor en la tubería de AC de 16" de diámetro. En el marco de las obras de mejoramiento y ampliación de agua potable y saneamiento de la ciudad de Cajamarca que se ejecutaron con financiamiento de la KFW de Alemania; se amplió la Planta de Tratamiento de Agua El Milagro de 140 lp/s a 200 lp/s, del tipo hidráulico con filtración rápida.



Imag. 1.19 Unidad de filtración Modulo N° 02

Los filtros se lavan cada 24 horas, las carreras de filtración están siendo extremadamente cortas y se está consumiendo un gran porcentaje del agua producida en el lavado de filtros.

3.1.12. Unidad de Desinfección

La aplicación del cloro se efectúa a través de cloradores de inyección al vacío, se utiliza cloro gas en contenedores de 2000 Lb y de 150 Lb para casos de emergencia.

Se dispone de 02 cloradores operativos de funcionamiento alterno, un equipo intercambiador automático, que detecta cuando un contenedor de cloro gas está desabastecido intercambia automáticamente para seguir el funcionamiento; se cuenta con el equipo Rotámetro el cual marca las libras/día, un inyector de combinación es en donde se hace la mezcla con la presión de agua filtrada y el cloro gas, también se cuenta con un detector de fuga de cloro, para lo cual detecta la fuga de algún dispositivo.

La dosificación de cloro es variable entre 100 a 280 Lb/día, dependiendo de la calidad del agua cruda.

Para la operación de los inyectores se dispone de dos electrobombas de operación alternada, ambas operativas.

La aplicación de la solución de cloro se efectúa en la tubería común de ingreso a la cámara N° 01 de contacto de 200 m³ y cámara N° 02 de contacto de 60 m³. Para las condiciones de operación de 220 L/s. esta cámara ofrece un tiempo de retención teórico de 15 minutos.

La dosificación de cloro se controla en planta de manera de asegurar un residual a la salida de la cámara de contacto de 1.3 a 1.5 mg/L.





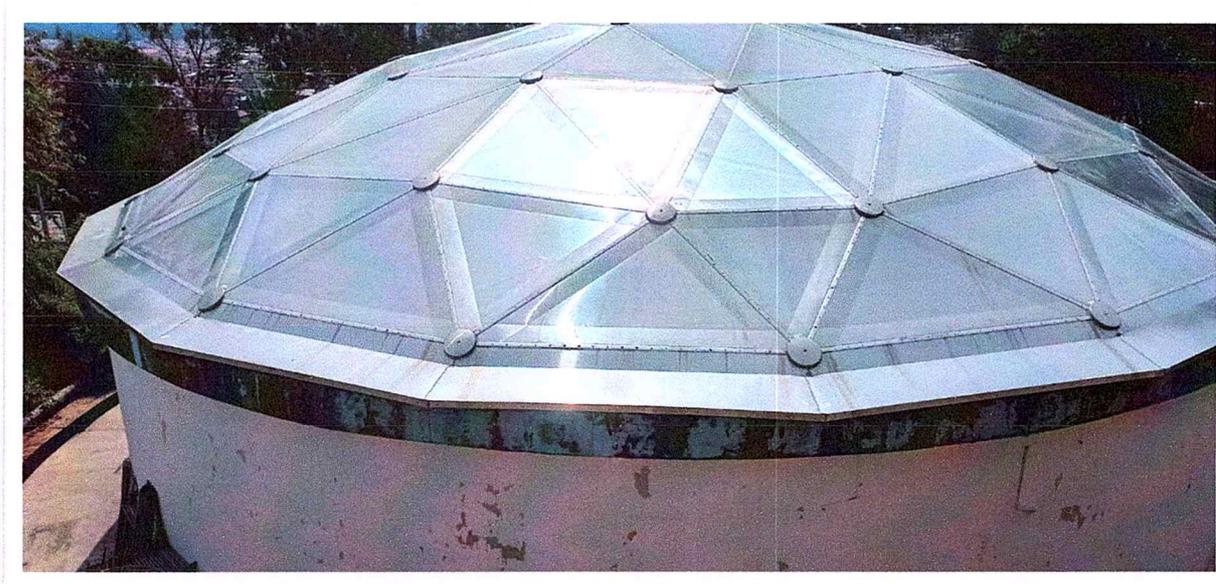
Imag. 1.20 Unidad de desinfección.

3.1.13. Reservorios

Reservorio R-2

Reservorio R-2, Reservorio apoyado circular, construido en el año 1980, tiene una capacidad de almacenamiento de 2,500 m³, su funcionamiento es de cabecera, ubicado en la cota de nivel máximo de agua de 2,783.50 msnm. Esta estructura está alimentada por una tubería de AC de D24 de diámetro que proviene de la Planta de Tratamiento "El Milagro", cuenta con dos líneas de aducción de 10" y 12" de diámetro, cámara de válvulas y válvula de altitud. El R-2 distribuye a través de dos aducciones que corresponden a dos zonas de presión distintas, la zona de presión "alta" se abastece directamente del R-2 y la zona "baja".





Imag. 1.21 Vista del Reservorio R-02

Reservorio R – 6

Reservorio apoyado de forma circular de 1,500 m³; construido en el año 2,014 con financiamiento de la KFW de Alemania. Tiene un funcionamiento del tipo cabecera, y se encuentra ubicado en la cota de nivel máximo de agua de 2785.90 msnm. en la zona sur de la ciudad, en el barrio Sta. Elena en un sitio llamado Agua tapada. El terreno escogido (aproximadamente 1 800 ms) es suficientemente grande para en un futuro edificar un tercer reservorio de misma forma, que debe ser conectado a la cámara de válvulas, donde las conexiones principales ya estarán instaladas.

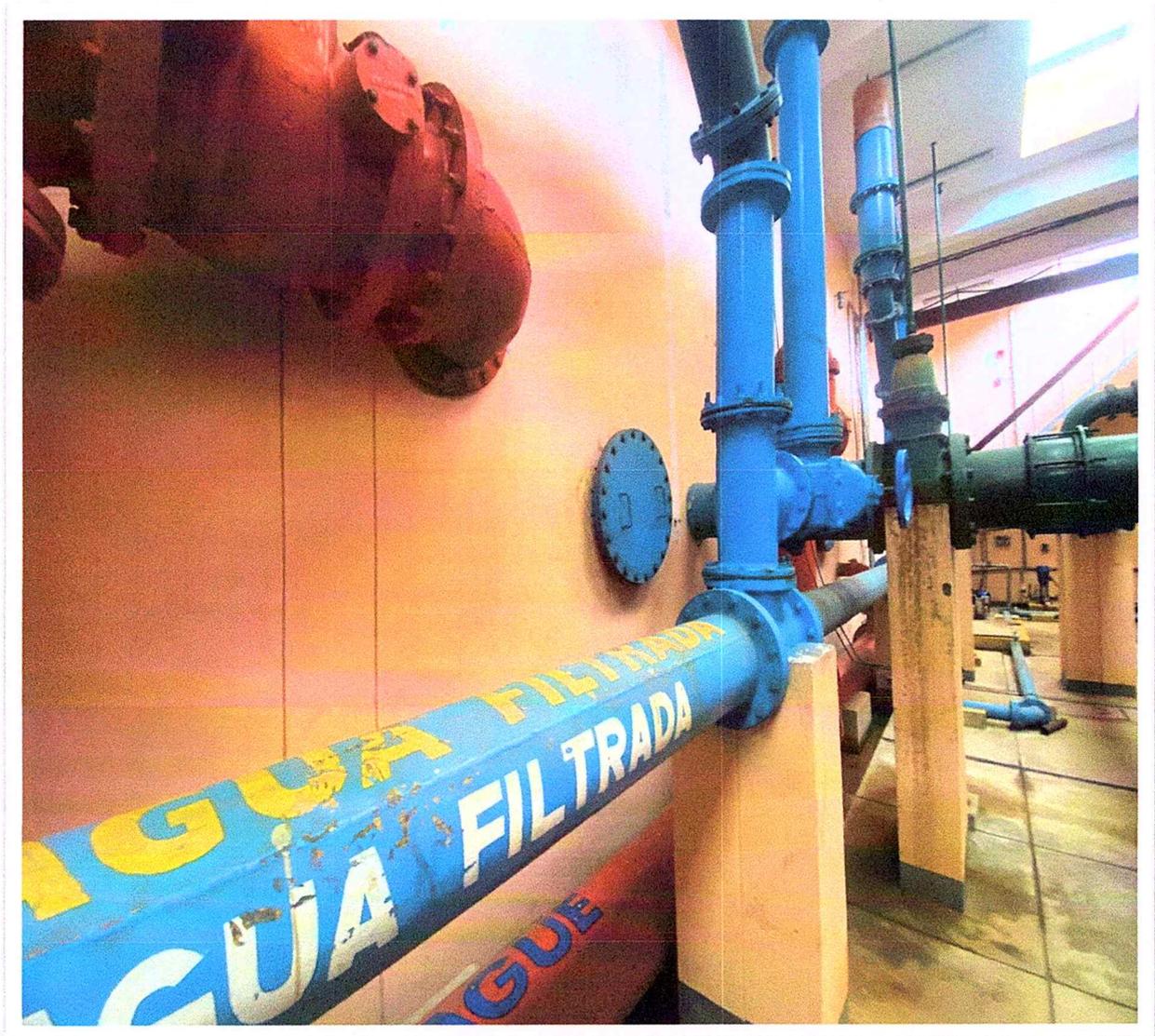


Imag. 1.22 Vista del Reservorio R-06

3.1.14. Galería de equipos de bombeo

En esta galería se encuentran instalados los siguientes equipos:

- 02 Electro Bombas para lavado de filtros.
- 02 Electro Bombas para lavado de Sedimentadores.
- 02 Electro Bombas para el sistema de cloración.
- 04 Electro Bombas y Equipo hidroneumático para el uso de los servicios de la planta de tratamiento.
- Electro Bombas y Equipo hidroneumático para abastecimiento de agua a Laboratorios de Control de Calidad.



Imag. 1.23 Vista de Galería de tubos y equipo de bombeo

Así mismo se encuentran las tuberías para:

- Recolección de agua filtrada de diámetro variable desde 200mm hasta 300mm (Color celeste).
- Agua para lavar los filtros de 350mm (color verde).
- Descarga del agua de lavado de filtros de 400 mm (color Anaranjado).
- Vaciado de los filtros para mantenimiento de 150mm (color Anaranjado).

3.1.15. Cisterna

Cisterna Modulo N° 01

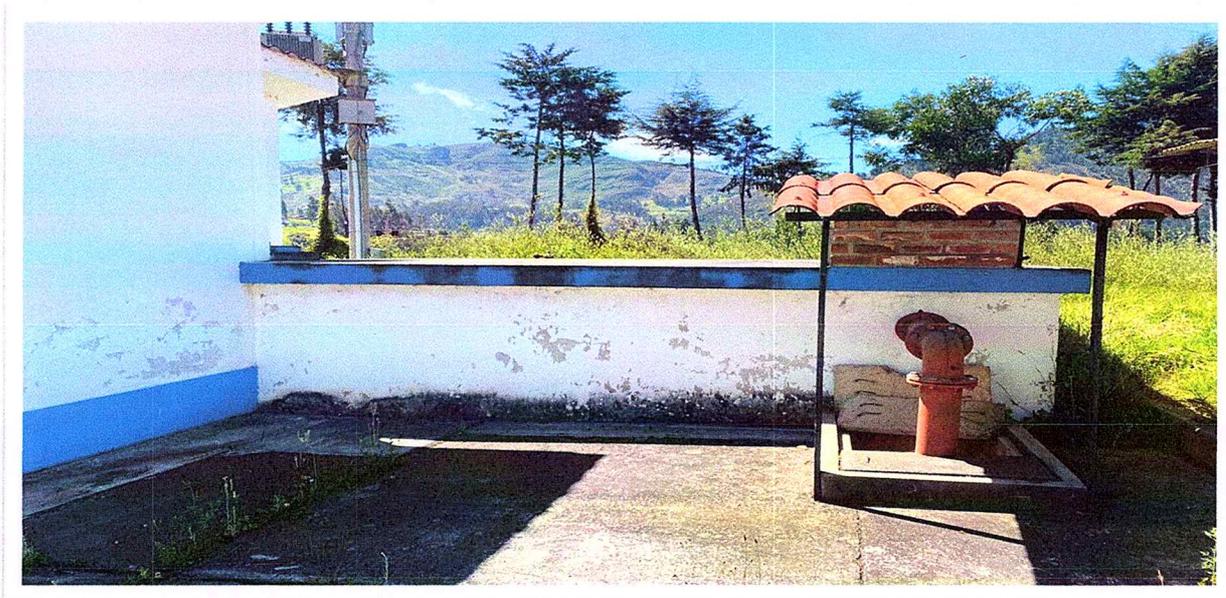
La planta cuenta con una cisterna semi enterrada de concreto armado de 185 m³ de capacidad útil:

Largo	: 15.00 m
Ancho	: 3.80 m
Altura Total	: 4.00 m
Altura Útil	: 3.25 m
Volumen Total	: 228.00 m ³

La planta cuenta con una cisterna semi enterrada de concreto armado de 60 m³ de capacidad útil:

Largo	: 6.40 m
Ancho	: 5.50 m
Altura Total	: 2.30 m
Altura Útil	: 2.00 m
Volumen Total	: 80.00 m ³

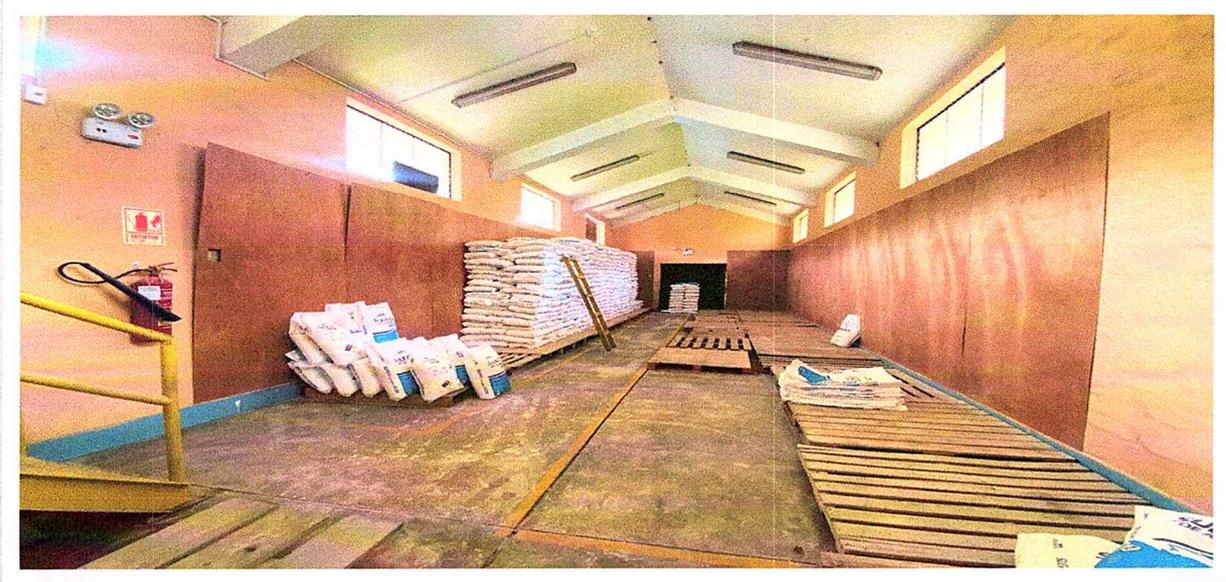




Imag. 1.24 Vista de Cisterna semi enterrada

3.1.16. Sub – Almacen de Insumos Químicos

Se encuentran ubicados en la parte inferior del tanque de dosificación de coagulante donde también están ubicados un tablero de arranque y parada de los agitadores mecánicos de dichos tanques. Este sub- almacén sirve para tener nuestro stock de materia prima como es el de sulfato de aluminio, sulfato de cobre, etc. Mecánicos de dichos tanques.



Imag. 1.25 Almacen de Sulfato de Aluminio

3.1.17. Laboratorio

Laboratorio, donde se efectuará el control de calidad del agua afluente y efluente, para realizar los análisis físico-químico, análisis bacteriológico.

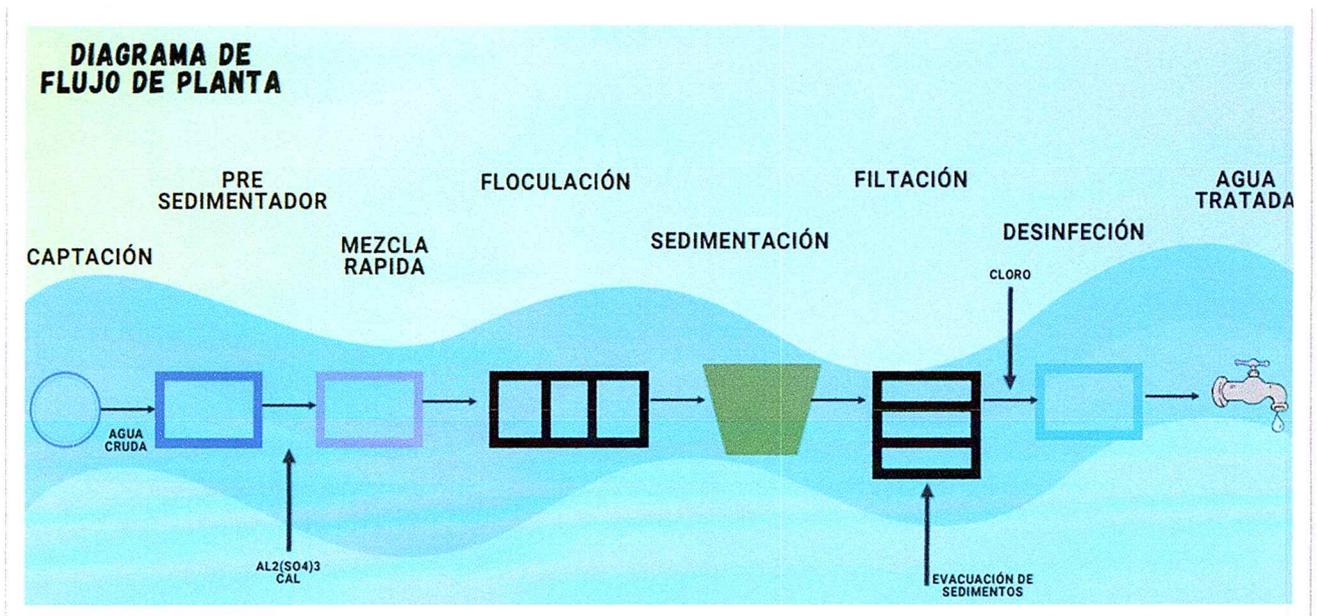
Todos los ambientes cuentan con servicios de: agua, desagüe, energía, eléctrica, servicios higiénicos.

Para el control operacional de todo el sistema de producción la Planta cuenta con oficinas administrativas.

Ambientes Complementarios:

- Oficina de Jefe de Planta.
- Oficina de Jefe de Control de Calidad
- Oficina de Operaciones
- Casa para Administración

3.2. Descripción de las Unidades de las Plantas de Tratamiento



Imag. 1.26 Diagrama de Flujo de Planta – “El Milagro”

El sistema de agua potable es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados para abastecer de agua a una población en forma continua, en cantidad suficiente y con la

calidad y la presión necesarias para garantizar un servicio adecuado a los usuarios y usuarias. Según la topografía del terreno y la diferencia de altura entre el sitio de donde se toma el agua y la comunidad que la va a consumir, en muchos países de Latinoamérica se puede distinguir principalmente dos tipos de sistemas de agua potable: Sistemas de agua potable por gravedad: Se encuentran principalmente en zonas montañosas. Se aprovecha la topografía del terreno para llevar por gravedad el agua desde la captación, en la zona más alta, hasta las viviendas, en las zonas más bajas.

3.2.1. Conceptos Básicos

3.2.1.1. Plantas de Tratamiento Convencional:

Es un sistema de tratamiento integrado que incluye todos los procesos para la obtención de agua potable, como los son: mezcla rápida, coagulación, floculación, sedimentación, unidad de filtración y unidad de desinfección.

Dependiendo de las características del agua podemos obtener un sistema de filtración simple o doble el cual es recomendable cuando el agua tiene alto color o contenidos altos de hierro y manganeso, para nuestro caso se tiene doble filtración, (arena y antracita).

Cada planta se debe estar diseñada de acuerdo al análisis de agua y trazabilidad y se debe hacer con sistema modular que incorpore las etapas del tratamiento.

Esta debe tener su tanque en acero o fibra de vidrio y contener lechos filtrantes para la grava, arena, antracita, carbón activado y/o resinas especializadas. Si el agua tiene alto contenido de hierro se requiere un tratamiento de oxidación previo hecho mediante torres de aireación o pre-cloración.

3.2.2. Fuente

Es el depósito de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua potable. Según la zona, puede ser un manantial (afloramiento, naciente, nacimiento), o bien un pozo o la derivación de agua de un curso de agua como un río o lago.

3.2.3. Captación

Es el conjunto de obras o estructuras necesarias para obtener o "captar" el agua de una fuente de abastecimiento de agua en este caso "Rio Grande" y "Rio Porcopn". De acuerdo con el tipo de fuente, pueden existir captaciones superficiales o subterráneas, pero también puede captarse el agua de lluvia.

3.2.3.1. Toma Lateral

Se contruye en la orilla de los ríos, cuando son caudalosos y tienen poca variación de nivel. Una parte de la corriente de agua superficial es encauzada hacia un costado. Pueden ser muros laterales con rejillas y compuertas que impiden el paso de sólidos flotantes y permiten regular la entrada del agua al canal o tubería. El agua es recogida por un tubo o canal revestido.

3.2.4. Pre Sedimentador

Un pre sedimentador o desarenador constituye la primera unidad de tratamiento. Es una estructura vital en las captaciones superficiales, sobre todo cuando la corriente de agua arrastra mucho sedimento. Puede ser un tanque rectangular, mucho más largo que ancho, dentro del cual el agua circula a muy poca velocidad. Debido a este hecho las partículas se asientan en el fondo, por acción de la fuerza de gravedad que las atrae. El pre sedimentador o desarenador está dividido en cuatro componentes:

a. Zona de entrada:

Su función principal es reducir la velocidad que trae el agua desde la captación, mediante una pantalla deflectora o de aquietamiento, para facilitar la eliminación de las partículas. Aquí puede haber lateralmente un vertedero o tubería de rebose, que devuelve el caudal sobrante al río.

b. Zona de sedimentación o de sedimentos:

En esta zona las partículas pueden llegar al fondo del pre sedimentador o desarenador y asentarse. El agua debe estar en reposo.

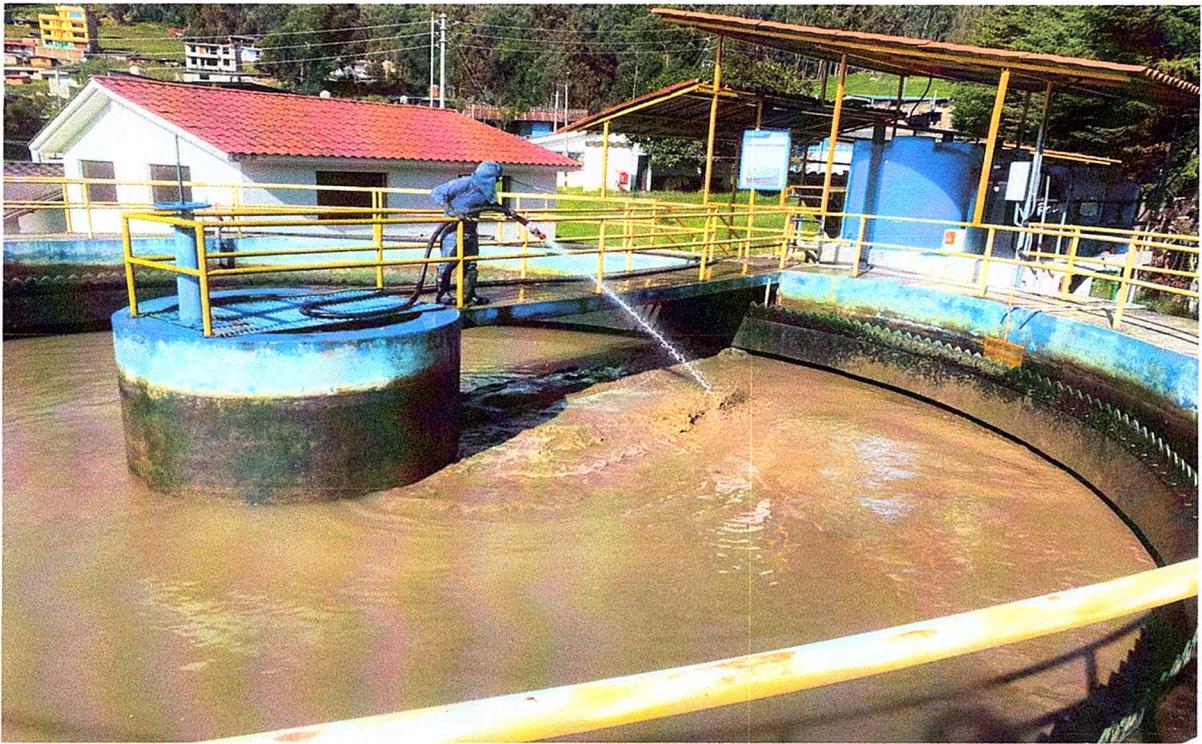
c. Zona de lodos:

Es donde se deposita y almacena los lodos sedimentados.



d. Zona de salida:

Recoge el agua clarificada. Esta constituida por una pantalla sumergida, un vertedero de salida y un canal de recolección. Esta zona debe estar cubierta de una tapa, para evitar una pasible contaminación. Antes de la salida, tambien puede haber lateralmente un vertedero o tuberia de rebose, que devuelve el caudal sobrante al río.



Imag. 1.27 Pre-sedimentador – PTAP “El Milagro”

3.2.5. Conducción

Es el componente mediante la cual se transporta “agua cruda”, ya sea a flujo libre o presión. Dependiendo del caudal de agua y de la topografía del terreno, se utilizan canales o tuberías. El agua cruda es la que proviene directamente de las fuentes Río Grande y Río Porcon en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento, desinfección o potabilización.

La conducción refiere a las obras o red de tuberías que permiten llevar el agua desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento o reservorio, pero también directamente hasta la red de distribución.

Tanto la aducción como la conducción son tuberías o canales por donde se transporta agua, pero mientras la aducción transporta agua cruda a presión o a flujo libre, la conducción transporta agua a presión ya tratada desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento o de reserva o directamente hasta la red de distribución.

Para las tuberías de aducción y conducción se debe tener en cuenta que el diámetro mínimo utilizado debe ser de dos (2) pulgadas, cuando las tuberías trabajan a presión. La profundidad mínima de excavación para enterrarlas debe ser de 60 centímetros desde la superficie hasta el lomo de la tubería.

¿Cómo fluye el agua por las tuberías de aducción y conducción?

Puede hacerlo a flujo libre, es decir por la acción de la gravedad, como es el caso del agua que se transporta por un canal abierto. También lo puede hacer a presión, es decir que el agua no está en contacto con la atmósfera y tiene una presión mayor que la presión atmosférica, como por ejemplo cuando el agua fluye por la tubería de conducción o distribución.

¿Cómo son los principales componentes de las líneas de aducción y conducción?

Una red de aducción o de conducción no está compuesta únicamente por tuberías, sino que también tiene otras estructuras y accesorios. En terrenos quebrados, esas tuberías, para su buen funcionamiento, requieren la instalación de: Cámaras de quiebre de presión o tanques rompe presión, válvulas reductoras y reguladoras de presión, válvulas de aire o ventosas y Válvulas de purga.

¿Qué es una cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión?

Esta es una estructura en forma de cámara o tanque utilizada para bajar la presión del agua que a veces llega con mucha fuerza. Así se evitan altas presiones en las instalaciones ubicadas aguas abajo. El material del que están fabricadas las tuberías muchas veces se rompe por el peso o la presión del agua. Dependiendo del material del que están construidas las tuberías y de su espesor, el fabricante recomienda la presión máxima que puede soportar el tubo. Con esta información, los ingenieros pueden colocar, de ser necesario, una o varias cámaras de quiebre de presión o



tanques rompe presión a lo largo de la conducción. La cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión es una estructura pequeña, que puede ser de un metro por cada lado; tiene una tubería de entrada localizada en la parte superior y una tubería para la salida en la parte inferior. El agua, al caer en el tanque, pierde su presión. Por eso se le llama "cámara de quiebre de presión o tanque rompe presión".

¿Qué son las válvulas que alivian la presión?

Son válvulas que alivian la presión en las tuberías, protegiendo las instalaciones ubicadas aguas abajo. Cumplen la misma función que las cámaras de quiebre de presión o tanques rompe presión. La ventaja es que requieren poco espacio para ser instaladas; la desventaja es que son dispositivos de alto precio. Sin embargo, la tendencia va hacia la adquisición de este tipo de válvulas. Las válvulas reguladoras de presión se usan para mantener una presión constante y controlada a un valor previamente fijado a la salida de estos aparatos.

¿Qué son las ventosas o válvulas para aire?

Son dispositivos que dejan salir el aire para que no impida que el agua siga su curso. A lo largo de los puntos altos de las líneas de aducción o conducción, suele acumularse aire en la parte superior de la tubería, lo cual cambia la velocidad del agua en el interior del tubo y forma bolsas de aire. El aire, que es más liviano que el agua, forma un tapón que impide su paso. Si ese aire no se expulsa, junto con obstruir el correcto paso del agua, puede provocar un rápido deterioro de las tuberías. Tradicionalmente, los operadores hacen un hueco en la tubería para que ese aire salga. Sin embargo, esta es una práctica arcaica no recomendada, puesto que además de deteriorar la tubería, permite que entren al sistema desde sedimentos hasta impurezas. Este hecho, al mismo tiempo que puede obstruir o deteriorar el sistema también representa un riesgo sanitario importante. El sistema automático o manual de la válvula de aire o ventosa, permite que el aire salga. Mediante este dispositivo, el aire se expulsa a través unas cámaras metálicas conectadas a la tubería y tiene un orificio superior que está sellado por una esfera metálica o flotador. Cuando la cámara se llena de aire, el flotador cae y deja salir el aire por el orificio.

¿Qué son las válvulas de limpieza o de purga?

Son accesorios que permiten: Desalojar o "purgar" el material acumulado en el interior de los tubos. La normal circulación del agua y descargue de tubería El agua puede arrastrar tierra, arena e inclusive piedras dentro de la tubería de conducción. En los sitios más bajos ese material se sedimenta, obstruyendo el tubo. Estos accesorios se colocan lateralmente en los puntos más bajos de las redes, para que al abrirlas permitan la salida de los sedimentos acumulados en las tuberías.

3.2.6. Unidad de Mezcla Rápida

El objetivo de esta unidad es promover la coagulación o desestabilización de las partículas coloidales, sustancias húmicas y microorganismos en general, mediante la adición de sustancias químicas.

Como se ha hecho referencia anteriormente, el lugar donde se produce el proceso de coagulación en una planta de tratamiento de filtración rápida, se denomina unidad de mezcla rápida.

Existen dos tipos de unidades de mezcla rápida, dependiendo del tipo de energía utilizada para producir la agitación:

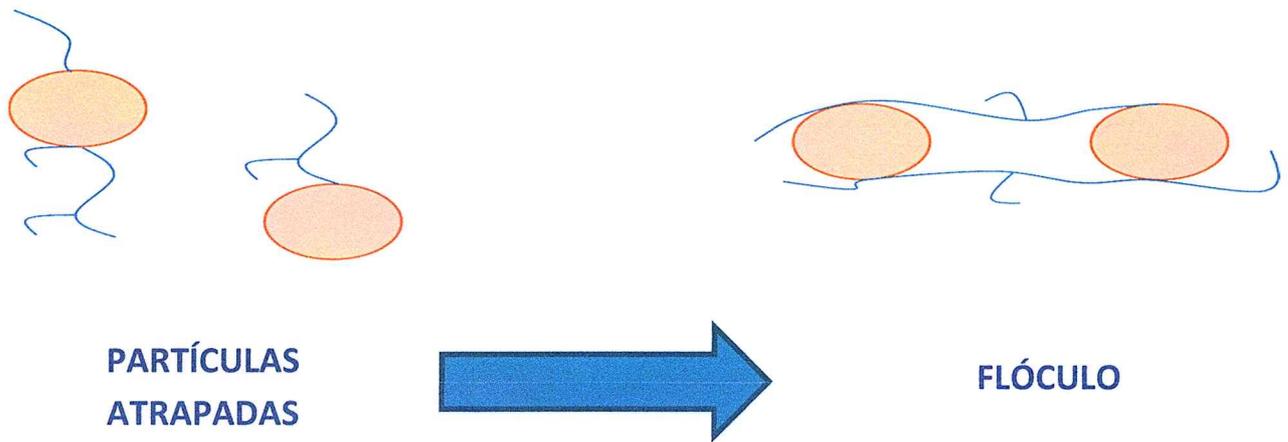
- **Mecánicas:** la energía con que se realiza el proceso la producen equipos.
- **Hidráulicas:** la energía con que se realiza el proceso la produce el agua.

Es importante establecer algunas ventajas y desventajas de ambos tipos de unidades. En primer lugar, el gradiente de velocidad en un mezclador mecánico no varía con el caudal, teniendo la ventaja adicional de permitir controlar el grado de agitación variándose la velocidad de rotación del impulsor. Sin embargo, su funcionamiento depende de una fuente de energía externa, su costo es relativamente elevado y la propia complejidad de los equipos hacen inadecuada su utilización en los países en desarrollo.

En nuestro medio, se ha dado tradicionalmente preferencia a las unidades hidráulicas, tales como canaletas Parshall y vertederos. Además, aunque son menos flexibles a las variaciones de caudal, investigaciones realizadas revelan una mayor eficiencia que las unidades mecánicas.

3.2.7. Unidad de Floculación

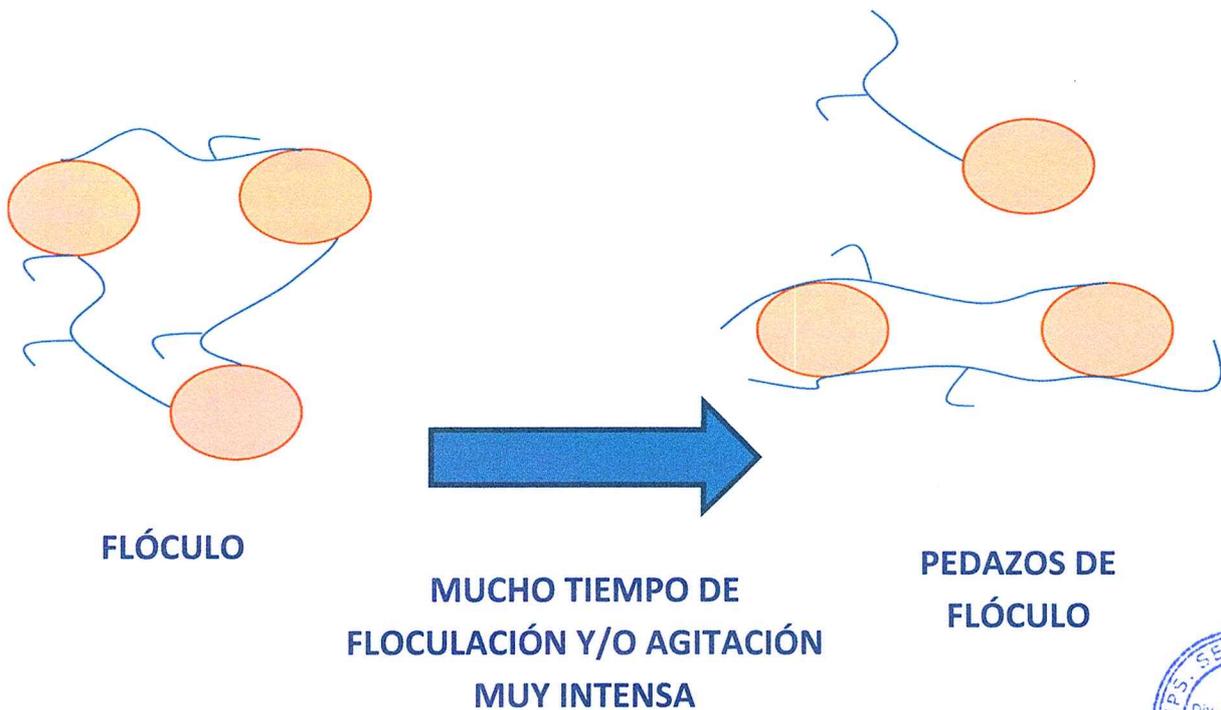
El objetivo principal de la floculación es reunir a las partículas desestabilizadas para formar partículas de mayor tamaño y peso que se llaman flóculos.



Imag. 1.4 Vista de Captación de agua Rio Porcón – Cajamarca

Para que el flóculo se forme bien el agua debe pasar un tiempo suficiente en el floculador. Además, el gradiente (agitación) que recibe el agua debe ser suficiente.

En caso de que el tiempo sea muy largo o el gradiente sea muy intenso, el flóculo formado se romperá:



Imag. 1.4 Vista de Captación de agua Rio Porcón – Cajamarca



La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimo. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso. La floculación puede ser mejorada por la adición de un reactivo de floculación o ayudante de floculación.

3.2.7.1. Principales factores que influyen en la eficiencia del proceso de Floculación

- **La naturaleza del agua:**

Al igual que la coagulación, la floculación es extremadamente sensible a las características físico-químicas del agua cruda, tales como la alcalinidad, el PH y la turbiedad, etc.

- **Las variaciones de caudal:**

Al variar el caudal de operación de la planta de tratamiento se modifica el tiempo de retención y los gradientes de velocidad.

- **La intensidad de agitación:**

Cuanto mayor es el gradiente de velocidad, más rápida es la velocidad de aglomeración de las partículas. Mientras tanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, debe ir disminuyendo el gradiente para evitar que los mismos se rompan.

- **El tiempo de floculación:**

Bajo determinadas condiciones existe un tiempo óptimo, normalmente, entre 20 y 40 minutos. Es necesario, por lo tanto, que se adopten medidas para aproximar el tiempo real de retención en el floculador, al tiempo determinado como óptimo. Una de las opciones para alcanzar este objetivo es la compartimentalización a través de la colocación de pantallas deflectoras.

3.2.7.2. Tipos de Unidades de Floculación

Los floculadores se clasifican en sentido general en mecánicos e hidráulicos, de acuerdo al tipo de energía utilizada para agitar el agua. Otra clasificación puede

hacerse, teniendo en cuenta el modo cómo se realiza la aglomeración de las partículas:

1. Floculadores de contacto de sólidos o de manto de lodos:

Son controlados por la concentración de sólidos.

2. Floculadores de potencia o disipación de energía:

Las partículas son arrastradas por el flujo de agua a través del tanque de floculación no existiendo prácticamente concentración de sólidos, y los gradientes son normalmente prefijados en el proyecto. De acuerdo a la forma de disipación de energía, se pueden clasificar en hidráulicos y mecánicos.

1.1 Hidráulicos:

Utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o específica. Estos pueden ser de diferentes tipos como son de pantallas, Cox y Alabama, helicoidal de medio poroso, de mallas.

2.1 Mecánicos:

Utilizan energía de una fuente externa, normalmente un motor eléctrico acoplado a un intercambiador de velocidades, que hace posible la pronta variación de la intensidad de agitación. Estos pueden ser de diferentes tipos como son de paletas, de turbina y alternativos.

3.2.8. Unidad de Sedimentación

Se entiende por sedimentación a la remoción, por efecto gravitacional, de las partículas en suspensión en un fluido, y que tengan peso específico mayor que el fluido. Las partículas en suspensión sedimentan en diferente forma, dependiendo de las características (forma, tamaño, densidad) durante el proceso. Se denomina sedimentación o sedimentación simple al proceso de depósito de partículas discretas. Este caso, se presenta en desarenadores o en los sedimentadores del tipo convencional. Por otra parte, se denomina sedimentación floculenta o decantación al proceso de depósito de partículas floculentas. Este caso se presenta en clarificación de aguas, como proceso intermedio entre coagulación floculación y filtración rápida.

3.2.8.1. Principales factores que influyen en el Proceso de Sedimentación

- Naturaleza del agua cruda:

Las propiedades de las partículas modifican la forma de depósito (sedimentación para partículas discretas y decantación para partículas floculentas). Adicionalmente, variaciones de concentración de partículas o de temperatura producen variación de densidad del agua y originan "corrientes cinéticas o térmicas" (cortocircuitos).

Condiciones hidráulicas:

Los criterios y parámetros hidráulicos de diseño tienen gran influencia en la eficiencia de los sedimentadores o decantadores.

- Factores externos:

Los factores externos al proceso de sedimentación son los que tienen mayor influencia en la eficiencia de un sedimentador o decantador: acondicionamiento previo, procesos operacionales y factores ambientales.

Buena o inadecuada coagulación y floculación ocasionan altas o bajas eficiencias en decantadores, respectivamente. De su parte, el viento, al soplar puede producir corrientes de suficiente intensidad como para inducir cambios en la dirección del flujo, etc.

¿Cómo son las partes que componen un sedimentador o clarificador?

a. Zona de entrada:

Por esta parte entra el agua a los sedimentadores. Esta zona debe tener baja velocidad para evitar que los flóculos formados en la floculación se rompan al entrar a las unidades. La zona de entrada puede estar formada por orificios, un canal central con orificios, etc.

b. Zona de sedimentación:

En esta parte ocurre la separación de los flóculos del agua, o sea, la sedimentación propiamente dicha. Esta zona puede tener placas paralelas o no, dependiendo del tipo de sedimentador.

c. Zona de lodos:

En esta parte se depositan los flóculos. Está formada por tolvas, las cuales pueden ser continuas o discontinuas. La zona de lodos debe desaguarse con regularidad para impedir la descomposición de los lodos, la cual puede contaminar el agua.

d. Zona de salida:

En esta parte se recoge el agua ya sedimentada. La velocidad de la recolección no puede ser muy alta para impedir que los flóculos sean arrastrados junto al agua clara. La Zona de salida puede estar formada por tubos con orificios o canaletas.

3.2.8.2. Tipos de Unidades de Sedimentación

La sedimentación o la decantación se realizan en reactores denominados sedimentadores o decantadores, de acuerdo al tipo de proceso que se realice en cada unidad. En tal sentido, una buena forma de clasificarlos es la siguiente:

a. Sedimentadores o decantadores estáticos:

En este tipo de unidades puede producirse sedimentación o decantación, normalmente con caída libre, en régimen laminar, turbulento o de transición. Los tipos específicos de estas unidades son: desarenadores, unidades de flujo horizontal, unidades de flujo vertical y unidades de flujo helicoidal.

b. Decantadores dinámicos:

En este tipo de unidades se aplica la teoría de decantación interferida al tratamiento de agua, requiriéndose una alta concentración de partículas o incrementar las posibilidades de contacto.

Los decantadores de manto de lodos se pueden clasificar de acuerdo a las condiciones y características de la zona de formación de lodos, en hidráulicos y mecánicos.



c. Decantadores laminares o de alta tasa:

En este tipo de unidades, el proceso se realiza a través de las placas, lo cual permite una velocidad mucho más alta que en los sedimentadores estáticos o convencionales, por lo que las primeras son de menor tamaño que estas últimas.

3.2.9. Unidad de Filtración (Filtros Rápidos)

El objetivo básico de la filtración es separar las partículas y microorganismos objetables, que no han quedado retenidos en los procesos de coagulación y sedimentación.

La filtración se define como la velocidad de paso del agua a través del medio filtrante, medida como carga superficial, es decir:

En donde, A = Área superficial, Q = Caudal que entra al filtro

En la siguiente tabla se presentan la clasificación de los filtros:

Según la velocidad de filtración	Según el medio filtrante	Según el sentido del flujo	Según la carga sobre el lecho
Rápidos 120 – 360 m ³ /m ² /día	1. Arena (h= 60 – 75cm)	Ascendentes	Por Gravedad
	2. Antracita (h= 60 – 75cm)	Descendentes	Por presión
	3. Mixtos: Arena, Antracita, Granate	Flujo mixto	



El falso fondo de los filtros está constituido por placas prefabricadas de concreto cuyas dimensiones son 0.90m x 0.75m x 0.15m de espesor y 0.75m x 0.75m x 0.15m de espesor, con orificios de descarga vertical de 2cm de diámetro a los cuales se instalaron las boquillas para lavado y filtración que garantizan una distribución uniforme de agua.

El medio filtrante está constituido por una capa de soporte de grava, sobre la que se ha colocado una capa de arena de 0.25m de espesor y una de antracita de 0.50m de espesor, ambos materiales con características especiales, la arena que se usa en los filtros rápidos es menor a 2.00 mm de diámetro y está compuesto de material silíceo con una dureza de 7 en la escala de Mohr y un peso específico no menor de 2.6, deberá estar limpio, sin barro ni materia orgánica.

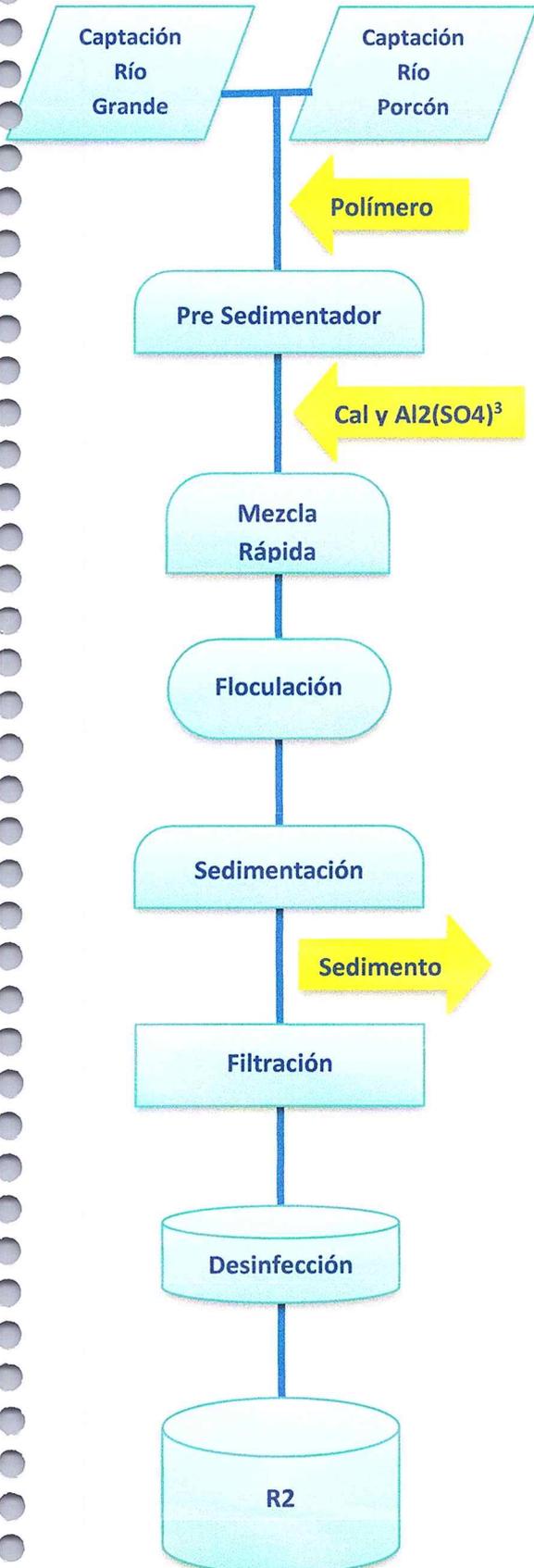
3.2.10. Unidad de Desinfección (Cloración)

El tratamiento o la desinfección por medios químicos controlan la contaminación que se puede dar en el agua desde que sale de la unidad de tratamiento físico (desarenador o filtros), hasta que es utilizada en las casas. En el medio rural, para la desinfección lo más utilizado es el cloro. Un producto con gran poder bactericida, capaz de matar las bacterias o impedir su desarrollo. Además, es barato y de fácil manejo. El cloro se usa en dos de sus presentaciones:

Granular (Hipoclorito de calcio), Líquido (Hipoclorito de sodio) La cantidad o dosis de cloro que se debe aplicar depende de la cantidad y de la calidad del agua. Por su gran efectividad como desinfectante, una pequeña dosis (apenas un miligramo de cloro) puede desinfectar un litro de agua. A manera de comparación, un miligramo es como un cristal de azúcar.



3.3. Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “El Milagro”



DESCRIPCIÓN	
	Son estructuras construidas en la fuente de abastecimiento Río Grande y Río Porcón para derivar el caudal necesario que garantice agua en cantidad suficiente para abastecer a la población de Cajamarca.
	La etapa de pre sedimentación logra eliminar o reducir las arenas, gravas, barro y otros agentes presentes en el agua captada.
	Es la acción de congregar la materia suspendida en el agua, mediante la adición de coagulante. Constite tambien en la disoersión completa del coagulante (sulfato de aluminio u otras sustancia coagulante), teniendo como requisito el pH optimo de coagulación.
	La coagulación es un proceso de agitación suave y continua del agua coagulantes con el proposito de que se formen los “Floc” para que puedan ser removidos facilmente por sedimentación.
	Es la remoción de particulas (flocs) formadas en la floculación, que se depositan en el fondo del sedimentador por la fuerza de la gravedad, (por su propio peso).
	Consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales, que no se sedimentaron, haciendolas pasar a través de un medio poroso. La filtración es una de las principales operaciones que se realizan en toda planta de tratamiento.
	La desinfección del agua es una de las tareas mas delicadas en las plantas de tratamiento. Exige por parte del operador, ademas de los conocimientos teóricos una gran dosis de etica y responsabilidad.
	Finalmente el agua tratada apta para el consumo humano es almacenada en diferentes reservorios para suministrar y poder satisfacer a la población Cajamarquina.



IV. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA, QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS, PARASITOLÓGICAS DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1. Conceptos básicos de las características del agua:

Las sustancias que contaminan el agua se presentan en una de las siguientes formas:

- Sólidos gruesos flotantes.
- Sólidos fácilmente sedimentables
- Sólidos muy finos en suspensión en el agua (coloides)
- Sólidos disueltos

La presencia y concentración de sólidos en el agua dependen de las características de la cuenca (vegetación, suelos, estado) y del tiempo (invierno, verano). Estos tipos de sólidos determinan 2 tipos de características:

4.1.1. Características físicas:

Se denominan físicas porque pueden ser detectadas por medio de los sentidos, lo que implica que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, es decir en su buena presentación. Las características físicas del agua son:

4.1.1.1. Turbiedad:

Es el fenómeno óptico que se puede medir por la mayor o menor resistencia del agua al paso de la luz. Se debe a partículas que estando en suspensión (como coloides) le dan al líquido la capacidad de dispersar la luz.

La turbiedad debe tenerse en cuenta para la presentación del agua, además es importante la desinfección ya que en esas partículas en suspensión se esconden pequeños organismos que se protegen del desinfectante.

4.1.1.2. Color

La segunda característica física del agua es muy importante ya que puede estar íntimamente ligada a la turbiedad, se presenta como una característica independiente de ella.



El color se debe a diferentes componentes de la materia mineral y vegetal en descomposición además hay presencia de arcillas o arenas que enturbien el agua, se le denomina color aparente.

4.1.1.3. Olor y sabor

El olor y sabor son producidas fundamentalmente por algas, materia orgánica en descomposición, desechos industriales y sales de diferente origen.

4.1.1.4. Temperatura

La temperatura del agua está determina por múltiples factores:

- La temperatura afecta la velocidad de las reacciones químicas, es importante tenerla en cuenta porque de ella dependen el tipo de organismos que puedan desarrollarse en el agua.
- De igual forma la cantidad de gases disueltos, la desinfección con cloro y las condiciones de tratamiento.

4.1.2. CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Para efecto de análisis se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

a. pH(Pehache):

Es importante considerar que el pH del agua, porque tiene efecto sobre los procesos de tratamiento y se relaciona con la obstrucción y deterioro de las redes de acueducto.

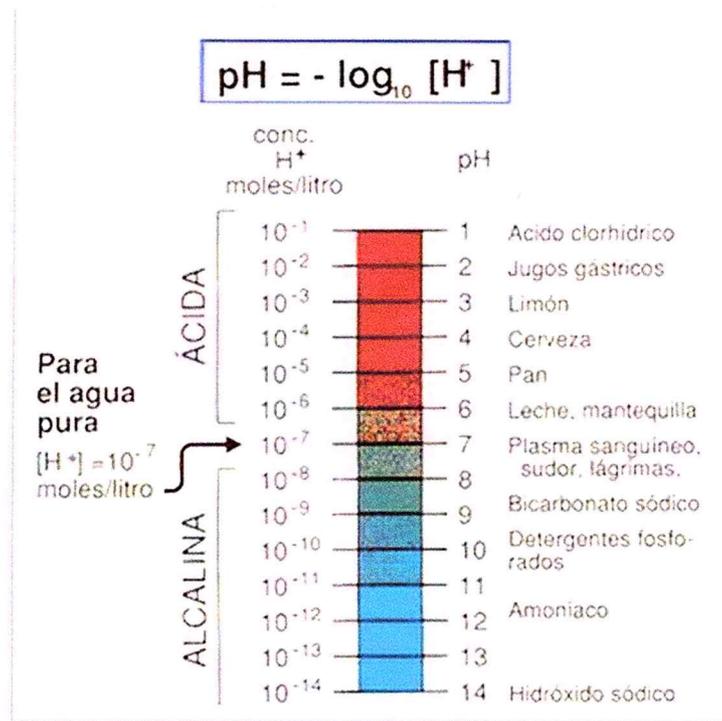
Además, determina las reacciones químicas afectando por ejemplo el proceso de desinfección con cloro. Las actividades biológicas se desarrollan en un intervalo de pH entre 6 y 8.

¿Qué es el pH?

Es la intensidad de acidez y/o alcalinidad de una muestra de agua y se evalua por una escala de valores. Si el pH del agua se encuentra entre 6.5 y 9.0 se considera aceptable para los procesos de tratamiento.



pH = 7	Aguas neutras, ni acidas ni alcalinas
pH > 7	Aguas alcalinas o básicas
pH < 7	Aguas ácidas
pH > 9	Muy alcalinas o fuertemente alcalinas
pH < 9	Muy ácidas



b. La acides:

La acides del agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas presentes en ella, expresadas como carbonato de calcio equivalente.

c. La alcalinidad:

La alcalinidad del agua se debe principalmente a la disolución de rocas alcalinas.

La alcalinidad es importante en el tratamiento de agua porque reacciona con coagulantes para favorecer la floculación, uno de los procesos de tratamiento que verá más adelante.

Además, tiene incidencia sobre el carácter incrustante que pueda tener el agua y si está presente en altas cantidades tiene efecto sobre el sabor y la turbiedad. Un alto valor de alcalinidad hace que el agua produzca efectos destructivos en las tuberías como el fenómeno de incrustación lo que además disminuye la capacidad de transporte de las tuberías.



d. Oxígeno disuelto:

Las aguas limpias están saturadas de oxígeno disuelto, si estas aguas se les descarga residuos orgánicos se les agota el oxígeno disuelto. El oxígeno en el agua permite la existencia de peces y plantas además da sabor agradable a las plantas.

4.2. Características físicas, químicas y bacteriológicas del agua de las fuentes de abastecimiento.

FUENTE: "RÍO PORCON"

DETERMINACIÓN	UNIDAD	LPM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Turbiedad	UNT	5	14.6	5.82	9.59	22.8	7.84	6.57
pH	-	6,5 - 8,5	7.85	8.15	7.76	7.82	7.98	7.99
Cloro Residual Libre	mg/L	5(1)	-	-	-	-	-	-
Conductividad	uS/cm	1500	176	209	167	207	173	271.6
Color	UCV, Pt/Co	15	8	8	23	16	11	12
Cloruros	mg/L	250	10	10	10	9	7	14
Dureza Total	mg/L	500	99	84	84	104	72	112
Sulfatos	mg/L	250	70	65	48	45	41	81.9
Nitratos	mg/L	50	5	3	3	4	3	5.32
Coliformes Totales	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0

DETERMINACIÓN	UNIDAD	LPM	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Turbiedad	UNT	5	5.96	2.47	3.46	6.15	6	66.4
pH	-	6,5 - 8,5	7.86	8.45	7.78	8.92	8.29	7.65
Cloro Residual Libre	mg/L	5(1)	-	-	-	-	-	-
Conductividad	uS/cm	1500	341	394	396	315	311	273
Color	UCV, Pt/Co	15	13	9	11	8	11	14
Cloruros	mg/L	250	12	16	12	12	18	10
Dureza Total	mg/L	500	154	180	158	190	144	130
Sulfatos	mg/L	250	100.8	106	89	70	88	84
Nitratos	mg/L	50	6.2	3	4	5	5	15
Coliformes Totales	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0

Características de la fuente de abastecimiento punto Captación Río Porcon – El Milagro.

FUENTE: "RÍO GRANDE"

DETERMINACIÓN	UNIDAD	LPM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Turbiedad	UNT	5	16.7	19.7	5.41	3.09	2.91	1.84
pH	-	6,5 - 8,5	7.18	7.37	7.32	7.13	7.78	7.85
Cloro Residual Libre	mg/L	5(1)	-	-	-	-	-	-
Conductividad	uS/cm	1500	487	576	428	511	446	581.4
Color	UCV, Pt/Co	15	89	12	16	12	9	9
Cloruros	mg/L	250	14	15	15	12	12	15
Dureza Total	mg/L	500	170	262	192	234	198	280
Sulfatos	mg/L	250	223	285	175	241	190	301.08
Nitratos	mg/L	50	17	26	15	18	16	22.59
Coliformes Totales	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0

DETERMINACIÓN	UNIDAD	LPM	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Turbiedad	UNT	5	2.38	2.38	2.26	1.57	1.97	12.1
pH	-	6,5 - 8,5	7.41	7.24	7.37	7.25	7.41	7.4
Cloro Residual Libre	mg/L	5(1)	-	-	-	-	-	-
Conductividad	uS/cm	1500	836	619	675	804	575	632
Color	UCV, Pt/Co	15	8	7	9	6	9	11
Cloruros	mg/L	250	20	13	16	15	16	14
Dureza Total	mg/L	500	382	276	284	350	254	280
Sulfatos	mg/L	250	555.71	334	361	516	278	312
Nitratos	mg/L	50	25.25	26	28	25	278	27
Coliformes Totales	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0

Características de la fuente de abastecimiento punto Captación Río Grande – El Milagro.

4.2.1. Histograma de Turbiedad y Color del Agua.

Las variaciones de turbiedad del agua tratada no guardan relación con las variaciones del agua cruda. En el histograma de turbiedad de agua cruda, se puede observar que las turbiedades altas se presentan en diciembre, enero y febrero y el resto de año la



turbiedad es inferior a 20 UNT. En el histograma de turbiedad de agua tratada del año 2015 se puede observar que la turbiedad efluente no guarda la misma tendencia, varía mucho como consecuencia de los problemas de coagulación.

La misma situación se puede apreciar en relación al color en el histograma de la figura. Se puede apreciar que a pesar de los problemas de coagulación el color se remueve fácilmente, por lo menos el 50% del tiempo estuvo por debajo de 5 UC.

4.2.2. Resultados y discusión:

Las principales variaciones de turbiedad se deben exclusivamente al factor clima, es necesario hacer un recuento de los meses del año, durante varios periodos para determinar el comportamiento de este parámetro y mostrar si existe alguna constante entre estos valores, o por lo contrario, este varía sin seguir ningún patrón. En la tabla 1.4 se puede apreciar como la turbiedad varía en los diferentes meses del año sin seguir ningún patrón, en el mes de febrero se muestra como un mes atípico en cuanto a las variaciones del clima y en los siguientes meses se muestra un comportamiento similar.

Dentro de estas variaciones de la turbiedad hay que aclarar que todos los eventos ocurridos no se deben en su totalidad al clima. Un pequeño porcentaje de estas variaciones se debe a sucesos aislados en ocasiones causados por el hombre, derrumbes y represamientos sobre la cuenca son muestra de ello.

De todos estos cambios registrados diariamente se puede concluir que la turbiedad no es un parámetro que se pueda correlacionar y es poco probable que se pueda obtener un modelo matemático de este.

V. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN

Cuando hay cambios notorios en la turbiedad y el color del agua, son indicadores o pautas de la necesidad de adecuar el tratamiento del agua. Para que el proceso de tratamiento, dentro de ellos la mezcla rápida, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección se lleven a cabo en forma satisfactoria a fin de obtener la clarificación adecuada como primera medida se efectúa la prueba de jarras para determinar la dosis óptima, y pH óptimo.

Luego de obtenidas las dosis óptimas de alcalinizante, coagulante y ayudante de coagulación, mediante la prueba de jarras y aplicadas en planta en el punto de mezcla, se controla el proceso de formación y desarrollo de los floc o flóculos, mediante comparación entre los resultados de los ensayos en el laboratorio y las ocurrencias dentro de la estructura, utilizando como referencia criterios, tales como el índice de Willcomb, del Water Research Institute, con relación al tiempo de formación de flocs y calidad de éstos desde el inicio del proceso.

Los desfases que puedan ocurrir, entre los ensayos del laboratorio y la reproducción de los fenómenos en la estructura hidráulica, podran corregirse experimentando con la separación de las pantallas, pudiendo optimizarse el proceso por aproximaciones sucesivas.

Es necesario cuidar el aspecto estético, eliminando las espumas que se forman y acumulan sobre todo en la primera y segunda zona de floculación.

Como medida de precaución es conveniente disponer en el almacén de una cantidad de maderas o planchas para colocar barreras que contribuyan a una mejor agitación.

5.1. OPERACIONES NORMALES:

La operación normal incluye una serie de actividades de tipo rutinario. A continuación, se indican las actividades más comunes de operación normal.

5.1.1. Operación de dosificadores de solución:

Esta clase de dosificadores, se emplean cuando es necesario que la sustancia aplicada entre en contacto inmediato con el agua. La planta de tratamiento de agua potable "El Milagro", cuenta con 2 tanques para la preparación de clarificantes, la operación de éstas es sencilla ya que se reduce a graduar la válvula de salida cuando varían las condiciones de caudal y calidad del agua cruda (turbidez) Para la aplicación de clarificantes se hace lo siguiente:

1. En el tanque limpio: cargar un 50% de su capacidad con agua filtrada.



2. Pesar la sustancia química, de acuerdo a la dosis obtenida en la prueba de jarras, y los cálculos hechos para la aplicación en planta la cual se agrega lentamente.
3. Encender el agitador para disolver la sustancia.
4. Completar el volumen hasta el punto establecido (por ejemplo 1 m³).
5. Encender la electrobomba para abastecer a los tanques de 5000 litros para la dosificación.

Se recomienda hacer tablas para la dosificación, efectuando diariamente pruebas de jarras por un período continuo de dos años consecutivos. Después de ese tiempo rectificar las tablas debido a la variación en las características del agua (se recomienda chequear las tablas cada 6 meses por lo menos).

5.1.1.1. Aplicación de Cal

La dosificación puede realizarse bajo la forma de lechada de cal para la manipulación de la cal, así como de otros productos químicos debe tenerse especial cuidado debido a que produce gran cantidad de polvo que irrita la piel y las mucosas.

i. Dosificación de lechada de cal:

Para la dosificación de cal hidratada por vía húmeda, es necesario mezclarla con agua, preparando la suspensión comúnmente llamada lechada de cal, la mezcla se preparará en el tanque de concreto, para este fin se carga de agua aproximadamente el 50% de su capacidad, y se vierte la cal con agitación continua y vigorosa. Se limita la concentración de la suspensión a 10%, para evitar la deposición en las tuberías de conducción hasta el punto de aplicación.

Es importante mantener la suspensión en continua agitación.

La dosificación requerida para el tratamiento, se hace en función a la dosis óptima obtenida en el laboratorio (prueba de jarras).

Las tuberías que transportan la suspensión de cal, deben presentar facilidades para la limpieza e inspección del personal operador debido a la fácil sedimentabilidad de la suspensión de cal.

5.1.1.2. Aplicación de sulfato de aluminio:

El sulfato de aluminio, es el más común de los coagulantes, su rango óptimo de pH para coagular aguas turbias se encuentra entre 6 - 8, el sulfato de aluminio es el producto obtenido de la reacción entre el ácido sulfúrico y la bauxita (mineral rico en aluminio), normalmente se produce en forma de terrones o granulado sus características químicas son:

- Fórmula : $Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O$
- Contenido de óxido de aluminio : $Al_2O_3 = 17\%$ mínimo
- Contenido de óxido de hierro : $Fe_2O_3 = 0,75\%$ máximo
- Contenido de material insoluble : $0,5\%$ máximo,

Es ligeramente higroscópico, se vende en bolsas de 25 kg.

Etapas de proceso de dosificación:

- Determinación de la dosis óptima.
- Determinación de la cantidad de sustancia a aplicarse en planta (kg/m^3).
- Calibración del dosificador.
- Operación de la unidad.
- Determinación de la dosis óptima.

i. Prueba de Jarras:

Equipo utilizado para la prueba de jarras:

- Un agitador mecánico regulable con eje provistos de paletas, con capacidad para operar a velocidades de 0-100 rpm, medidas en un dial.
- Un sistema de iluminación y soporte.
- Jarras de 2 litros de capacidad.
- Jeringas

La prueba se inicia, tomando una muestra de agua cruda, la que se agita para uniformizarla, se llenan las jarras o vasos con un volumen exacto (2 litros) se colocan debajo de las paletas del equipo y se agitan a la máxima velocidad.

Se prepara una solución patrón de sulfato de aluminio al 10%, disolviendo 100 g de sulfato en 1 litro de agua destilada, a partir de este patrón, se preparan todos los días



una solución, de 1 a 2%, para preparar una solución al 1%, se toma 10 ml de la solución patrón y se completará con agua destilada hasta 100ml, esta solución diluida sólo dura 24 horas

La dosis de sulfato diluido que se echarán a cada vaso, serán diferentes, para poder definir por comparación de los resultados que se obtenga, cual es la dosis más efectiva. Las dosis se expresan en miligramos por litro (mg/l).

Echar a cada jarra el equivalente de mililitros de solución al 1%, teniendo en cuenta que, al usarse, jarras de 2 litros, cada ml de solución, equivale a 5 mg/l, de coagulante aplicado. Así la dosis y mililitros a aplicarse son los indicados en el cuadro siguiente:

JARRAS	DOSIS EN MG/L	ML DE SOLUCIÓN AL 1%
1	5	1
2	10	2
3	15	3
4	20	4
5	25	5
6	30	6

En cada uno de los vasitos de 50 ó 100 ml verter, la cantidad de ml de solución al 1%, que se va agregar a cada jarra.

Se extrae de cada vaso precipitado con jeringas descartables con las agujas puestas, de modo que no quede ni una gota del coagulante en los vasos.

Graduar la velocidad del equipo a 100 rpm, y agregar el coagulante simultáneamente a todas las jarras, apuntando con las agujas de la jeringa, hacia las paletas (punto de mayor agitación) dentro de la jarra. A partir del momento en que se agrega el coagulante, se empieza a contar el período de mezcla rápida, por lo general se asume 1 minuto, cumplido este tiempo, graduar el regulador de velocidad a 40 rpm, y flocular el agua durante 21 a 25 minutos (tiempo teórico de floculación en la planta), mientras se desarrollan los flocs, registrar el índice de Willcomb, y los otros datos en el cuadro correspondiente.

Pasado el tiempo indicado apagar el equipo y empezar a contar de 5 a 10 minutos de sedimentación, colocar los tomadores de muestra en cada jarra y extraer muestras, verificar la turbidez, color, pH y alcalinidad residuales.

La forma de seleccionar la dosis óptima, es a través del siguiente ejemplo:

JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS	5	10	15	20	25	30
Turbiedad Final NTU	7.00	4.80	3.20	1.85	1.70	2.10

La jarra que contiene la menor turbiedad (1,7 NTU), es la jarra N° 5, por lo tanto, la dosis óptima de coagulante será 25 mg/l. Este es un ejemplo en la Ptap El Milagro Cajamarca. El factor de mayor importancia de corrección es el "color" en tal sentido las pruebas deben concretarse a la eliminación del color.

5.1.2. Coagulación:

Este proceso de tratamiento consiste en agregar al agua, productos químicos con propiedades coagulantes, el cual actúa sobre las sustancias disueltas y coloides contenidos en el agua, transfiriendo sus iones o elementos para que se unan formando flóculos.

i. Factores que influyen en el proceso:

Cuando la alcalinidad natural del agua no es suficiente, para combinarse con el sulfato de aluminio, debe incrementarse su contenido mediante la aplicación de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, corrientemente denominado cal.

Otro compuesto utilizado con este mismo propósito es el carbonato de sodio Na_2CO_3 .

La máxima precipitación de hidróxido de aluminio se produce cuando la coagulación se efectúa al pH óptimo, se requieren dosis exactas de sustancias químicas para obtener el precipitado insoluble de hidróxido de calcio, porque las reacciones de coagulación son reversibles, es decir si se agrega mayor o menor cantidad de alcalinizante al agua, se corre el riesgo, que no formen buenos flocs.

Las reacciones de coagulación son muy sensibles al contenido de sustancias minerales, en las que predomine el contenido de iones negativos como los iones



sulfato, coloides negativos de color, las reacciones de coagulación son más efectivas, en un rango de pH que puede variar entre 4,4 y 6,0.

ii. Etapas del proceso de coagulación:

En el proceso de coagulación se pueden distinguir tres etapas:

- La dosificación.
- La mezcla rápida.
- La floculación.

La concentración de la solución de coagulante influye en la eficiencia de la mezcla rápida y cambia los resultados de la coagulación.

Efectuar una prueba de jarras en forma convencional, y determine la dosis óptima, para esto utilizar una solución de coagulante de 10g/l (sol. Al 1%), la cual tiene un pH entre 4 y 4,5.

A partir de la solución patrón de 100g/l, prepare una nueva solución y al 5% y otra al 0,5 %.

Poner las muestras de agua en los vasos.

Añadir a cada uno de los vasos, las dosis óptimas encontradas, pero con soluciones de coagulante de las concentraciones sugeridas, por ejemplo, si se usan jarras de 2 000 ml y la dosis óptima es de 20 mg/l y la solución de coagulante tiene diversos porcentajes de concentración, en la siguiente tabla se puede observar la cantidad de ml que deberá usarse para cada vaso.

DOSIS POR APLICAR MG/L	CONCENTRACIÓN DE SOLUCIÓN DE COAGULANTE				
	10%	5%	1%	0.5%	0.1%
10	0.2	0.4	2	4	20
15	0.3	0.6	3	6	30
20	0.4	0.8	4	8	40
25	0.5	1.0	5	10	50
30	0.6	1.2	6	12	60
35	0.7	1.4	7	14	70
40	0.8	1.6	8	16	80
45	0.9	1.8	9	18	90
50	1.0	2.0	10	20	100

Hecha la mezcla rápida, procédase a flocular y sedimentar el agua en forma usual.

Durante el proceso evalúese el tamaño del floc (índice de Willcomb) y la velocidad de reacción.

Tómese del sobrenadante, la turbiedad y colores residuales, grafique y compare.

Determinación de la velocidad de sedimentación de las partículas.

El grado de floculación se expresa como N_t / N_0 , en donde N_0 es la concentración de las partículas iniciales, y N_t concentración de partículas sin flocular después del tiempo t . Para una suspensión de partículas finamente divididas, la concentración puede ser medida por la dispersión que sufre la luz al pasar por ella, es por la turbiedad, considerando que a mayor turbiedad mayor concentración de coagulante, se sigue así y si medimos la turbiedad residual a través del tiempo, durante un ensayo de coagulación, podemos obtener N_t para diferentes N_0 .

$$\begin{aligned} \text{Valor de } t &= \frac{N_t}{N_0} \\ &= \frac{\text{Turbiedad de agua en el momento } t}{\text{turbiedad de agua cruda}} \end{aligned}$$

Pasos para realizar una prueba de jarras utilizando un agitador convencional:

1. Se determina la turbiedad del agua cruda (N_0).
2. Se aplican los coagulantes mientras se hace girar el agitador a 100 rpm, o se agrega el agua a la jarra con coagulante.
3. Después de hecha la mezcla rápida, se cambia la velocidad de las paletas a 40 rpm, o la que juzgue conveniente, durante 15 a 30 minutos.
4. Se suspende la agitación, se levantan las paletas y se empiezan a tomar muestras del sobrenadante a intervalos regulares de tiempo, por ejemplo: $t_1 = 1$ min; $t_2 = 3$ min; $t_3 = 5$ min; $t_4 = 10$ min; $t_5 = 60$ min, para extraer las muestras se puede usar pipeta volumétrica, introduciéndola de 4 a 5 cm dentro del agua.
5. Con los resultados, se dibuja en una curva, el floc removido versus tiempo de sedimentación. Al agua analizada se determina turbiedad inicial y turbiedad residual.



De las curvas, así obtenidas se puede deducir, que la concentración de coagulante tiene directa influencia en la velocidad de floculación y asentamiento de los flocs.

- Como se ve la prueba sirve para comparar las diferentes concentraciones de coagulante.
- Compara el trabajo de coagulantes distintos.
- Comparar el trabajo de los coagulantes en las jarras y en la planta de tratamiento.

En este último caso se puede comparar los resultados obtenidos con una muestra de agua cruda y otra proveniente del final de la floculación, agregándoles la misma dosis de coagulante a ambas muestras. Al tomar las muestras en el floculador, se debe evitar el rompimiento del floc, a ambas se le debe determinar la turbidez residual, dibujar las curvas similares.

Para que este tipo de ensayo sea adecuado, es conveniente tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Se debe extraer el agua a una tasa constante. Siempre la misma para todos los ensayos, por cuanto la velocidad de entrada del flujo al sifón o a la pipeta influye en el número de partículas arrastradas. A mayor velocidad de entrada, mayor cantidad de floc succionado.
- La muestra debe tomarse a una profundidad constante de 4 a 5 cm.
- Debe buscarse que el nivel del agua en las jarras baje el mínimo indispensable durante el ensayo. Para evitar una modificación sustancial del volumen analizado. Esto limita a un máximo de 400 ml de muestras que se pueden obtener de una jarra de 200, lo que produciría una reducción del 20% de volumen.
- La temperatura debe ser la misma en todas las jarras durante todo el tiempo que dure el experimento, e igual a la temperatura de la planta.

5.1.3. Determinación de la influencia del pH en la coagulación:

La determinación se realiza a través de los siguientes pasos:

1. Se efectúa la prueba de jarras en forma convencional, y se determina la dosis óptima de coagulante.

2. Se coloca luego la misma cantidad de agua en las 6 jarras y a cada una de ellas se agrega dosis crecientes de cal diluida 0,1 N, para subir el pH, hasta que el pH varíe desde el original hasta 8 - 9 en la última jarra.
3. A continuación, se pone rápidamente la dosis óptima de coagulante, agitando el agua durante el proceso.
4. Se disminuye la velocidad de rotación a 30 - 40 rpm y se deja flocular por 20 - 30 minutos.
5. Se retiran las paletas de los vasos, se deja sedimentar por 10 - 15 minutos.
6. Se extrae el sobrenadante y se determina el pH, la turbiedad el color y alcalinidad residuales.
7. Se grafican los datos obtenidos.
8. Se repite el procedimiento, utilizando polímero. En ambos casos se ve la influencia del pH.

El polímero no sólo resulta buen coagulante, sino que da mayor consistencia y peso a los flocs.

5.1.4. Operación en unidad de mezcla rápida:

Este proceso consiste en distribuir el coagulante en forma rápida e instantánea en toda la masa del agua.

La mezcla rápida debe ser instantánea, porque las reacciones de coagulación demoran apenas entre 0,1 y 7 segundos, dependiendo de la turbiedad del agua.

Cuando la turbiedad del agua es muy baja, menor de 30 NTU, hay poca concentración de partículas en el agua y se necesitan dosis alta de coagulante para juntarlas, y mayor tiempo para que se realice la reacción, a este tipo de coagulación se llama coagulación por arrastre o por barrido.

Cuando la turbiedad es alta, las reacciones de coagulación, se efectúan muy rápidamente, debido a la alta concentración de partículas presentes en el agua.

Este tipo de coagulación se le denomina coagulación por absorción.

La mezcla debe efectuarse en forma uniforme y completa. El coagulante debe aplicarse en un punto de gran turbulencia y en soluciones de concentración muy baja de 1-4%. El problema principal para lograr una mezcla uniforme, reside en las cantidades de coagulante son muy pequeñas comparadas con el volumen de agua tratado. Así por ejemplo una dosis media de sulfato de aluminio de 30

mg/l a una concentración del 10% aplicada a una masa de agua a tratar de 1 m³/s, significa dispersar 300 ml de solución en un metro cúbico de agua por segundo, por esta razón, la concentración del coagulante debe ser muy baja, para que la diferencia de volúmenes no sea tan acentuada y la mezcla se facilite; pero si las soluciones se diluyen demasiado, traerá como consecuencia, una acentuada disminución de la eficiencia del proceso de coagulación.

Otro factor importante para lograr una mezcla completa reside en la forma de aplicación del coagulante esta será utilizando difusores, para una distribución uniforme, para su correcta operación seguir los siguientes pasos:

1. Calibración del dosificador y arranque.
2. Abrir la compuerta de ingreso del agua a la planta.
3. Observar cuidadosamente que la dosificación sea correcta.
4. Observar que la mezcla sea completa y uniforme.

5.1.5. Operación en unidad de floculación:

Luego que el coagulante se mezcla con el agua, se forma el precipitado de aluminio que empieza a englobar a las partículas difíciles de sedimentar formando flóculos muy pequeños.

Para que estos microflóculos aumenten de tamaño y adquieran el peso suficiente para sedimentar, es necesario someter el agua a una agitación lenta, para que las partículas contenidas en el agua choquen con los flóculos recién formados y se adhieran a ellos. A este proceso de agitación lenta se conoce como floculación.

Cada tipo de agua precisa una intensidad de agitación y de un tiempo específico, que esta debe durar para conseguir un buen flóculo. El flóculo para su completa formación,

generalmente requiere de agitación decreciente, es decir fuerte al principio y luego va disminuyendo hasta ser muy leve al final, hasta cuando el flóculo formado alcance su tamaño y peso apropiado.

Para la operación y control de los floculadores, es importante analizar los siguientes factores:

i. Tiempo de detención:

Este tiempo depende del caudal, para un caudal definido el tiempo es fijo, por lo tanto, no se puede controlar o realizar ninguna acción.

ii. Dosificación:

Para la dosificación y el respectivo pH, deben realizarse los ensayos de jarras como se explicó anteriormente.

iii. Buena coagulación:

Lo importante es determinación de la dosificación mínima y el pH óptimo de floculación, una buena coagulación dependerá también de la dispersión adecuada de los productos químicos en el agua a tratar y de las condiciones de mezcla rápida.

iv. La agitación:

Conforme a lo explicado, para obtener buenos resultados en la floculación es necesario que haya una agitación para aumentar el contacto entre partículas, para esto: Vigilar el nivel del agua que no exceda ni baje del nivel normal de operación, debido a que alteraría la velocidad del agua, afectando seriamente la formación del flóculo. Constatar en que parte de la unidad se está formando el flóculo.

Seguir el siguiente procedimiento:

1. En la primera parte del floculador, tomar una muestra de agua en un vaso de vidrio, observar al tras luz la formación de flocs, repetir la operación hasta el final, hasta que se visualicen los flóculos, anotar en el informe. Normalmente

deben encontrarse flóculos en el primer tercio de la unidad, en caso contrario, estaría indicando que la mezcla o la dosificación es defectuosa.

2. En el último tramo observar si se produce sedimentación, esto indicaría dosis inapropiada de coagulante.
3. Retirar las natas y espuma de la superficie del agua, (según sea el caso).

5.1.5.1. Limpieza del floculador:

1. Cerrar la compuerta de ingreso de agua, abrir el by pass para desviar el agua hacia las unidades de filtración.
2. Abrir la compuerta del fondo, para vaciar la unidad.
3. Lavar las paredes del floculador con escobillones, aplicar chorros de agua a presión, una vez limpia la unidad, cerrar la compuerta del fondo, abrir la compuerta de ingreso, cerrar el by pass, la unidad estará operando.
4. Chequear la dosificación de clarificantes, vigilar la formación del floc siguiendo las indicaciones anteriores, de ser necesario corregir la dosificación.

Evaluación de la operación del floculador:

La evaluación del funcionamiento del floculador se efectúa a través del control rígido y sistemático de los principales parámetros físico-químicos de los procesos unitarios de la planta y se compara con los resultados obtenidos en la prueba de jarras.

Resultados muy diferentes en relación a los resultados de la prueba de jarras, pueden significar problemas hidráulicos en los procesos unitarios o problemas en los filtros.

En este caso conviene efectuar diagnóstico técnico de la planta, para solucionar problemas operacionales.

Para la evaluación de la eficiencia de la prueba de jarras, se adoptará el planeamiento sugerido por los boletines diarios del control de operación.

5.1.6. Operación en la unidad de Sedimentación:

La operación de los sedimentadores se hace para conseguir un efluente de baja turbiedad y color, hechos que facilitarán la filtración.

En la sedimentación se verifica el proceso de depósito de materias en suspensión que fueron coaguladas; la remoción de materiales en suspensión se consigue aquietando



o reduciendo la velocidad de pasaje del agua, a tal punto que provoque depósito de partículas dentro de un determinado tiempo de detención.

5.1.6.1. Evaluación de la sedimentación:

Para una buena operación y consecuentemente para la obtención de buenos resultados en la sedimentación, es necesario controlar los siguientes aspectos:

Del afluente:

- La turbiedad y El color.

Del sedimentador:

- Las purgas oportunas cada 45 minutos y el estado del sedimentador.

Cuando los resultados no corresponden a las especificaciones de funcionamiento dadas en la memoria descriptiva, se debe corregir las posibles deficiencias en procesos anteriores (coagulación y floculación), verificando la dosis óptima de clarificantes.

5.1.6.2. Puesta en marcha:

1. Cerrar las válvulas de drenaje de lodos.
2. Abrir la compuerta del agua de ingreso en un 25% de su capacidad, dejar llenar la unidad lentamente, hasta que alcance el nivel normal de operación.
3. Una vez lleno el sedimentador: abrir completamente la compuerta del agua de ingreso.
4. Dejar el agua en reposo por un tiempo prudencial (+ - 1 hora).
5. Observar si hay pérdida de flóculos por el efluente; esto puede ser motivado por una sobre carga de la unidad o que el flóculo obtenido es muy ligero.
6. Retirar el material flotante mediante un mariposero o malla para este fin.
7. Después de dos o tres meses de funcionamiento, observar si existe desprendimiento de burbujas de aire, esto puede ser debido a la fermentación de lodos por su inadecuada purga o que existen espacios muertos en el sedimentador.



8. Medir la altura de los lodos, si éstos alcanzan un nivel máximo previsto, se procederá a efectuar la limpieza general.

5.1.6.3. Operación en Parada:

1. Cerrar la compuerta de ingreso, derivar el agua hacia las otras unidades o modulo en funcionamiento.

2. Abrir el drenaje, para vaciar la unidad, paralelamente a la descarga, inicie la limpieza de las paredes internas, rasquetear las algas que se hayan adherido a las paredes.

3. Una vez vacío, bajar al fondo de la unidad y con ayuda de lampas llevar los lodos al desagüe, esta operación debe efectuarse rápidamente para evitar el endurecimiento de lodos.

4. Utilizando chorros de agua a presión de abajo hacia arriba, limpiar las placas.

5. Si existen muchas algas antes de llenar la unidad, pintar con sulfato de cobre al 1%, dejar secar por un momento.

6. Cerrar la descarga, y llenar el sedimentador lentamente, abriendo parcialmente la compuerta de ingreso para evitar la rotura de los flocs formados en la fase anterior.

7. Después que el sedimentador esté lleno, abrir completamente la válvula de entrada de agua desde el floculador.

8. Comprobar por lo menos cada dos horas la turbiedad del agua sedimentada.

9. Estos muestreos deben ser mas frecuentes, cuando el manto de lodo se muestra inestable. Pudiendo distanciarse en caso contrario.

10. Verificar la calidad del efluente, la turbiedad no debe ser superior a 20 NTU y el color no debe exceder a las 5 UC.

11. La turbidez y color elevados puede significar que la sedimentación es deficiente y esto puede tener las siguientes causas:

- Dosaje de coagulación imperfecto.
- pH optimo de cloclulación equivocado
- Sedimentadores sucios o colmatados.



Puntos de tener en cuenta:

- ✓ La determinación de oxígeno consumido, también es una buena forma de controlar la eficiencia del funcionamiento de los sedimentadores; el porcentaje de reducción debe ser:

$$\frac{02 \text{ cons. de agua cruda} - 02 \text{ cons. de agua sedimentada}}{02 \text{ consumido del agua cruda}} \times 100 > 50\%$$

- ✓ Otra forma de controlar la eficiencia de la sedimentación es a través del método de control bacteriológico; la reducción de la carga bacteriana, es un buen signo de adecuado funcionamiento.
- ✓ La turbiedad del agua sedimentada aumenta, cuando la zona de reposo, alcanza niveles máximos de lodos.
- ✓ El oxígeno consumido aumenta el porcentaje de reducción y el oxígeno disminuye cuando el lodo entra en fermentación.
- ✓ Se aconseja, realizar purgas cortas de solo 45 segundos periódicamente (entre 20 min a 1 hora), en todas las válvulas de descarga para mantener mayores áreas de sedimentación.
- ✓ La limpieza general de sedimentadores debe realizarse de preferencia cada dos meses, debido a que las altas temperaturas ambientales degradan rápidamente el sulfato de los lodos, hecho que puede generar los malos olores y sabor en el agua.

Inspección diaria:

Deben hacerse inspecciones de rutina con frecuencia diaria o siempre que haya un cambio de caudal en la planta, o en la calidad del agua cruda que ingresa, verificando donde se está depositando la nube de flocs.

Inspecciones cada 8 horas:

Debe observarse cada 4 horas, el tamaño del floc; éste debe ser compacto y su tamaño no muy grande, para que pueda sedimentar, antes de alcanzar los 2/3 de la extensión del sedimentador. En caso, de que la relación tamaño/peso del floc sea grande, la zona de sedimentación, será trasladada hacia los filtros, dificultando la

operación de éstos (reducen la carrera, y producen alta turbiedad a la salida de los filtros).

En el caso de que la relación tamaño/peso del floc sea pequeña, no habrá remoción adecuada en el agua tratada, tanto el color como la turbiedad y el color quedarán permanentes.

El lodo se acumula en la zona de reposo y cuando comienza a alcanzar otras zonas se debe lavar el sedimentador, porque en caso contrario, la corriente de agua ascendente arrastrará flocs. Ese aumento de flocs es observado en la canaleta de salida del sedimentador (zona de ascensión); sin embargo, puede ocurrir, que antes de alcanzar esta situación, se inicie la fermentación o putrefacción del lodo inferior, produciendo desprendimiento de gases que generan olor y gusto desagradables en el agua efluente.

Como operación rutinaria se recomienda las purgas horarias por solo 45 segundos cada 45 minutos, la posibilidad de acumulación de lodos es muy remota.

5.1.6.4. Control de la sedimentación

Los parametros utilizados para el control del agua sedimentada son: olor y turbidez. El agua sedimentada debe tener un maximo de 5 UC (unidades de color).

Turbiedad:

El sedimentador debe remover por lo menos el 90% de la turbiedad.

El color y la turbiedad elevados pueden significar que la sedimentación no este siendo eficiente por alguna de las siguientes razones:

- Aplicación de coagulante en zona inconveniente.
- Dosificación de coagulante imperfecto (sin previa prueba de jarra).
- pH de floculación inadecuado.

El control del sedimentador, utilizando los parametros indicados proporciona al operador, la manera de asegurar la eficiencia del proceso de sedimentación, y evidentemente aconseja la corrección de las fallas que puede existir.



5.1.7. Operación de los filtros:

Al proceso de remoción de las partículas suspendidas no sedimentadas, a través de un medio poroso se conoce como filtración; es prácticamente el proceso de refinación del agua antes de la desinfección, por lo tanto, la calidad del agua filtrada, debe estar de acuerdo con los patrones de calidad establecidos.

Al pasar el agua a través de un lecho de arena, se verifica:

- La remoción de los materiales en suspensión y sustancias coloidales.
- La reducción de bacterias presentes, este fenómeno ocurre por la acción mecánica de colado. Después de un periodo de operación la capacidad de filtración disminuye, debido a que los espacios existentes entre los poros o los granos de arena van disminuyendo a esta resistencia, al pasaje del agua se conoce con el nombre de pérdida de carga.

Después de un periodo de funcionamiento, será necesario efectuar el lavado del medio filtrante para remover las impurezas retenidas.

El periodo entre lavados se conoce con el nombre de carrera de filtración; la duración de la carrera dependerá de:

1. La calidad de agua ingresada a los filtros.
2. Las características del medio filtrante (granulometría, espesor de la camada y calidad del material filtrante).
3. Las características hidráulicas del sistema, tasa de filtración.
4. Las características del filtro (carga hidráulica disponible y controles de operación).

Especificaciones de materiales filtrantes:

Se cuenta con cuatro filtros rápidos, de filtración de alta tasa de flujo descendente con un área de filtración de 12 m² c/u para operar con un régimen de 250 m³/m²/día, las dimensiones del área filtrante son: 3.25 x 3.75 m, el lavado se realiza con agua con flujo en contracorriente, con suficiente expansión para garantizar la limpieza de la arena. El agua de lavado es abastecido por agua de cisterna apoyada a través de 2 electro bombas de 48 hp.

El falso fondo de los filtros esta constituido por placas pre-fabricadas de concreto cuyas dimensiones son: 0.90m x 0.75m x 15cm de espesor y 0.75m x 0.75m x 15cm de espesor con orificios de descarga vertical de 2 cm de diametro a los cuales se instaron las boquillas de lavado y filtración que garantizan una distribución uniforme de agua.

El medio filtrante esta constituido por una capa de soporte de grava, sobre la que se ha colocado una capa de arena de 0.25 m de espesor y una de antracita de 0.50 m de espesor, ambos materiales con características especiales, la arena que se usa en los filtros rapidos es menor a 2.00 mm de diametro y esta compuesto de material siliceo con una dureza de 7 en la escala de Mohr y un peso especifico no menor de 2.6, debera estar limpio, sin barro ni materia organica.

Para eliminar el agua de lavado, se usan dos canaletas de 0.35 m de ancho y profundidad variable, los que descargan al canal de evacuacion del agua de lavado, que se encuentra ubicado a un costado de la caja de cada filtro.

El ingreso de agua a los filtros es controlado por medio de compuertas metalicas con vástago y volante de accionamiento manual. El agua filtrada es recolectada por medio de una tuberia, la cual se interconecta con los demas filtros y conduce el agua filtrada para su posterior cloración o desinfección en la cisterna de 200 m³ de capacidad.

5.1.7.1. Operación

Estas unidades se operan mediante el cierre o apertura de las valvulas por accionamiento neumatico comandados mediante una mesa de control, donde se concentran todos los mandos del filtro.

1. Registrador de caudal de lavado.
2. Registrador de caudal de filtración.
3. Registrador de perdida de carga.
4. Control del agua sedimentada.
5. Control de salida del agua filtrada, control de la valvula de drenaje.
6. Control de la valvula de retro lavado.
7. Control de las valvulas de aire
8. Totalizador del volumen de agua de lavado.
9. Registrador de expansion de arena.



5.1.7.2. Operación de lavado

1. Comprobar que el tanque o cisterna de agua de lavado este completamente lleno, antes de iniciar la operación de lavado.
2. Anotar en la hoja de control la hora que se inicia la operación.
3. Cerrar la válvula de ingreso de agua al filtro.
4. Dejar filtrar el agua que queda en el filtro.
5. Cerrar la válvula de agua filtrada.
6. Abrir el desagüe del filtro.
7. Proceder al rasqueteo
8. Evacuación de arena
9. Pintado de paredes internas

Anotar el agua gastada durante el lavado, indicada en el registrador de la mesa de control.

5.1.7.3. Control del proceso de filtración:

Antes de poder realizar cualquier estudio del proceso de filtración en la planta de tratamiento es necesario:

- Analizar las condiciones en que éste se desarrolla, específicamente la precisión de los datos suministrados por los equipos de control y medida de flujo del filtro, así como el estado en que se encuentra el medio granular que se usa.
- Conocida esta información, evaluar la forma como se está desarrollando el proceso y la eficiencia en la remoción de microorganismos y partículas suspendidas no sedimentadas.

El primer tipo de estudio comprende:

1. Precisión de los instrumentos de control de la filtración:

- Medidor de caudal de filtración.
- Medidor de pérdida de carga.
- Amplitud de las oscilaciones de la pérdida de carga.

2. Control de lavado:

- Controlador del caudal de lavado.



- Duración del lavado.
- Expansión de la arena.
- Desplazamiento de la grava.

3. Análisis del medio filtrante:

- Granulometría.
- Determinación de bolas de lodo.
- Peso específico.
- Porosidad.
- Dureza.
- Solubilidad en ácido clorhídrico.

El segundo tipo de estudio comprende:

1. Medición de turbiedad.
2. Medición del número de partículas, control microscópico.
3. Dureza del floc.
- 4.- Medición del aluminio residual.
- 5.- Análisis bacteriológico.

Es evidente que no siempre se requiere realizar todas las pruebas anteriores. Según el criterio del operador, algunas de ellas podrán o tendrán que realizarse en forma rutinaria, otras sólo ocasionalmente, cuando se desean efectuar estudios específicos.

a. Medidor de caudal de filtración:

El sistema de medida de flujo en el caso de estos filtros, se determina por la variación en el nivel del agua, en la mesa de operación se incluye un dial que marca los l/s o m³/h, que cada unidad de filtración está produciendo.

Es conveniente determinar cuál es la precisión de las lecturas que aparecen en él, el método más simple es el siguiente:

1. Cerrar la válvula afluente
2. Cerrar la válvula efluente.
3. Lavar el filtro en forma convencional.
4. Suspender el lavado y llenar el filtro hasta el nivel normal.

5. Colocar la regla graduada en el filtro.
6. Abrir la válvula efluente y determinar en segundos el tiempo que tarde en bajar el nivel de 20 a 30 cm.

Conocida el área (A) del filtro, en m, para un descenso de 20 cm, el flujo promedio será:

$$Q = \frac{0.20 A}{t}$$

Si el flujo Q, así hallado no coincide con el que marca el dial, es señal de que éste se encuentra, descalibrado, y debe buscarse la manera de repararlo.

b. Bolas de lodo:

El objetivo de esta prueba es medir la cantidad de bolas de lodo existentes en el medio filtrante.

La presencia de estas se debe generalmente a un lavado deficiente que no remueve el material retenido en el lecho durante el proceso de filtración o a una frecuencia incorrecta en los lavados. El procedimiento es el siguiente:

- Drenar el filtro hasta cerca de unos 30 cm por debajo del nivel de la arena.

En cuatro puntos seleccionados del lecho filtrante, introduzca un muestreador para extraer muestras del medio granular. El volumen aproximado de un muestreador de 10 cm de diámetro por 16 de profundidad, es aproximadamente 1250 ml, las 4 muestras darán un total de 5 litros.

El material se vierte en un tamiz N° 10, el que se sumerge luego en un balde con agua, moviendo el tamiz suavemente, para que la arena se desprenda y queden retenidas las bolas de lodo. No debe colocarse porciones grandes de muestra en el tamiz, para evitar el rompimiento de las bolas.

Transferir las bolas en una probeta conteniendo una cantidad conocida de agua, por ejemplo, puede utilizarse una probeta de 500 ml, a la que se agregó 200 ml de agua, el volumen de bolas de lodo será dado por el aumento del volumen de agua en la probeta.

El resultado se expresa en porcentaje con respecto al volumen de la muestra procesado así:

$$\text{bolas de lodo} = \frac{\text{incremento de volumen en la probeta} \times 100\%}{\text{volumen de muestra}}$$

La clasificación del filtro según su porcentaje de bolas de lodo, se da en la tabla siguiente:

% DE VOLUMEN DE BOLAS DE LODO	CONDICIONES DEL MEDIO FILTRANTE
0 – 0.10	Excelente
0.10 – 0.20	Muy bueno
0.20 – 0.50	Bueno
0.50 – 1.00	Regular
1.00 – 2.50	De regular a malo
2.50 – 5.00	Mal
7.50	Muy malo

c. Peso específico:

La determinación del peso específico de una muestra de medio granular puede realizarse de la siguiente manera:

1. Sacar la muestra del medio filtrante que se quiere analizar durante 24 horas a 103° C.
2. Pesar cuidadosamente una muestra de 150 g y colocarla en un vaso de precipitación de 400 ml.
3. Añadir 100 ml de agua destilada y hervir durante 5 minutos a fin de expulsar el aire.
4. Pesar el matraz de secado de 250 ml.
5. Enfriar y llevar la muestra a ese matraz. Completar con agua destilada hasta la marca.
6. Pesar el agua y el matraz mas la muestra del lecho filtrante. El peso específico sera igual a:

$$\delta = \frac{\text{Peso de la muestra (150 g)}}{\text{volumen de la muestra}}$$

El volumen de la muestra es igual a:

$$V_m = V_a - V_b$$

$$V_a = \text{Volumen de la muestra + agua} = 250 \text{ ml}$$

$$V_b = \text{Volumen de agua desplazada}$$

La secuencia de calculo se puede observar en el ejemplo siguiente:

- Peso del matraz + la muestra + agua = 441.4 g.
- Peso de matraz sol = 98.2 g.
- Peso de la muestra + agua (441.4 – 98.2) = 343.2
- Volumen del agua (343.2 – 150.0) = 193.2
- Volumen de la muestra (250.0 – 193.2) = 56.8
- Peso especifico = $\frac{150}{56.8} = 2.64$

d. Porosidad:

La porosidad del lecho filtrante debe determinarse de manera que sea indicativa de la que existe en los filtros.

En la práctica la porosidad no es constante, sino que cambia con la velocidad del lavado y con la sedimentación de las partículas cuando se suspende el flujo ascensional. Se considera que varía entre 42 y 44 % para arena. Existen dos metodos para analizarla, se describe el método de Hulbert y Feben.

- Colocar 150 g de arena en un tubo Jackson de 0,75 m de largo y 2,8 cm de diámetro, llenar hasta la mitad con agua. La muestra debe lavarse previamente para eliminarse la tierra y el polvo que puede contener.
- Agitar a fin de extraer el aire.

Si el agua es turbia decantar hasta clarificar.

- Llenar el tubo completamente con agua, y colocarle un tapón de goma de modo que no quede burbujas de aire adentro.
- Rotar el tubo en 180°
- Cuando la arena se sedimente en el fondo del tubo rotar de nuevo rápidamente 180 y colocarlo en un soporte a fin de que permanezca verticalmente sin perturbaciones.
- Marcar el tubo con un lápiz especial el borde de la arena.
- Remover la arena y el agua del tubo.
- Añadir agua hasta la marca que se hizo en el tubo y medir este volumen en un cilindro graduado (probeta).

La porosidad en porcentaje será igual a:

$$P = \frac{\text{Volumen de vacios}}{\text{Volumen de la muestra}} \times 100$$

e. Dureza de la arena:

La dureza puede obtenerse, determinando el porcentaje que se pierde por abrasión. Para ello se coloca 500g de arena desecada a 103°C durante 24 horas y pesada. El material filtrante que se quiere analizar en un tubo de vidrio, se inyecta por el fondo un flujo suficiente para obtener la fluidificación.

Incipiente por 60 m horas, no debe fluidificarse el medio, porque en este caso no hay abrasión.

Se saca el medio filtrante, se le deseca durante 24 horas a 103°C, se pesa de nuevo, la diferencia de peso será el peso del material perdido por abrasión. El porcentaje D, de pérdida será:

$$= \frac{500 - W^c}{500} \times 100 D$$

Donde Wc = peso despues de 60 horas de lavado.

f. Solubilidad en ácido clorhídrico:

La solubilidad en ácido clorhídrico del medio filtrante se determina de esta manera:



1. Lavar una muestra de 10 g de arena con agua destilada, desecarla a 193°C durante 24 horas y pesar.
2. Sumergirla en solución de ácido clorhídrico al 40% (al volumen, preparado diluyendo 4 volúmenes de HCl, de peso específico 1,18 - 1,20 con 10 volúmenes de agua destilada).
3. Dejar la muestra así durante 24 horas a temperatura de 18 a 20 °C.
4. Retirar la arena, lavar en agua destilada desecar y pesar de nuevo. El porcentaje de solubilidad será:

$$\% \text{ de solubilidad} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso original}} \times 100$$

La arena debe tener una solubilidad menor del 5%.

5.1.6.4. Eficiencia de los filtros:

La determinación de la eficiencia de los filtros, puede hacerse de varias maneras, las más comunes son:

- Medida de la turbiedad del efluente.
- Control del número de partículas.
- Medición de aluminio residual en el efluente.
- Filtración en filtros pilotos.

i. Turbiedades permisibles del agua filtrada:

Los límites permisibles de turbiedad del agua deben analizarse desde dos aspectos: el estático y el sanitario.

El aspecto estático es el que recibió mayor consideración en el pasado, desde este punto de vista se fijó como límite una turbiedad máxima permisible de 10 NTU para el efluente de los filtros, el cual bajó a 5 NTU.

Desde 1988, rige la norma de la EPA que exige una turbiedad inferior a 1,0 NTU en el 95% de las muestras tomadas en un mes.

En realidad, el control de la turbiedad es uno de los métodos más simples y prácticos para evaluar la eficiencia no sólo de la filtración sino de todos los procesos de tratamiento. Las turbiedades inferiores a 1.0 TU indican una operación cuidadosa de

todo el sistema, es segura desde el punto de vista bacteriológico, en lo referente a la remoción de virus y protozoarios patógenos, que difícilmente son eliminados en los procesos de desinfección.

Hudson (1962), correlacionó el número de casos de hepatitis en las diversas localidades de los Estados Unidos, con la turbiedad del agua filtrada, y se encontró que existe paralelismo, entre la incidencia de enfermedades virales y el grado de clarificación obtenido.

Sobre la efectividad de tratamiento y la remoción de virus se demostró que cuando existe paso de turbiedad por el filtro simultáneamente aparecen un incremento de la población viral en el efluente, surgiendo la teoría de que las partículas de virus van asociadas a la turbiedad. Estos hechos condujeron a hacer más estrictos los reglamentos sobre calidad de agua filtrada.

La AWWA adoptó como meta 0,1 NTU como un máximo de turbiedad de agua filtrada; debido a que existe.

Evidencia de que la ausencia de organismos patógenos está asociada con la ausencia de la turbiedad, y que la completa ausencia de sabor y olor requieren ese grado de clarificación.

La EPA (Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos) ha fijado como norma una turbiedad igual o inferior a 0,5 NTU, para el 95% de muestras tomadas en el mes.

Por otra parte, el costo de producción de un agua que cumple con estas especificaciones, generalmente no es mayor, debido a que solamente se debe obtener un mejor rendimiento de las instalaciones existentes.

ii. Índice de dureza del floc:

Existe una serie de métodos sugeridos para evaluar la dureza del floc; uno de ellos es correlacionar el esfuerzo cortante que ha sufrido el floc, con la pérdida de carga del filtro (h) asumiendo que ha llegado a su máximo y cuando la turbiedad en el efluente ha excedido el límite permisible de turbiedad (1,0 NTU).

Este esfuerzo cortante crítico puede ser mayor, menor o igual que el esfuerzo

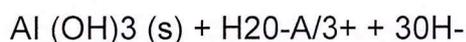
$$\frac{rc}{rm} = \frac{(hc)^{1/2}}{(bm)^{1/2}} = \text{Indice de dureza}$$

iii. Aluminio residual:

Si bien el aluminio residual no puede considerarse como una manera de medir la eficiencia de la filtración, es un parámetro importante que debe determinarse por los perjuicios que produce el mantener altos contenidos de Al^{3+} en la red; básicamente estos perjuicios son dos:

- Post precipitación de partículas en el sistema de distribución con el consiguiente mal aspecto del agua.
- Intoxicación de los pacientes de diálisis, debido a l alto contenido de aluminio.

La ecuación de disociación del hidróxido de aluminio en las aguas es como sigue:



Por tanto:

$$k = \frac{[Al^{3+}][OH^{-}]^3}{[Al(OH)_3]} = 10^{-33}$$

Cuando se agrega sulfato de aluminio al agua, puede disolverse hasta 500 g/l, sin producir sobre saturación, siempre y cuando el pH baje por debajo de 3; las soluciones concentradas de sulfato, tienen un pH entre 2 y 2,5, según sea la alcalinidad que tenga el agua, por eso se puede disolver tanto sulfato. Valores de solubilidad del aluminio

Solubilidad mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ $14H_2O$	pH			
	3	4	5	5.5
	10,000.00	51.30	0.30	0.03
Al +++	450.00	2.33	0.014	0.014

En cambio, en las soluciones diluidas que tienen pH relativamente altos, superiores a 5,5, la solubilidad del sulfato es baja, pero aumenta rápidamente en proporción de un orden y magnitud por cada unidad de pH. Por eso el pH 6,5 la temperatura de 15°C, la solubilidad del sulfato es del orden de 0.3 mg/l equivalente a 0.014 mg/l de Al⁺⁺, mientras que a pH 8 la solubilidad llega hasta 12 mg/l de sulfato de aluminio equivalente a 0.45 mg/l de Al^{***}

La meta de la AWWA es un valor de 0.05mg/l de Al^{***} como el deseable, pero muchas veces no es posible en todos los casos llegar a ese ideal, se presenta la siguiente tabla para fijar los límites de alúmina residual.

iv. Límites fijados para el aluminio residual:

pH	6.5	7.0	7.5	8.0
Límite recomendado mg/l	0.05	0.10	0.15	0.20
Límite tolerable mg/l	0.15	0.20	0.25	0.40

Las aguas poco alcalinas y de bajo pH, tiene menor capacidad para mantener en solución el aluminio residual, sin embargo, no debería contener valores superiores a 0,15 mg/l para pH = 7,5 con un máximo de 0,45 mg/l para pH 8.

Si estos valores se exceden, se presenta una post-precipitación en la red de los coloides que han quedado sin filtrar.

Esta agua sobresaturada con ion aluminio tiende a precipitar dentro de las tuberías y cisternas arrastrando las partículas remanentes de turbiedad. En el siguiente cuadro se pueden observar el número de partículas remanentes de acuerdo a la turbiedad residual, las cuales tienden a formar con el tiempo un floc lo suficientemente visible, como para dar un mal aspecto al agua en la red.

Número de partículas agua filtrada:



TURBIEDAD	NÚMERO DE PARTICULAS / ML
5	107
0.5	106
0.05	105

Hallando una correlacion entre concentración de compuestos de aluminio soluble en el agua coagulada y filtrada, la turbiedad y el numero de particulas.

Correlación de aluminio residual, turbiedad y número de particulas.

Sulfato de alumnio, mg/l	20	40	55	70	100	130
Alumnio residual, mg/l	0.11	0.10	0.08	0.06	0.19	0.43
Turbiedad	0.23	0.07	0.07	0.11	0.37	0.90

Número de particulas por tamaños en 50 l del efluente de un filtro

0.59 – 1,0	97000	55000	23000	17000	24000	3000
1.0 – 2,0	1,610	705	565	385	1780	4900
2.0 – 3,0	113	83	73	85	740	2320
3.0 – 4,0	30	26	33	30	236	635

v. Estudio microscópico del agua:

El procedimiento para el estudio microscópico del agua filtrada consiste en tomar una muestra de 2 litros o más, si fuera necesario, concentrarla de acuerdo a los métodos normales, ya sea por centrifugación o por filtración en el embudo, colocar el concentrado en un microscopio calibrado, provisto de ocular micrométrico y contar el número de partículas presentes en la celda.

Este método de evaluación del agua filtrada permite evaluar el material que pasa por los filtros e identificar la materia de origen biológico y las masas amorfas de origen químico.

De esta manera se puede detectar el material microscópico no óptico, que no aparece registrado como turbiedad y que tiene importancia en la evaluación de los procesos de tratamiento del agua. Este punto merece especial consideración debido a que existe poca correlación entre la turbiedad y el conteo microscópico de partículas. De aquí, que puede deducirse que la turbiedad no es un buen índice del número de partículas que el agua filtrada contiene y, por lo tanto, de la posible carga orgánica del efluente, debido a que parte del material suspendido no puede detectarse por fotometría por la insuficiente diseminación de la luz.

El problema radica en que el conteo microscópico es un procedimiento lento y tedioso que debe realizarse, aunque sea en forma ocasional.

vi. Análisis bacteriológico:

El análisis bacteriológico del agua es uno de los ensayos más característicos para medir la eficiencia del proceso de filtración y en general de los procesos de tratamiento.

El agua proveniente de los filtros, cuando el efluente tiene una muy baja concentración de partículas, debe aparecer con poca o nula contaminación bacterial, expresada como número más probable de bacterias coliformes por 100 ml. Mayores datos sobre el análisis bacteriológico se proporcionan en la sección controles de laboratorio.

5.1.8 Operación en la unidad de Desinfección:

La desinfección tiene por finalidad la destrucción de organismos vivos, potencialmente infecciosos contenidos en el agua, esta operación, se puede efectuar mediante la aplicación, de cloro, ozono, luz ultravioleta o iones de plata. La operación más generalizada es la aplicación de cloro.

La cloración consiste en la adición de cloro al agua con la finalidad de:

- Desinfectar las aguas.
- Controlar olores y sabores.

- Prevenir el crecimiento de algas y micro-organismos. La función más importante es la desinfección.

5.1.8.1 Propiedades del cloro:

- **Físicas:**

Es un gas de color verde amarillento, 2,5 veces más pesado que el aire.

- **Químicas:**

Es altamente corrosivo para los metales comunes, cuando está mezclado con el agua. Seco sólo afecta al aluminio y al latón.

Solo no es explosivo ni inflamable, pero ayuda a la combustión (es un gas comburente).

En estado gaseoso es tóxico aún en pequeñas cantidades, causa irritación a las vías respiratorias; en cantidades mayores puede causar la muerte por sofocación y asfixia. En estado líquido puede causar quemaduras a la piel.

a. Reacciones del cloro:

El cloro es un gas soluble en el agua.

Se combina con muchos compuestos orgánicos e inorgánicos, produciendo calor y en algunos casos hasta luz.

Por ejemplo:

- La reacción del cloro con el hidrógeno sulfurado (H_2S) y con las impurezas inorgánicas.
- La reacción del cloro con el amoníaco (NH_3), para formar varios tipos de cloraminas.
- El cloro se combina también con los compuestos naturales contenidos en el agua, tales como los ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales producen coloración en el agua (provienen de la vegetación descompuesta); de esta combinación se forman los complejos compuestos, entre los cuales tenemos los Trihalometanos.

- La reacción del cloro con algunas sustancias orgánicas puede ser en algunos casos violentamente explosiva, por ejemplo, la mezcla de cloro gas (Cl₂), y el metano (gas que se produce por efecto de la descomposición de la materia orgánica) en presencia de la luz solar, o luz artificial, es muy explosiva.
- La mezcla del cloro con la parafina, u otros hidrocarburos (petróleo y derivados) puede también causar fuerte explosión.

b. Desinfección con cloro:

El propósito de la cloración es destruir los organismos responsables de la difusión de enfermedades originadas por el agua.

En la destrucción o mortandad de microorganismos hay dos factores extremadamente importantes que afectan el éxito de la cloración:

1. El tiempo de contacto.
2. La cantidad de cloro añadido.

Existen también otros factores que son importantes en la cloración:

- La temperatura, que afecta la acción desinfectante del cloro, a mayor temperatura, más rápida es la destrucción bacterial.
- El pH, también afecta, a medida que el pH aumenta el valor sobre 7,0, se necesitan tiempos de contacto mayores.
- Debido a que el cloro tiene propiedades químicas activas, reacciona con muchas sustancias que se encuentran en el agua en forma natural. A menos que se encuentren en cantidades considerables consumirán todo el cloro y evitarán la formación de cloro residual libre.
- Para comprender mejor la formación del cloro residual libre, veamos cómo reacciona el cloro con el agua destilada y comparemos luego su reacción con el agua natural.



En el agua destilada la cantidad de cloro residual, está directamente relacionada con la dosis de cloro añadida, por ejemplo, si se añade 2 mg/l de cloro, se produce un residual de 2 mg/l, en el agua destilada todo el residual es libre.

En el agua natural, debido a las impurezas que naturalmente se encuentran, los residuales de cloro libre no se empiezan a formar sino hasta cuando se haya añadido la cantidad de cloro como para pasar el punto de quiebre.

5.1.8.2 Dosificadores de cloro:

La aplicación del cloro se efectúa a través de cloradores de inyección al vacío, se utiliza cloro gas en contenedores de 2000 Lb y de 150 Lb para casos de emergencia.

Se dispone de 02 cloradores operativos de funcionamiento alterno de 0 a 200 Lb/día. Para la operación normal se utilizan cilindros de 2000 Lb. Se utiliza un cilindro a la vez y se tiene otro instalado en espera. Cada uno de estos cilindros tiene su correspondiente balanza, están operativas, para el control del peso.

La dosificación de cloro es variable entre 70 a 140 Lb/día, dependiendo de la calidad del agua cruda.

Para la operación de los inyectores se dispone de dos electrobombas de operación alternada, ambas operativas.

La aplicación de la solución de cloro se efectúa en la tubería común de ingreso a la cámara de contacto de 200 m³. Para las condiciones de operación de 220 L/s. esta cámara ofrece un tiempo de retención teórico de 15 minutos.

La dosificación de cloro se controla en planta de manera de asegurar un residual a la salida de la cámara de contacto de 1.3 a 1.5 mg/L.

5.1.8.3 Operación del clorador:

En la operación del clorador se pueden distinguir tres aspectos.

1. El manejo y almacenamiento del cloro.
2. La determinación de la dosis a aplicar.
- 3.- La operación del equipo.



Las válvulas de salida obedecen a un diseño especial, de acuerdo a las especificaciones técnicas de las normas norteamericanas, estas válvulas están equipadas de seis fusibles metálicos roscados de seguridad, los cuales están diseñados para fundirse a temperaturas entre 70 y 74°C, aliviando la presión del cilindro y previniendo la rotura del recipiente en casos de incendio o de cualquier otro tipo de exposición a mayores temperaturas que las ambientales.

5.1.8.4 Manipulación de los contenedores:

El cloro es una sustancia riesgosa, y sus recipientes deben ser manipulados con sumo cuidado. Cuando se trasladan los cilindros, los casquetes de protección de las válvulas deben estar colocados, no deben dejarse caer ni recibir fuertes golpes con otros objetos. Los recipientes deben ser cargados y descargados de los camiones sobre una plataforma de recepción, que debe estar a la misma altura que la plataforma del camión.

Para transferir los contenedores al almacén deben usarse grúas hidráulicas de puente. La grúa sólo debe ser operada por personal capacitado, para prevenir el riesgo de que los recipientes caigan o se golpeen. Cuando los contenedores deben alzarse y no se disponga de grúa especial o elevador, deberá utilizarse una polea, con soporte de plataforma especial para asegurar bien el recipiente.

5.1.8.5 Almacenamiento de los contenedores:

Los recipientes de cloro pueden almacenarse dentro del almacén, echados sobre apoyos de madera.

Cuando el área de almacenamiento se encuentra dentro del interior del edificio, el recinto debe estar bien ventilado, los recipientes deben ubicarse propiciando una fácil manipulación para casos de producirse fugas de gas.

Los recipientes de cloro deben mantenerse alejados de cualquier foco de irradiación de calor intenso como radiadores térmicos o líneas de vapor, porque el fusible de seguridad del cilindro al detectar temperaturas alrededor de 70° puede fundirse y comenzar a escapar.



Los recipientes llenos y vacíos, deben almacenarse por separado. Aun cuando el recipiente esté vacío deben llevar sus casquetes de protección, y colocado el tapón en la válvula de salida.

No almacenar los recipientes cerca de materiales inflamables, ni donde se encuentre frecuentemente expuestos a la humedad.

Colocar los recipientes en orden de llegada, para ser usados de acuerdo a este orden. Los recipientes no deben estar expuestos a los rayos del sol ni a la intemperie, mantenerlos en almacenes techados en condición limpia e inspeccionar en forma regular para detectar fugas de gas.

5.1.8.6 Precauciones en el uso del cloro y sus derivados:

El cloro en todas sus formas, es una sustancia que debe manejarse con sumo cuidado, ya que es altamente tóxico. Evidentemente, en su forma gaseosa es cuando presenta mayor peligrosidad, ya que puede diseminarse rápidamente en el ambiente donde se encuentra.

Pero, los hipocloritos, tanto de sodio (líquido) como de calcio (polvo o gránulos) también requieren ser manejados cuidadosamente, ya que tienen acción corrosiva, que puede facilitar su derrame o su mezcla con otras sustancias accidentalmente. Debiendo tenerse presente aquella frase que dice: "los accidentes no suceden, se originan"

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta en el manejo del cloro, es que los equipos dosificadores patentados, traen consigo las indicaciones para su instalación y funcionamiento, cuyo contenido debe ser rigurosamente aplicado. En ese sentido los operadores de estos equipos deben recibir la capacitación adecuada, tanto en el manejo del equipo, como en los cuidados a tenerse en cuenta.

En muchos casos se ha observado que, ante una fuga de cloro en forma gaseosa, el pánico cunde entre los operadores, agravando el problema. De ahí que, cada cierto tiempo, ese personal debe llevar a cabo simulacros de fuga de cloro, así como también la revisión periódica de los equipos de protección.



5.1.8.7 Manejo y almacenamiento del cloro (gas):

En el manejo y almacenamiento del cloro gaseoso, debe tenerse presente las siguientes recomendaciones:

1. No manejar bruscamente los cilindros de cloro; nunca dejar caer los cilindros ni permitir que choquen entre sí. Para los balones deben usarse montacargas, especialmente diseñados, provistos de una barra, para bajar de un camión al suelo, es conveniente usar elevadores automotrices, o correderas con un cojín de hule en el fondo.

2. Evitar elevar los recipientes; si es indispensable hacerlo utilizar mordazas o camas de seguridad; evitar el uso de cuerdas, cables o eslingas de cadenas.

Para mover los cilindros del almacenamiento al lugar de consumo, conducirlos en montacargas, debidamente balanceadas, de preferencia con un soporte de mordaza o una cadena de seguridad, que los fijen aproximadamente a dos tercios de su altura; por lo general, los balones se manejan con el mismo tipo de equipo de seguridad que se usa para su descarga de los cilindros de furgones de carga.

3. **No almacenar** los recipientes debajo del nivel del suelo o **en la sala de alimentación de cloro**. Los balones se almacenan acostados, sobre soportes o plataformas adecuadas, debidamente bloqueados para impedir que rueden.

4. Conservar siempre los casquetes protectores en su lugar, cuando los cilindros o recipientes no se encuentran en uso, lo mismo que cuando se están manejando, porque las válvulas de descarga y los tapones fusibles no están diseñados para soportar choques; tan pronto como se vacíe y se desconecte un recipiente, volver a colocarle el casquete protector. Siempre marcar o rotular de inmediato los cilindros o recipientes vacíos; asimismo, para evitar confusiones en el manejo, es recomendable que los recipientes llenos y vacíos se almacenen en diferentes secciones de la zona de almacenamiento.

5. Comprobar que la zona de almacenamiento se encuentra bien ventilada y que los recipientes o cilindros se han dispuesto en forma que permita retirar una unidad con fugas con el menor manejo posible de los demás recipientes; arreglar que se utilice

una bodega a prueba de incendio, equipada con un sistema de ventilación por extracción.

6. Algunas marcas de cloradores poseen, además, alarmas internas dentro del aparato, acopladas a la válvula de alivio, que suenan cada vez que disminuye el vacío por debajo de un límite fijado o incrementa por encima del nivel de operación. Lo primero puede suceder por una falla en el suministro de agua, por el taponamiento del inyector o por cualquier fuga en el sistema de vacío.

7. Lo segundo puede suceder cuando existe una falla en el abastecimiento de cloro al clorador.

5.1.8.8. Control de gas fugas de cloro:

Para controlar las fugas que pudieran producirse en las estaciones de cloración, deberá tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. El menor olor a cloro puede indicar una fuga y debe exigir atención inmediata, porque las fugas pequeñas pueden ampliarse rápidamente.

2. Deben destinarse dos hombres para la reparación o corrección de una fuga de cloro para que uno de ellos actúe como observador de seguridad.

3. Deben hacerse con particular cuidado las conexiones al cilindro; cuando se utilizan conexiones de rosca, debe comprobarse que las roscas de los dispositivos y uniones sean las mismas que las de las válvulas de descarga del recipiente; **nunca se deben forzar las conexiones que no ajusten**, pues, invariablemente dan lugar a fugas.

4. A no ser que el aparato clorador se encuentre diseñado para manejar cloro líquido para la extracción del gas, la válvula de un recipiente de 68 kg debe encontrarse en la posición adecuada. Las dos válvulas idénticas en una de las cabezas de un recipiente de 68 kg se encuentran conectadas a tuberías eyectoras en el interior del recipiente.

5. El consumidor nunca debe alterar o reparar los recipientes o válvulas, excepto para atacar las fugas alrededor de los vástagos de las válvulas apretando la tuerca de la prensa-estopas.

6. Nunca se deben tocar o pisar los dispositivos de seguridad.



7. Deben abrirse lentamente las válvulas de los recipientes; no deben usarse llaves de más de 15 cm de longitud, pues el empleo de llaves más grandes o de llaves de tubo, dañan a las válvulas. Con una vuelta completa del vástago de la válvula en sentido contrario al reloj, la válvula se abre en un grado suficiente para permitir la descarga máxima.

5.1.8.9 Medios de seguridad para el manejo del cloro:

Antes de todo a todos los empleados que manejan o utilizan cloro, deben tener el equipo de protección personal adecuado en este caso una máscara anticloro gaseoso del tipo aprobado, instruyéndolos debidamente en el uso

1. Se deben realizar programas de ensayos mensuales, para familiarizar al personal con el uso de las máscaras y con la aplicación de los dispositivos de seguridad para las fugas de cloro. En gavetas colocadas fuera de la zona del equipo de cloro, donde se pueda llegar fácilmente en una emergencia, deben encontrarse máscaras anti gas, guantes gruesos holgados y mandiles de materiales no porosos.

2. Cuando se presenta una fuga de cloro, debe ponerse en marcha inmediatamente el sistema de ventilación de la sala de cloro.

3. Para la investigación de las fugas de cloro sólo debe intervenir personal autorizado y adiestrado. Las demás personas deben mantenerse alejadas de la zona afectada. Si la fuga se presenta en el exterior de un edificio, todas aquellas deben mantenerse en el lado de donde sopla el viento, con respecto a la fuga, y si es posible a mayores alturas.

4. Cuando se presenta una fuga en el equipo que utiliza cloro, antes que todo deben cerrarse las válvulas de los recipientes que lo contienen.

5. Si un recipiente de cloro con fugas, se encuentra en una posición en la que escapa cloro líquido, debe hacerse girar o levantar el recipiente, para que únicamente descargue cloro gaseoso. La cantidad de cloro que escapa de una fuga de gas es apenas alrededor del 6,23% de la cantidad de una fuga de líquido que escapa de una perforación del mismo tamaño.



6. Nunca debe aplicarse agua a una fuga de cloro, porque se crea una situación peligrosa y se empeora la fuga por la corrosiva del cloro y del agua.

7. Se retarda considerablemente la evaporación si se dispone de hielo seco y se puede empacar alrededor del recipiente con fuga; si no se puede detener la fuga, debe sumergirse todo el cilindro en un tanque de absorción con solución alcalina.

8. Debe notificarse inmediatamente al abastecedor del cilindro, indicándole que se encuentra defectuoso y que debe tomar medidas para eliminarlo.

9. Nunca debe aplicarse calor directamente a un recipiente, ya que éste puede romperse por la presión interna. Si es necesario calentar un recipiente, debe valerse de un baño de agua regulado a una temperatura no mayor de 27°C".

10. Nunca debe usarse grasa en las conexiones de cloro. Pueden aplicarse, con cuidado, ciertos tipos de grasas de silicones en los vástagos de las válvulas y en las conexiones de hule duro.

11. Si se produce un incendio, deben hacerse todos los esfuerzos para proteger los cilindros o recipientes de cloro para retirarlos de la zona de peligro. Debe informarse a los bomberos con respecto a su localización y la naturaleza tóxica del gas.

12. A fin de que las fugas puedan ser reparadas sin peligro para los operadores, debe incluirse dentro del equipo de cloración máscaras protectoras. Este es un requisito que por desgracia se descuida con demasiada frecuencia.

13. Las máscaras deben conservarse en gabinetes localizados convenientemente cerca de (pero no en) la sala de cloro, donde puedan tomarse en casos de emergencia, sin necesidad de llegar a la zona de cloro.

14. De preferencia, debe asignarse una máscara a cada empleado que tenga que ocuparse de las fugas de cloro, incluyendo a los mecánicos y todo personal que tenga que trabajar en los aparatos de cloro. Sólo mediante tal procedimiento puede ajustarse la máscara en forma permanente a la cara de la persona que

15. Se asignará a un empleado la obligación de llevar un registro de la condición de las máscaras. Dos veces al mes deben efectuarse prácticas con las máscaras de cloro y debe exigirse que cada empleado inspeccione cuidadosamente las fugas que

pueda presentar su máscara, como oculares sueltos, conexiones defectuosas de los tubos, puntos defectuosos o desgastados y canastillas desprendidas.

16. Debe advertirse a todos los empleados que deben evitar las exposiciones al cloro gaseoso por descuido o negligencia; nadie logra inmunidad frente al cloro.

17. Si un empleado es atrapado sin máscara en una zona con cloro gaseoso, debe abandonarla inmediatamente, conservando la cabeza levantada y la boca cerrada, absteniéndose de toser y de respirar profundamente y conservando su cabeza tan erguida como sea posible, hasta que llegue a la zona de aire fresco, colocarse en sentido contrario a la dirección del viento.

18. En un lugar destacado en el exterior de la sala en la que se maneja cloro, debe fijarse un ejemplar de las instrucciones de seguridad sobre el cloro; otro de esos ejemplares debe encontrarse en el equipo de primeros auxilios.

5.1.8.10 Dosis para mantener residual libre en sistema de distribución:

De acuerdo a los conceptos revisados para establecer la dosis de cloro que permita mantener una residual libre de 0,5 mg/l a través del sistema de distribución, se atravesará por tres etapas de transición.

Primero: Todo el cloro residual aplicado es consumido por los metales del agua y la materia orgánica (sedimento depositado en el sistema). Esta etapa puede acortarse mediante una limpieza progresiva del sistema de distribución, (debe purgarse todas las redes de la ciudad) comenzando en la planta de tratamiento, para terminar en las líneas de distribución más alejadas. Durante esta etapa no se detecta ningún tipo de residual en el sistema.

Segundo: Cuando la demanda inicial ha sido satisfecha, y el residual de cloro aplicado es consumido por el amoniaco. Esta etapa se identifica por la presencia de cloro residual combinado.

Tercero: Finalmente las demandas anteriores han sido satisfechas y se empieza a detectar cloro residual libre.

El procedimiento para la determinación de la dosis de cloro para producir un residual de cloro libre, puede tomar alrededor de 4 a 8 semanas, dependiendo del estado del sistema y del personal de operación disponible.

Procedimiento:

1. Limpiar con agua a presión todo el sistema de distribución, tuberías, tanques y reservorios (purga general de redes).
2. Iniciar la aplicación de cloro al agua filtrada según la dosis obtenida en el laboratorio.
3. Simultáneamente tomar muestras de agua a la salida de la planta, y en un punto central del sistema de distribución.
4. Determinar, utilizando el método D.P.D., el tipo y cantidad de cloro residual presente en la muestra.
5. Después de una semana de aplicación y muestreos continuos, aumentar la dosis en 0,1 mg/l.
6. Continuar aumentando la dosis de semana en semana hasta detectar la presencia de 0,2 mg/l de cloro residual libre en el centro del sistema de distribución.
7. Durante la etapa de producción de cloro residual combinado se presentarán problemas de olor y sabor a cloro. En este caso advertir a la población a fin mantener la calma.
8. Graficar las dosis aplicadas, contra los correspondientes valores de residual de cloro encontrados durante el proceso de determinación de la dosis.
9. Determinar la dosis de cloro (D) para obtener un residual libre de alrededor de 0,2 mg/l.

Determinar la cantidad de cloro a dosificar (C) para implantar la dosis (D) obtenida:

$$C = \frac{D * Q}{1000}$$

D= dosis en mg/l.

Q = caudal en m³/hora.

C = cantidad de cloro o dosificar en kg/hora.

5.1.8.11 Determinación del cloro residual:

Para comprobar la efectividad de la cloración, es esencial controlar el cloro residual, utilizando una determinación analítica.

Reactivos:

- Solución indicadora DPD, (N, N Dietil p fenil diamina).
- Solución estabilizadora de fosfato pH 6,2.
- Yodato de potasio (KI) en cristales.
- Solución de arsénico de sodio al 5%.

Aparatos:

- Comparador colorimétrico de cloro.
- Discos de comparación.
- Frasco para tomar muestra.

Procedimiento:

- Tomar una muestra de agua clorada.
- Llenar hasta el aforo del tubo.
- Añadir un cojin o pastilla de reactivo (DpD), agitar.
- Introducir el tubo al comparador, y con el disco de comparación ubique su similar.
- Leer de inmediato y anotar el resultado como cloro residual libre disponible.
- Para determinar el cloro residual total, utilizar el reactivo específico, efectuar el mismo procedimiento.
- El cloro residual combinado, se determina por diferencia entre el cloro total menos el cloro residual libre.



5.1.8.12 Montaje y mantenimiento de dosificadores de cloro:

i. Para la instalación:

Colocar el cilindro sobre la balanza, sobre la cual colocar bastidores con rodillos, que servirán de apoyo y facilitará el posicionamiento de las válvulas de salida, sólo entonces retirar el capuchón protector de las válvulas de salida conectar el clorador (modelo auto sostenible) con el tubo flexible, para esto:

1. Colocar el tubo flexible sobre la válvula del cilindro haciendo coincidir la tuerca que se encuentra en la tubería, con la rosca que se encuentra en la válvula del cilindro; utilizar la llave correspondiente para ajustar la unión.

2. Conectar el eyector con la bomba, para el abastecimiento de agua presurizada (las líneas bajo presión deben ser acero o de cobre, deben estar siempre secas; después de un trabajo de mantenimiento el secado se hace con vapor caliente, pasando después nitrógeno bajo presión.

Debe haber una válvula reductora de presión lo más próximo posible del cilindro en operación, destinada a facilitar las conexiones subsecuentes y destinadas a impedir la licuefacción del cloro a lo largo de las tuberías.

3. Observar la dirección de salida de la válvula superior del cilindro; si se dirige a la derecha, se necesitará un dosificador con entrada a la derecha, verificar que el dosificador tenga la dirección correcta.

4. Antes de sacar la tapa roscada, que cierra la salida de la válvula superior del cilindro de 1 Tm, verificar que la válvula esté cerrada.

5. Eliminar toda la suciedad que pueda haber en la válvula del cilindro, o en la superficie de asentamiento de la empaquetadura.

6. Colocar la empaquetadura de plomo en la entrada del dosificador, no usar nunca otros tipos, ni otros materiales. Cambiar la empaquetadura en toda ocasión, que cambie el cilindro de cloro.



5.1.8.13 Instalación del eyector - difusor:

El punto de inyección debe elegirse cuidadosamente, de modo que la presión en dicho punto sea lo más baja posible.

El eyector únicamente genera vacío, cuando existe suficiente diferencial de presión en el mismo, la presión de entrada al eyector debe ser siempre superior a la presión del punto de inyección, la que a veces se designa como "contrapresión".

El valor diferencial de presión varía en función del valor de la contra presión y de la capacidad del dosificador.

a. Parada prolongada:

1. Dejar que el eyector quede funcionando por un período más.
2. Cerrar la válvula de salida de gas del cilindro.
3. Observar el indicador de existencia de gas. Cuando esté en rojo, el flujo de gas comenzará a disminuir, la bolilla debe caer al fondo del rotámetro y quedar allí, si esto no ocurre o si la bolilla rebota, la válvula del cilindro puede no estar bien cerrada, tratar de colocar el indicador de gas en la posición verde; si todo está bien, el indicador volverá libremente a la posición roja.
4. Una vez cumplidos todos los pasos anteriores, es aconsejable desmontar el dosificador.
5. Desconectar momentáneamente la salida del dosificador, la manguera de vacío y luego reconectarla. Esto provocará la apertura del sello de vacío, posibilitando el ingreso de aire por la entrada de gas.
6. Dejar que el dosificador funcione con aire durante unos minutos para evacuar del sistema todo el gas remanente.
7. Cortar el agua del eyector y drenarlo. Desconectar la manguera para agua y las líneas de vacío, guardar el equipo en ambiente limpio y seco.



i. Cambio de cilindro:

1. Cerrar la válvula del cilindro. Vigilar que la empaquetadura de la válvula no se reseque o adhiera al vástago de la misma, dando la sensación de que la válvula está cerrada, verificar que la válvula realmente esté cerrada.
2. Dejar funcionar el eyector y observar el indicador de existencia de gas, cuando esté en rojo, el rotámetro indicará que no hay flujo de gas, la bolilla debe quedar en el fondo del rotámetro indicando que no hay flujo de gas.
3. Una vez cumplidos todos los pasos anteriores, puede procederse sin riesgo a desmontar el dosificador de la válvula del cilindro.
4. Cerrar y poner en marcha el clorador, debido a un corto período de parada.

ii. Parar:

- Cerrar el registro de entrada de vacío.
- Dejar la válvula abierta, hasta que el manómetro del clorador indique cero.
- Esperar unos minutos más para retirar todo el cloro.
- Cerrar el registro de la línea del vacío.
- Cerrar la válvula la válvula del clorador.
- Desconectar la energía.

iii. Reponer la operación:

- Conectar la energía.
- Abrir el registro de la línea de vacío.
- Verificar en el vacuómetro, que el vacío alcance el valor de operación.
- Abrir el registro de entrada del clorador.
- Regular la válvula del dosificador, para el dosaje requerido.

b. Retirar un clorador por mantenimiento:

- Dejar el clorador encendido, hasta que el manómetro del evaporador indique cero.
- Cerrar el registro de entrada del evaporador.
- Esperar unos minutos más, para retirar todo el cloro.



- Cerrar el registro de salida del evaporador.
- Desconectar la energía, después del mantenimiento.

i. Reponer en operación:

- Conectar la energía
- Abrir el registro de entrada del evaporador.
- Abrir el registro de ingreso del cloro.
- Esperar que la presión del cloro alcance el valor de operación.
- Verificar que la válvula reductora de presión se abra.
- Abrir el registro de salida del evaporador.

c. Parada rápida de la planta de tratamiento (sin interrupción de energía eléctrica):

i. Parar:

- Cerrar el registro de salida del evaporador.
- Verificar que la presión del clorador baje a cero en el manómetro.
- Esperar unos minutos más.
- Cerrar la válvula de dosificación del clorador.

ii. Reponer en operación:

- Abrir el registro de salida del evaporador.
- Regular la válvula de dosificación del clorador, para el dosaje requerido.

d. Parada prolongada de la planta de tratamiento (con interrupción de la energía eléctrica).

i. Parar:

- Esperar de 5-7 minutos, para que el cloro gas empuje al cloro líquido hacia el cilindro.
- Abrir la válvula de salida del evaporador.
- Dejar el clorador encendido, hasta que el manómetro del evaporador y clorador indique cero.
- Desconectar el vacío.



- Cerrar la válvula de dosificación del clorador.
- Cerrar los registros de entrada y salida del evaporador.
- Desconectar la energía del sistema.

ii. Reponer en operación:

- Conectar la energía del sistema.
- Conectar el vacío.
- Verificar que el vacío, alcance el valor de operación en el vacuómetro del clorador.
- Verificar el termómetro del evaporador, si el agua alcanzó el valor de operación.
- Abrir el registro de entrada del evaporador.
- Abrir el registro de salida del cilindro.
- Esperar que la presión y la temperatura del cloro alcancen el valor de la operación.
- Verificar que la válvula reductora de presión se abra.
- Abrir la válvula de salida del evaporador.
- Regular la válvula de dosificación, según la dosis requerida.

5.1.9. Laboratorio de la planta:

En el laboratorio, se hacen diaria y periódicamente los análisis para el control de procesos de tratamiento y control de calidad para comprobar que el agua que se trata cumple con las normas de calidad basadas en criterios técnicos, que definen las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua para consumo humano, que debe estar exenta de organismos capaces de originar enfermedades, y de cualquier mineral o sustancia orgánica que pueda producir efectos fisiológicos perjudiciales, y que además debe ser aceptable desde el punto de vista estético.

5.1.10 Aplicación de los valores guía:

Los valores guía para la calidad del agua potable representan el nivel o concentración de un componente, que garantiza que el agua será apta para el consumo humano y no causará riesgo significativo alguno para la salud del consumidor. La calidad del agua definida por los valores guía es tal que resulta adecuada para todo uso doméstico habitual; cuando sobrepasa un valor guía debe investigarse la causa, con miras a tomar las medidas correctivas. La cantidad que sobre pase el valor guía, el

tiempo que dura este hecho, sin que resulte afectada la salud pública, dependerán de la sustancia o la característica específica en cuestión.

Los valores guía deben ser considerados como metas que deben cumplirse o aproximarse a él, poniendo énfasis en primer lugar en la seguridad microbiológica de los abastecimientos de agua potable. Donde quiera que se aplique desinfección por cloro, el control del cloro residual es considerado como el parámetro más conveniente y significativo a ser monitoreado.

Además de la presencia de niveles elevados de un elemento contaminante, cualquier cambio repentino, o fuera de la estación, puede ser un indicador de la contaminación de la fuente. Una inmediata inspección sanitaria y análisis microbiológicos, físicos o químicos, constituirán los primeros pasos hacia la determinación de medidas correctivas necesarias.

5.1.9.1 Aspectos microbiológicos:

Idealmente el agua potable no debe contener ningún microorganismo considerado patógeno, de igual manera debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Para asegurarse de que un abastecimiento de agua potable satisfaga las guías es importante, que de manera regular se examine muestras para detectar indicadores de contaminación fecal; el primer indicador bacteriano que se recomienda para este propósito es el grupo de organismos coliformes, aunque no son de origen exclusivamente fecal, ellos están siempre presentes en las heces del hombre y de otros animales de sangre caliente, por lo que pueden ser detectados aún después de considerable dilución. La detección de organismos coliformes (termo resistente), brinda una evidencia definitiva de contaminación fecal.

Los valores guía para abastecimientos de agua distribuidos por tuberías después de tratamiento y desinfección con cloro, es cero o estar libre de estos elementos hecho que significa el mantenimiento de un residual de cloro libre de 0,5 mg/l, una turbidez y color de 1 unidad en todo momento, indica ausencia de contaminación posterior al tratamiento.

Si se detectan densidades de coliformes totales superiores a 3 organismos/100ml en muestras sucesivas, o si se detecta 1 o más coliformes fecales/100ml; se debe



incrementar inmediatamente la cantidad de desinfectante aplicado para obtener un nivel de cloro residual libre de 0,2 - 0,5 mg/l en todas partes del sistema de distribución.

5.1.9.2 Aspectos químicos y físicos:

Para evaluar la calidad físico química del agua tratada, se recomienda los valores guía en turbiedad, color, sabor, olor, materia orgánica, nitrógeno amoniacal, sólidos en suspensión, sólidos totales, dureza, metales pesados, sustancias derivadas del cloro, hidrocarburos y, en general los elementos que tengan significación para la salud como el arsénico, el plomo, selenio, mercurio, etc., si existen componentes químicos de importancia para la salud como los trihalometanos, se deberá medir sus niveles y evaluarse los resultados a lo recomendado por los valores guía.

Debido a que la Empresa de abastecimiento de agua es la responsable de la vigilancia y control adecuado de la calidad del agua potable, se debe tener en cuenta algunos aspectos en el programa de vigilancia y control de calidad.

1. La Empresa abastecedora de agua potable Santa Apolonia tiene la responsabilidad de brindar servicios con programa de vigilancia, para proteger al público de enfermedades transmitidas por el agua y de otros peligros asociados con los sistemas de agua de abastecimiento de agua.

2. La vigilancia requiere de conocimientos especializados, por lo que la entidad, deberá contar con personal especialmente capacitado en materias como la ingeniería sanitaria, química y biología.

3. Aunque el objetivo principal de un programa de vigilancia y control es garantizar un abastecimiento seguro y adecuado de agua potable, pueden definirse otros objetivos complementarios como:

- Determinar las tendencias de calidad del agua potable a lo largo del tiempo.
- Identificación de las fuentes de contaminación.
- Evaluación del rendimiento de la planta, de ser necesario sugerir modificaciones apropiadas.



5.2. OPERACIONES ESPECIALES:

5.2.1 Arranque y parada:

Esta actividad debe ser siempre programada para lograr que el tiempo de suspensión sea mínimo, con el fin de causar las menores molestias a los consumidores.

La parada total de la planta se hace muy ocasionalmente por causas especiales, para efectuar labores de mantenimiento, o reparaciones en las instalaciones, por escapes, deterioros, o por causa externa, como, por ejemplo: Una suspensión de energía, un daño en la conducción del agua cruda o en la conducción de agua tratada a la ciudad. La parada debe hacerse en días de baja demanda (miércoles - jueves).

5.2.2 Suspensión de la planta:

Las acciones a realizar en una parada total son las siguientes:

- Hacer el programa de actividades a realizar incluyendo personal necesario, transportes, herramientas, equipos y tiempo previsto para cada tarea.
- Avisar por los diferentes medios de comunicación, a los usuarios la fecha de la suspensión y el tiempo de duración.
- El día anterior a la parada, se sitúan los equipos necesarios en el sitio, tal es el caso de herramientas y materiales.
- Se ordena la parada de la planta para una hora y fecha prevista, esta operación puede iniciarse antes de la llegada del personal, si fuera necesario desocupar alguna unidad.
- La parada de la planta debe seguir una secuencia de operaciones pendientes a evitar el deterioro de la calidad en cada proceso, para ello se procede como sigue:
 - o Cierre del afluente de planta o suspensión del bombeo.
 - o Suspensión de la filtración.
 - o Suspensión de dosificadores.
 - o Regulación del tanque de distribución y cierre total del mismo.
 - o Suspensión de mezcla y floculación.
 - o Suspensión de otros equipos.
 - o Ejecución de trabajos.



5.2.3 Iniciación de la planta:

Antes de la iniciación de la planta se deben realizar ensayos de tratamiento (prueba de jarras, dosis óptima, pH óptimo de clarificantes), de acuerdo a ello calibrar los dosificadores que sean necesarios, luego los pasos a seguir son los siguientes:

- Arranque de mezcladores en los dosificadores de cal, sulfato y polímero.
- Bombeo y apertura de la compuerta de ingreso o descarga.
- Iniciación de la filtración para recuperar el nivel del reservorio de distribución.
- Simultáneamente se arranca la cloración.
- Cuando el reservorio está subiendo se regulan las compuertas de salida procurando la lenta recuperación.

5.3. OPERACIONES INTERMEDIAS:

5.3.1 Lavado de floculadores y sedimentadores:

Las frecuencias de lavado de estas unidades dependen de dos factores:

- Turbiedad del agua cruda
- Existencia o no del equipo para remover lodos, si no es necesario suspender la planta, la operación inicial es aislar el sedimentador de la siguiente manera:

5.3.1.1 Pasos a seguir para el lavado:

1. El jefe de planta debe programar las actividades a realizar y el tiempo de lavado; este depende del área de paredes y piso que haya que lavar y del personal con el que se cuente distinto al de operación normal.
2. Suministrar los rastrillos, escobas, cepillos, mangueras y llaves para conectarlas, si el lavado se hace a presión.
3. Cerrar la compuerta de entrada.
4. Cerrar la compuerta de salida.
5. Suspender floculadores y mezcladores.
6. Abrir válvulas de desagüe.



5.3.1.2 Procesos de lavado:

Generalmente el cierre se hace en horas de la mañana, antes de la llegada del personal. Como la planta es grande el vaciado demora una o más horas, previamente se instalan las mangueras en caso sea lavado a presión, se inicia el lavado de las paredes. Cuando se ha desocupado se retiran los lodos con agua a presión y rastrillos especiales.

Se recomienda rociar las paredes después de lavadas, sobre todo en la parte con una solución de sulfato de cobre y cal.

El lavado del sedimentador requiere una cuadrilla de 4 ó 6 obreros; se procura emplear el menor tiempo posible; de acuerdo a la experiencia se programa cada dos o tres meses la limpieza general del sedimentador, siempre que se cumpla la purga diaria de 45 segundos cada 45 minutos, en caso contrario la limpieza general será después de un máximo de dos meses.

Una vez realizado el lavado, se cierran los desagües se llena lentamente con agua clorinada, después de un 60% de llenado, abrir todas las compuertas de entrada y salida.

Las herramientas necesarias son mínimas, las principales son las llaves para hidrantes, para conexión de mangueras, rastrillos, rasquetas, cepillos metálicos para retirar costras, brochas.

Los sedimentadores a los que por descuido no se hizo la remoción oportuna de lodos, van acumulando éstos y formando capas espesas, en los puntos de los tanques donde la sedimentación es más efectiva, se determina la profundidad y espesor, para determinar el período de lavado.

El método más común es utilizando una varilla blanca de aluminio, que se ata a una recirculación de lodos a los mezcladores rápidos, mejorando las condiciones de sedimentación.

5.3.2 Lavado de filtros:

Los filtros en general están formados por una caja de concreto, dentro de los cuales se instalaron un falso fondo constituida por placas con niples roscados a los que

adhieren las boquillas o toberas que recogen el agua filtrada, en el fondo del filtro se han instalado tuberías especiales para el lavado con aire y agua, sobre el falso fondo se colocaron grava graduada, que sirve de sostén al lecho de arena.

Para el control de la operación, se debe chequear la tasa de filtración, con diferentes graduaciones del controlador de la tasa de filtración, cerrando el afluente y midiendo el descenso del nivel del agua en una escala graduada.

Las dificultades en la operación, son causadas por varios inconvenientes:

- Formación de bolas de lodo, incrustaciones de la arena, oclusión de aire, taponamiento u obstrucción de arena por microorganismos.

FALLAS	CAUSA	SOLUCION
Bolas de barro	Lavado deficiente	Remoción continúa del medio, corregir lavado aire y agua.
Taponamiento	Acumulación de lodo, microorganismos o incrustaciones.	Lavar mejor, remover el lecho tratarlo en el sitio
Oclusión de aire	Lecho seco fuera del nivel. Llenado muy rapido	Llenar lentamente con lavado ascensional, mantener alto el nivel. Para filtro por 10 a 15 minutos.

5.3.3 Lavado del reservorio:

El lavado del reservorio o tanque de distribución implica muchas veces suspensión total de la planta, aunque el bypass de agua filtrada evitará la suspensión total del servicio.

La limpieza del reservorio debe realizar en el mínimo tiempo posible, la cuadrilla de obreros debe estar conformada por 10 a 15 personas, provistas de capas impermeables, botas de caucho, gorros, lámparas, mangueras, lampas, llaves de hidrante.

A medida que se vaya lavando el tanque se va preparando una solución al 1% de hipoclorito de calcio, el que se aplica en el piso y las paredes, utilizando un fumigador o una bomba aspersora, luego se procura que no se pisen las partes desinfectadas, una vez cumplida la labor se inicia la entrada al tanque de agua filtrada, retirando previamente todas las herramientas y equipos utilizados.

5.4 Operaciones eventuales:

Estas operaciones se realizan generalmente cuando se presentan emergencias o cuando se programan trabajos especiales de mantenimiento.

Las operaciones de emergencia, las consideramos alternativas, siempre que no sea necesario suspender totalmente la planta.

En las estaciones de bombas se tiene siempre una unidad de reserva, como la planta es grande, se cuenta con dos tuberías de impulsión, para que, en caso de daño, el agua que se trata sea parcial cuando menos.

Igualmente, en floculadores y sedimentadores existen más de dos unidades para utilizar al menos una durante el mantenimiento de las otras. Lo mismo ocurre con los filtros.

Existen también las tuberías de bypass, para evitar la falta de producción de agua durante la limpieza de unidades y/o reservorios, o cuando se presentan escapes, puesto que las reparaciones requieren muchas veces de varios días.

Las tuberías de aplicación de sulfato de aluminio y cal, así como el de polímeros se han considerado dos para no interrumpir la operación de la planta, por obstrucciones.

5.5 Operación en situaciones de emergencia:

El aprovisionamiento de agua potable involucra una serie de operaciones encaminadas a garantizar un servicio continuo de agua de calidad apta para el consumo humano.

Todos los sistemas de aprovisionamiento de agua sufren de problemas comunes, rupturas de tuberías, interrupción del servicio, variaciones de calidad de las fuentes,



etc. También están sujetos a actos de vandalismo, huelgas que tienden a interrumpir los servicios de aprovisionamiento de agua.

Adicionalmente, se presentan con relativa frecuencia catástrofes debidas a fenómenos naturales que afectan los componentes de los sistemas, interrumpiendo los servicios.

Constituye una acción de alta prioridad el abastecer a las comunidad Cajamarquina de agua segura en forma continua, por lo cual los administradores de los servicios de agua de la EPS Sedacaj deben adoptar las medidas pertinentes para garantizar y cumplir con este objetivo, se necesita planificar y coordinar previamente todas las acciones.

5.5.1 Desastres y sus efectos en tratamiento de agua:

Se puede definir a un desastre como un evento natural o realizado por el hombre, el cual se presenta en un tiempo y espacio limitado y que causa interrupción de los patrones cotidianos de vida. Es de interés el correlacionar la probabilidad de ocurrencia de los desastres con la duración y magnitud de los efectos causados por la interrupción, comparándola con la situación de emergencia casi cotidiana que vive la mayoría de los sistemas de agua en lo relacionado con la calidad de los servicios o del agua que están suministrando a las localidades.

a. Modificación de las fuentes:

- Contaminación.
- Modificación de caudales.

b. Daño estructural:

- Destrucción total o parcial de obras civiles.
- Destrucción total o parcial de tuberías e instalaciones.

c. Transportes y comunicaciones:

- Interrupción total o parcial.



d. Energía:

- Interrupción total o parcial.

Los cuales pueden causar interrupción total o parcial del tratamiento y aprovisionamiento de agua.

Se considerará situaciones extraordinarias a aquellas cuyo origen no sea posible controlar y su presentación ocurra de una manera difícil de prever.

Así tendremos el caso de sismos, incendios, inundaciones, etc.

5.5.2 Acciones preliminares:

Cuando no sea posible mantener el suministro de agua deberá cortarse el ingreso y salida de agua; lo mismo debe hacerse con el fluido eléctrico. En ambos casos, las válvulas y llaves de interrupción deberán mantenerse en buen estado de operatividad y libres de cualquier obstáculo que impida su accionamiento.

Es condición fundamental que el personal que trabaje en la planta permanezca en sus puestos.

5.5.3 Evaluación de daños:

Inmediatamente después de la ocurrencia del fenómeno, deberá hacerse una evaluación de los daños ocasionados en cada una de las partes del sistema, desde la captación hasta la distribución para poder determinar las posibilidades de reanudación del servicio. Este trabajo debe hacerse en el mínimo de tiempo.

Determinados los daños ocurridos en cada una de las partes del servicio y la necesidad de personal, equipos y materiales para las reparaciones, deberá procederse a la ejecución de las mismas, en caso de disponer localmente de los recursos; de lo contrario, se deberá hacer la gestión correspondiente a nivel zonal o regional.

De acuerdo con la magnitud de los daños, se deberá hacer un programa de ejecución de obras dentro del cual tendrá "máxima prioridad" el aspecto producción, el cual no necesariamente tendrá que estar sujeto a la producción en la planta.

5.5.4 Medidas previas a la catástrofe:

El mayor número de catástrofes para tratamiento y aprovisionamiento de agua ocurre súbitamente y, generalmente, es poco el tiempo disponible para tomar medidas preventivas. La tecnología actual sólo puede pronosticar la ocurrencia de una catástrofe natural momentos o, en el mejor de los casos, tan sólo unos cuantos días antes de que se presente. En consecuencia, el único medio significativo por el que pueden contrarrestarse los efectos de una catástrofe natural es desarrollando un estado de preparación conveniente para áreas con un alto riesgo de catástrofes.

- El objetivo de las medidas previas a la catástrofe es reducir o eliminar restricciones sanitarias ambientales que pueden demostrar ser vitales para el área afectada una vez ocurrida la catástrofe. Para lograr este objetivo, se deberán tomar las siguientes medidas:
- Desarrollar un plan de operaciones para emergencias.
- Desarrollar un programa de emergencia que abarque educación e información al personal y público por igual.
- Adoptar medidas preventivas sanitarias ambientales.

Las acciones mencionadas se ampliarán a continuación:

5.5.4.1 Plan de emergencia de operación de plantas de tratamiento:

Este plan deberá definir clara y sencillamente las acciones de QUIEN hace QUE y CUANDO con los recursos locales existentes a continuación de una catástrofe natural. Este plan deberá ser sencillo, positivo y breve, diciendo quién hace qué cosa, cuándo y siguiendo qué pautas y prioridades. Esto no quiere decir que la descripción de organización de funciones y responsabilidades sea menos importante sino, más bien, que tales descripciones generalmente tomarán la manera en que mejor puedan usarse los recursos existentes conforme a las circunstancias singulares de cada catástrofe natural.

El plan general de operaciones deberá ser, en principio, una guía para coordinar las acciones que tomarán los servicios de administración de sistemas de aprovisionamiento de agua tan pronto como sea pronosticada una catástrofe. El plan deberá:

- Plantear hipótesis sobre los daños esperados a consecuencia de la catástrofe.
- Mostrar cómo estimar la capacidad en potencia de los recursos que quedan después de la catástrofe.
- Indicar cómo estimar las necesidades de la comunidad.
- Decir cómo adaptar la capacidad a las necesidades.
- Especificar prioridades para diferentes líneas de acción.
- Indicar cómo programar el uso de los recursos.
- Asignar tareas específicas al personal sanitario sobreviviente.

i. Medidas Preventivas:

a. Contaminación de los abastecimientos de agua:

Uno de los mayores peligros para la salud pública que se asocian generalmente con las catástrofes es el riesgo de contaminación de los abastecimientos de agua. La contaminación puede producirse en diferentes puntos: la fuente, durante la transmisión, en la planta de tratamiento, durante el almacenamiento o en cualquier punto de la red de distribución. Los daños causados a las estructuras de obras de ingeniería civil son causa fundamental de la contaminación, o por derrame de sustancias químicas.

En caso de emergencia, la contaminación microbiológica debería ser la primera preocupación de la persona que tiene a su cargo la operación de plantas de tratamiento de agua, requiriéndose realizar las siguientes medidas preventivas:

- Identificación de fuentes alternas de aprovisionamiento de agua, así como las respectivas obras de captación.
- Protección de los tanques de almacenamiento con cubiertas adecuadas.

b. Daño estructural a obras de ingeniería.

Las medidas preventivas para las estructuras de obras de ingeniería abarcan:

- Reforzar las estructuras para que soporten los efectos de la catástrofe.
- Disponer de instalaciones o facilidades para conexiones directas. Es decir evitando el paso del agua cruda por la planta, llevándola directamente al lugar de cloración donde el agua pueda ser, cuando menos, clorada en caso de que la planta, su equipo o sus procesos fallaran.

- Mejorar el anclaje y apoyo de maquinaria, equipo y tanques de almacenamiento para que resistan los efectos de la catastrofe.
- Rediseñar y/o reubicar las unidades o instalaciones potencialmente inseguras.
- Adoptar reglas y procedimientos estandar de operación para proveer el máximo estado de preparación en caso de una catastrofe natural.

Preparar, actualizar y usar métodos de diseño específico para proteger estructuras, equipos y suministros contra el impacto de una catástrofe. Se deberán adoptar diseños específicos en la medida posible para incrementar la capacidad del sistema en situaciones de emergencia.

c. Fallas de transporte:

La construcción de caminos secundarios alternos para llegar a los puntos vitales del sistema de agua.

- Identificación de todos los medios de transporte posibles que pueden utilizarse durante emergencias, particularmente vehículos terrestres de tracción en las cuatro ruedas.
- Un punto final al que se tiene que dar consideración es la protección del personal de emergencias. Dentro de un plan de emergencia se deben adoptar medidas preventivas para el personal. A todos los trabajadores que se desempeñan en situaciones de emergencia se les debe garantizar un alojamiento apropiado, vacunas necesarias e instrucciones para el manejo adecuado de equipo y suministros, así como para su protección personal (vestimenta e instalaciones sanitarias y alimentos).

d. Paralizaciones del suministro de energía:

Estos efectos pueden reducirse o eliminarse adoptando las siguientes medidas preventivas:

- Uso de generadores alternos fijos en la planta de tratamiento de agua y estaciones de bombeo.
- Usar aprovisionamiento de agua a gravedad para mantener una distribución limitada.

5.5.5 Tratamiento y aprovisionamiento de agua después de catástrofes:

Las medidas de emergencia deberán ser puestas en práctica tan pronto como se advierta a un área de la ocurrencia inminente de una catástrofe natural. Las medidas de emergencia inmediatas que serán consideradas pueden dividirse en tres períodos:

- El período de alarma (pocas horas o días antes de que ocurra la catástrofe).
- Si fuera factible, definir la probabilidad de ocurrencia.
- El período de ocurrencia de la catástrofe (variable según el tipo de desastre).
- El período de emergencia posterior inmediato a la catástrofe (variable, pero normalmente de una semana a un mes).

El objetivo fundamental de esta etapa será proteger a la población contra los posibles peligros y asegurar la disponibilidad de agua, alimentos, refugio y ropa en el área amenazada.

5.5.5.1 Período de alarma:

1. Informar y movilizar a todo el personal y a Defensa Civil.
2. Informar a la población de las medidas que pueden tomar para su autoprotección.
3. Proteger los elementos clave del abastecimiento de agua y especialmente de la planta de tratamiento de agua.
4. Examinar y difundir criterios para uso de agua segura.

5.5.5.2 Período de ocurrencia:

Hacer una evaluación inmediata de los daños y preparar una lista estableciendo la prioridad de las medidas para atender los problemas y necesidades identificados.

5.5.5.3 Período de emergencia inmediato posterior a la catástrofe:

Tan pronto como el impacto de la catástrofe disminuya hasta el grado en que pueda iniciarse la labor de operación de plantas de tratamiento de agua y aprovisionamiento de agua de emergencia, los objetivos básicos serán:



- Aprovisionar de agua potable - o por lo menos segura - en por lo menos 30 l/hab/d a la población en general y a usuarios especiales: hospitales, clínicas y al personal de equipos de socorro y rescate.
- Protección de las fuentes y componentes del sistema y, especialmente, de la planta de tratamiento de agua.

5.6 Problemas más comunes en la operación de la planta de tratamiento:

- Mala formación de floc o falta de peso, hecho que afecta la sedimentación.
- Mala floculación por agitación inadecuada.
- Mala sedimentación por desequilibrio en distribución de flujo.
- Formación de algas en los tanques y canales de las instalaciones.
- Malos resultados en procesos de tratamiento por desconocimiento del caudal exacto, del agua que se está tratando.

5.6.1 ¿Cómo detectarlo? Soluciones:

• Mala formación de floc y su falta de peso:

Esta anomalía se nota en las cámaras de floculación durante las inspecciones que el operador debe efectuar a diario, tomando muestras del agua y dejando sedimentar en el cono Inhoff, verificándose, si la dosificación de coagulantes es correcta, o si las condiciones del agua han variado. En algunos casos hay que rectificar la dosis de alcalinizante, se aconseja realizar muchas pruebas de jarras a fin de obtener el pH óptimo, dosis óptima, agitación y punto de aplicación de clarificantes.

• Mala floculación por agitación inadecuada o punto de aplicación inadecuado:

Cuando la agitación es variable, el recurso de variar la velocidad, en las plantas donde existe esta posibilidad, proporciona la solución; deben entonces hacerse tanteos en la planta hasta obtener un mejoramiento en el tratamiento.

• Mala sedimentación por desequilibrio en la distribución del flujo:

En ocasiones por mala distribución del flujo en los canales de entrada y salida o por suspensión de una unidad de sedimentación, por lavado o mantenimiento, se presenta este problema, el cual puede solucionarse, graduando las compuertas de entrada y salida de los sedimentadores, hasta obtener nuevamente el equilibrio.

Puede ocurrir también un levantamiento de flocs por la temperatura, en ese caso es necesario incrementar mayor dosis de coagulante para producir flocs pesados.

• **Formación de algas en tanques y canales:**

La mejor manera de mantener las instalaciones libres de algas es preclorar; pero en el caso de la planta de Iquitos, se recomienda utilizar sulfato de cobre y cal al 1%, con esta mezcla pintar las paredes internas de las instalaciones, comprobando que el cobre residual no sea superior a lo indicado en las normas o guías de calidad es decir no debe superar 0.05 mg/l.

• **Malos resultados en el proceso de tratamiento, por desconocimiento del caudal**

Si hay error en la medida del agua cruda, se producirá una dosificación inexacta, con el consecuente mal resultado del tratamiento. Los medidores deben estar siempre en buen estado y bien calibrados.

VI. CONTROL DE CALIDAD:

6.1 Normas técnicas de Calidad:

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos.

De todos los seres vivos, el hombre es el que necesita mayor cantidad de agua, no sólo para sobrevivir desde el punto de vista biológico, sino también para conservar y mejorar la estructura cultural de la que se ha rodeado, sin la cual, la civilización dejaría de existir.

Pero al mismo tiempo, el agua es también el mayor solvente que existe sobre la tierra; en base a esta característica, en su recorrido recoge una serie de sustancias químicas; materia orgánica de descomposición, desechos de diversa naturaleza, así como numerosos organismos, muchos de ellos nocivos.

Es de esperar que la buena voluntad de quienes estén comprometidos en el procesamiento de potabilización del agua, lleve a conseguir que el abastecimiento del

agua cuente con los índices de calidad que son indispensables para garantizar la salud de los usuarios.

6.1.1 De las fuentes de abastecimiento y su protección:

El abastecimiento de agua para la población será:

- Obtenido de una fuente libre de contaminación; u,
- Obtenida de una fuente que haya sido adecuadamente purificada por los agentes naturales o por un apropiado tratamiento.

6.1.1.1 Características del agua cruda para tratamiento:

Según lo dispuesto en el Art. 81 del capítulo 14 de la "Clasificación de cursos de agua, del Reglamento del Título II de la Conservación y Preservación de las Aguas", D.L. 17752, se puede utilizar agua cruda para ser potabilizada las clases de Agua I, II, III siendo las características límites.

NMP / 100ml	: Menor de 20 000/10ml en un minuto de 5 muestras
Dbo A 5 días y 20°C en cualquier día	: Menor de 25 mg/l.
Oxígeno disuelto en cualquier muestra	: 5 mg/l como mínimo a cualquier temperatura y presión.
pH	: Entre 5 – 9
Sólidos flotantes	: Ausentes
Aceites y grasas	: Ausentes
Fenoles	: Menor de 0,002 mg/l.
Sustancias tóxicas o potenciales tóxicas	: En cantidad no mayor que las que indican
Plomo	: 0,10 mg/l
Flúor	: 2,00 mg/l
Selenio	: 0,05 mg/l
Arsenico	: 0,20 mg/l
Cromo hexavalente	: 0,05 mg/l
Cianuro	: 0,01 mg/l
Plata	: 0,05 mg/l
Nitrato	: 10,00 mg/l
Hierro	: 1,00 mg/l
Manganeso	: 0,50 mg/l
Cobre	: 1,50 mg/l
Zinc	: 15,00 mg/l
Sulfato	: 250,00 mg/l
Magnesio	: 50,000 mg/l



Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

ANEXO I

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml



Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

ANEXO II

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad



ANEXO III
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrin	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04



Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroeteno	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolacloa	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001



Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodichlorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoformo}}}{LMP_{\text{bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Reglamento de los Títulos I, II, III de la Ley General de Agua de la República del Perú
Nº 17752 – Ampliatorias y Modificadorias

Clasificación de las aguas según su uso permitido.

Observación: Esta clasificación se basa en varios parametros. En el presente caso sólo se citan los parametros bacteriologicos.



CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V
Podrán ser utilizadas para fines de agua potable mediante desinfección y libremente para usos agrícolas, piscicultura y recreación.	Podrá ser utilizada para fines de agua potable mediante tratamiento de sedimentación, libremente para piscicultura y agricultura.	Podrán ser utilizadas para fines de agua potable previo tratamiento de pre-sedimentación, filtración, desinfección final y también para fines agrícolas	Podrán ser utilizadas en el regadío de plantas de tallo alto o con fines industriales si no hay interconexión con las redes de agua potable.	Sólo podrán ser utilizadas con fines industriales si no hay interconexión con redes de agua potable.
N.M.P menor de 50 por 100 ml.	N.M.P menor de 5,000 por 100 ml.	N.M.P menor de 20,000 por 100 ml.	N.M.P menor de 50,000 por 100 ml.	N.M.P menor de 50,000 por 100 ml.

6.1.2 De la razón de los requisitos:

Es evidente que un agua turbia o coloreada a un grado tal que se nota fácilmente o de olor y sabor desagradable será mirada como sospechosa por los consumidores.

La presencia de considerables cantidades de sales de calcio y magnesio hacen el agua inaparente para ser usada para fines de lavado y cocina, es también desagradable para las personas que han estado acostumbradas a usar aguas blandas o de bajo contenidos de sales.

Con respecto a que la composición química del agua pueda causar un efecto irritante en la mucosa intestinal o en la salud del individuo, hay que tener en cuenta la idiosincrasia personal.

Ha sido universalmente admitido que los elementos venenosos como el plomo cromo-arsénico-flúor o selenio no deberían estar presentes en el agua, cuyo fin fuere la bebida, sin embargo, es difícil fijar límites.

El efecto del sulfato de magnesio es ampliamente conocido, por ello debe evitarse el uso de agua que tenga una alta concentración de esta sal, por ser catártico.



Cuando las aguas son tratadas con sustancias químicas con el fin de ablandarlas o purificarlas, es conveniente evitar cualquier exceso de las sustancias químicas empleadas, así como la alcalinidad que resulte de un exceso de calcio o de cualquier otro procedimiento de ablandamiento.

6.1.3 De las muestras:

Las muestras para analizar el agua deberán ser colectadas en botellas que hayan sido cuidadosamente limpiadas y enjuagadas en agua limpia y esterilizadas de acuerdo con los procedimientos usuales.

Se puede usar dos clases de botellas:

- Botellas limpias y esterilizadas.
- Botellas limpias y esterilizadas que hayan sido tratadas con Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

El agua que contenga cloro residual deberá siempre ser colectada en botellas tratadas, todas las otras muestras pueden ser colectadas en botellas esterilizadas, aun cuando no es objetable el uso rutinario de botellas tratadas con tiosulfato.

6.1.3.1 De los puntos de muestreo;

En la red de distribución se deben escoger los puntos más representativos. Si el sistema de distribución tiene puntos muertos cerca de ellos con el objeto de verificar si se operan las válvulas de purga.

- EN LOS LAGOS: Las muestras nunca deberán ser colectadas de las playas;

deberán colectarse desde un bote a distancia de 10 metros o más de la playa, en el punto de muestreo la profundidad debe ser mayor de 1 metro.

- EN LOS RIOS: Las muestras deberán representar al agua corriente y no las partes en que se halla estancada en las partes rectas del río, las muestras pueden ser colectadas desde los bordes, pero a una distancia de por lo menos 1,00 m de ellos.

- En los ríos que sean accidentados con frecuentes curvas y de corriente lenta, las muestras deberán ser colectadas cerca del centro, en los lugares de mayor profundidad.



6.1.3.2 De la manera de tomar muestras:

- a. Cuando se toman muestras de agua de caños será necesario primero flamear cuidadosamente durante 1 ó 2 minutos todas las partes del caño especialmente en la boca de descarga y en la empaquetadura de la llave por donde generalmente pierden alguna cantidad de agua. Luego se dejará correr el agua del caño por unos minutos variando el tiempo más o menos con el uso que tenga dicho caño; siempre es más conveniente muestrear de caños que estén en frecuente uso; durante el llenado de la botella ésta debe agarrarse por el cuerpo y nunca por la boca.
- b. Cuando se toma una muestra de río o en general de cuerpos de agua en movimiento, bastará sumergir en los puntos del río anteriormente mencionados la botella destapada a una profundidad de unos 10 centímetros, agarrándola por el cuerpo y presentando la boca destapada en dirección en que viene la corriente, de tal manera de que impida que el agua que haya estado en contacto con la mano, ingrese a la botella.
- c. En cuerpos de agua que se encuentran en reposo se sumergirá la botella boca abajo a una profundidad de 10 cms o más y se llenará la botella a esta profundidad con un movimiento de ésta hacia delante para evitar que el agua que esté en contacto con la mano entre en la botella.

6.1.4 Del transporte y almacenamiento:

- a. Debido a los cambios biológicos que pueden ocurrir en una muestra de agua, todas las muestras deben ser analizadas lo antes posible. En tiempo caluroso, si el período de transporte excede más de una hora, la muestra debe ser puesta en hielo.
- b. Las muestras serán almacenadas a temperaturas que oscilan entre 6° y 10°C.
- c. En general los cambios que ocurren por un período de almacenamiento de 12-18 horas son ligeros.
- d. Las muestras que hayan sido almacenadas en períodos de 24 horas o ligeramente mayores deberán ser juzgadas con mucha cautela.



6.2 Normas internacionales de Potabilidad:

La Organización Mundial de la Salud ha establecido los siguientes criterios para apreciar la potabilidad de las aguas.

6.2.1 Sobre la educación sanitaria y la participación de la comunidad:

La administradora de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, en coordinación con las autoridades competentes deben reforzar sus programas de Educación Sanitaria y promoción comunal, a fin de conseguir la colaboración de la población en la campaña de prevención del colera.

SUSTANCIAS	LIMITES MAXIMOS	
	ACEPTADOS	TOLERADOS
Solidos totales	500 mgr/lit	1500 mgr/lit
Color	5 unidades	50 unidades
Turbiedad	5 unidades	25 unidades
Sabor	Inobjetable	
Olor	Inobjetable	
Hierro (Fe)	0,3 mgr/lit	1,0 mgr/lit
Manganeso (Mn)	0,1 mgr/lit	0,5 mgr/lit
Cobre (Cu)	1,0 mgr/lit	1,5 mgr/lit
Zinc (Zn)	5,0 mgr/lit	15 mgr/lit
Calcio (Ca)	75 mgr/lit	200 mgr/lit
Magnesio (Mg)	50 mgr/lit	150 mgr/lit
Sulfato (SO ₄)	200 mgr/lit	400 mgr/lit
Cloruro (Cl)	200 mgr/lit	600 mgr/lit
Rango de pH	7,0 – 8,5	Menos de 6,5 o mas de 9,2
Sulfato de Magnesio + sodio	500 mgr/lit	1000 mgr/lit
Sustancias fenolicas (como fenol)	0,001 mgr/lit	0,002 mgr/lit
Extracto de cloroformo de carbon (poluente organico)	0,2 mgr/lit	0,5 mgr/lit
Sulfato de aquil benzeno (detergentes)	0,5 mgr/lit	1,0 mgr/lit



VII. ADMINISTRACIÓN GENERAL DE LA PLANTA:

El servicio de producción de agua potable para la población Cajamarquina, obliga a trabajos durante las 24 horas del día, los 365 días del año en forma ininterrumpida, en tal sentido los trabajos para la buena marcha de este importante servicio básico, debe programarse en tres turnos de 8 horas cada uno, se sugiere los siguientes turnos:

- 1.- Primer turno de 00:00 am a 08:00 am
- 2.- Segundo turno de 08:00 am a 16:00 pm.
- 3.- Tercer turno de 16:00 pm a 24:00 am.

De Lunes a Domingo; los días de descanso se deben suplir con el servicio de un volante.

Se aconseja entrenar previamente al personal que ejecute los trabajos de operación. La vigilancia y control de las acciones inherentes al tratamiento del agua deben supervisarse diariamente, particularmente la dosificación de coagulante y productos clarificantes, así como el lavado de los filtros.

Se deberá mantener el orden y la disciplina que el servicio exige a fin de producir agua con niveles óptimos de calidad y cantidad para un normal abastecimiento.

Es necesario que los niveles de vigilancia en la producción sean muy cuidadosos, esto significa que debe controlarse:

- El ingreso, uso y salida de los productos químicos de tratamiento.
- El ingreso y uso de herramientas y bienes de la planta.
- Supervisión y control de los procesos, desde la captación hasta la distribución.
- Registro de actividades.
- Programación de trabajos para el mantenimiento operativo de las unidades de procesamiento.
- Vigilancia de los trabajos de laboratorio, para el control de procesos y control de calidad.
- Informe y acciones de investigación.



7.1 Maniobras sistemáticas de entrenamiento:

Para hacer frente a los problemas de operación de la planta, como primera medida hacer reuniones con el personal de operación y de talleres, presentar el problema y pedir opiniones y hacer un programa de entrenamiento para operación de la planta en situaciones normales y de emergencia.

En una falla de energía la primera acción que debe ejecutar el operador, es la suspensión de la filtración, para evitar que los filtros se desocupen, luego suspender la aplicación de cloro, para evitar escapes por falta de agua en el eyector. En tercer lugar, se abren todos los interruptores de equipos eléctricos y se dejan en posición de arranque.

Como cuarta medida, se cierra la salida del tanque de distribución o se gradúa, a una salida restringida. Se enciende el otro grupo electrógeno y se arranca parcialmente la planta.

Una vez que se restablezca el servicio se arranca la planta, como se indicó anteriormente.

Según el número de responsables por turno, se asigna a cada operador y a los ayudantes, funciones específicas, de acuerdo a un programa previo, estableciendo teóricamente responsabilidades. Después de las instrucciones detalladas es conveniente provocar intempestivamente fallas de energía y observar la respuesta que da el personal en su actuación. Una vez ejecutada la restitución del funcionamiento, es conveniente que cada persona, haga un recuento de su actuación y concluya si la operación fue correcta o tubo fallas, analizando el porqué de ellas, para evitarlas en el futuro.

De esta misma forma, se entrenará en cada uno de los aspectos operativos de la planta.



VIII. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS:

8.1 Generalidades:

Es responsabilidad de la Administración ver que su personal esté bien enterado de los peligros que encierran sus labores. El operador es responsable de sí mismo, debe tomar las precauciones necesarias para asegurar su propio bienestar en el trabajar, y cumplir las normas de seguridad para el trabajo que realiza.

8.1.1 Uso de vestimenta especial:

Equipo de protección personal especial como guantes de algodón y jebe ofrecen buena protección para las manos, lo mismo que botas de caucho, que protegen los pies de la humedad e infección. Los empleados deben también utilizar mandiles o sobretodos para protegerse de desperdicios o sustancias químicas que son peligrosas. Al trabajar con maquinaria o en buzones, hoyos o en la cercanía de otros trabajadores, se debe usar cascos de material plástico.

8.1.2 Hábitos personales:

No se debe fumar en las alcantarillas u otros lugares peligrosos. Es prácticamente imposible evitar la contaminación por desagüe de los extremos de pipas, cigarrillos. Fumar es una fuente potencial de calor, para el encendido explosivo de vapores combustibles en el ambiente. El trabajador no debe tocarse la cara o el cuello mientras trabaje en alcantarillas o áreas de bombeo, pozos húmedos, o mientras se toca el desagüe o barro. La mayoría de infecciones ingresan al cuerpo a través de la boca, nariz, ojos y oídos. El operador de la planta de tratamiento debe lavarse bien las manos antes de comer y realizar sus labores, debe tener hábitos de limpieza y pulcritud durante la ejecución de todo trabajo, debe recordar que está ejecutando un trabajo tan importante el cual es la "Protección de la salud de todos habitantes de su ciudad".

8.1.3 Primeros auxilios:

A excepción de lesiones menores, los cortes y heridas deben ser tratados por un médico y también deben ser reportados. Ningún tipo de lesión es demasiado insignificante como para no recibir atención. Una solución de yodo al 2% o merthiolate debe ser aplicada lo más pronto posible a las heridas o cortes.



8.1.4 Medidas sanitarias:

Los trabajadores expuestos al contacto con aguas servidas, agua potable o una combinación de ambas en virtud de la labor que desempeñan, sufren de la más alta exposición humana al agua contaminada y sus productos secundarios. Para protegerse de cualquier tipo de organismos causantes de enfermedad alojados en el agua o desagüe, el personal debe recibir por lo menos el mínimo de vacunaciones para las enfermedades, tales como: tifoidea, fiebre paratifoidea, tétano y poliomielitis. Además, inyecciones para reforzar las ya recibidas deben ser aplicadas cada tres años, para mantener una inmunización continua.

8.2 Seguridad en plantas de tratamiento:

8.2.1 Seguridad en aspectos eléctricos:

Las siguientes precauciones deben ser adoptadas para lograr condiciones de trabajo seguras al trabajar con equipo eléctrico:

1. Desarrollar un programa organizado y periódico de mantenimiento preventivo para todo equipo eléctrico, reduciendo o eliminando así peligros de carácter eléctrico.
2. Entrenar a todo el personal de operación y mantenimiento en el manejo y uso de la maquinaria y equipo eléctrico.
3. Utilizar extinguidores no-conductores para apagar incendios eléctricos, los cuales reducirán los peligros de choques eléctricos al operador y no dañan permanentemente el equipo afectado; por ejemplo: anhídrido carbónico o extinguidores químicos secos.
4. Utilizar dispositivos de sobrecarga de medida apropiada, los cuales entrarán en funcionamiento cuando se produzca una sobrecarga o un cortocircuito.
5. Solamente electricistas autorizados y calificados serán los que trabajen sobre cualquier parte del sistema eléctrico.
6. Proporcionar llaves de control y etiquetas sobre los controles en todo lugar apartado, utilizando para labor de mantenimiento o reparación.
7. Utilizar madera u otro material aislante para escaleras y utilizar madera seca para mover alambres caídos.



8. No trabajar con equipo en funcionamiento o conectado a la fuente de energía eléctrica.
9. Utilizar botones de emergencia para aislar equipos eléctricos en áreas remotas y fichar el equipo fuera de servicio.
10. Estar seguro de que se identifiquen y estén disponibles todos los controles eléctricos, cajas de llaves y paneles de distribución.
11. Herramientas de seguridad, dispositivos especiales y vestimenta de protección deben ser utilizados cuando se trabaje con o cerca de circuitos activados.
12. Se debe considerar la utilización de pisos de hule en los centros de control y estaciones de operación.
13. Las recomendaciones anteriores no incluyen las precauciones de seguridad que el personal puede haber conocido mediante sus experiencias en el trabajo.

8.2.2 Seguridad en aspectos mecánicos:

Peligros mecánicos por lo general están constituidos por maquinaria en movimiento, partes descubiertas en movimiento, transporte de objetos pesados, procesos de maquinaria (tornos, sierras, etc.) y a menudo por descuido al utilizar herramientas eléctricas. Una gran parte de estos peligros puede ser reducida por el trabajador mismo. Con este fin, se recomiendan las siguientes precauciones:

• Protectores:

Todas las partes móviles de cualquier maquinaria deben tener protectores para seguridad de los trabajadores. Se deben inspeccionar estos protectores para ver si están colocados correctamente. Estos protectores pueden evitar que se enganche la ropa en la maquinaria.

• Taller:

Se debe disponer de un espacio amplio para el mantenimiento periódico de la maquinaria. El área de trabajo se debe mantener limpia y con buena iluminación.



• Protección de los ojos:

Cuando se realice trabajo de cortar, limar, lijar o romper piedras, ladrillos o metal, se debe utilizar algún tipo de protección para los ojos.

• Ruido:

Cuando se trabaje durante largos períodos de tiempo en ruido o durante cortos períodos de tiempo en ruidos excesivos, todo el personal en el área debe utilizar protección para los oídos.

8.3 Manipulación de sustancias químicas:

8.3.1 Generalidades:

Cuando se mezclan o manipulan sustancias químicas, el personal debe tomar precauciones especiales. Cada trabajador debe tener un buen conocimiento de las sustancias con las que se le ha asignado trabajar; además, debe conocer los procedimientos que debe ejecutar en el caso de que se presente alguna emergencia.

La tabla N° 1 es una lista de las probables sustancias químicas con las que tendrían contacto en plantas de tratamiento de agua y desagüe o estaciones de bombeo, además la lista de vestimenta recomendada y el equipo de seguridad a ser utilizado cuando se desempeñen labores. Cada persona debe estar bien familiarizada con esta tabla y debería practicar los procedimientos de seguridad recomendados.

8.4 Manipulación de cloro:

El gas cloro es principalmente un irritante de las vías respiratorias. Su efecto irritante es tan intenso que pequeñas concentraciones en el aire son inmediatamente detectables. En mayores concentraciones, el efecto irritante es tan severo que es improbable que una persona permanezca en un ambiente contaminado con cloro, a no ser que esté inconsciente o encerrada.

Con sólo el contacto con la piel, el cloro líquido causa quemaduras. Cuando el cloro líquido se expone a temperatura y presión atmosférica normales, se evapora a gas cloro.

Cuando existe una concentración suficiente de gas cloro en el ambiente, irrita las mucosas, el sistema respiratorio y la piel. Cantidades mayores producen irritación de los ojos, tos y respiración difícil. Si la duración de la exposición o la concentración es excesiva, se da un estado de agitación de la persona afectada, además de intranquilidad, irritación de la garganta, estornudos, acompañado de extremada segregación de saliva. Los síntomas de una exposición a altas concentraciones son espasmos y vómitos, acompañados de respiración difícil.

En casos extremos, la dificultad de respiración puede aumentar hasta el punto donde se puede producir la muerte por anorexia, debido a la sofocación.

Todos los síntomas y efectos resultan directa o indirectamente de la acción local irritativa.

Se deben adoptar las siguientes precauciones al manipular cloro:

- Cada uno de los envases tiene un tapón fusible en la válvula que actúa como válvula de escape de seguridad. Este tapón está diseñado para fundirse entre 158°F o 65° C. Los cilindros no deben dejarse caer ni golpearse con fuerza, ni exponerse al calor.
- El cilindro que ha estado almacenado durante más tiempo debe ser utilizado primero. Se deben trasladar con mucho cuidado.
- Al efectuar conexiones al cilindro, se debe asegurar que los conectores estén limpios y siempre úsese una nueva empaquetadura de material standard. Las conexiones siempre son posibles puntos de fugas, así como las empaquetaduras en las válvulas. No se deben utilizar llaves superiores a 6 (seis) pulgadas de longitud para un cilindro.
- Al efectuar nuevas conexiones, abrir la válvula un poco e inspeccionar por si existen fugas, mediante un pedazo de trapo mojado con amoníaco y colocado cerca de la válvula o conexiones, vapores blancos de cloruro de amonio indicarán fuga. Si las conexiones y válvulas están enroscadas bien no habrá posibilidad de fuga, comprobar utilizando el frasco de amoníaco. Fugas cerca de las uniones de válvulas pueden generalmente ser corregidas mediante el ajuste de la tuerca de empaquetaduras nuevas.

Todas las conexiones en líneas de cloro deben ser puestas a prueba con frecuencia, en búsqueda de fugas. La menor fuga de cloro debe ser corregida, ya que es



altamente corrosivo en presencia de humedad, por lo tanto, pequeñas fugas aumentan rápidamente en tamaño. El nombre del proveedor del cloro debe estar disponible, con su número de teléfono, de modo que en el caso de una emergencia pueda ser rápidamente localizado. Los fabricantes de cloro han desarrollado medios para corregir fugas debidas a situaciones serias, como válvulas rotas, envases viejos y otras condiciones. En caso de una emergencia por fugas de cloro, eche el cilindro de cloro en la poza que siempre debe estar con una solución de hidróxido de sodio, retirese del lugar, no aplique agua por ninguna circunstancia a su cuerpo expuesto al cloro, utilizar hidróxido de magnesio si la situación es de emergencia, mantenga la cabeza en alto si es posible, haga ingerir leche de magnesia, provoque vómitos, mientras llegue el Médico.

8.5 Seguridad en el laboratorio:

El personal que labora en el laboratorio debe tener conocimiento de los peligros de los materiales y condiciones en que trabaja, para así evitar accidentes.

Se recomienda una lista de normas de laboratorio, para ser utilizada en instruir al nuevo personal, y también para prácticas en simulacros de emergencia. Debe tenerse presente los siguientes aspectos:

- Un alto grado de higiene personal debe ser practicado constantemente.

Por ejemplo, aseo de las manos, uso de mandiles.

- No se debe utilizar la boca para usar las pipetas. Utilice una bombilla.
- En caso de que se derrame ácido, dilúyase inmediatamente con bastante agua, luego se neutraliza el ácido con carbonato de sodio o bicarbonato, hasta que no produzca efervescencia.
- En caso de derramar bases, inmediatamente dilúyase con bastante agua y con una solución saturada de ácido bórico.
- Cualquier material tóxico debe ser manipulado con cuidado; no se debe ingerir o inhalar; se deben tener antídotos disponibles.



- Materiales explosivos o inflamables deben ser almacenados de acuerdo a las normas de seguridad del departamento de bomberos.
- Materiales desmenuzados, quebrados o rajados deben ser descartados.
- Siempre utilizar protección para los ojos en los experimentos que encierren peligro para los ojos. Nunca observar a través del orificio de un tubo de pruebas durante calentamiento o cuando tiene lugar una reacción química.
- Tener cuidado en hacer conexiones de vidrio-jebe.
- Siempre verificar las etiquetas en los frascos para asegurarse que la sustancia es la correcta. Todas las sustancias y botellas o frascos deben tener etiquetas claras. Nunca se deben manipular elementos químicos con las manos desnudas; utilizar una espátula, cuchara o pinzas.
- Asegurar una ventilación adecuada antes de trabajar en el laboratorio.
- Siempre utilizar el equipo apropiado para manipular recipientes calientes.

Por ejemplo: guantes de asbesto, pinzas, etc.

- El personal se debe familiarizar con el equipo de seguridad disponible para poder controlar una emergencia.



Tabla 1.12 Procedimientos recomendados para la manipulación de sustancias químicas:

SUSTANCIAS	EQUIPO DISPONIBLE	COMENTARIOS
POLIMEROS	<ul style="list-style-type: none"> - Sobretodos - Respiradores de dos cartuchos (polvo). - Guantes de hule. - Protectores de ojos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar un respirador contra polvo
COLORO	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de detección de fugas. - Ventilación. - Respirador de un solo cartucho. - Equipos de aire scott 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar el respirador al hacer conexiones normales. - Ventilar el ambiente cuando se esta en la sala de almacenaje de alimentación. - Ver apendice (fugas).
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Protector de ojos. - Guantes de hule. - Sobretodos de jebe - Ducha de emergencia y enjuagues oculares. - Bombillas de pipetas - Campana contra humo 	<ul style="list-style-type: none"> - Usar los protectores de ojos. <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar los sobretodos de jebe - Utilizar la bombilla para toda sustancias - Usar guantes al trabajar con acidos o bases
OTRAS SUSTANCIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Protectores de ojos - Guantes de hule - Sobretodos 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar las recomendaciones del fabricante.



8.6 Seguridad en el trabajo:

Deberán ser descritas orientaciones básicas para la seguridad en la ejecución de los servicios conteniendo:

- Obligatoriedad de uso de equipos de seguridad individuales y colectivos, particularmente las máscaras cuando se manipule el cloro.
- Posiciones de seguridad para la ejecución de determinadas tareas (maniobras de válvulas, levantamiento de pesos, etc.).
- Primeros auxilios para ahogos y accidentes con electricidad, etc.
- En el caso de operación a través de equipo móvil, además de estos y otros, deberán constar ITEMS de dirección defensiva.

8.7 Seguridad Industrial:

- Todos los equipos deberán tener línea a tierra.
- Cuando exista subestaciones transformadoras de energía eléctrica y cabinas primarias, todas la partes metálicas y no destinadas a la conducción de energía eléctrica, deben tener línea a tierra.
- No podrá faltar, en la instalación, elementos de seguridad como: guantes (para maniobras de alta tensión y, manipulación de cloro y polímeros, botas y aislamiento del suelo [piso de madera cubierto con jebe]).
- Cualquier interrupción de los circuitos de tierra, deberán comunicarse para su rápida corrección.
- Deberán ser elaboradas instrucciones de combate a incendios, especificando el uso correcto de los extintores en cada tipo de equipo o instalación.



8.8 Seguridad en la manipulación de cloro (g):

8.8.1 Cilindro de gas:

Cuando se manipula un gas potencialmente peligroso, como el cloro, deben cumplirse siempre las siguientes reglas:

1. No mover nunca un cilindro a menos que tenga firmemente roscado el capuchón protector de la válvula.
2. Ubicar los cilindros en lugares donde no sean golpeados ni dañados.
3. Colocar una cadena de seguridad alrededor de los cilindros, que debe quedarse asegurada a una pared o a un soporte. Cilindros colocados horizontalmente exigen vigas y columnas para apoyo y cuñas para impedir su movimiento.
4. Cuando el dosificador está montado directamente sobre la válvula, no es necesario que el cilindro y el dosificador estén alojados en un local con calefacción. Esto vale para capacidades de hasta 25 lb por día (500 g/hora), no deben quedarse entre tanto expuestas a temperaturas extremas (sol y nieve).
5. Normalmente no es necesario desarmar completamente el dosificador a menos que se vaya a hacer una limpieza total y mantenimiento.
6. No desarmar la unidad, si ello no se justifica.
7. Todos los equipos están probados en fábrica y se entregan en perfectas condiciones cuando salen de la planta.
8. Se recomienda leerlas cuidadosamente y determinar qué problema ha surgido, antes de adoptar medidas para solucionarlas.
9. Equipo de protección mínimo: No debe faltar la máscara con cilindro de oxígeno, ni la máscara tipo canister, para el cambio de los cilindros de cloro.



DETERMINACIONES DE:	FRECUENCIA DE DETERMINACIONES AL DIA:
Dosis optima de coagulante	Una vez cada dia y cuando haya cambio de turbidez.
Verificación de caudal de ingreso	
Turbiedad	Cada 2 horas
pH	Cada 2 horas
Color	Cada 2 horas
Color residual	Cuando varie la fuente y/o se altere el proceso
Aluminio residual	Por Programación de OCC
Alcalinidad	Por Programación de OCC (5 veces al mes minimo).
Analisis bacteriologico limpieza de:	
- Camara de mezcla rapida	Diario
- Floculadores	Periodicamente
- Sedimentadores	Purga diaria por 45 segundos, cada hora y limpieza general cada 2 meses. Cada 30 – 36 horas, depende de la perdida de carga y la capacidad de filtración. Despues del consumo total, cambiar en cada ocasion las empaquetaduras de plomo.
- Filtros	
- Cambio de botella de cloro	- Cada hora
- Vigilancia del funcionamiento del clorados	
- Vigilancia del peso de la botella de cloro	- Una vez por turno



X. BIBLIOGRAFIA:

- REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DS
- N° 031-2010-SA. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL, MINISTERIO DE SALUD, LIMA-PERU 2010
- MANUAL DE PROCEDIMIENTOS AGUAS DE TUMBES, CARTILLA OPERATIVA AGOSTO 2008
- SISTEMA REGIONAL DE AGUA POTABLE EMERALDAS MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA
<http://www.bde.fin.ec/sites/default/files/BDE2015/LICESMERALDAS/ManuOp/3%20Planta%20Potabilizadora.pdf>
- MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PTAP NUEVA IQUITOS SEDALORETO
- MANUAL DE PROCEDIMIENTOS EMDUPAR S.A-FEBRERO 2007
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Emergency planning for water utility management. AWWA, 1973. Pub. M-19.
- OPS/CEPIS/PUB/04.109 Original: español Tratamiento de agua para consumo humano
<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomol/ma1tomo1 indice.pdf>
- PIERRE, R. Administración de actividades sanitarias ambientales de emergencia a raíz de catástrofes naturales; segundo borrador. OPS, 3 de marzo de 1980.
- PROGRAMA REGIONAL HPE/OPS/CEPIS. DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD PARA EL CONSUMO HUMANO 1993





**E.P.S.
SEDACAJ S.A.**

te damos agua, te damos vida

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

“SANTA APOLONIA”

Cajamarca, julio 2025



Elaborado por: División de Producción

sedacaj@sedacaj.com.pe

Jirón Cruz de Piedra N° 150

I. INTRODUCCIÓN

La potabilización del agua comprende una serie de procesos cuya finalidad es transformar la materia prima (agua cruda) en un producto final (agua potable).

El agua producida por la EPs, proviene de fuentes superficiales, la misma que es tratada y desinfectada hasta convertirla en potable para ser entregada al consumidor a través de un sistema de distribución, en cantidad y presión suficiente.

El agua potable debe cumplir con ciertos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos establecidos por las normas nacionales del país.

La operación de la Planta de Tratamiento de Agua tiene dos finalidades.

- ❖ Producir agua apta para consumo humano.
- ❖ Lograr el funcionamiento óptimo de las instalaciones y equipos.

Los aspectos que se consideran en este manual están básicamente referidos a la Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de “Santa Apolonia”.

Se ha determinado que una de las principales causas del mal funcionamiento de los sistemas de agua potable se debe a la falta de conocimientos básicos sobre, la operación de las personas que laboran en ellas; las cuales deben ser constantemente capacitadas para tal fin.

Su funcionamiento adecuado requiere operar los numerosos elementos que componen las instalaciones físicas destinadas a este fin.



II. OBJETIVOS

El objetivo de este manual es de brindar orientaciones básicas, sobre los procesos de operación y características de cada una de las unidades y equipos que constituyen la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Santa Apolonia”.

Para la correcta operación de la planta es preciso desarrollar tres tipos de actividades:

- 1. OPERACIÓN.** – cuya finalidad es orientar y capacitar al operador de planta, para realizar las acciones adecuadas de cada uno de los componentes de la planta, en condiciones normales, especiales y de emergencia.
- 2. MANTENIMIENTO.** – Esta destinada a equipos y unidades, los cuales deben encontrarse operativos, para el normal desarrollo de procesos.
- 3. CONTROL DE CALIDAD.** – El objetivo es entregar un agua de calidad a la población, dando especial atención a los parámetros que definen la calidad del agua para consumo humano según las normas establecidas por la legislación vigente (D.S 031-2010- SALUD) y parámetros de referencia dados por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS.



III. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La Planta de Tratamiento “Santa Apolonia”, es de tipo hidráulico convencional con filtración lenta, ubicada en la cota promedio 2780.00 m.s.n.m. Consta de dos módulos (unidades de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración) similares y paralelos, que fueron construidos en el año 1941 y 1945 respectivamente.

La capacidad de diseño máxima de tratamiento es de 80 l/s y actualmente trata un caudal promedio de 70 l/s.

La infraestructura que comprenden el Sistema de Tratamiento “Santa Apolonia” son las siguientes:

- Captación.
- Estructura de Pre tratamiento
- Línea de conducción (Río El Ronquillo).
- Cámara de Reunión agua cruda.
- Canal Parshall medición de caudal.
- Unidad de mezcla rápida.
- Unidad de floculación.
- Unidad de sedimentación.
- Unidad de filtración.
- Cámara de desinfección (cloración)
- Reservorios
- Laboratorio
- Sub – Almacén
- Caseta de Guardianía.



+ CAPTACIÓN:

Está ubicado a 2 km. Al noroeste de la ciudad con referencia a la plaza de armas, en el sector denominado “El Ronquillo”, con una cota de 2,820 m.s.n.m. Las estructuras de la captación construida en 1940, consiste en un dique de concreto ciclópeo y mampostería de piedra que se ubica transversalmente al río San Lucas en donde están instalados tres compuertas de tipo volante de las cuales dos son para limpieza y una para el control de ingreso de agua.



Imagen 1: Captación El Ronquillo

CANAL DE CONDUCCIÓN:

Ubicado al margen derecho del Río San Lucas, canal cubierto con tapas de concreto simple con una sección transversal de forma rectangular de 0.45 x 0.40 m y con una longitud de 50 metros.

ESTRUCTURA DE PRE TRATAMIENTO

Estructura de concreto armado construido en los años 1941 – 1945. La estructura de pretratamiento para el uso de polímeros tiene como finalidad acondicionar el agua cruda para facilitar la remoción de sólidos. Esta estructura incluye un sistema de control manual que regula la dosificación en función de parámetros como caudal, turbidez y pH. El agua tratada se dirige luego a la Planta de Tratamiento de Santa Apolonia, mejorando significativamente la eficiencia del tratamiento global.



Imagen 2: Captación El Ronquillo

+ MEDIDOR PARSHALL:

Estructura de concreto armado, construido en el año 1985, es un canal construido en obra, que funciona mediante el principio de **estrangulamiento del flujo**, generando una relación conocida entre el **nivel del agua (altura hidráulica)** y el **caudal**. Su forma característica incluye tres secciones:

- **Sección convergente:** el canal se estrecha para acelerar el flujo.
- **Cuello (tramo estrecho):** zona de mayor turbulencia.
- **Sección divergente:** permite la recuperación del flujo aguas abajo.

El flujo pasa a través del medidor, y el **nivel aguas arriba** (habitualmente en el punto H_a) se mide con una regla. Con ese dato, y según tablas o fórmulas empíricas, se calcula el caudal.



Imagen 3: Medidor Parshall – PTAP “Santa Apolonia”

PRE-SEDIMENTADOES:

Existen 3 tanques de pre-sedimentacion de concreto simple, estructuras construidas en el año 1941.

- **PRE-SEDIMENTADOR N° 01:** Es de forma rectangular de 9.70 x 12.80 x 2.00 m.
- **PRE-SEDIMENTADOR N° 02:** Es de forma rectangular de 36.40 x 12.80 x 2.50 m.
- **PRE-SEDIMENTADOR N° 03:** Es de forma irregular de 28.90 x 14.10 m. con profundidad promedio de 1.50 m. con pantallas de concreto, cuya finalidad es de retener las partículas gruesas, además de bajar la velocidad y por rebose pasar a la cámara de reunión, cuyas medidas son: 1.90 x 1.20 x 1.20 m. de la cual de esta cámara sale el agua hacia la línea de conducción.

LINEA DE CONDUCCIÓN:

La línea de conducción de la captación El Ronquillo hacia la Planta de Tratamiento Santa Apolonia tiene una longitud total de 2156 ml, esta constituida por tramos de asbesto cemento y pvc con un diámetro de 300 mm (12") actualmente se encuentra operativos tres válvulas de purga de sedimento, una válvula de aire y dos spich para eliminar el aire de la línea instalados en el año 2003.

CÁMARA DE REUNIÓN Y CANAL PARSHALL

El agua cruda llega de la captación el ronquillo entra mediante una tubería de AC 400mm (16") a una cámara de 2.50 x 1.50m con fondo situado 10 cm por debajo del piso del canal alimentador del medidor Parshall. De esta cámara parte un canal de 85 cm de ancho que a su vez fluye a un medidor



“Parshall de 300mm (12”) de garganta. El resalto hidráulico originado en este medidor es utilizado para la mezcla rápida del coagulante el sulfato de aluminio donde es aplicado exactamente en el lugar de máxima turbulencia o sea en el punto de resalto hidráulico.

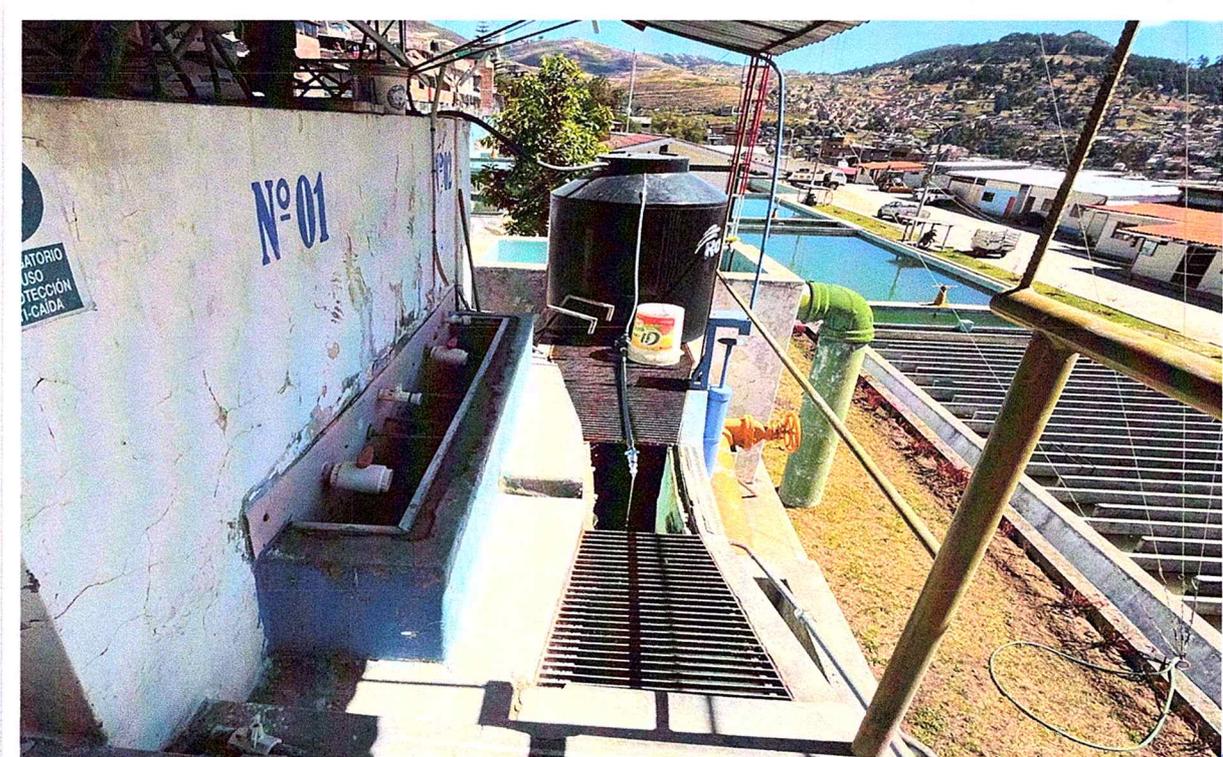


Imagen 5: Canal Parshall – PTAP “Santa Apolonia”

TANQUES DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO Y DOSIFICACIÓN

Se cuenta con dos tanques de preparación de coagulante de sulfato de aluminio además cuenta con agitadores mecánicos para 1800 rpm – 220V con hélice de tres paletas y un eje de transmisión y base de soporte y anclaje vertical. Cada tanque tiene un dispositivo de dosificación de carga constante con flotador para control de carga sobre el orificio de la tubería



existente que se emplea para la aplicación de la dosis en el tratamiento de agua, también se cuenta con un tanque de preparación de solución de sulfato de cobre para dosificar en temporada de estiaje (aguas claras).



Imagen 6: Tanque de Preparación de sulfato – PTAP “Santa Apolonia”

✚ UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA

La cámara de mezcla rápida consiste en un canal con fondo inclinado en donde se procede a homogenizar el agua con la adición de las sustancias químicas a dosificar (Sulfato de Aluminio). Cuenta con medición de altura de agua, con tubería de Fo. Gdo de 100mm con flotador de vidrio y rejilla para registro de altura de lamina de agua en la canaleta Parshall. La aplicación de la solución de sulfato de aluminio se hace al inicio del salto



hidráulico. Tiene rejillas metálicas movibles sobre la canaleta Parshall para seguridad del operador.

+ UNIDAD DE FLOCULACIÓN

La Planta cuenta con dos Floculadores paralelos Hidráulicos de flujo horizontal con pantallas de concretos verticales cada una. El área promedio de cada floculador es de 120 m³, con un volumen de 79 m³ y un tiempo de retención de 27 minutos para una velocidad de 0.16 m/s para cada unidad. Ambos floculadores están conectados hidráulicamente a los sedimentadores.

Características de la estructura física:

- Largo de cada cámara : 20.00 m
- Ancho : 6.00 m
- Altura promedio : 0.66m
- N° de pantallas : 43.00 m

Entrada y salida con compuertas metálicas de superficie.



Imagen 7: Floculador Modulo 2 – PTAP “Santa Apolonia”

UNIDAD DE SEDIMENTACIÓN

Del ultimo canal del floculador ingresa el agua floculada, que reparten equitativamente y una velocidad adecuada hacia el sedimentador N° 01 por un sistema de rebose a través de la cresta de la misma estructura y la otra parte recorre un canal de concreto que reparte el agua floculada al sedimentador N° 02, de 0.35 m de altura y de 0.45m de ancho.

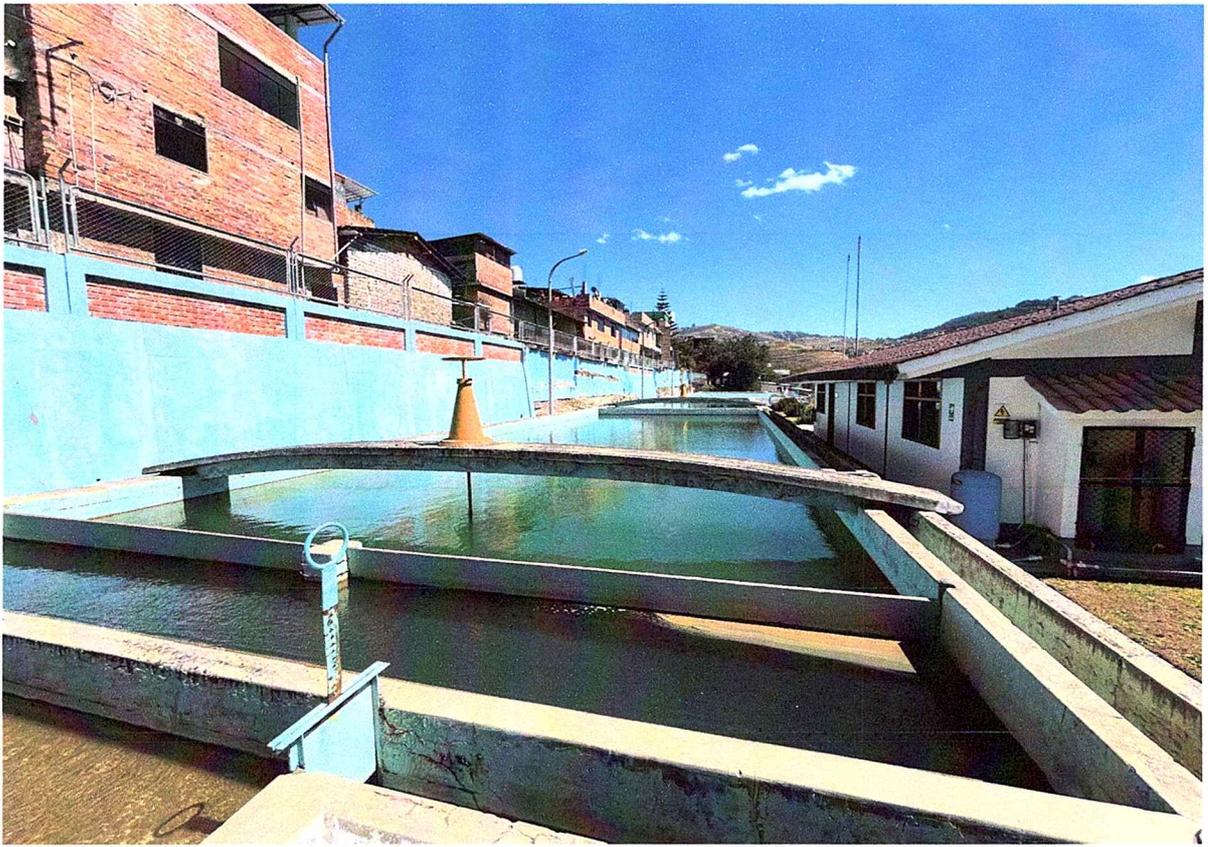


Imagen 8: Sedimentador – PTAP “Santa Apolonia”

UNIDAD DE FILTRACIÓN

Compuesto por 4 unidades de filtración lenta (dos por modulo) con fondo fijo y lecho filtrante de grava arena con tasa de flujo descendente con un



área de 305.664 m² c/u para operar con promedio de 250 m³/m²/día, tienen las siguientes dimensiones y características principales:

- Largo : 25.60 m
- Ancho : 11.94 m
- Profundidad Promedio : 2.65 m
- Área : 305.664 m²

La limpieza se realiza mediante la remoción de la capa superior cuando se colmata, esta limpieza se realiza en forma manual con el raspado de arena de la capa superficial del filtro con un promedio de 1cm de altura para después ser sacado hacia afuera y ser desechado.

En el falso fondo existe un sistema drenante tubo central de concreto de 300 mm (12") y laterales de concretos ahuecados de 100 mm (4"), distanciados cada 2 metros que filtra el agua a estos y son interconectados a la tubería central que recolecta el agua del indicado filtro.

Dispositivo de entrada: canaleta cuya pared funciona como vertedero, ocupando todo el ancho el ancho del filtro. La cresta tiene 15 cm de espesor.

El medio filtrante está constituido por una capa de soporte de grava de 0.64 m de altura, gravilla de 0.05 m de espesor, sobre esta capa se ha colocado una capa de arena de 0.80 m de espesor.

El ingreso de agua a los filtros es regulado por medio de compuertas metálicas de accionamiento manual.



El agua filtrada es recolectada hacia una cámara húmeda donde es regulada mediante una válvula de compuerta de 300 mm (12") de diámetro con volante para operación manual, la operación de esta válvula queda enteramente a criterio del operador, para luego pasar mediante una tubería de aducción hacia la cámara de cloración para la desinfección la cual se interconecta al reservorio por medio de una tubería dúctil de Fo de 300 mm (12") para el almacenamiento en el reservorio que tiene 1000 m³ de capacidad.



Imagen 9: Unidad de filtración – PTAP “Santa Apolonia”



+ RESERVORIOS

Reservorio R-1

Reservorio R-1, Reservorio apoyado circular, construido en el año 1945, tiene una capacidad de almacenamiento de 1,000 m³, su funcionamiento es de cabecera, ubicado en la cota de nivel máximo de agua de 2,782.50 msnm. Esta estructura está alimentada por dos tuberías (dos módulos de alimentación) HUME de D8 de diámetro que proviene de la Planta de Tratamiento "Santa Apolonia", cuenta con una línea de aducción de 12" de diámetro, cámara de válvulas y válvula de altitud.



Imagen 10: Vista de Reservorio R1 – PTAP "Santa Apolonia"

Reservorio R-3

Reservorio R-3, Reservorio apoyado circular, construido en el año 1980, tiene una capacidad de almacenamiento de 700 m³, su funcionamiento es de cabecera. Esta estructura está alimentada por una tubería de AC de D6 de diámetro que proviene de la impulsión del reservorio R1, cuenta con una línea de aducción de 6" de diámetro, cámara de válvulas y válvula de altitud.



Imagen 11: Vista de Reservorio R3 – PTAP “Santa Apolonia”



Reservorio R-5

Reservorio R-5, Reservorio apoyado circular, construido en el año 1980, tiene una capacidad de almacenamiento de 350 m³, su funcionamiento es de cabecera. Esta estructura está alimentada por una tubería de AC de D6 de diámetro que proviene de la Planta de Tratamiento "Santa Apolonia", cuenta con una línea de aducción de 6" de diámetro, cámara de válvulas y válvula de altitud.



Imagen 12: Vista de Reservorio R5 – PTAP "Santa Apolonia"



CASETA DE VALVULAS

En esta caseta se encuentran instalados los siguientes componentes:

- Electrobomba para el sistema de cloración.
- Válvulas de control de salida del reservorio.
- Válvula de interconexión de la cámara de cloración hacia el reservorio.
- Válvula Bay Pass desde la cámara de cloración hacia la red de distribución.
- Válvula de desagüe del reservorio.
- Válvula de desagüe de la cámara de cloración.

CASETA DE DESINFECCIÓN

Ubicada sobre la caseta de válvulas a un lado del reservorio R-01. Cuenta con dosificador de cloro de 50 lb/día es de tipo inyección al vacío, montado en la pared, para su funcionamiento, además la caseta de desinfección tiene ventanas a nivel de piso para una adecuada ventilación. En esta caseta se realiza y se controla la aplicación de cloro gas al vacío en solución para la desinfección del agua tratada, el cloro es conducido por medio de tubería hasta su punto de aplicación ingreso de agua tratada de los filtros dentro de la cámara.

El sistema de desinfección está constituido por:

- Un clorador de inyección al vacío.
- Una electrobomba (cuando el R-3 está directo).
- Balón de cloro de 68 kg. (22 unidades).
- Además de balanza para el control de gasto, tubería y accesorios para la conducción de la solución de cloro, (solución de hidróxido



de amonio o amoniaco para la detección de fuga de gas) y comparador digital HANNA para el control de cloro residual libre de salida del reservorio hacia las redes de distribución.



Imagen 13: Caseta de desinfección PTAP – “Santa Apolonia”

✚ CASETA DE BOMBEO

Comprendida por una caseta instalados dos electrobombas de 75 hp para el bombeo de agua del R-1 hacia el R-3, donde trabajan alternadamente con un promedio de 6.30 horas cada una (instaladas en julio del 2002), electrobomba N° 01 con un caudal promedio de bombeo de 35 l/s y la electrobomba N° 02 con un caudal promedio de 48 l/s. Además, cuenta con una subestación eléctrica biposte con transformador de 80 KVA, relación de transformación 10,000/220V.





Imagen 14: Caseta de bombas PTAP – “Santa Apolonia”

✚ **GRUPO ELECTROGENO DE 60 KW**

Se dispone de un grupo electrógeno destinado a proporcionar energía de emergencia al sistema de alumbrado de la planta en caso de interrupción del suministro eléctrico por parte de Hidrandina.

✚ **SUB-ALMACEN DE INSUMOS QUÍMICOS**

Se encuentran ubicados en la parte inferior de los tanques de dosificación de coagulante donde también están ubicados un tablero de arranque y parada de los siguientes agitadores mecánicos de dichos tanques. Este sub-almacen sirve para tener nuestro stock de materia prima como es el de sulfato de aluminio, cal hidratada, sulfato de cobre, etc.



LABORATORIO

Laboratorio, donde se efectúa el control de procesos de la calidad del agua afluyente y efluente para realizar los análisis físico-químico, análisis bacteriológico.

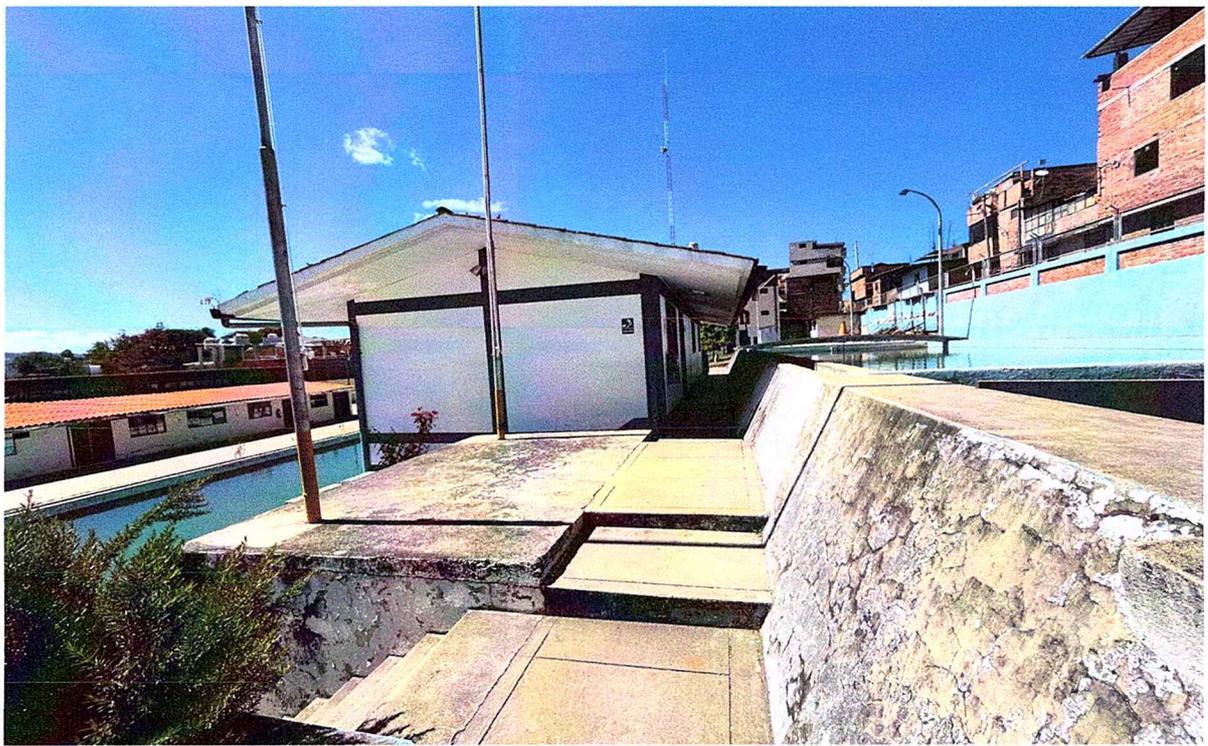


Imagen 14: Laboratorio PTAP – “Santa Apolonia”



IV. CALIDAD DE AGUA

CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA:

La calidad física y química del agua está dada por los parámetros físicos y químicos y está directamente relacionada a la naturaleza de la fuente de abastecimiento.

○ CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

- Color
- Sabor
- Olor
- Temperatura
- Turbiedad
- Conductividad
- Solidos totales
- pH

○ CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

- Alcalinidad
- Dureza
 - Dureza total
 - Dureza carbonatada
 - Dureza no carbonatada
- Sulfatos
- Nitratos
- Cloruros
- Metales



○ **CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS Y PARASITOLÓGICAS:**

La EPs en sus Plantas de tratamiento trata aguas crudas superficial, regidas bajo los parámetros de la Clase II de la Ley General de aguas en la que se indica las aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración, y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.

Se considera dentro de esta clasificación a todos los microorganismos patógenos que pueden estar presentes en aguas superficiales y cuya transmisión hídrica causan enfermedades, pertenecen a los siguientes grupos:

- Bacterias: Escherichia coli, salmonella y otros
- Virus: enterovirus, rotavirus, adenovirus.
- Protozoos: giardia, cryptosporidium, entamoeba histolytica, balantidium.
- Helmintos: áscaris, trichuris, taenia.
- Cianobacterias: anabaena, microcystis.

➤ **INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

En la EPs se realizan los análisis de Coliformes totales, Coliformes Termotolerantes y Bacterias Heterotróficas.

Estos indicadores deben ser útiles para evaluar la probabilidad de que existan agentes patógenos en el agua, su detección debe ser de bajo costo, fácil de analizar y los resultados deben obtenerse en corto tiempo.

Grupo Coliforme, abarca los siguientes géneros: Klebsiella, Escherichia, Enterobacter, Citrobacter, Serratia.



Coliformes Termotolerantes (Fecales), son los coliformes que crecen a una temperatura de incubación de 44.5 °C, esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes.

Escherichia Coli, es el principal indicador bacteriano en el agua, los estudios han demostrado que Ecoli está presente en las heces de humanos y animales de sangre caliente entre 10⁸ y 10⁹ por gramo de heces.

➤ **PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE**

Son todos los elementos presentes en el agua cuyo contenido se considera potencialmente peligrosos para la salud, o que pueda afectar su aceptabilidad por parte del consumidor.

El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de estas, se toman en cuenta normas internacionales. Los principales parámetros de calidad de agua y los Límites Máximos Permisibles (LMP) referenciales para el agua potable, se indican a continuación:

Límites Máximos Permisibles Referenciales de los Parámetros de Calidad del Agua (SUNASS)

PARAMETRO	UNIDAD	LMP	OBSERV.
Coliformes totales	UFC/100 ml	Ausencia	(1)
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml	Ausencia	(1)
Bacterias Heterotróficas	UFC/ ml	500	(1)
Turbiedad	UNT	5	(1)
pH	-	6.5 – 8.5	(1)



Conductividad -25°C	uS/cm	1500	(3)
Color – Platino/Cobalto	UCV	20	(2)
Cloruros	mg/L	250	(2)
Sulfatos	mg/L	250	(2)
Solidos totales	mg/L	1,000	(3)
Dureza	mg/L	500	(3)
Nitratos	mg/L	50	(1)
Hierro (Fe)	mg/L	0.3 (0.5 total con Mn)	(2)
Manganeso (Mn)	mg/L	0.2 (0.5 total con Fe)	(2)
Aluminio (Al)	mg/L	0.2	(1)
Cobre (Cu)	mg/L	3.0	(2)
Plomo (Pb) (*)	mg/L	0.1	(2)
Cadmio (Cd) (*)	mg/L	0.003	(1)
Arsenico (As) (*)	mg/L	0.1	(2)
Mercurio (Hg) (*)	mg/L	0.001	(1)
Cromo (Cr) (*)	mg/L	0.05	(1)
Fluor (F)	mg/L	2.0	(2)
Selenio (Se)	mg/L	0.05	(2)



NOTAS:

- (1) Valores tomados de los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1995).
- (2) Valores establecidos en la norma nacional “Reglamento de Requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables” aprobado por Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946.
- (3) En el caso de parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para el consumo humano especialmente para aguas subterráneas.

(*) Compuestos tóxicos.

➤ **CRITERIOS DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua es el sello que distingue al producto que la EPs brinda a la población, su calidad debe estar acorde a los estándares nacionales y ello debe cumplirse en todo momento. Para garantizar que así sea la Empresa realiza el control de calidad de manera permanente.



V. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ARRANQUE Y PARADA RUTINARIA DE LA PLANTA

ARRANQUE DE LA PLANTA

1. Realizar un ensayo de coagulación (Prueba de Jarras) de muestras del agua cruda, para determinar las dosificaciones de productos químicos a aplicar en el tratamiento que se va a efectuar en la planta.
2. Cerrar todas las válvulas de desagüe.
3. Comunicar al operador de la captación que haga ingresar agua a la planta.
4. Poner en funcionamiento la cámara de reunión de agua cruda haciendo girar la válvula del desagüe en sentido horario.
5. Poner en funcionamiento la unidad de floculación regulando el caudal de ingreso mediante las válvulas de control en partes iguales a cada módulo que se encuentre ubicados a la salida de la cámara húmeda después del canal Parshall.
6. Poner en funcionamiento la unidad de sedimentación abriendo las compuertas metálicas de ambos sedimentadores haciendo pasar el agua a través de los vertederos de cada unidad.
7. Poner en funcionamiento las unidades de filtración regulando las válvulas de los filtros que se encuentran en operación ubicado en las cámaras húmedas de cada filtro y conducido hasta la cámara de cloración.
8. Realizar la desinfección del agua tratada adicionando el cloro gas regulando mediante el rotámetro y que este de acuerdo al ingreso de agua a la Planta según tabla de dosis.
9. Abrir la válvula de salida del agua al reservorio hacia las redes de distribución para el consumo.



10. Observar el funcionamiento de toda la planta, tomando y analizando las muestras de agua cruda, salidas de las unidades de sedimentación, de filtración y del reservorio; anotando en los registros de análisis en el laboratorio los resultados y/o algunas fallas que puedan existir durante el tratamiento.

PARADA DE PLANTA

1. Dejar una reserva de agua en los filtros.
2. Cerrar la compuerta de entrada de agua cruda en la captación.
3. Poner fuera de servicio los equipos de dosificación de coagulante y cloración.
4. Cerrar las válvulas de salida de los floculadores, sedimentadores y filtros.

MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

El manejo de sustancias químicas comprende las siguientes acciones de:

- **Recepción:** La recepción de una sustancia química debe hacerse verificando la existencia de pedido oficial, su calidad y composición química (ensayo de laboratorio), forma de envase o embalaje (que no exista ruptura o deteriora), la coincidencia de los solicitado con lo entregado.
- **Almacenamiento:** Las sustancias químicas en estado solido y con embalaje de bolsa de papel, plástico o fibra de vegetales son las mas comunes, deben almacenarse sobre tarimas de madera (nunca en contacto directo con el suelo o paredes), la altura máxima debe ser de 2.00 metros para acarrearlo manual y 3.00 metros con equipos mecánicos,



deben dejarse pasillos de 1.50 metros para el tránsito entre cada pila, no se deben almacenar en la misma bodega sustancias que puedan reaccionar entre sí producir humo o gases tóxicos, debe mantenerse la bodega seca y bien ventilada.

- **Transferencia:** para facilitar el transporte manual se pueden utilizar equipos mecánicos, como carretillas, carritos basculantes, etc.

DOSIFICACIÓN

En el tratamiento del agua se utiliza la adición de sustancias químicas para modificar las características del agua cruda, para remover o reducir compuestos perjudiciales o transformarlos a no peligrosos. La dosificación constituye la adición al agua cruda de determinada cantidad de sustancias químicas.

DOSIFICADORES

Los dosificadores de sustancias químicas son equipos que permiten aplicar en forma continua las cantidades requeridas de productos químicos para tratar un agua en una planta de tratamiento. Los dosificadores normalmente se clasifican en dosificadores en seco, solución y saturación.

- **Dosificadores en Solución:** Se utilizan para dosificar el coagulante en forma líquida. Los más conocidos son los de orificio de carga constante y las bombas dosificadoras. En el caso de la Planta Santa Apolonia se utilizan los dosificadores en solución del tipo de orificio, con carga constante están compuestos básicamente de un orificio sumergido en el agua, que se mantiene a una altura constante.



ENSAYOS DE DOSIFICACIÓN

DESCRIPCION DEL EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS

DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE PRUEBA DE JARRAS

1. Tomar muestra del agua cruda en un recipiente de plástico, en cantidad no menor a 6 litros, lavando previamente el envase con la misma agua, para eliminar residuos.
2. Llenar las 6 jarras (vasos 2000 ml) con la muestra hasta llegar a 1 o 2 litros.
3. Preparar una solución al 1% de sulfato de aluminio:
10 ml de solución en 1 litro = 10 mg/L
10 ml de solución en 2 litro = 5 mg/L
4. Colocar los envases en el equipo. Bajar uno a uno los 6 agitadores de paleta, girando hacia la izquierda los tornillos que sostienen a los agitadores para proceder a la mezcla.
5. Encender el equipo accionando el interruptor para iniciar la mezcla.
6. Graduar el regulador de velocidad que presenta el equipo a 300 rpm.
7. Agregar simultáneamente a cada jarro el coagulante (sulfato de aluminio) para clarificar el agua, utilizando una pipeta medida en mililitros o centímetros cúbicos ($1\text{ml} = 1\text{cm}^3$), variando la dosis de 5 mg/L en cada una de las jarras. El coagulante se agrega de la siguiente forma:

Ejemplo utilizando una jarra de 2 litros:

- Al 1er jarra se le agrega 10ml = 5 mg/L
- Al 2do jarra se le agrega 20ml = 10 mg/L
- Al 3ro jarra se le agrega 30ml = 15 mg/L
- Al 4ta jarra se le agrega 40ml = 20 mg/L



- Al 5to jarra se le agrega 50ml = 25 mg/L
- Al 6to jarra se le agrega 60ml = 30 mg/L

EL SULFATO DE ALUMINIO SE AGREGA DE ACUERDO A LA CALIDAD DEL AGUA

1. Mezclar a 300 rpm durante 8 segundos.
2. Graduar el regulador de velocidad de acuerdo a las instrucciones específicas para el ensayo (normalmente alrededor de 40 rpm) girando el botón de graduación en el sentido indicado para efectuar la floculación durante 20 minutos.
3. Apagar el equipo accionando el interruptor a posición de parada y subir las papeletas (agitadores) para que comience la sedimentación del floc, retirar las jarras y colocar el equipo de toma de muestras.
4. Dejar sedimentar por veinte minutos y tomar la muestra para análisis de turbiedad.
5. La dosis optima será aquella que produzca menor turbiedad.

Ejemplo:

Se toma una muestra de agua cruda

Se realiza el ensayo de jarras, con las siguientes características:

Mezcla rápida = 300 rpm x 8 segundos

Floculación = 40 rpm x 20 minutos

Sedimentación = 20 minutos

Turbiedad inicial = 120 UNT



OBTENIÉNDOSE:

Jarra N°		1	2	3	4	5	6
Dosis	Ml	20	30	40	50	60	70
	Mg/L	10	15	20	25	30	35
Turbiedad Final UNT		5.7	3.5	2.3	1.9	1.7	2.1

El vaso N° 05 tiene menor turbiedad 1.7 UNT, luego la dosis optima de sulfato de aluminio será 30 mg/L

DATOS UTILES

Para convertir	Multiplicar para obtener			
	g/L	Ppm	Kg/m3	g/cm3
Mg/L	0.001	1	0.001	1
Ppm	0.001	1	0.001	1
Kg/m3	1	1	1	1
G/m3	0.001	1	0.001	1



DOSIFICADORES EN SOLUCIÓN

Son aquellos que suministran la sustancia en forma de solución. Se utilizan en plantas de capacidad pequeña o media.

CALIBRACION DE DOSIFICADORES DE SOLUCION

ENSAYO PRELIMINAR

1. Llenar con agua el tanque girando la llave de paso de agua en el sentido indicado.
2. Cerrar la llave de paso girándola hacia la derecha cuando el agua llega al nivel deseado en el tanque.
3. Pesar 150 kg de sulfato de aluminio (03 bolsas) a utilizar y vaciarla en el tanque, para preparar la solución.
4. Agitar manualmente la solución con una paleta o utilizando el agitador mecánico para homogenizar.

CALIBRACIÓN

- Determinación de la dosis optima de coagulante (D en mg/L).
- Medir el caudal de agua que se está tratando en la planta (Q en m³/min).
- Seleccionar el tiempo de funcionamiento del tanque de disolución (T en minutos).
- La cantidad necesaria de sustancias químicas = 150 kg (03 bolsas de 50 kg c/u).
- Obtener la concentración ideal (%)
- Calcular el volumen necesario de agua en el tanque de solución (V en m³).





C es %

V es 100 - %

$$\text{Entonces: } V = \frac{C(100 - \%)}{\%}$$

- Calcular la cantidad a dosificar ($C1 = \text{kg}/\text{min}$)

$$C1 = D * Q / 100$$

- Calcular el volumen a dosificar ($V1 = \text{Lts}/\text{min}$)

$$V1 = \frac{C(100 - \%)}{\%}$$

- Utilizando una jarra graduada se obtendrá el volumen por unidad de tiempo obtenido.

EJEMPLO 1

- Mediante la prueba de jarras se determinó que se requiere una dosis de coagulante de $D = 35 \text{ mg}/\text{L}$.
- El caudal que está tratando la planta es de $Q = 4200 \text{ L}/\text{min} = 4.2 \text{ m}^3/\text{min}$.
- La cantidad total de coagulante = 150 kg.
- Si se requiere utilizar una concentración de ($C = 10\%$), el volumen del agua para disolución será de:

$$V = \frac{C(100 - \%)}{\%} = \frac{150(100 - 10)}{10} = 1350 \text{ litros}$$

- La cantidad de coagulante a dosificar será

$$C1 = \frac{D * Q}{1000} = \frac{35 * 4.2}{1000} = 0.147 \text{ kg}/\text{min}$$

- El volumen a dosificar será de:



$$V = \frac{C(100 - \%)}{\%} = \frac{0.147(100 - 10)}{10} = 1.323 \text{ litros/min}$$

- g. Con una jarra graduada se obtendrá la apertura adecuada para alcanzar esa dosis de coagulante de 1.323 litros/min o 66 mg/30 seg.

Para aplicar dicha cantidad se hace uso de una jarra plástica graduada de un litro calibrado, se abre la llave de salida del tanque y se regula en el caso del ejemplo una cantidad de: 1.323 ml/min.

ERACIÓN DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

CAMARA DE REUNIÓN DE AGUA CRUDA

FUNCIÓN DEL OPERADOR DE PLANTA. -

El operador tendrá las siguientes funciones:

- ✓ Observar que se mantenga el nivel normal del agua de ingreso.
- ✓ Mantener una comunicación directa con el operador de captación, para controlar las variaciones y las condiciones de calidad del agua.
- ✓ Controlar y registrar el caudal de agua que ingresa a la planta hora a hora.
- ✓ Mantener constante el caudal de la planta para así poder dosificar la cantidad exacta de insumos químicos y cloro.
- ✓ El operador tendrá que sacar muestras de agua cruda hora a hora y llevar al laboratorio para determinar, turbiedad, alcalinidad, pH, temperatura.
- ✓ Cualquier irregularidad el operador de turno deberá informar de inmediato al Jefe de Planta.



MEDICIÓN DEL CAUDAL. -

El operador podrá controlar su caudal en el Canal Parshall donde esta instalado un medidor de caudal cuya finalidad de la medición de caudal es para saber:

- ✓ La cantidad de insumos químicos a dosificar.
- ✓ La cantidad de cloro a dosificar.
- ✓ El volumen producido en la Planta

VARIAR EL CAUDAL. -

DISMINUCIÓN DEL CAUDAL: Para disminuir el caudal el operador de la planta deberá abrir la válvula de purga o desagüe que se encuentra junto a la llegada de la Línea de Conducción. O podrá abrir el desagüe de la Cámara de Reunión que se encuentra a la derecha de la cámara.

AUMENTO DE CAUDAL. - Para aumentar el caudal el operador deberá:

- ✓ Cerra la válvula del desagüe, de la cámara de Reunión.
- ✓ Si está cerrada la válvula del desagüe, procederá a comunicarse con el operador de la captación para cargar más agua.
- ✓ Si no aumenta, deberá el operador de la Captación venir revisando la línea de conducción y válvulas.

LIMPIEZA DE LA CAMARA DE REUNION. -

Para proceder a la limpieza de la cámara de reunión deberá abrir la válvula de desagüe que se encuentra al lado izquierdo de la cámara de reunión. Esta



operación se realiza cuando se ejecuta la limpieza y mantenimiento programado según el cronograma.

UNIDAD DE MEZCLA RAPIDA

FUNCIÓN DEL OPERADOR DE PLANTA. -

El operador tendrá las siguientes funciones:

- ✓ Verificar continuamente a caída de la solución del sulfato de aluminio que sale del tanque dosificador.
- ✓ Cualquier irregularidad, el operador de turno deberá informar de inmediato al jefe de Planta y/o tomar las acciones correctivas del caso.

PUESTA EN MARCHA. -

- ✓ Abrir las válvulas y/o compuertas de ingreso de agua cruda.
- ✓ Poner en marcha la aplicación del coagulante en el resalto hidráulico.
- ✓ La solución del coagulante debe ser uniformemente distribuida por gravedad a través de chorros dirigidos sobre el resalto hidráulico.

OPERACIÓN NORMAL. -

- ✓ Verificar que el coagulante se esté aplicando en el punto de mayor agitación o turbulencia.
- ✓ Al variarse el caudal de la planta con las mismas características de agua cruda, también variar la cantidad de sustancias químicas a dosificar.



UNIDAD DE FLOCULACIÓN

FUNCIÓN DEL OPERADOR DE PLANTA. -

El operador tendrá las siguientes funciones:

- ✓ El operador de turno tendrá que retirar las natas y espumas y todo material flotante de la superficie del agua, si las hubiera.
- ✓ Observar que se esté formando los floc, en la mitad de la unidad del floculador.
- ✓ Cualquier irregularidad, el operador de turno deberá informar de inmediato al Jefe de Planta y/o tomar las acciones correctivas del caso.

LAVADO DEL FLOCULADOR. -

Para lavar el floculador se tendrá previamente que coordinar la programación con la División de Operación y realizar las siguientes acciones:

- ✓ Se recomienda que se realice un día donde la turbiedad es baja.
- ✓ Se procede a pasar escobillas de acero o naylon fuertemente a todos los canales de la estructura.
- ✓ Se procede a abrir la válvula del desagüe y se empieza a recorrer con las mismas escobillas desde el primer canal hasta el final eliminando el lodo hacia el desagüe.
- ✓ No deberá quedar objetos incrustados en el fondo de los floculadores.
- ✓ Caso contrario se tendrá que sacar las arenas del fondo con ayuda del balde y evacuarlo lejos de la planta con ayuda de una carretilla "bugui".



- ✓ Se procede al pintado de las paredes y pantallas para evitar la formación de algas.
- ✓ La solución para el pintado es una proporción aproximada de 1:3 consta de sulfato de cobre y cal hidratada a esto se le agregara la solución disuelta de sulfato de cobre y se agrega la cal poco a poco hasta formar una película y se procede a pintar con brochas de naylor y/o rodillos.

PUESTA EN MARCHA EL FLOCULADOR. -

Para poner en marcha el floculador se tendrá que realizar las siguientes acciones:

- ✓ Primero cerrar la válvula del desagüe.
- ✓ Dejar que el floculador se vaya llenando, una vez lleno se deja que pase el agua al canal de repartición de agua floculada.

UNIDAD DE SEDIMENTACIÓN

FUNCIONES DEL OPERADOR DE PLANTA. -

El operador tendrá las siguientes funciones:

- ✓ El Operador de turno tendrá que retirar las natas y material flotante de la superficie del sedimentador.
- ✓ Analizar una muestra de agua ya sedimentada cada hora para controlar la turbiedad y pH.
- ✓ Limpiar los flóculos retenidos o sedimentados en la cresta del canal de salida de agua sedimentada, así como también material flotante.
- ✓ Cualquier irregularidad el operador de turno deberá informar de inmediato al jefe de Planta y/o



- ✓ tomar las acciones correctivas del caso.

LAVADO DEL SEDIMENTADOR. –

El sedimentador se tendrá que lavar de acuerdo a la altura del lodo o cuando la turbiedad y/o el color del agua sedimentada aumenten y la eficiencia de remoción disminuya. Es cuando la capa de lodo se torna espesa y la zona de ascensión presenta gran número de flocs.

Para proceder al lavado del Sedimentador deberá el operador realizar las siguientes acciones:

- ✓ Se realiza independientemente cada unidad.
- ✓ Luego se cierra las compuertas de ingreso de agua floculada, al sedimentador que se va a proceder a lavar.
- ✓ Se procede a abrir gradualmente la válvula de desagüe, para ir evacuando el lodo y no tener problemas de atoros, lavando las paredes (pasado de escobilla) y así el lodo no se adhiera a las paredes.
- ✓ Luego se rasqueta las paredes y la zona de lodo con la ayuda de jaladores de lodo y presión de agua s arrastra hasta el desagüe.
- ✓ Después se procede a pintarlo con una solución de sulfato de cobre y cal para prevenir el crecimiento de algas en las paredes.
- ✓ Finalmente dejar secar el pintado de las paredes para luego empezar a llenarlo en su totalidad y comenzar su operación normal.



PUESTA EN MARCHA. -

- ✓ Primero se debe cerrar las válvulas de desagüe.
- ✓ Para poner en marcha el Sedimentador se deberá abrir la compuerta de ingreso de agua floculada.
- ✓ Se ira llenando lentamente, para no perjudicar el normal abastecimiento de agua a la ciudad.
- ✓ Si se presentara aguas claras se procederá a aumentar el caudal para agilizar el llenado.
- ✓ Antes de que el agua ingrese al canal de recolección de agua sedimentada se procederá a dejar en reposo por espacio de 20 minutos para que sedimente.
- ✓ El sedimentador estará 20 minutos sin ingreso de agua floculada para que las partículas puedan sedimentar.
- ✓ Transcurrido el tiempo se tendrá que abrir las compuertas para que ingrese agua floculada al sedimentador y trabaje en forma normal.

SALIDA DE FLOC A LAS CANALETAS DE AGUA SEDIMENTADA

Las causas de que se empieza a enturbiar los sedimentadores son :

- ✓ Por una mala dosificación.
- ✓ Por un incremento brusco de aguas turbias.
- ✓ Para ello el operador cuando se empieza a enturbiar el sedimentador por el canal de recolección se deberá hacer lo siguiente:



- Reducir su caudal de tratamiento dependiendo de la turbiedad de ingreso. Verificar que haya buena formación de floc en los floculadores.
- Verificar los parámetros del agua cruda de turbiedad y PH, para ajustar las dosificaciones óptimas de sulfato de aluminio.

UNIDAD DE FILTRACION

FUNCION DEL OPERADOR DE PLANTA. -

El operador tendrá las siguientes funciones:

- ✓ Verificar que las válvulas de salida de los filtros en operación estén estranguladas de tal manera que el nivel de agua en cada una de ellos estén en una altura aproximada de 30 cm.
- ✓ Verificar que cuando esté trabajando el filtro, la válvula de desagüe estén cerradas.
- ✓ Verificar que estén abiertas todas las compuertas que ingresan agua sedimentada.
- ✓ El Operador de turno tendrá que retirar las natas y material flotante del filtro, si las hubiera.
- ✓ Cualquier irregularidad, el operador de turno deberá informar de inmediato al Jefe de Planta. y/o tomar las acciones correctivas del caso.

LAVADO (LIMPIEZA) DE UN FILTRO. -

Para proceder al lavado del filtro deberá el operador realizar las siguientes acciones:



- ✓ Cerrar la compuerta de entrada de agua al filtro del canal de distribución de agua sedimentada.
- ✓ Seguir filtrando hasta que el nivel de agua este por debajo de la arena.
- ✓ Primeramente, se deberá rasquetear el vertedero de ingreso de agua y las paredes hasta llegar al lecho filtrante.
- ✓ Utilizando palanas cucharas se empieza el raspado de la arena es decir sacar 1 cm aproximadamente la arena sucia de la capa superficial se amontona y luego es sacado hacia fuera del filtro.
- ✓ Posteriormente se pasa rastrillo, se pasa regla para uniformizar el área de la arena y quedará listo para su operación.

MANTENIMIENTO DE UN FILTRO. -

Para proceder al mantenimiento del filtro deberá el operador realizar las siguientes acciones:

- ✓ Se tendrá que pintar las paredes del filtro con una solución de sulfato de cobre y cal hidratada.
- ✓ Dejar secar las paredes del filtro por unas tres horas.

PUESTA EN MARCHA DE UN FILTRO. -

Para poner en marcha el filtro deberá el operador realizar las siguientes operaciones:

- ✓ Cerrar la válvula de la cámara húmeda.



- ✓ Hacer ingresar agua sedimentada por el canal del filtro hacia la cámara y va empezar a llenar en forma ascendente hasta llegar a una altura de 10 cm sobre la capa de la arena.
- ✓ Una vez hecho este procedimiento bajar la compuerta de ingreso a la cámara húmeda y llenar por el vertedero hacia el filtro hasta una altura de 50 cm sobre el nivel del lecho filtrante donde empezará su operación regulando la válvula de salida del filtro ubicada en la cámara húmeda hacia el reservorio.

SALA DE DESINFECCIÓN

- ✓ Colocar una empaquetadura de plomo de 1/16" en la entrada del dosificador (no usar nunca otros tipos ni otros materiales de empaquetadura).
- ✓ Montar el dosificador sobre la válvula del tubo rodeando, la válvula con el yugo; alinear la entrada del dosificador con la salida de la válvula y ajustar el tornillo del yugo.
- ✓ No debe ajustarse excesivamente va que comprime la empaquetadura de plomo haciéndola rebasar la unión.
- ✓ Abrir la válvula inyectora girándola en el sentido indicado para dar paso de agua.
- ✓ Regular la dosificación de gas girando el rotámetro para aumentar o disminuir la cantidad de gas que pasa.



RESERVORIOS

Actividades de Operación

1. Control del nivel del agua

- Monitoreo del nivel de almacenamiento.
- Apertura y cierre de compuertas y válvulas según la demanda.

2. Mantenimiento Preventivo

- Inspecciones periódicas de estructuras.
- Limpieza de canales, desarenadores, válvulas y rejillas.
- Verificación del funcionamiento de equipos electromecánicos (bombas, compuertas).
- Revisión de sensores e instrumentos de medición.

3. Mantenimiento Correctivo

- Reparación de filtraciones, fisuras o erosión en estructuras.
- Sustitución o reparación de equipos dañados (válvulas, motores, compuertas).

4. Mantenimiento de Seguridad

- Mantenimiento del sistema de drenaje interno.
- Revisión y prueba de sistemas de emergencia.
- Control de asentamientos o deformaciones.



ESTACIÓN DE BOMBEO

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DE ELECTROBOMBAS

El Operador, antes de poner en funcionamiento la electrobomba, debe leer atentamente las siguientes instrucciones y realizar cuidadosamente las acciones que se indican, para que los equipos funcionen adecuadamente y evitar fallas en su funcionamiento.

1. Verificar el NIVEL de agua existente en el tirante del Reservorio R-1, no debe ser menor de 2.40 mts. Para poder encender la Electrobomba.
2. Si se cuenta con el nivel de agua indicado en el reservorio, dirigirse a la Caseta de Bombeo y antes de poner en funcionamiento la electrobomba, deberá verificar que las válvulas de Compuerta: de Succión, Descarga y Alivio estén ABIERTAS, para permitir el libre flujo de agua y evitar que la electrobomba trabaje en vacío.
3. Verificar la Energía Eléctrica en el Tablero de Control de Mando, controlando el voltaje de llegada en el respectivo instrumento (Voltímetro) girando el respectivo selector y compruebe el voltaje en sus tres fases (L1, L2 y L3). El voltaje indicado en el Instrumento NO debe ser inferior a 200 Voltios. Si el voltaje es inferior a 200 Voltios, deberá esperar hasta que se normalice. Asimismo, deberá chequear que el FRECUENCÍMETRO indique una frecuencia promedio a 60 Hz. En su respectivo instrumento.
4. Seleccionar en el Tablero de Control la forma de operación de la electrobomba (Manual, Automática o Alterna); para ello deberá girar el



respectivo selector a la posición más adecuada y determinar la electrobomba que se va a poner en funcionamiento.

5. Antes de encender la Electroboomba, deberá primero anotar y registrar en los respectivos formatos o cuadros de control de funcionamiento: La Fecha correspondiente, Hora de Arranque, el voltaje existente en sus tres fases de los instrumentos en el Tablero de Control, además del registro existente en el Macromedidor.

OPERACIÓN MANUAL:

- ✓ Purgar la tubería de Descarga de la respectiva electrobomba, por medio de la válvula tipo Mariposa de 1/2" por un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos (de esta manera se expulsará las posibles bolsas de aire que se hayan acumulado en el interior de la tubería y a su vez, se estará cebando la bomba).
- ✓ Fijar el selector del tablero de Mando, posición de operación "M".
- ✓ Fijar el conmutador de electrobombas B1 (para la electrobomba N° 01) ó B2 (para la electrobomba N° 02) que se va a operar.
- ✓ Pulsar el botón de Arranque (color VERDE) correspondiente a la Electroboomba seleccionada.
- ✓ Una vez que la electrobomba se ha puesto en funcionamiento, anotar en el formato: el Amperaje que registra el Instrumento del Tablero de Control: Amperímetro, en sus tres fases: R - S - T. y la presión en Lb/Sg. que registra el respectivo instrumento en la tubería de salida de bombeo.
- ✓ Durante el funcionamiento, tratar de identificar y detectar cualquier anomalía, (ruido extraño, elevación del amperaje, recalentamientos en el



motor o en la bomba, etc.) y dar cuenta de inmediato o anotar en el formato de registro y control diario.

- ✓ Para apagar la electrobomba, primeramente, anote en el formato de registro y control diario el Voltaje en sus tres fases, amperaje en sus tres fases y la frecuencia en Hz.
- ✓ Pulsar la botonera de PARADA, correspondiente (color ROJO)
- ✓ Para finalizar el funcionamiento de la electrobomba, fijar el selector del Tablero de mando en la posición "0"

OPERACIÓN AUTOMÁTICA:

- ✓ Purgar la tubería de Descarga de la respectiva electrobomba, por medio de la válvula tipo Mariposa de 1/2" por un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos (de esta manera se expulsará las posibles bolsas de aire que se hayan acumulado en el interior de la tubería y a su vez, se estará cebando la bomba).
- ✓ Fijar el selector del tablero de Mando, posición de operación "A".
- ✓ Fijar el conmutador de electrobombas B1 (para la electrobomba N° 01) B2 (para la electrobomba N° 02) que se va a operar.
- ✓ Pulsar el botón de Arranque (color VERDE) correspondiente a la Electro bomba seleccionada.
- ✓ Una vez que la electrobomba se ha puesto en funcionamiento, anotar en el formato: el Amperaje que registra el Instrumento del Tablero de Control: Amperímetro, en sus tres fases: R - S - T. y la presión en Lb/Sg. que registra el respectivo instrumento en la tubería de salida de bombeo.



- ✓ Durante el funcionamiento, tratar de identificar y detectar cualquier anomalía, (ruido extraño, elevación del amperaje, recalentamientos en el motor o en la bomba, etc.) y dar cuenta de inmediato o anotar en el formato de registro y control diario.
- ✓ Para apagar la electrobomba, primeramente, anote en el formato de registro y control diario el Voltaje en sus tres fases, amperaje en sus tres fases y la frecuencia en Hz.
- ✓ Pulsar la botonera de PARADA, correspondiente (color ROJO)
- ✓ Para finalizar el funcionamiento de la electrobomba, fijar el selector del Tablero de mando en la posición "O"

OPERACIÓN AUTOMÁTICA ALTERNA:

- ✓ Purgar la tubería de descarga de la respectiva electrobomba, por medio de la válvula tipo Mariposa de $\frac{1}{2}$ por un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos (de esta manera se expulsará las posibles bolsas de aire que se hayan acumulado en el interior de la tubería y a su vez, se estará cebando la bomba).
- ✓ Fijar el selector del tablero de Mando, posición de operación "A".
- ✓ Fijar el conmutador de electrobombas B1 (para la electrobomba N° 01) 6 B2 (para la electrobomba N° 02) que se va a operar.
- ✓ Pulsar el botón de Arranque (color VERDE) correspondiente a la Electro bomba seleccionada.
- ✓ Una vez que la electrobomba se ha puesto en funcionamiento, anotar en el formato: el Amperaje que registra el Instrumento del Tablero de



Control: Amperímetro, en sus tres fases: R - S - T. y la presión en Lb/Sg. que registra el respectivo instrumento en la tubería de salida de bombeo.

- ✓ Durante el funcionamiento, tratar de identificar y detectar cualquier anomalía, (ruido extraño, elevación del amperaje, recalentamientos en el motor o en la bomba, etc.) y dar cuenta de inmediato o anotar en el formato de registro y control diario.
- ✓ Para apagar la electrobomba, primeramente, anote en el formato de registro y control diario el voltaje en sus tres fases, amperaje en sus tres fases y la frecuencia en Hz.
- ✓ Pulsar la botonera de PARADA, correspondiente (color ROJO)
- ✓ Para finalizar el funcionamiento de la electrobomba, fijar el selector del tablero de mando en la posición.

OPERACION DEL GRUPO ELECTRÓGENO - 20KW:

En caso de apagones del fluido eléctrico se debe poner en funcionamiento el Grupo electrógeno. Para ello, el operador responsable debe trasladarse hasta el Reservorio R-1, para realizar la operación siguiente:

1. Bajar la llave general de control, seccionador trifásico termomagnético, ubicado en el Tablero General de ingreso de energía.
2. Verificar que el tanque de combustible tenga suficiente petróleo del Grupo electrógeno.
3. Revisar niveles de aceite.
4. Chequear estado de agua en el radiador, de no contener o estar bajo el nivel, llenar el mismo.





5. Conectar los bornes de la batería, teniendo cuidado de colocarlos en sus respectivos terminales y polaridades.
6. Bajar palanca del automático (manija color negra) ubicado sobre el motor, hasta que enganche en posición horizontal.
7. Proceder a dar arranque al motor, girando la llave de la chapa de contacto en el tablero de control del Grupo electrógeno (acción similar al encendido de un auto).
8. Dejar que el motor caliente por un momento y luego manipular hacia la derecha la palanca del acelerador para proceder a acelerar lenta y progresivamente hasta alcanzar la velocidad máxima.
9. En el tablero de control, verificar los instrumentos de medición, teniendo en cuenta que el voltímetro alcance más de 220 Voltios y el frecuencímetro 60 Hertz.
10. Subir la palanca del seccionador del tablero de control del grupo electrógeno a la posición ON.
11. Subir la Palanca de la llave cuchilla de control ubicada en la pared.

En esta circunstancia el fluido eléctrico se distribuirá en toda la planta de tratamiento, de preferencia hacer uso sólo para el sistema de alumbrado y de ambientes de oficinas.

PARA APAGAR EL GRUPO:

Una vez verificado que se ha restablecido la energía eléctrica proveniente de Hidrandina, se procederá a apagar el grupo electrógeno:



1. Bajar la Palanca de la llave cuchilla de control ubicada en la pared.
2. Bajar la palanca del seccionador del tablero de control del grupo electrógeno a la posición OFF.
3. Bajar la velocidad de aceleración, manipular hacia la izquierda la palanca del acelerador lentamente hasta alcanzar la velocidad mínima.
4. Presionar el botón lateral izquierdo del automático y subir la manija color negra) ubicado sobre el motor, en posición diagonal.

En esta situación el Grupo electrógeno se apagará.

5. Desconectar los bornes de la batería.
6. Subir la llave general de control, seccionador trifásico termomagnético, ubicado en el Tablero General de ingreso de energía.

PARADA DE PLANTA POR MANTENIMIENTO

Para realizar una parada de la planta el operador tendrá que realizar las siguientes acciones.

- ✓ Realizar las coordinaciones necesarias con el jefe de Planta y el Jefe de División de Operaciones, para programar con anticipación las comunicaciones respectivas a la población sobre los periodos de desabastecimiento.
- ✓ Revisar el día anterior al lavado, las mangueras, las tuberías de lavado y el funcionamiento de equipos necesarios para la limpieza.
- ✓ Preparar todas las herramientas a utilizar y el personal disponible a trabajar en dicho mantenimiento como: escobillas, escobas, cepillos, mangueras y llaves para conectar y desconectar.





- ✓ Cerrar el ingreso de entrada de agua cruda.
- ✓ Suspender la dosificación de sulfato de aluminio, cal y cloro gas.
- ✓ Cerrar válvulas de salida de agua de los filtros.
- ✓ Cerrar válvula de salida del reservorio.
- ✓ El jefe de Planta deberá suministrar todas las herramientas necesarias.



VI. ANALISIS DE LABORATORIO

1. DETERMINACIÓN DEL pH

La medida de pH es uno de los parámetros mas importantes en el análisis del agua. El principio básico para medir el pH electrométicamente, es la determinación de la actividad del ion de hidrogeno usando la medida potenciométrica a través del electrodo de hidrogeno y electrodo de referencia.

METODO: ELECTROMETRICO

Equipo

- ✓ Medidor de pH que consiste en potenciómetro y electrodos.

Reactivos

- ✓ Calibrar el sistema de electrodos con soluciones tapon de pH conocidos.
- ✓ Preparar soluciones nuevas cuando fuera necesario, pues las soluciones tapon pueden deteriorarse debido al crecimiento de hongos o de contaminantes.

CALIBRAR EL pH

Para calibrar el pHmetro, del laboratorio lo indicaremos seguidamente las instrucciones:

- ✓ Lavar el electrodo con agua destilada.
- ✓ Enjuagarlos levemente y secarlos con papel fino.
- ✓ Colocarlos en la solución tapon pH 7.0
- ✓ Encender el equipo, aplastar la tecla CAL y luego ENTER.
- ✓ Esperar que lea un pH de 7.0 +- 0.1



- ✓ Enseguida lavar el electrodo, secarlo.
- ✓ Colocarlo en la solución de pH 4 presionar la tecla ENTER
- ✓ Lavarlos con agua destilada.
- ✓ (OPCIONAL) relizar con el tercer tapon (pH a 10)
- ✓ La lectura del tercer tapon deberá tener un error de +- 0.1 unidad de pH.
- ✓ Si la diferencia fuera mayor a 0.1 unidad de pH del valor esperado, verificar el electrodo y el potenciómetro.

METODO: COLORIMETRO

REACTIVO

- ✓ Solución roja de Fenol
- ✓ Para determinar el pH colorimétricamente usaremos el indicador rojo de fenol.
- ✓ Primero tomaremos una muestra de 10 ml, de agua a determinar.
- ✓ Adicionaremos 4 gotas de la solución de rojo de fenol.
- ✓ Agitaremos y según el color que se forma determinaremos el pH.

2. DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD

La alcalinidad es causada por sales alcalinas, principalmente de sodio y calcio y mide la capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Las diversas especies de alcalinidad depende del valor del pH, composición mineral, temperatura y fuerzas iónicas.



En concentraciones moderadas en el agua de consumo humano, la alcalinidad no tiene ningún significado sanitario. Sin embargo, en niveles elevados, puede traer sabor desagradable.

REACTIVOS

1. PREPARAR SOLUCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO 0,02N:

- ✓ Adicionar en el balón de 200ml, aproximadamente 1,800 ml de H₂O desmineralizada.
- ✓ Acrecentar con auxilio de una pipeta 2.7 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- ✓ Completar el volumen y agitar.
- ✓ Transferir para un botellón de 5 litros, completando su volumen con 3 litros de agua medidos en balón volumétrico.
- ✓ Factorizar este ácido con solución de carbonato de sodio 0,002N (1,060 g/l) – es un patrón primario y su factor puede ser considerado como 1,000

2. PARA FACTORIZAR SOLUCIÓN:

- ✓ Colocar en la bureta el ácido sulfúrico 0.02N
- ✓ Con auxilio de una pipeta volumétrica transferir 20 ml de solución stock de carbonato de sodio 0.02N para un Erlenmeyer de 200 ml.
- ✓ Elevar el volumen con agua desmineralizada hasta 60 ml.
- ✓ Colocar algunas gotas de metil rojo.

3. DETERMINACIÓN DEL CLORO RESIDUAL

La cloración de abastecimientos de aguas contaminadas sirve principalmente para desinfección. Para garantizar los objetivos de la



cloración, es esencial la comprobación exacta del cloro residual utilizando determinación analítica.

DETERMINACION DE CLORO RESIDUAL:

- ✓ Dejar el caño abierto por el lapso de ½ minuto.
- ✓ Mientras tanto enjuagar los frascos y las tapas con la misma agua a analizar.
- ✓ Abrir la pastilla de DPD y adicionarlo al frasco para analizar.
- ✓ Luego ir adicionando agua hasta la marca.
- ✓ Agitar y se procede a leer con el equipo.
- ✓ Tomar otra muestra de agua en el otro frasco.

LEER CON EL EQUIPO

- ✓ Después de encender el equipo se coloca el frasco con solo el agua.
- ✓ Aplastar la tecla "CERO".
- ✓ Sacar el frasco y colocar el otro frasco con la pastilla DPD.
- ✓ Aplastar la tecla "READ"
- ✓ Después de aparecer el valor de Cloro Residual se procede a apagar el equipo con la tecla "POWER".

4. DESTILACION DE AGUA

Para destilar agua se debe realizar las siguientes acciones:

- ✓ Subir la llave cuchilla.
- ✓ Aplastar el botón BLANCO del destilador. (Se prende el foco BLANCO)
- ✓ Luego abrir el caño, hasta que se llene el tubo.
- ✓ Aplastar el botón VERDE del destilador. (Se prende el foco VERDE)
- ✓ Por ultimo reducir el flujo de agua, solo para enfriar el agua a destilar.



APAGAR EL EQUIPO DE DESTILACION

- ✓ Primero aplastar el botón VERDE del destilador. (apagar el foco VERDE).
- ✓ Cerrar el flujo de agua
- ✓ Aplastar el botón BLANCO del destilador. (apagar el foco BLANCO).
- ✓ Y por último bajar la llave cuchilla.



VII. MANEJO DE SUSTANCIAS QUIMICAS

DE

La principal sustancia química utilizada en la Planta es:

- Sulfato de Aluminio
- Sulfato de Cobre
- Cal Hidratada
- Cloro Gas

SULFATO DE ALUMINIO. –

- Nombre químico : Sulfato de aluminio
- Sinónimo : Sulfato Aluminico, Trisulfato de aluminio
- Formula : $Al_2S_3O_{12} - Al_2(SO_4)_3$
- Aspecto y color : Polvo cristalino, blanco brillante
- Olor : Inodoro
- Densidad relativa : 2.71 (agua = 1)
- Solubilidad : Alta solubilidad en el agua

EFFECTOS:

- Contacto con la piel : Enrojecimiento y dolor
- Contacto con los ojos : Enrojecimiento, quemaduras profundas y graves
- Inhalación : Tos, jadeo, dolor de garganta
- Ingestión : Corrosivo, dolor abdominal, náuseas, vómitos



EVITAR:

La dispersión del polvo y las fuentes de calor. El sulfato de aluminio al calentarlo intensamente, o al arder produce humo tóxico y corrosivos, incluyendo los óxidos de azufre.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN:

- ✓ Protección Respiratoria : Si es indispensable usar filtros respiratorios (P2) contra partículas.
- ✓ Protección de manos : Es recomendable usar guantes protectores.
- ✓ Protección de ojos : Es necesario usar anteojos de seguridad.

INSTALACIONES DE SEGURIDAD:

PROTECCIÓN. -

- ✓ No comer, beber, no fumar en lugares donde se presenta la dispersión de polvo.

METODO DE LIMPIEZA. -

- ✓ Barrer la sustancia derramada, si fuera necesario humedecerla el polvo para evitar la dispersión del polvo.

PRIMEROS AUXILIOS. -

En todos los casos, luego de aplicar primeros auxilios, derivar al médico.



CONTACTO CON LA PIEL. -

Aclarar con abundante agua, o ducharse y proporcionar asistencia médica.

CONTACTO CON LOS OJOS. -

Enjuagar con abundante agua o ducharse y proporcionar asistencia médica.

INGESTION. -

Enjuagar la boca, NO PROVOCAR EL VOMITO, dar de beber abundante agua y luego proporcionar asistencia técnica.

INHALACION. -

Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.

CAL HIDRATADA. -

- Nombre químico : Hidróxido de Calcio
- Aspecto y color : Polvo blanco
- Olor : Inodoro
- Densidad relativa : (agua = 1)
- Solubilidad : Baja solubilidad en el agua

EFFECTOS. -

- **Contacto con la Piel** : Irritación, quemaduras, necrosis en la piel y tejidos



- **Inhalación** : dificultad respiratoria, inflamación de la garganta, dolor y quemaduras de la nariz, ojos, oídos.
- **Ingestión** : vómitos, quemaduras en el esófago, vomito con sangre, sangre en las heces.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN. -

- **Protección Respiratoria** : Si es indispensable usar filtros respiratorios (P2) contra partículas.
- **Protección de manos** : es recomendable usar guantes protectores.
- **Protección de ojos** : es necesario usar anteojos de seguridad.

INSTALACIONES DE SEGURIDAD:

PROTECCIÓN. -

- ✓ No comer, beber, no fumar en lugares donde se presenta la dispersión de polvo.

METODO DE LIMPIEZA. -

- ✓ Barrer la sustancia derramada, si fuera necesario humedecerla el polvo para evitar la dispersión del polvo.

PRIMEROS AUXILIOS. -

- ✓ En todos los casos, luego de aplicar primeros auxilios, derivar al médico.

CONTACTO CON LA PIEL. -

- Aclarar con abundante agua, o ducharse y proporcionar asistencia médica.



CONTACTO CON LOS OJOS. -

- Enjuagar con abundante agua o ducharse y proporcionar asistencia médica.

INGESTION. -

- Enjuagar la boca, NO PROVOCAR EL VOMITO, dar de beber abundante agua y luego proporcionar asistencia técnica.

INHALACION. -

- Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.





VIII. GLOSARIO

Agua que presenta en su medio, elementos en concentración nocivos a la vida animal y vegetal. tales como organismos patógenos, sustancias tóxicas o radioactivas.

➤ **AGUA DESINFECTADA:**

Agua exenta de microorganismos patógenos.

➤ **AGUA POTABLE**

Agua adecuada para beber, cuya ingestión no ocasiona efectos nocivos a la salud.

➤ **BACTERIAS**

Organismos unicelulares microscópicos.

➤ **CICLO HIDROLÓGICO**

Proceso físico natural que comprende las siguientes fases: Evaporación, Condensación, Precipitación, Esguerrimiento e Infiltración.

➤ **COAGULACIÓN**

Proceso de formación de partículas floculantes, como resultado de la adición de productos químicos que absorben la materia coloidal en el agua.

➤ **COLOIDES**

Partículas menores de 2 micras de diámetro, que no pueden sedimentar sino por coagulación.

➤ **CONTAMINACIÓN**

Introducción dentro del agua de organismos potencialmente patógenos o sustancias tóxicas que la hacen inadecuada para bebida.

➤ **DESINFECCION**

Destrucción de los agentes de infección específicos (gérmenes patógenos).





➤ DPD

Método de determinación de cloro residual, usando la solución indicadora Dietil -p - Fenelediaminas.

➤ DUREZA

Presencia de cualquier catión polivalente (Ca^{**} , Mg^{**} , Al^{**} , Fe^{**} , etc); aunque generalmente se considera el calcio y magnesio en aguas naturales. En este caso se expresan en mg/1 o ppm en términos de carbonato de calcio (CaCO_3).

➤ EFLUENTES

Líquidos tratados o en estado natural que salen de su almacenamiento hacia el exterior.

➤ FLOCULOS

Pequeñas masas o grumos gelatinosos formados en un líquido por la acción de coagulantes.

➤ INCRUSTACIONES

Depósitos causados por sales, principalmente carbonatos de calcio y magnesio.

➤ INOCUA

Que no hace daño

➤ MEDIDOR PARSHALL

Es el elemento primario de tipo régimen crítico que consiste en una sección de entrada de paredes convergentes y fondo plano, un estrechamiento llamado garganta de paredes paralelas y fondo descendiente y una sección de salida de paredes divergentes y fondo ascendiente donde se desarrolla el régimen crítico (turbulento). Esta parte generalmente es aprovechada para aplicación de productos químicos.



➤ **NOCIVO**

Que hace daño

➤ **PATÓGENOS**

Elementos y medios que originan y desarrollan las enfermedades.

➤ **POTABILIZACIÓN**

Serie de procesos para hacer el agua apta para consumo humano.

➤ **PH**

Es la expresión que indica el grado de acidez o alcalinidad. El valor 7.0 es neutro. Valores superiores son alcalinos y valores inferiores son ácidos.

➤ **ppm**

Partes por un millón de partes expresado en gramos por metro cúbico de agua (g/m³) o miligramos por litro de agua (mg/l).

➤ **UNT o UTN**

Unidad Nefelométrica de Turbiedad, basada en el principio físico de nefelometría al cual se adaptan los turbidímetros.

➤ **REMOCIÓN**

Acción de remover. Pasar una cosa de un lugar a otro.

➤ **TOXICOS**

Sustancias que dañan o matan las células de los organismos.

