RESOLUCIÓN DE GERENCIA GENERAL N° 100-2026-EPS-M/GG

Moyobamba, 23 de septiembre de 2026

VISTO:

El Informe N° 01475-2026-EPS-M/GG/GO de fecha 21 de septiembre de 2026; y,

CONSIDERANDO:

Que, la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Moyobamba Sociedad Anónima - EPS MOYOBAMBA S.A., es una empresa pública de accionariado Municipal, que tiene por objeto la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito de la Provincia de Moyobamba, Departamento de San Martín y que se encuentra incorporada al Régimen de Apoyo Transitorio según Resolución Ministerial N°338-2015-VIVIENDA, publicado en el Diario Oficial El Peruano con fecha 18 de diciembre de 2015;

Que, el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS), asume su rol de administrador en la EPS Moyobamba S.A, a partir del 05 de abril del año 2017; en consecuencia, durante el periodo que dure el Régimen de Apoyo Transitorio, el Consejo Directivo del OTASS, constituye el órgano máximo de decisión de la EPS Moyobamba S.A, ejerciendo las funciones y atribuciones de Junta General de Accionistas de la EPS Moyobamba S.A.;

Que, en el marco del Reglamento de Organización y Funciones (ROF) de la EPS MOYOBAMBA S.A., en el artículo 13° numeral 13.6, la Gerencia General en ejercicio de sus funciones está facultada para *"Proponer o aprobar las directivas, guías, manuales, protocolos, instructivos y procedimientos de administración, recursos humanos, finanzas, presupuesto, inversión pública, relaciones institucionales y otras, en concordancia con los lineamientos que establezca el Directorio, así como la normativa de dichas materias que le son aplicables, dando cuenta al Directorio de la implementación de las mismas"*;

Que, de conformidad con el numeral 103.1 del artículo 103° del Decreto Supremo N° 001-2025-VIVIENDA, DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL TEXTO ÚNICO ORDENADO DEL DECRETO LEGISLATIVO N° 1280, DECRETO LEGISLATIVO QUE APRUEBA LA LEY DEL SERVICIO UNIVERSAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, precisa que, el Régimen de Apoyo Transitorio tiene por objeto mejorar la eficiencia de las empresas prestadoras de servicios de agua potable y saneamiento públicas de accionariado municipal y las condiciones de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, ejecutando acciones destinadas al reflotamiento de la empresa, en términos de sostenibilidad económica – financiera y sostenibilidad de la prestación de los servicios, para el logro de los objetivos de la política pública del sector saneamiento. La dirección del Régimen de Apoyo Transitorio se encuentra a cargo del OTASS;

Que, el numeral 43.2. del artículo 43° del Reglamento de la misma norma legal, señala que, para el ejercicio de sus funciones, las empresas prestadoras elaboran, aprueban e implementan los documentos y planes de gestión, que permitan una prestación eficiente y sostenible de los servicios de saneamiento, de conformidad con la normativa aplicable y en coordinación con las entidades competentes;

Que, mediante Carta N° 018-2026-EPS-M/GG/GO/OPAPTAR-JERS, de fecha 18 de septiembre de 2026, se remite a la Gerencia de Operaciones el Plan de Control de Procesos

RESOLUCIÓN DE GERENCIA GENERAL N° 100-2026-EPS-M/GG

de la PTAP San Mateo y Sistema de Tratamiento de Agua Potable de Juninguillo, el cual ha sido formulado en el marco de la evaluación de la implementación del Control de Procesos en las PTAP, a efectos de ser aprobados mediante acto resolutivo; el mismo que fue validado por la Gerencia de Operaciones, mediante el Informe N° 01475-2026-EPS-M/GG/GO, de fecha 21 de septiembre de 2026;

Que, el presente plan de control de procesos de los sistemas de producción de agua potable (PATP San Mateo y Sistema Juninguillo) de la EPS MOYOBAMBA S.A, norman los procesos básicos y metodológicos para operar y mantener de manera adecuada las Unidades de Tratamiento y a su vez asegurar la inocuidad del agua mediante la eliminación o reducción a una concentración mínima de los componentes peligrosos, garantizando la calidad y continuidad del servicio de agua potable para consumo humano;

Que, la EPS MOYOBAMBA S.A., como empresa de servicio público, tiene como principal objetivo lograr un servicio de calidad, incorporando para ello herramientas de gestión, manuales y otros, que permitan cumplir con su misión de mejorar la calidad de vida de la población atendida por la empresa mediante el acceso al abastecimiento eficaz, sostenible y seguro del agua potable y la gestión adecuada de las aguas residuales, propiciando su reúso, preservando el medio ambiente, por lo que, resulta necesario aprobar el control de procesos de los sistemas de producción de agua potable (PTAP San Mateo y Sistema de Juninguillo) de la EPS MOYOBAMBA S.A. – periodo 2026, el mismo que será aplicado para los trabajos de control de procesos de la PTAP San Mateo y Sistema Juninguillo;

Que, mediante Resolución Directoral N° 000029-2023-OTASS-DE de fecha 10 de marzo de 2023, se designa al señor IVÁN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO, identificado con DNI N°01130970 como Gerente General de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Moyobamba Sociedad Anónima – EPS MOYOBAMBA S.A., en el marco de lo dispuesto en el Decreto Legislativo N°1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley del Servicio Universal de Agua Potable y Saneamiento; y se le DELEGAN LAS FACULTADES DE GERENTE GENERAL de la EPS Moyobamba S.A; así como aquellas establecidas en el Estatuto Social de la Entidad, inscrito en la partida N°11001045 de la oficina registral de Moyobamba;

Por las consideraciones expuestas, con el visto de la Gerencia de Asesoría Jurídica, Gerencia de Operaciones; y en uso de las facultades y atribuciones conferidas a este despacho a través del Estatuto Social de la Empresa;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – APROBAR el **PLAN DE CONTROL DE PROCESOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE SAN MATEO DE LA EPS MOYOBAMBA S.A.**, el mismo que se anexa y forma parte integrante de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO. – APROBAR el **PLAN DE CONTROL DE PROCESOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE JUNINGUILLO DE LA EPS MOYOBAMBA S.A.**, el mismo que se anexa y forma parte integrante de la presente resolución.

RESOLUCIÓN DE GERENCIA GENERAL N° 100-2026-EPS-M/GG

ARTÍCULO TERCERO. – DISPONER que el Plan de Control de Procesos de la PTAP San Mateo y Sistema Juninguillo de la EPS Moyobamba S.A., entrará en vigencia a partir de la presente fecha, y mantendrá su vigencia hasta que no sea modificada y/o derogada por otro documento o normativa de similar o mayor jerarquía.

ARTÍCULO CUARTO. – ENCARGAR a la Gerencia de Operaciones, la correcta implementación, aplicación, supervisión, fiscalización y monitoreo permanente de los planes aprobados en el artículo primero y segundo de la presente resolución, en el marco de sus competencias, para lo cual debe ser comunicado con el contenido de la presente resolución.

ARTÍCULO QUINTO. – DISPONER a la Oficina de Tecnología de la Información y Comunicaciones proceda a publicar la presente resolución en el Portal Institucional de la EPS MOYOBAMBA S.A. (www.epsmoyobamba.com.pe).

ARTÍCULO SEXTO. – NOTIFICAR la presente resolución y su anexo, a la Gerencia de Operaciones, Gerencia de Asesoría Jurídica, Gerencia de Administración y Finanzas, Oficina de Producción de Agua Potable y Tratamiento de Aguas Residuales, Oficina de Tecnología de la Información y Comunicaciones, Oficina de Desarrollo y Presupuesto, y demás instancias competentes interesadas.

REGÍSTRASE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.

EPS MOYOBAMBA S.A.

Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo
GERENTE GENERAL

CONTROL DE PROCESOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE JUNINGUILLO DE LA EPS MOYOBAMBA S.A.

PERIODO 2026

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 4
   a) Objetivos 4
2. OPERACIONES ESPECIALES 4
   a) Arranque y parada 4
   b) Suspensión de la planta 4
3. OPERACIONES INTERMEDIAS 5
   a) Lavado de filtros 5
   b) Lavado del reservorio 5
4. OPERACIONES ALTERNATIVAS 5
   a) Sistematización de operación alternativas 5
5. CONTROL DE PROCESOS 6
   a) Filtros 6
   b) Funcionamiento de los filtros 7
   c) Desinfección y cloración 7
   d) Cloro gas por inyección al vacío 9
   e) Laboratorio de una planta 10
6. OPERACIONES EN SITUACIONES DE EMERGENCIA 12
   a) Desastres y sus efectos en tratamiento de agua. 12
   b) Medidas previas a la catástrofe 13
   c) Plan de emergencia de operación de plantas de tratamiento y sistemas de aprovisionamiento. 13
   d) Medidas preventivas 14
   e) Tratamiento y aprovisionamiento de agua después de catástrofes 16
   f) Producción y tratamiento de agua en cantidad adecuada. 16
   g) Normas para el uso de desinfectantes en situaciones de emergencia. 18
   h) Restablecimiento del servicio Parcial 20
7. PROBLEMAS MÁS COMUNES EN LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA. 21
   a) Descripción de los problemas. 21
   b) Forma de detectar los problemas y soluciones. 21
8. NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD 22
   a) Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N°031-2010-SA 22
9. DE LAS MUESTRAS 24
   a) De las botellas para tomar muestras. 24
   b) De los puntos de muestreo. 24

c) De la manera de tomar muestras. 24
d) Del transporte y almacenamiento. 24
10. ADMINISTRACIÓN GENERAL DE LA PLANTA. 24
a) Maniobras sistemáticas de entrenamiento 25
b) Funciones y organización de la planta 26
c) Calificación del personal. 27
d) Supervisor de operación 27
e) Operador de tratamiento de agua 28
f) Personal auxiliar 28
g) Ambientes complementarios 28
h) Mantenimiento preventivo 29
i) Seguridad personal 29
j) Seguridad en plantas de tratamiento 30
k) Seguridad industrial 33
11. FORMATO DE CONTROL OPERACIONAL 34

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural muy importante para la vida, ya que se encuentra presente en todos los aspectos de la actividad humana, tales como, consumo humano, uso agrícola, poblacional, pecuaria, industrial, generación de energía, entre otros; por ello la importancia de su conservación. Conocer una planta de tratamiento de agua potable, tiene por objetivo tratar agua cruda proveniente de diferentes fuentes, implicando una serie de procesos físicos, químicos y microbiológicos que reducen o eliminan los contaminantes presentes en el agua cruda, tales como partículas en suspensión, materia orgánica, microorganismos patógenos, sustancias químicas indeseables, entre otros. Estos procesos sirven para purificar y/o potabilizar el agua cruda que dependen en gran medida de las características iniciales del agua, como son, solidos totales disueltos, turbidez, color, etc.

Por ello, implica el arduo trabajo de convertirla en agua potable apta para el consumo humano, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos por la normativa nacional D.S. N°031-2010-SA "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano"

a) Objetivos

- Brindar al personal que interviene en el desarrollo de los procesos de tratamiento un conocimiento adecuado sobre las instalaciones y equipos que constituyen para operar de manera efectiva.
- Disponer de una recopilación ordenada y sistemática de los datos referentes a la planta, sus estructuras, procesos, etc.

2. OPERACIONES ESPECIALES

a) Arranque y parada

Dentro de la operación normal de una planta de tratamiento, se incluyen las paradas eventuales del sistema para realizar trabajos rutinarios, que no se pueden llevar a cabo a cabo con la planta en marcha. 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 trabajos de mantenimiento, o reparaciones en las instalaciones, por fugas, 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.

b) 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 colocan 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 para evitar el deterioro de la calidad en cada proceso, para ello se procede como sigue:

- Cierre del afluente de planta o suspensión del bombeo.
- Suspensión de la filtración.
- Suspensión de dosificadores.
- Regulación del tanque de distribución y cierre total del mismo.
- Suspensión de mezcla y floculación.
- Suspensión de otros equipos.
- Ejecución de trabajos.

3. OPERACIONES INTERMEDIAS

a) Lavado de filtros

Se cuenta con el equipo de filtros con anillas autolimpiantes, consta de 6 filtros, siendo un sistema de filtrado por medio de anillas de polietileno reforzado con nylon. La limpieza de los filtros se realiza de manera quincenal, lo cual consiste en retirar y lavar las anillas que se encuentren con los sólidos acumulados. Después de la limpieza, las anillas vuelven a su posición original y están listas para comenzar el proceso de filtración nuevamente.

b) Lavado del reservorio

El lavado del reservorio (R3= 1000 m3), muchas veces implica la suspensión total de la planta, aunque el by-pass de agua filtrada evitará la suspensión total del servicio. La limpieza del reservorio debe realizar en el mínimo tiempo posible, la cuadrilla de obreros está conformada por 6 a 8 personas, provistas de capas impermeables, botas de caucho, gorros, lámparas, mangueras, palanas y escobas.

A medida que se va 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.

4. OPERACIONES ALTERNATIVAS

a) Sistematización de operación alternativas

La operación más frecuente es la que sigue a una falla de energía y el personal de operadores debe estar entrenado para cumplir dos funciones específicas importantes.

- Cerrar el pase de cloro gas y evitar la alteración de dosificación.

Para las fallas de corriente, la planta cuenta con grupos electrógenos.

5. CONTROL DE PROCESOS

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.
El control de proceso más recurrente es la siguiente:

MEDICIÓN DE TURBIDEZ DE AGUA CRUDA Y AGUA TRATADA

Determinación de turbidez con el equipo HACH-2100Q

- Tomar una muestra de agua en el frasco previamente limpio.
- Secar el frasco con una franela limpia y agitar para eliminar burbujas.
- Introducir el frasco en el equipo y anotar la lectura que indica.

MEDICIÓN DE CLORO A LA SALIDA DE LA PLANTA O AGUA TRATADA

Determinación de cloro residual con el equipo Hach-pocket colorimeter TM

- Tomar una muestra de agua en el frasco, previamente limpio.
- Agregar un sachet de DPD al frasco y agitar.
- Se procede a leer con el equipo y tomar nada.

CAUDAL DE INGRESO Y SALIDA DE LA PLANTA

- Se toma lectura de los macro medidores correspondientes.

a) Filtros

El tipo de filtro que se encuentra instalado en el sistema de agua potable Juninguillo es el equipo de filtros con anillas autolimpiantes, consta de 6 filtros, siendo un sistema de filtrado por medio de anillas de polietileno reforzado con nylon, de filtración eficiente y continua que asegura una larga vida útil y una seguridad de filtración sin fisuras ni roturas. Están diseñadas para eliminar automáticamente las impurezas y los sólidos del medio que se está limpiando. Batería de filtración plástica de 6 unidades de 3" a baja presión mediante sistema de contra lavado con agua filtrada. Incluye unidad de control de 24V AC.
CARACTERÍSTICAS:

- Filtro con interior de anillas ranuradas cruzadas de material sintético, instalado en formato telescópico.
- Tapas y cuerpos en polipropileno con apertura mediante abrazadera rápida de acero inoxidable y junta de cierre hidráulica.

- Colectores de entrada/salida en polietileno PE100 en PN10 con conexión brida de Ø160mm.
- Colector de drenaje en polietileno PE100 en PN10 con conexión victaulic de 3"
- Ventosa trifuncional para purga de aire
- Manómetro de acero inoxidable AISI 304 de 0-6 bar.
- Válvulas hidráulicas de tres vías de diafragma y construidas en polipropileno a prueba de corrosión con conexión victaulic de 3".
- Caudal máximo recomendado: 180m3/h
- Área de filtrado: 9.120 cm^2
- Presión máxima de trabajo 8 bar
- Presión mínima de contralavado 1 bar
- Volumen de filtración máximo recomendado: 30 m3/h por cada filtro con grado de filtración 130 micras.
- Sistema de retrolavado automatizado por programador comandado presostato diferencial

b) Funcionamiento de los filtros.

- Anillas autolimpiantes: Estas anillas están diseñadas con una estructura especial que les permite atrapar las impurezas mientras el líquido fluye a través del equipo de filtrado.
- Acumulación de sólidos: Con el tiempo, las impurezas y los sólidos se acumulan en las anillas, reduciendo su eficacia para filtrar el medio.
- Proceso de limpieza automática: Cuando las anillas se saturan con suficientes sólidos, el sistema activa un proceso de limpieza automática. Este proceso puede implicar el uso de métodos como el lavado a contracorriente, la agitación mecánica o la purga de los sólidos acumulados.
- Filtración continua: Este proceso de limpieza automática permite que el equipo de filtrado opere de manera continua, sin necesidad de detenerse para la limpieza manual, lo que mejora la eficiencia del proceso y reduce los tiempos de inactividad.

<u>Especificaciones de los filtros.</u>

- P max de operación: 8 bar
- P min de retro lavado: 1 bar
- Q min flujo agua para retro lavado: 9-11 m3/h

c) Desinfección y cloración

- **Hipoclorito de calcio al 70% (medida de contingencia)**

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

En la planta de tratamiento de agua potable Juniguillo se utiliza hipoclorito de calcio granulado al 67% como medida de contingencia.

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

- Desinfectar las aguas.
- Controlar olores y sabores.
- Prevenir el crecimiento de algas y macroorganismos. La función más importante es la desinfección.

- **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.

- **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 (Cl_2), 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.

- **Desinfección del cloro**

El agua contiene millones de millones de pequeños microorganismos, tales como las bacterias y los virus. Muchos de estos organismos son inofensivos, pero algunos de ellos pueden causar enfermedades como:

- Gastroenteritis
- Tifoidea
- Disentería
- Hepatitis infecciosa
- Cólera

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:

- El tiempo de contacto; y,
- 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.

El cloro en su forma gaseosa, puede aplicarse directamente como gas, o en dilución, a través de equipos denominados cloradores; en este caso se va a utilizar un clorador de solución al vacío.

d) Cloro gas por inyección al vacío

- **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.

- **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.

• **Dosificadores de cloro**

El clorador de solución al vacío, es el de uso más generalizado, debido a su confiabilidad y seguridad en la operación. Una instalación completa de este tipo, está constituida por:

- Cilindros de cloro gas de 68 kg
- S10K alimentador de gas al vacío
- Manguera de ventilación

Clorador propiamente dicho, cuyas características varían según el modelo y el fabricante. Para este caso se utiliza balones de cloro de acero inoxidable y un equipo Clorador modelo S10K de inyección al vacío para montaje en pared.

e) Laboratorio de una 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.

APLICACIÓN DE LOS VALORES GUIA

Los valores guía para la calidad del agua potable representan el nivel o concentración de un componente, que garantiza que el agua será agradable para los sentidos 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 consumo humano y 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 residuales 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.

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 (termorresistente), 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.

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.

- La Empresa abastecedora de agua potable 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.
- 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.

- 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.

6. OPERACIONES EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

El aprovisionamiento de agua potable involucra una serie de operaciones encaminadas a garantizar un servicio continuo de agua de calidad adecuada para 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 comunidades de agua segura en forma continua, por lo cual los administradores de los servicios de agua deben adoptar las medidas pertinentes para garantizar y cumplir con este objetivo, se necesita planificar y coordinar previamente todas las acciones.

a) 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. Trayendo por consecuencia la modificación de las fuentes, daño estructural, interrupción en el transporte e interrupción en la energía.

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.

- ✓ **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.

- ✓ **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.

b) 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.

c) Plan de emergencia de operación de plantas de tratamiento y sistemas de aprovisionamiento.

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.

Los últimos tres pasos se darán después de la catástrofe y completarán el Plan de Acción para Operaciones de Emergencia. Es preciso hacer hincapié en que el Plan OEA se redacta solamente después de determinar las medidas existentes.

Según ha sido indicado, la prioridad de la emergencia debe ser el aprovisionamiento de por lo menos las cantidades mínimas de agua segura.

d) Medidas preventivas

✓ **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 la causa fundamental de la contaminación, o por derrame de sustancias químicas.

En casos de emergencia, la contaminación microbiológica deberá 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.

✓ **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 catástrofe.
- Rediseñar y/o reubicar las unidades o instalaciones potencialmente inseguras.
- Adoptar reglas y procedimientos estándar de operación para proveer el máximo estado de preparación en caso de una catástrofe 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.

✓ **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).

✓ **Paralización de suministro de energía**

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

- Uso de generadores alternos fijos en las plantas de tratamiento de agua.
- Usar aprovisionamiento de agua a gravedad para mantener una distribución limitada.

e) **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. Estas medidas sanitarias ambientales comprenden.

- ✓ **Periodo de alarma**
  - Informar y movilizar a todo el personal y a Defensa Civil.
  - Informar a la población de las medidas que pueden tomar para su autoprotección.
  - Proteger los elementos clave del abastecimiento de agua y especialmente de la planta de tratamiento de agua.
  - Examinar y difundir criterios para uso de agua segura.
- ✓ **Periodo 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.
- ✓ **Periodo 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 el 50% del caudal normal 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.

f) **Producción y tratamiento de agua en cantidad adecuada.**

El agua debe distribuirse en cantidades que satisfagan básicamente las necesidades fisiológicas de aquellos que se encuentran en el área afectada por la catástrofe. Una vez socorridas las necesidades básicas en forma satisfactoria, la disponibilidad de agua deberá ser considerada para otros usos domésticos como la limpieza, el baño y el lavado.

En una situación de emergencia originada por una catástrofe natural existen necesidades críticas de agua en los campamentos e instalaciones del personal

de los equipos de socorro y para los usuarios especiales, como hospitales y centros de tratamiento. Es a estos usuarios a los que deberá darse una especial consideración.

Después de haber sido satisfechas sus necesidades, el agua se pondrá a disposición de aquellos que viven en las áreas periféricas de centros urbanos densamente poblados y en áreas rurales concentradas y diseminadas.

Es preferible que el agua sea obtenida de una red de distribución en funcionamiento. Sin embargo, también deberá verse la posibilidad de buscar agua de fuentes privadas existentes y sin desperfectos (plantas de fuerza, fábricas de cerveza u otros establecimientos similares), manantiales, pozos o áreas de agua pluvial que no hayan sufrido daños, o estructuras hidráulicas recientemente construidas tales como pozos hincados. Dondequiera que se encuentren las fuentes de abastecimiento de agua, éstas deben evaluarse cuidadosamente para eliminar riesgos de infecciones y envenenamiento transmitidos por este elemento vital.

No se deberá permitir que los abastecimientos disponibles de agua se vuelvan una fuente infecciosa. Cuando se sospeche de la contaminación del agua por desechos humanos o químicos, su uso deberá ser descartado. Las fuentes de agua que se encuentren en las inmediaciones de sólidos de desagües, plantas químicas, campos de eliminación de desechos sólidos, minas abandonadas y otros lugares peligrosos deberán tenerse por sospechosas.

El agua distribuida entre la población víctima de la catástrofe debe mantenerse segura hasta ser consumida.

Para garantizar la pureza del agua potable se necesitará hace lo siguiente:

- Aumentar la concentración de cloro residual en la red de distribución de agua. Esto ayudará a reducir los riesgos de contaminación, la que puede penetrar en la red por infiltración de agua contaminada. Igualmente, ello ayudará a reducir riesgos con el agua que es captada y almacenada en forma no higiénica.
- Aumentar la presión de agua para mantener la contaminación fuera del sistema de distribución y para compensar la pérdida de presión debido a brechas en la tubería principal. La última es una consideración importante en áreas donde existen viviendas de pisos múltiples.
- Cuando se sabe que los abastecimientos de agua del área de la catástrofe no son clorados, se tendrá que dar los pasos que aseguren la desinfección de pequeñas cantidades de agua. Se deberá considerar el factor ebullición o desinfección (en forma de tabletas, polvos o solución).
- Se podrán encontrar métodos de desinfección de emergencia para cantidades pequeñas de agua, según lo sugiere la Organización Panamericana de la Salud.
- La experiencia ha demostrado que debe tenerse gran cuidado de no clorar excesivamente el agua potable, manteniendo un cloro libre residual de 0,5 ppm.
- El control de la calidad del agua deberá iniciarse o restablecerse inmediatamente. En esta fase, el control podrá estar limitado a determinar diariamente el cloro libre residual en los abastecimientos públicos de agua.

La reparación y restablecimiento de todo el abastecimiento público de agua deberá emprenderse inmediatamente, iniciando con el aislamiento de elementos afectados, reparación de tuberías, reservorios, pozos y especialmente unidades de tratamiento de agua y sus elementos necesarios. Poner en marcha los planes y programas de operación en casos de emergencia, realizando las siguientes acciones: Movilizar al personal regular y auxiliar de emergencia, Implementar procedimientos de protección del personal.

g) Normas para el uso de desinfectantes en situaciones de emergencia.

La acción de proveer tabletas, polvos o líquidos desinfectantes a usuarios individuales solo deberá considerarse cuando la distribución pueda hacerse unida con:

- Una fuerte campaña educativa sanitaria que instruya a la población sobre el uso de estos recursos.
- Una actividad paralela de distribución de envases para almacenar agua.
- La asistencia del sector de salud pública o personal auxiliar que pueda continuar la campaña educativa necesaria para asegurar el uso apropiado y continuado de las tabletas.
- Una red de distribución que pueda asegurar suministros adicionales, según sean necesarios a través de la fase de emergencia y en la fase inicial de rehabilitación.

En general, el uso de estos desinfectantes en una situación de emergencia deberá considerarse para desinfectar pequeñas cantidades de agua potable por parte de grupos limitados y controlados de la población en forma individual por un período limitado (una a dos semanas). Se deberá dedicar todo esfuerzo posible para restablecer las instalaciones normales de cloración o para asegurar la protección de la fuente de agua por medio de medidas físicas, es decir la defensa de pozos y cisternas individuales, operación continua de cloradores, etc.

✓ **Métodos disponibles**

Cuando ha sido considerada la desinfección de emergencia, se tendrá que prestar especial atención a la condición inicial del agua. La turbiedad y el color deberán reducirse tanto como sea posible, permitiendo su sedimentación o que sean colados a través de capas de paño. Una vez desinfectada el agua deberá almacenarse en contenedores transparentes, cubiertos y anticorrosivos. Antes de que cualquier forma de desinfectante sea provista para el tratamiento de emergencia por usuarios individuales, el personal de salud pública debe estar seguro de que las fuentes disponibles de agua que serán usadas no están, o no han sido, cloradas. Se sugiere que se efectúe la determinación de cloro residual antes de distribuir cualquier desinfectante a usuarios individuales.

Los agentes más comunes que pueden ser utilizados para desinfectar pequeñas cantidades de agua potable bajo condiciones de emergencia son:

- Cloro
- Yodo
- Permanganato de potasio

a) **Tabletas**

El compuesto más comúnmente usado es conocido como tableta de Halazona, Usualmente, las instrucciones para su uso vienen impresas en el envase. Si no fuera así, usar una tableta (4 mg) por cada litro (un cuarto de galón, aproximadamente) de agua. Agitar y dejar reposar durante unos 10 minutos antes de consumir. Duplicar la dosificación para agua turbia o de color intenso.

Una vez que el sello de cera del envase ha sido retirado, las tabletas perderán su grado de potencia rápidamente. En consecuencia, las tabletas tendrán que usarse tan pronto como sea posible. El envase deberá mantenerse tapado mientras no se use el producto.

Existe Halazona con mayor grado de potencia (160 mg) en tabletas de mayor tamaño. Las tabletas de Halazona de 160 mg pueden usarse para desinfectar 40L de agua cristalina o 20L de agua turbia o de color intenso.

Se tendrá cuidado en evitar usar tabletas de Halazona de 160 mg en la misma proporción tableta/agua que con la Halazona de 4 mg. El personal de distribución deberá ser alertado acerca de la diferencia y él, a su vez, comunicarlo a los usuarios al instruirlos.

b) **Hipoclorito de calcio**

Este polvo seco, llamado también "HTH" o "Perclorón", contiene 60 a 70% de cloro aprovechable. Se mantiene bastante estable cuando es almacenado en su envase completamente sellado en un lugar oscuro, seco y fresco. Se tendrá especial cuidado en no contaminarlo con aceites o sustancias orgánicas combustibles pues se pueden originar incendios y/o explosiones. Una vez que el envase ha sido abierto, este producto pierde 5% del cloro disponible inicial en 40 días.

Par usar el producto, añadir y disolver una cucharita colmada de HTH (alrededor de 1/4 onza o 7 g) por cada dos galones (8L) de agua. Esto producirá una solución madre de 500 mg/L. Añadir la solución madre al agua que será desinfectada: una parte de solución /100 partes de agua. Dejar reposar por espacio de 30 minutos. Si el sabor de cloro es muy fuerte, airear permitiendo que repose unas cuantas horas o verter el contenido de un envase limpio a otro varias veces. La solución madre deberá usarse en el plazo de dos semanas después de su preparación.

c) **Hipoclorito de sodio**

El blanqueador doméstico común contiene un compuesto de cloro que puede usarse para desinfectar agua en situaciones de emergencia. Para usarlo, determinar el contenido de blanqueador (usualmente entre 3 y 10%) y aplicar la tabla siguiente:

CLORO APROVECHABLE[1]	GOTAS/ℓ DE AGUA CRISTALINA[2]
1 %	10
4 - 6 %	2
7 - 10 %	1

El agua tratada deberá mezclarse y dejarse en reposo 30 minutos. Deberá tener un ligero olor a cloro. Si no fuera así, repetir la dosificación y dejar reposar 15 minutos.

✓ **Yodo**

Las formas de yodo en tabletas más convenientes y confiables son aquellas que contienen "aproximadamente 20 mg de tetraglicinato de hidroperiodina, 90 mg de pirofosfato disódico y 5 mg de talco". Estas tabletas se disolverán en menos de un minuto a unos 20°C, liberando 8 mg de yodo elemental por tableta. Esta cantidad será adecuada para tratar 1L de la mayoría de aguas naturales en el transcurso de 10 minutos.

La tintura de yodo doméstica común de un botiquín casero o de uno de primeros auxilios (2% de tintura de yodo) puede usarse para desinfectar agua. Cinco gotas de tintura de yodo bastarán para desinfectar 1L de agua cristalina (para aguas turbias, añadir 10 gotas). Dejar reposar el agua cuando menos 30 minutos.

✓ **Permanganato de potasio (KmnO4)**

Si se desconoce la potencia, usar 10 gotas. Duplicar la cantidad para agua turbia o de color intenso. Este producto químico es poco usado debido a su prolongado período de contacto. Por lo general, es utilizado como desinfectante para grandes cantidades de agua en pozos, manantiales o tanques de almacenamiento. Para usar este producto químico, preparar una solución disolviendo 40 mg de KMn04 en un litro de agua tibia. Esto desinfectará aproximadamente 1 m3 de agua después de un período de contacto de 24 horas. El permanganato de potasio es de dudosa eficacia contra organismos patógenos, con la posible excepción del "cholera vibris".

h) Restablecimiento del servicio Parcial

Este caso puede presentarse cuando los recursos materiales o el tiempo no permitan ejecutar todas las reparaciones necesarias, debiendo hacerse éstas según el siguiente orden de prioridades según las partes del servicio que se hallaren afectadas:

- Captación
- Conducción
- Planta de Tratamiento
- Almacenamiento
- Aducción

Red de distribución

En este caso lo que debe buscarse básicamente es el restablecimiento al más corto plazo de la producción de "agua potable", pudiendo efectuarse la distribución temporalmente mediante camiones cisternas. Cuando el servicio se haya restablecido, luego de una interrupción de la presión en la red de distribución, se debe añadir el suficiente cloro como para obtener 2 mg/l de residual en todas las partes del sistema, por lo menos durante 24 horas y luego reducir la dosis de cloro a la normal.

Total

Puede ocurrir cuando luego de haber paralizado y hecho la evaluación daños, se tiene que:

- Las instalaciones no han sido dañadas y la reanudación del servicio no creará ningún problema.
- Se ha terminado de reparar las partes afectadas y la reanudación del servicio no creará ningún problema.

7. PROBLEMAS MÁS COMUNES EN LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA.

a) Descripción de los problemas.

- Mala calidad del agua filtrada.
- Pérdida del medio filtrante en el proceso de lavado, por alta rata de lavado
- ascensional.
- Escape de cloro en el punto de aplicación, hecho que deteriora instalaciones cercanas.
- 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.

b) Forma de detectar los problemas y soluciones.

Escape de cloro en el punto de aplicación

Esto se puede presentar por daño o cambio del difusor. Es muy importante, conservar las dimensiones del difusor si éste es cambiado. El tamaño de los orificios es básico, si se aumentan, puede producirse una elevación en la presión a la salida, por disminución de las pérdidas, haciendo que el cloro escape, si el cloro es aplicado en una cámara que no está sometida a presión.

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.

8. NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD

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.

a) Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N°031-2010-SA

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 35ºC	0 (*)
2. *E. Coli*	UFC/100 mL a 44,5ºC	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5ºC	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35ºC	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

Fuente 1. DS 031-2010-SA

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. Endrín	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. Tetracloroeteno	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. Metolacloro	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. Clorpirifos	mgL^{-1}	0,03
62. Piriproxifeno	mgL^{-1}	0,3
63. Microcistin-LR	mgL^{-1}	0,001

Fuente 2. DS -031-2010-SA

9. DE LAS MUESTRAS

a) De las botellas para tomar 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 y; Botellas limpias y esterilizadas que hayan sido tratadas con Tiosulfato de sodio (Na2S2O2).

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.

b) De los puntos de muestreo.

- En el ingreso de la planta de tratamiento
- Salida de la planta de tratamiento
- Salida del reservorio
- 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.

c) De la manera de tomar muestras.

a) Cuando se toman muestras de agua de caños será necesario primero flamear cuidadosamente durante 1 o 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.

d) 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.

10. ADMINISTRACIÓN GENERAL DE LA PLANTA.

El servicio de producción de agua potable para una comunidad, 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:

- Primer turno de 06:00 am a 12:00 pm
- Segundo turno de 12:00 pm a 06:00 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.

a) 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 energía de equipos eléctricos. Como segunda 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.

b) **Funciones y organización de la planta**

✓ **Funciones generales**

- Asegurar la buena calidad bacteriológica y físico-química del agua producida, garantizando que las mismas se ajusten a las normas de calidad determinadas para el agua potable tanto por el Ministerio de Salud y la Organización Mundial de Salud (OMS).

En razón de los requisitos para el agua potable, es evidente que un agua turbia O coloreada a un grado tal que es notable por cualquier consumidor, será observada como sospechosa siendo, necesario:

- Conservar la operatividad de las instalaciones para poder brindar un servicio ininterrumpido.

✓ **Funciones específicas.**

Responsable de la planta

- Planear, programar, supervisar y controlar las actividades de producción.
- Dirigir y controlar las operaciones del proceso de tratamiento.
- Mantener la disciplina del personal a su cargo.
- Controlar el uso, conservar y mantener las instalaciones, equipos y materiales de la planta.
- Ejecutar tareas inherentes al buen funcionamiento de todo el sistema de producción.
- Presentar periódicamente informes técnicos y administrativos

Laboratorista

Depende del responsable de la planta:

- Realizar las pruebas para el control de procesos: Pruebas de Jarras, para obtener las dosis óptimas de clarificantes, pH óptimo.
- Realizar los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, en cada una de las fases del proceso de tratamiento.
- Realizar las pruebas para verificar el adecuado funcionamiento de cada una de las unidades de procesamiento, para verificar sus eficiencias.
- Controlar mediante análisis el ajuste de calidad del agua producida a las normas de calidad del agua potable. Realizar pruebas para la efectiva desinfección, "Demanda de cloro al punto de quiebre" y vigilar su implantación en la ciudad.
- Realizar trabajos de investigación inherentes al servicio, por ejemplo, sobre el uso de la mandioca o harina de yuca como clarificante natural.
- Realizar el control de calidad completo.
- Supervisar y controlar el uso de los reactivos y bienes del laboratorio.

Operadore de planta

Dependen del jefe de planta Y/O Supervisor de Planta

- Ejecutar labores de transporte y manipuleo de materiales, según indicación del responsable de la Planta.
- Dosificar productos químicos, según indicaciones del laboratorio.
- Ejecutar la limpieza y mantenimiento oportunos en todas las instalaciones.
- Mantener reserva adecuada de productos utilizados en el tratamiento.
- Ejecutar trabajos para la adecuada operación y producción del agua.
- Controlar la producción y consumo de agua dentro de la planta.
- Ejecutar tareas inherentes a las actividades del tratamiento del agua.

c) Calificación del personal.

Jefe de operación

- Nivel universitario, Licenciado en Química, Ingeniero Sanitario, o Ingeniero Químico, con algunos años de experiencia en operación de plantas de tratamiento de agua.
- Conocimiento de Administración y control gerencial. Conocimientos básicos de hidráulica.
- Conocimientos de salud pública, básicamente lo relacionado al abastecimiento de agua, desde el tratamiento hasta la distribución final.
- Conocimientos de seguridad, tanto del trabajo como de la manipulación de productos químicos, además de estar familiarizado con las condiciones químicas que ocurren dentro de las plantas de tratamiento de agua.
- Estar apto para realizar los ensayos químicos y para operar en forma adecuada la planta de tratamiento del agua.
- Deberá tener amplio conocimiento de las normas de salud pública, relacionadas al abastecimiento de agua potable.
- Deberá estar preparado para supervisiones técnicas y para administrar equipo de trabajo asegurando alcanzar los objetivos.

d) Supervisor de operación

- Nivel de formación universitario (Facultades de: Química, Ingeniería Sanitaria, Ingeniería Química).
- Conocimientos básicos de procesos de tratamiento de agua, con posibilidades de recibir capacitación en Hidráulica, Electricidad, Mecánica, Instrumentación y cursos avanzados de tratamiento de agua, que permitan interpretar las ocurrencias en la planta y realizar rápidamente la modificación en los procesos.
- Conocimiento teórico y práctico de la técnicas y ensayos de laboratorio, que permita ejecutarlos cuando sea necesario.
- Conocimientos para poner en operación los equipos que estuvieran en mantenimiento.

- Deberá acompañar al visitante, y aclarar interrogantes si es necesario.

e) Operador de tratamiento de agua

- Nivel de formación técnica, como mínimo.
  - Conocimiento de procesos de tratamiento de agua, y estar apto para recibir capacitación, específicamente en tratamiento de agua.
- Debe ser capacitado en:
  - Operación de la instalación.
  - Medidas de control. Llenado de boletines.
  - Elaboración de informes. Manipulación, movimiento y stock de productos químicos.
  - Operación de cloradores y seguridad con cloro gas. Las características personales más importantes deben ser: Responsabilidad técnica.
  - Facilidad de comunicación con los equipos de trabajo.
  - Raciocinio rápido para atención en situaciones de emergencia.
  - Disposición de trabajos en turnos.
  - Espíritu de cooperación.

f) Personal auxiliar

- Deberá tener estudios primarios y estar apto para recibir y emitir instrucciones verbales o escritas sobre su trabajo y en particular obre la manipulación de productos químicos y protección contra riesgos de accidentes en el trabajo.
- Debe tener caligrafía legible, y saber llenar boletines específicos de su función.
  - Debe conocer la estructura de la organización y saber ejecutar las funciones que se le haya atribuido.

g) Ambientes complementarios

- Oficina de jefe de Planta.
- Oficina de operaciones.
- Sala para operadores con baños y duchas múltiples.
- Oficina de mantenimiento.
- Taller para reparaciones.
- Laboratorio para control de procesos y análisis físico-químico.
- Laboratorio de Microbiología (bacteriología e hidrobiología)
- Biblioteca y sala de conferencias.
- Casa para responsable de la planta.
- Casa de guardianía.
- Casa para destacamento policial.

h) **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo será realizado por un funcionario capacitado y orientado por el jefe de operación, las acciones que tendrá a su cargo serán:

- Lubricación de equipos, limpieza de los equipos.
- Examen de los posibles desperfectos.
- Enviar equipos defectuosos a talleres especializados, cuando no es posible de arreglarlos en el lugar.
- Pintar los equipos para su conservación.
- Preparación técnica del personal.
- El personal encargado directa o indirectamente de la operación y el mantenimiento de la planta deberá participar de las reuniones periódicas bajo orientación de sus superiores, para actualizar y uniformizar procedimientos y acciones. Seguridad en sistemas de agua.

i) **Seguridad personal**

✓ **Generalidades**

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

✓ **Uso de vestimenta especial**

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 sobre todos para protegerse de desperdicios o sustancias químicas que son peligrosas.

✓ **Hábitos personales**

No se debe fumar en lugares peligrosos. Es prácticamente imposible evitar la contaminación de los extremos de pipas, cigarrillos. Fumar es una fuente potencial de calor, para el encendido explosivo de vapores combustibles en el ambiente. 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".

✓ **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.

✓ **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.

j) Seguridad en plantas de tratamiento

✓ **Seguridad en aspectos eléctricos**

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

- Desarrollar un programa organizado y periódico de mantenimiento preventivo para todo equipo eléctrico, reduciendo o eliminando así peligros de carácter eléctrico.
- Entrenar a todo el personal de operación y mantenimiento en el manejo y uso de la maquinaria y equipo eléctrico.
- 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 extinguidores químicos secos.
- Utilizar dispositivos de sobrecarga de medida apropiada, los cuales entrarán en funcionamiento cuando se produzca una sobrecarga o un cortocircuito.
- Solamente electricistas autorizados y calificados serán los que trabajen sobre cualquier parte del sistema eléctrico.
- Proporcionar llaves de control y etiquetas sobre los controles en todo lugar apartado, utilizando para labor de mantenimiento o reparación.
- Utilizar madera u otro material aislante para escaleras y utilizar madera seca para mover alambres caídos.
- No trabajar con equipo en funcionamiento o conectado a la fuente de energía eléctrica. Utilizar botones de emergencia para aislar equipos eléctricos en áreas remotas y fichar el equipo fuera de servicio.
- Estar seguro de que se identifiquen y estén disponibles todos los controles eléctricos, cajas de llaves y paneles de distribución.
- Herramientas de seguridad, dispositivos especiales y vestimenta de protección deben ser utilizados cuando se trabaje con o cerca de circuitos activados.
- Se debe considerar la utilización de pisos de hule en los centros de control y estaciones de operación.

- Las recomendaciones anteriores no incluyen las precauciones de seguridad que el personal puede haber conocido mediante sus experiencias en el trabajo.

✓ **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.

✓ **Manipulación de sustancias químicas**

a) 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.

✓ **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, Procedimientos recomendados para la manipulación de sustancias químicas.

SUSTANCIA	EQUIPO DISPONIBLE	COMENTARIOS
POLIMEROS	- Sobretodos. - Respiradores de dos cartuchos (polvo). - Guantes de hule. - Protector de ojos.	- Utilícese un respirador contra polvo.
CLORO	- Sistema de detección de fugas. - Ventilación. - Respirador de un solo cartucho. - Equipos de aire Scott.	- Utilícese el respirador al hacer conexiones normales. - Ventílese el ambiente cuando se está en la sala de almacenaje de alimenta-ción. - Ver apéndice (fugas).
REACTIVOS	- Protector de ojos. - Guantes de hule. - Sobretodos de jebe. - Ducha de emergencia y enjuagues oculares. - Bombillas de pipetas. - Campana contra humo.	- Usar los protectores de ojos. - Utilizar sobretodos de jebe. - Utilizar la bombilla para toda sustancia. - Usar guantes al trabajar con ácidos o bases.
OTRAS SUSTANCIAS		
	- Protector de ojos. - Guantes de hule. - Sobretodos.	- Consultar las recomendaciones del fabricante.

✓ **Seguridad del trabajo**

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

- 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.

k) 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.

11. FORMATO DE CONTROL OPERACIONAL

EPS Moyobamba

FORMATO DE CONTROL OPERACIONAL DE SISTEMA JUNINGUILLO

HORA	INGRESO A PLANTA			CONTROL DE PROCESOS										
	LECTURA DEL MEDIDOR M^3	VOLUMEN M^3	CAUDAL (L/s)	Dosificacion de cloro desinfeccion		Preparacion de Hipoclorito de calcio			Cl Libre mg/L salida	Turbiedad (NTU)	Sulfato de Aluminio Tipo A	Polimero Cationico	Pastilla DPD	Arandelas de Plomo
				Peso Kg/24 h	Dosifi. Lb/24 h	Cant. Kg	Agua L	Dosif. %						
01:00														
02:00														
03:00														
04:00														
05:00														
06:00														
07:00														
08:00														
09:00														
10:00														
11:00														
12:00														
13:00														
14:00														
15:00														
16:00														
17:00														
18:00														
19:00														
20:00														
21:00														
22:00														
23:00														
24:00														
TOTAL														

NOMBRE Y FIRMA DEL OP. TURNO (DIA):

NOMBRE Y FIRMA DEL OP. TURNO (NOCHE):

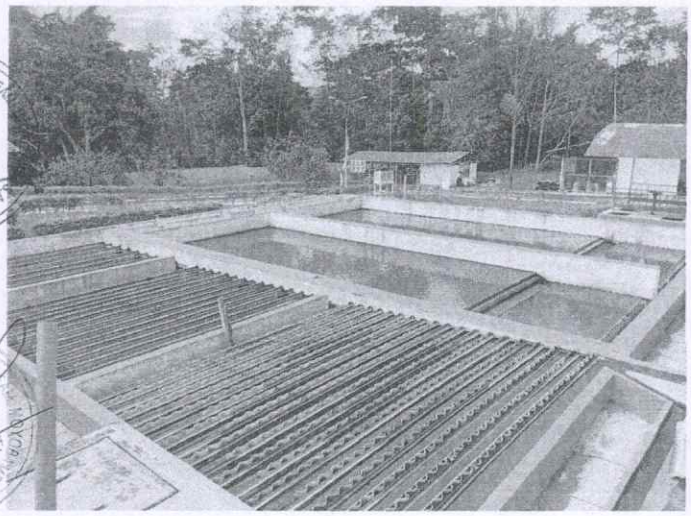
OBSERVACIONES:

EMPRESA PRESTAD. DE SERV. DE SANEAM. MOYOBAMBA S.A. GERENCIA GENERAL

EMPRESA PRESTAD. DE SERVS. DE SANEAM. MOYOBAMBA S.A. - EPMESA GERENCIA DE ASESORIA JURIDICA

EMPRESA PRESTAD. DE SERV. DE SANEAM. MOYOBAMBA S.A. GERENCIA DE OPERACIONES

EMPRESA PRESTAD. DE SERV. DE SANEAM. MOYOBAMBA S.A. OFICINA PRODUCCIÓN



CONTROL DE PROCESOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE SAN MATEO DE LA EPS MOYOBAMBA S.A.

PERIODO 2026

INDICE

1. **INTRODUCCIÓN** 5
2. **OPERACIONES ESPECIALES** 5
   a) Arranque y parada 5
   b) Suspensión de la planta 6
3. **OPERACIONES INTERMEDIAS** 6
   a) Lavado de los floculadores y sedimentadores 6
   b) Lavado de filtros 7
   c) Lavado del reservorio 7
4. **OPERACIONES ALTERNATIVAS** 8
   a) Sistematización de operaciones alternativas 8
5. **CONTROL DE PROCESOS** 8
   a) Operación de dosificadores en solución. 9
   b) Aplicación de sulfato de aluminio 9
   c) Aplicación de polímero 11
   d) Coagulación 11
   e) Factores que influyen en el proceso 11
   f) Etapas del proceso de coagulación 12
   g) MEZCLA RÁPIDA 13
   h) MEZCLA LENTA O FLOCULACIÓN 13
   i) Evaluación de la operación del floculador 15
   j) Decantador 15
   k) Evaluación de la sedimentación: 16
   l) Control de sedimentación 18
   m) Filtros 19
   n) Operación de los filtros 20
   o) Desinfección y cloración 23
   p) Operación del clorador 26
   q) Dosis para mantener residual libre en sistema de distribución 29
   r) Montaje y mantenimiento de dosificadores de cloro 31
   s) Instalación del eyector – difusor 31
   t) Sistema de cloración – procedimiento para ajuste del dosificador 34
   u) Laboratorio de una planta 35
6. **OPERACIONES EN SITUACIONES DE EMERGENCIA** 37
   a) Desastres y sus efectos en tratamiento de agua. 37

b) Acciones preliminares 38
c) Evaluación de daños 38
d) Medidas previas a la catástrofe 38
e) Plan de emergencia de operación de plantas de tratamiento y sistemas de aprovisionamiento. 39
f) Medidas preventivas 40
g) Tratamiento y aprovisionamiento de agua después de catástrofes 41
h) Periodo de alarma 42
i) Periodo de ocurrencia 42
j) Periodo de emergencia inmediato posterior a la catástrofe 42
k) Producción y tratamiento de agua en cantidad adecuada. 43
l) Normas para el uso de desinfectantes en situaciones de emergencia. 44
m) Métodos disponibles 45
n) Yodo 46
o) Permanganato de potasio (KmnO4) 47
p) Restablecimiento del servicio 47
7. PROBLEMAS MÁS COMUNES EN LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA. 48
a) Descripción de los problemas. 48
b) Forma de detectar los problemas y soluciones. 48
8. NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD 50
a) Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N°031-2010-SA 50
9. DE LAS MUESTRAS 52
a) De las botellas para tomar muestras. 52
b) De los puntos de muestreo. 52
c) De la manera de tomar muestras. 52
d) Del transporte y almacenamiento. 53
10. ADMINISTRACIÓN GENERAL DE LA PLANTA. 53
a) Maniobras sistemáticas de entrenamiento 54
b) Funciones y organización de la planta 54
c) Calificación del personal. 56
d) Ambientes complementarios 58
e) Mantenimiento preventivo 58
f) Seguridad personal 59
g) Seguridad en plantas de tratamiento 60
h) Seguridad en aspectos mecánicos 61
i) Manipulación de sustancias químicas 61

j) Seguridad en el laboratorio 63
k) Seguridad del trabajo 65
l) Seguridad industrial 65
m) Seguridad en la manipulación de cloro gas 66
n) Equipo de protección 67
11. FORMATO DE CONTROL OPERACIONAL 67

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida, ya que está presente en todos los aspectos de la actividad humana existente en la Tierra, en el uso agrícola, poblacional, pecuario, industrial, minero, generación de energía, etc.

Conocer el proceso es crucial para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro de los procesos de tratamiento y distribución del agua. Los instrumentos se utilizan para medir, controlar y supervisar diversas variables y parámetros importantes para el proceso.

En el presente documento se muestran los controles de procesos que se realizan en la PTAP San Mateo, se exponen los diferentes equipos utilizados para medir los parámetros más determinantes en este proceso. A través de estos equipos se busca optimizar el rendimiento de la planta y garantizar el cumplimiento de la normativa nacional DS N° 031-2010-SA "Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano".

1.1. Objetivos

- Brindar al personal que interviene en el desarrollo de los procesos de tratamiento un conocimiento adecuado sobre las instalaciones y equipos que constituyen, sobre los procesos que se desarrollan y sobre la mejor manera de operar las instalaciones y equipaos existentes.
- Normalizar la operación y los procesos.
- Disponer de una recopilación ordenada y sistemática de los datos referentes a la planta, sus estructuras, procesos, etc.

2. OPERACIONES ESPECIALES

a) Arranque y parada

Dentro de la operación normal de una planta de tratamiento, se incluyen las paradas eventuales del sistema para realizar trabajos rutinarios, que no se pueden llevar a cabo a cabo con la planta en marcha. 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 trabajos de mantenimiento, o reparaciones en las instalaciones, por fugas, 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.

b) 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 colocan 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 para evitar el deterioro de la calidad en cada proceso, para ello se proceded como sigue:

- Cierre del afluente de planta o suspensión del bombeo.
- Suspensión de la filtración.
- Suspensión de dosificadores.
- Regulación del tanque de distribución y cierre total del mismo.
- Suspensión de mezcla y floculación.
- Suspensión de otros equipos.
- Ejecución de trabajos.

3. OPERACIONES INTERMEDIAS

a) Lavado de los 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.
- Cerrar la compuerta de entrada.
- Cerrar la compuerta de salida.
- Suspender floculadores y mezcladores.

- Abrir válvulas de desagüe.

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 los hidrantes de 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 hipoclorito de calcio.

El sedimentador es donde se acumula capas de lodo, el lavado del sedimentador requiere una cuadrilla de 4 o 6 obreros; se procura emplear el menor tiempo posible; de acuerdo a la experiencia se programa seis meses la limpieza general del sedimentador. Una vez realizado el lavado, se cierran los desagües se llena lentamente con agua clorada, después de un 60% de llenado, abrir todas las compuertas de entrada y salida. Las herramientas necesarias son, la manguera, escobas y palanas.

b) Lavado de filtros

Los filtros en general están formados por una caja de concreto, consta de 04 filtros de tasa declinante, dentro de los cuales se instalaron un falso fondo constituida por placas con niples roscados a los que adhiere 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.

El lavado del filtro se realiza en secuencia uno tras otro, se utiliza escoba larga o rastrillo de jardín, de extremo a extremo del filtro, se rasga la superficie del lecho filtrante con movimiento de vaivén durante tres o cuatro minutos.

c) Lavado del reservorio

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

La limpieza del reservorio debe realizar en el mínimo tiempo posible, la cuadrilla de obreros está conformada por 6 a 8 personas, provistas de

capas impermeables, botas de caucho, gorros, lámparas, mangueras, palanas y escobas.

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.

4. OPERACIONES ALTERNATIVAS

a) Sistematización de operaciones alternativas

La operación más frecuente es la que sigue a una falla de energía y el personal de operadores debe estar entrenado para cumplir dos funciones específicas importantes.

- Cerrar el pase de cloro gas y evitar la alteración de dosificación

Para las fallas de corriente, la planta cuenta con grupos electrógenos.

5. CONTROL DE PROCESOS

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 del proceso de obtener la dosis óptima de coagulante mediante prueba de jarras y aplicadas en la planta en el punto de mezcla, se controla el proceso de formación y desarrollo de los flocs 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 índice de Willcomb con relación al tiempo de formación de flocs y calidad de estos desde el inicio del proceso.

El control de proceso más recurrente es la siguiente:

<u>MEDICIÓN DE PH, A LA ENTRADA DE LA PLANTA Y SALIDA DE LA PLANTA</u>

Determinación de pH con el equipo Oaklon 150

- Tomar una muestra de agua en un vaso precipitado, previamente limpio.
- Llevar al laboratorio e introducir el electrodo en la muestra de agua.

- Esperar unos minutos para la estabilización y anotar la lectura del pH del agua.

MEDICIÓN DE TURBIDEZ DE AGUA CRUDA, AGUA DECANTADA, AGUA FILTRADA Y AGUA TRATADA

Determinación de turbidez con el equipo HACH-2100Q

- Tomar una muestra de agua en el frasco previamente limpio.
- Secar el frasco con una franela limpia y agitar para eliminar burbujas.
- Introducir el frasco en el equipo y anotar la lectura que indica.

CAUDAL DE INGRESO Y SALIDA DE LA PLANTA

- Se toma lectura de los macro medidores correspondientes.

a) Operación de dosificadores en solución.

Esta clase de dosificadores, se emplean cuando es necesario que la sustancia aplicada entre en contacto inmediato con el agua. La planta cuenta con dos dosificadores volumétricos y dos timbos de 200L, la utilización es sencilla, se prepara la solución y se gradúa la válvula de salida para la aplicación en la mezcla rápida, esto depende de las condiciones de caudal y calidad del agua cruda (Turbidez).

Para aplicar clarificantes se hace lo siguiente:

- En el tanque limpio: cargar un 50% de su capacidad con agua filtrada.
- 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.
- Se disuelve la sustancia.
- Completar el volumen hasta el punto establecido.
- Abrir la válvula del dosificador, haciendo los ajustes, según el caso y la necesidad.

Se recomienda hacer tablas para la dosificación, efectuando semanalmente por un período continuo.

b) 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: $Al_2 (SO_4)_3$ 17 H_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.

El almacenamiento se realiza en rumas o pilas de 8 a 10 bolsas, las bolsas deben almacenarse en tarimas de madera, aisladas del piso y de las paredes, debe dejarse pasillos entre las rumas de tal modo que las carretillas, o los cargadores puedan circular entre ellas y el material se pueda usar por orden de llegada. La transferencia del material a la sala de dosificación, se realiza en forma manual y/o mecánica.

ETAPAS DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN

- Determinación de la dosis óptima.
- Determinación de la cantidad de sustancia a aplicarse en planta (kg/m3).
- Calibración del dosificador.
- Operación de la unidad.
- Determinación de la dosis óptima.

EL EQUIPO UTILIZADO PARA ESTE FIN ES EL EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS, QUE CONSTA DE:

- 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.

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).

EJEMPLO PRÁCTICO:

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 100 ml, 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, cuál 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:

c) Aplicación de polímero

El producto puede ser suministrado en forma sólida (polvo o gránulos), en bolsas o tambores o en forma líquida (emulsión), el almacenamiento debe ser en lugar seco y temperatura ambiental fresca.

Para preparar la solución, el tanque de preparación debe cargarse en un 50% con agua filtrada luego adicionar el producto lentamente, con el equipo de mezcla encendido, es importante que el equipo de mezcla opere con baja velocidad, para evitar el quiebre de las largas moléculas del producto (primero se prepara una solución patrón al 1%, a partir del cual diluir a 0,1%).

La aplicación del producto usualmente se hace en forma de solución diluida. La concentración máxima recomendable es 0,1% o menor, esta solución debe ser adicionada en el punto de buena agitación, a fin de asegurar una completa homogenización.

d) 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.

e) 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 $Ca(OH)_2$ o $Ca(HCO)_3$, 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.

f) Etapas del proceso de coagulación

En el proceso de coagulación se pueden distinguir tres etapas: La dosificación, la mezcla rápida y la floculación.

Influencia de la concentración de coagulante

La concentración de la solución de coagulante influye en la eficiencia de la mezcla rápida y cambia los resultados de la coagulación. El ensayo puede llevarse a cabo en la siguiente forma:

- 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 LA 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
55	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.

g) 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 alúmina 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.

h) MEZCLA LENTA O 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 micro flóculos 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:

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.

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

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.

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:

- 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.

- En el último tramo observar si se produce sedimentación, esto indicaría dosis inapropiada de coagulante.

- Retirar las natas y espuma de la superficie del agua, si las hubiere.

<u>La limpieza del floculador</u>

- Cerrar la compuerta de ingreso de agua, abrir el by pass para desviar el agua hacia las unidades de filtración.

- Abrir la compuerta del fondo, para vaciar la unidad.

- 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.

- Chequear la dosificación de clarificantes, vigilar la formación del floc siguiendo las indicaciones anteriores, de ser necesario corregir la dosificación.

i) 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.

j) Decantador

La operación de los decantadores 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.

Se determina la turbidez con el equipo Hach-2100Q

- Tomar una muestra de agua decantada con el frasco previamente limpio.
- Secar el frasco con una franela limpia y agitar para eliminar burbujas.
- Introducir el frasco en el equipo y anotar la lectura que indica

<u>Descripción de un sedimentador</u>

Para una mejor comprensión del funcionamiento de la unidad, se puede dividir en 4 zonas:

- Zona de torbellinos: Es la zona situada en la entrada del agua, se denomina así porque las partículas están dispersas como torbellinos, esta zona se caracteriza por cierta agitación; la localización de las partículas es variable, y las nubes de flocs cambian de lugar constantemente (fenómeno de entrada)

- Zona de sedimentación: Es la zona donde las nubes de flocs se mantienen aparentemente inmóviles o estacionarias. En esta zona no hay agitación y las partículas avanzan y descienden lentamente, dirigiéndose a la zona de reposo.

- Zona de ascensión: Esta zona es relativamente tranquila, como la segunda, pero en la salida los flocs que no alcanzaron la zona de reposo, siguen en movimiento de ascensión del agua y aumentan la velocidad, y ésta se torna máxima en su paso por el vertedero, efecto de salida.

- Zona de reposo: Donde el lodo se acumula. Esta zona, no sufre la influencia de la corriente de agua por un brusco cambio de temperatura, fermentación del lodo, etc.

k) 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.

- Desinfección semestral

- Del sedimentador: Las purgas oportunas 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.

Puesta en marcha

- Cerrar las válvulas de drenaje de lodos.

- 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.

- Una vez lleno el sedimentador: abrir completamente la compuerta del agua de ingreso. Dejar el agua en reposo por un tiempo prudencial (+ - 1 hora).

- 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.

- Retirar el material flotante mediante un mariposero o malla para este fin.

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

Parada

- Cerrar la compuerta de ingreso, derivar el agua hacia las otras unidades en funcionamiento.
- 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.
- 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.
- Utilizando chorros de agua a presión de abajo hacia arriba, limpie las placas.
- Si existen muchas algas antes de llenar la unidad, pintar con sulfato de cobre al 1%, dejar secar por un momento.
- Cerrar la descarga, y llenar el decantador lentamente, abriendo parcialmente la compuerta de ingreso para evitar la rotura de los flocs formados en la fase anterior.
- Después que el decantador esté lleno, abrir completamente la válvula de entrada de agua desde el floculador.
- Comprobar por lo menos cada tres horas la turbiedad del agua decantada.
- Estos muestreos deben ser más frecuentes, cuando el manto de lodo se muestra inestable. Pudiendo distanciarse en caso contrario.
- Verificar la calidad del efluente, la turbiedad no debe ser superior a 20 NTU y el color no debe exceder las 5 UC.
- La turbidez y color elevados puede significar que la sedimentación es deficiente y esto puede tener las siguientes causas:
- Dosaje de coagulación imperfecto.
- pH óptimo de floculación equivocado.
- Sedimentadores sucios.

- Otra forma de controlar la eficiencia de la sedimentación es a través del método de control bacteriológico; la reducción de la carga bacterial, 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 periódicamente en todas las válvulas de descarga para mantener mayores áreas de sedimentación.
- La limpieza general de sedimentadores se realiza cada seis meses.

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.

I) Control de sedimentación

Determinación de la tasa de sedimentación o tasa de escurrimiento superficial. Los sedimentadores se dimensionan basándose en la tasa de escurrimiento superficial, que es expresada en m3 de agua/m2 de superficie de sedimentación, por 24 horas (m3/m2/d).

Esas tasas se establecen prácticamente en función de la calidad del agua.

Ejemplo:

- **Área del sedimentador: 75.60 m2**
- **Caudal a tratar: 75 l/s m3/día**

TD= (75M3DIA/75.60M2) =0.99 M3/M3/DÍA

Los parámetros utilizados para el control del agua sedimentada son: color y turbidez. El agua sedimentada debe tener un máximo 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 esté siendo eficiente por alguna de las siguientes razones:

- Aplicación de coagulante en zona inconveniente.
- Dosificación de coagulante imperfecto (sin previa prueba de jarras).

- pH de floculación inadecuado.

El control del sedimentador, utilizando los parámetros 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.

m) 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, teniendo mayor importancia la turbiedad, es por ello que se realiza la medición correspondiente.

Determinación de turbidez con el equipo Hach-2100Q

- Tomar una muestra de agua de los filtros, en el frasco previamente limpio.
- Secar el frasco con una franela limpia y agitar para eliminar burbujas.
- Introducir el frasco en el equipo y anotar la turbiedad que indica.

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 período 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.

Para los efectos de esta fase se cuenta con cuatro (4) unidades de filtración rápida de alta tasa con un área efectiva de filtración de 75,609 m2 diseñados.

El sistema de apoyo del medio filtrante está constituido por 20 cm de grava gruesa, 10 cm de grava media y 10 cm de grava fina, y el medio filtrante, está constituida por arena por una capa de 0,30 m de arena.

La descarga del efluente del filtro se hace mediante vertedero regulable, con el que se fija la pérdida de carga admisible; todos los filtros descargan a un canal colector, al final del cual se inicia una tubería de 12" de diámetro, que lleva el agua filtrada al reservorio. Las características de los filtros son:

- Largo (m)
- Ancho (m)

- Superficie útil (m2)
- Número de boquillas

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

Especificaciones de materiales filtrantes

Arena

- Espesor: 0,30 m.
- Diámetro: 0,6 a 0.8 mm
- Coeficiente de uniformidad < 1.5
- Pérdida por inmersión en HCl al 20% = < 2%.
- La arena deberá ser de material cuarsico o silíceo, sin polvos ni tierra.
- La instalación de la arena debe ser realizado en una capa de 0,30 cm, después de cada vertido de arena, ésta debe uniformizarse con regla.

Grava fina canto rodado

- Espesor: 10 cm
- Diámetro: 1.5 mm - 3mm.
- Coeficiente de uniformidad < 1,5.

Grava media canto rodado

- Espesor: 10 cm
- Diámetro: 3 mm -6 mm.
- Coeficiente de uniformidad < 1,5,

Grava gruesa canto rodado

- Espesor: 20 cm
- Diámetro: 6 mm - 12 mm.
- Coeficiente de uniformidad < 1,5,

n) Operación de los filtros

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

- Registrador de pérdida de carga.
- Control de salida del agua filtrada, control de la válvula de drenaje.

Operación de lavado

- Anotar en la hoja de control la hora que se inicia la operación.
- Cerrar la válvula de ingreso de agua al filtro.
- Dejar filtrar el agua que queda en el filtro.
- Cerrar la válvula de agua filtrada.
- Abrir el desagüe del filtro.
- Abrir lentamente el agua de ingreso al filtro.
- Abrir la válvula del agua filtrada.

Control de procesos de filtración

Antes de poder realizar cualquier estudio del proceso de filtración en una 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 eficiencia en la remoción de microorganismos y partículas suspendidas no sedimentadas.

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, se aplica la fórmula de la eficiencia.

$$\%\ \text{Efic. Remoción} = \frac{\text{Concentración}_{\text{entrada}} - \text{Concentración}_{\text{salida}} x100}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}}$$

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

Turbiedades permisibles del agua filtrada

Los límites permisibles de turbiedad del agua deben analizarse desde dos aspectos: el estético 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 NTU 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.

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 cortante producido cuando alcanza la máxima pérdida terminal de carga h. de aquí resulta que:

$$\frac{\tau_c}{\tau_m} = \frac{(hc)^{1/2}}{(bm)^{1/2}} = I_D = \text{índice de dureza}$$

Sistema de conteo del número de partículas

En la actualidad existen diversas marcas de aparatos para la determinación del número de partículas, existen los que miden tamaño y número en flujo continuo y otros.

El conteo de partículas puede hacerse conjuntamente con la turbiedad y el NMP de coliformes; pues existe una directa correlación directa entre reducción de turbiedad y reducción de carga bacterial, quistes y ooquistes presentes en el agua.

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.

o) Desinfección y cloración

La desinfección tiene por finalidad la destrucción de organismos vivientes, 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 macroorganismos. La función más importante es la desinfección.

✓ **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.

✓ **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 (Cl_2), 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.

✓ **Desinfección del cloro**

El agua contiene millones de millones de pequeños microorganismos, tales como las bacterias y los virus. Muchos de estos organismos son inofensivos, pero algunos de ellos pueden causar enfermedades como:

- Gastroenteritis
- Tifoidea
- Disentería
- Hepatitis infecciosa
- Cólera

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:

- El tiempo de contacto; y,
- 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.

El cloro en su forma gaseosa, puede aplicarse directamente como gas, o en dilución, a través de equipos denominados cloradores; en este caso se va a utilizar un clorador de solución al vacío.

✓ **Dosificadores de cloro**

El clorador de solución al vacío, es el de uso más generalizado, debido a su confiabilidad y seguridad en la operación.

Una instalación completa de este tipo, está constituida por:

- Cilindros de cloro gas de 68 kg
- S10K alimentador de gas al vacío
- Manguera de ventilación

Clorador propiamente dicho, cuyas características varían según el modelo y el fabricante. Para este caso se utiliza balones de cloro de acero inoxidable y un equipo Clorador modelo S10K de inyección al vacío para montaje en pared.

✓ **Partes del clorador**

El clorador propiamente dicho de inyección al vacío, con la unidad de control montada en la pared, incluye rotámetro. El equipo está constituido fundamentalmente por las siguientes partes:

- Un inyector con salida de " de diámetro (está dentro de la caja del clorador)
- Una válvula para controlar o ajustar la dosificación, normalmente es una válvula de aguja que puede taponarse u obstruirse

fácilmente, por lo que es más recomendable un orificio o vástago ranurado.

- Un medidor de gasto o rotámetro, es un tubo de vidrio, que indica la cantidad de gas que pasa a través del equipo. Como la densidad de un gas es afectada por los cambios de temperatura y presión atmosférica, se cuenta con válvulas reguladoras de presión a la entrada y de vacío a la y salida del medidor.
- Una Trampa de vapor

p) Operación del clorador

En la operación del clorador se pueden distinguir tres aspectos.

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

En este caso la planta de tratamiento de agua potable San Mateo cuenta con cilindros de 68kg de capacidad.

Manipulación de 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 con mucho cuidado.

Almacenamiento de los contenedores

Los recipientes de cloro pueden almacenarse dentro del almacén, parados junto a la pared secuencialmente.

El área de almacenamiento 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.

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 desadores 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.

Manejo y almacenamiento del cloro gaseoso

En el manejo y almacenamiento del cloro gaseoso, debe tenerse presente las siguientes recomendaciones: No manejar bruscamente los cilindros de cloro; nunca dejar caer los cilindros ni permitir que choquen entre sí. 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. 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.

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: El menor olor a cloro puede indicar una fuga y debe exigir atención inmediata, porque las fugas pequeñas pueden ampliarse rápidamente. Deben destinarse dos hombres para la reparación o corrección de una fuga de cloro para que uno de ellos actúe como observador de seguridad. 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.

Medios de seguridad para el manejo de cloro

A todos los empleados que manejan o utilicen cloro, debe dotárseles de una máscara anticloro gaseoso del tipo aprobado, instruyéndolos debidamente en su uso".

Debe conducirse un programa de ensayos, cuando menos 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 antiguas, guantes gruesos holgados y mandiles de materiales no porosos.

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

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.

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

"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."

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.

Temperatura

Si la sala de la balanza para el cloro se encuentra separada de la sala destinada a su dosificación, la temperatura del aire de esta última debe ser, cuando menos 3°C más alta que la de la primera.

Las temperaturas más bajas en el equipo de dosificación pueden producir la condensación del gas, para formar cloro líquido, creando dificultades con dicho equipo. Se conoce que las llamadas "cargas" de cloro líquido han producido reventazones en los tubos de los rotámetros y en las líneas de gas, de paredes delgadas, de los alimentadores.

Frascos de amoníaco

La botella de amoníaco es la forma más antigua y probablemente más común de detectar las fugas de cloro. Si hay fugas de cloro aparecerá un humo blanco, ajustar o cambiar la empaquetadura de plomo para eliminar la fuga.

Abrir un cuarto de vuelta la válvula del cilindro, dejarla bien abierta, y volver a controlar si existe fugas, si no existe, dejar en funcionamiento el clorador.

q) 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.

Primera, 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.

Segunda, 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.

Tercera, 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

- Limpiar con agua a presión todo el sistema de distribución, tuberías, tanques y reservorios (purga general de redes).
- Iniciar la aplicación de cloro al agua filtrada según la dosis obtenida en el laboratorio.

- Simultáneamente tomar muestras de agua a la salida de la planta, y en un punto central del sistema de distribución.

- Determinar, utilizando el método D.P.D., el tipo y cantidad de cloro residual presente en la muestra.

- 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.

- Graficar las dosis aplicadas, contra los correspondientes valores de residual de cloro encontrados durante el proceso de determinación de la dosis.

- Determinar la dosis de cloro (D) para obtener un residual libre

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

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

D = dosis en mg/l.

Q = caudal en m3/hora.

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

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).

Aparatos

- 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 cojín 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.

r) Montaje y mantenimiento de dosificadores de cloro

Instalación del cilindro

Tener balanza para controlar el peso de los cilindros.

Para la instalación

- Colocar el cilindro sobre la balanza, sólo entonces retirar el capuchón protector de las válvulas de salida conectar el clorador (modelo autosostenible) con el tubo flexible, para esto:
- 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.
- Girar el cilindro hasta que las válvulas puedan alinearse una sobre otra, con respecto a un plano vertical.
- Eliminar toda la suciedad que pueda haber en la válvula del cilindro, o en la superficie de asentamiento de la empaquetadura
- 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.
- Abrir la válvula para el pase del cloro gas.

s) Instalación del eyector – difusor

Se cuenta con el sistema de alimentación de gas Wallace y Tiernan; el clorador S10K es una unidad accionada por vacío y regulada sónicamente. El montaje directo del cilindro coloca la válvula de control de vacío justo en la fuente, reduciendo la presión del gas a un vacío inmediatamente.

<u>Válvula de control de vacío</u>

La válvula de control de vacío reduce la presión de suministro al vacío de funcionamiento necesario. Incluye un mando selector e iconos para indicar el estado de funcionamiento. Una posición de apagado aísla el diafragma y los componentes internos del aire atmosférico cuando se cambian los componentes. Además, la válvula de control de vacío incorpora una válvula de alivio de presión interna.

El sistema de cambio automático está diseñado para cambiar a un nuevo suministro a medida que se agota el suministro en línea. La válvula de control incluye un retén mecánico para mantener el suministro de gas de reserva listo para el servicio en línea. Una vez realizado el cambio, se sigue extrayendo gas de la fuente anterior hasta que se agota. La válvula de control de vacío incorpora una indicación de fácil lectura para " en espera", "en funcionamiento", "vacío" y "apagado".

Conexión del cilindro de vacío

Conexión directa a cilindro o válvulas de cabecera

Indicación del estado de funcionamiento

Iconos indican visualmente el estado de funcionamiento del suministro de gas.

- El eyector puede ser instalado en cualquier posición, ya que la válvula de retención es accionada por resortes.
- 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.
- El inyector que utilizamos es armado de tuvo PVC de ¾

Cambio de cilindro

- 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.

- 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.
- Una vez cumplidos todos los pasos anteriores, puede procederse sin riesgo a desmontar el dosificador de la válvula del cilindro.
- Cerrar y poner en marcha el clorador, debido a un corto período de parada.

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

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.

Reponer en operación

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

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

Parar

- Esperar unos 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.

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.

t) Sistema de cloración – procedimiento para ajuste del dosificador

La dosificación de cloro se efectúa generalmente en partes por millón (ppm) o mg/l.

$$ppm = \frac{Q_d}{Q_{PTA}} \text{ en donde } Q_d = \text{Caudal de dosaje y } Q_{PTA} = \text{caudal de planta}$$

Ejemplo

- El rotámetro del clorador indica un caudal de 30 k/d, y el caudal de la planta es 250 l/s (900 m3/h).
- Determinar la dosificación en ppm.
- Caudal del dosificador 30 k/d (1).
- Caudal de la planta en m3/h (2)
- Unidades no coherentes (1) y (2), transformar el caudal de dosificación en kg/ h:

$$Q_d = \frac{30\,kg}{día} = \frac{30\,kg}{24\,h} = \frac{30\,kg}{24h} = \frac{1{,}25\,kg}{h} \quad (3)$$

- Las unidades de tiempo de (2) y (3), son semejantes, pero las unidades para dosificación son g y m3, transformar la unidad de masa en unidad coherente con unidad de volumen:

$$Q_d = \frac{(g)}{(h)} = \frac{1250}{h} \text{ y } Q_{Pm} = \frac{(m^3)}{(h)} = 900\,m^3$$

- Ahora sí son unidades coherentes, determinar la dosificación en ppm o mg/l.

$$\frac{1250g}{900m^3} = \frac{1,39g}{m^3} = 1,39\,ppm$$

u) Laboratorio de una 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.

APLICACIÓN DE LOS VALORES GUIA

Los valores guía para la calidad del agua potable representan el nivel o concentración de un componente, que garantiza que el agua será agradable para los sentidos 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 consumo humano y 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 residuales 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.

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 (termorresistente), 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.

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.

- La Empresa abastecedora de agua potable 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.

- 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.

- 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.

6. OPERACIONES EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

El aprovisionamiento de agua potable involucra una serie de operaciones encaminadas a garantizar un servicio continuo de agua de calidad adecuada para 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 comunidades de agua segura en forma continua, por lo cual los administradores de los servicios de agua deben adoptar las medidas pertinentes para garantizar y cumplir con este objetivo, se necesita planificar y coordinar previamente todas las acciones.

a) 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. Trayendo por consecuencia la modificación de las fuentes, daño estructural, interrupción en el transporte e interrupción en la energía.

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.

b) 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.

c) 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.

d) 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.

e) Plan de emergencia de operación de plantas de tratamiento y sistemas de aprovisionamiento.

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.

Los últimos tres pasos se darán después de la catástrofe y completarán el Plan de Acción para Operaciones de Emergencia. Es preciso hacer hincapié en que el Plan OEA se redacta solamente después de determinar las medidas existentes.

Según ha sido indicado, la prioridad de la emergencia debe ser el aprovisionamiento de por lo menos las cantidades mínimas de agua segura.

f) 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 la causa fundamental de la contaminación, o por derrame de sustancias químicas.

En casos de emergencia, la contaminación microbiológica deberá 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 catástrofe.
- Rediseñar y/o reubicar las unidades o instalaciones potencialmente inseguras.
- Adoptar reglas y procedimientos estándar de operación para proveer el máximo estado de preparación en caso de una catástrofe 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) Paralización de suministro de energía

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

- Uso de generadores alternos fijos en las plantas de tratamiento de agua.
- Usar aprovisionamiento de agua a gravedad para mantener una distribución limitada.

g) 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. Estas medidas sanitarias ambientales comprenden.

h) Periodo de alarma

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

i) Periodo 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.

j) Periodo 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 el 50% del caudal normal 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.

k) Producción y tratamiento de agua en cantidad adecuada.

El agua debe distribuirse en cantidades que satisfagan básicamente las necesidades fisiológicas de aquellos que se encuentran en el área afectada por la catástrofe. Una vez socorridas las necesidades básicas en forma satisfactoria, la disponibilidad de agua deberá ser considerada para otros usos domésticos como la limpieza, el baño y el lavado. En una situación de emergencia originada por una catástrofe natural existen necesidades críticas de agua en los campamentos e instalaciones del personal de los equipos de socorro y para los usuarios especiales, como hospitales y centros de tratamiento. Es a estos usuarios a los que deberá darse una especial consideración.

Después de haber sido satisfechas sus necesidades, el agua se pondrá a disposición de aquellos que viven en las áreas periféricas de centros urbanos densamente poblados y en áreas rurales concentradas y diseminadas.

Es preferible que el agua sea obtenida de una red de distribución en funcionamiento. Sin embargo, también deberá verse la posibilidad de buscar agua de fuentes privadas existentes y sin desperfectos (plantas de fuerza, fábricas de cerveza u otros establecimientos similares), manantiales, pozos o áreas de agua pluvial que no hayan sufrido daños, o estructuras hidráulicas recientemente construidas tales como pozos hincados. Dondequiera que se encuentren las fuentes de abastecimiento de agua, éstas deben evaluarse cuidadosamente para eliminar riesgos de infecciones y envenenamiento transmitidos por este elemento vital.

No se deberá permitir que los abastecimientos disponibles de agua se vuelvan una fuente infecciosa. Cuando se sospeche de la contaminación del agua por desechos humanos o químicos, su uso deberá ser descartado. Las fuentes de agua que se encuentren en las inmediaciones de sólidos de desagües, plantas químicas, campos de eliminación de desechos sólidos, minas abandonadas y otros lugares peligrosos deberán tenerse por sospechosas.

El agua distribuida entre la población víctima de la catástrofe debe mantenerse segura hasta ser consumida.

Para garantizar la pureza del agua potable se necesitará hace lo siguiente:

- Aumentar la concentración de cloro residual en la red de distribución de agua. Esto ayudará a reducir los riesgos de contaminación, la que puede penetrar en la red por infiltración de agua contaminada. Igualmente, ello ayudará a reducir riesgos con el agua que es captada y almacenada en forma no higiénica.

- Aumentar la presión de agua para mantener la contaminación fuera del sistema de distribución y para compensar la pérdida de presión debido a brechas en la tubería principal. La última es una

consideración importante en áreas donde existen viviendas de pisos múltiples.

- Cuando se sabe que los abastecimientos de agua del área de la catástrofe no son clorados, se tendrá que dar los pasos que aseguren la desinfección de pequeñas cantidades de agua. Se deberá considerar el factor ebullición o desinfección (en forma de tabletas, polvos o solución).

- Se podrán encontrar métodos de desinfección de emergencia para cantidades pequeñas de agua, según lo sugiere la Organización Panamericana de la Salud.

- La experiencia ha demostrado que debe tenerse gran cuidado de no clorar excesivamente el agua potable, manteniendo un cloro libre residual de 0,5 ppm.

- El control de la calidad del agua deberá iniciarse o restablecerse inmediatamente. En esta fase, el control podrá estar limitado a determinar diariamente el cloro libre residual en los abastecimientos públicos de agua. La reparación y restablecimiento de todo el abastecimiento público de agua deberá emprenderse inmediatamente, iniciando con el aislamiento de elementos afectados, reparación de tuberías, reservorios, pozos y especialmente unidades de tratamiento de agua y sus elementos necesarios. Poner en marcha los planes y programas de operación en casos de emergencia, realizando las siguientes acciones: Movilizar al personal regular y auxiliar de emergencia, Implementar procedimientos de protección del personal.

I) Normas para el uso de desinfectantes en situaciones de emergencia.

La acción de proveer tabletas, polvos o líquidos desinfectantes a usuarios individuales solo deberá considerarse cuando la distribución pueda hacerse unida con:

- Una fuerte campaña educativa sanitaria que instruya a la población sobre el uso de estos recursos.

- Una actividad paralela de distribución de envases para almacenar agua.

- La asistencia del sector de salud pública o personal auxiliar que pueda continuar la campaña educativa necesaria para asegurar el uso apropiado y continuado de las tabletas.

- Una red de distribución que pueda asegurar suministros adicionales, según sean necesarios a través de la fase de emergencia y en la fase inicial de rehabilitación.

En general, el uso de estos desinfectantes en una situación de emergencia deberá considerarse para desinfectar pequeñas cantidades de agua potable por parte de grupos limitados y controlados de la población en forma individual por un período limitado (una a dos semanas). Se deberá dedicar todo esfuerzo posible para restablecer las instalaciones normales de cloración o para asegurar la protección de la fuente de agua por medio de medidas físicas, es decir la defensa de pozos y cisternas individuales, operación continua de cloradores, etc.

m) Métodos disponibles

Cuando ha sido considerada la desinfección de emergencia, se tendrá que prestar especial atención a la condición inicial del agua. La turbiedad y el color deberán reducirse tanto como sea posible, permitiendo su sedimentación o que sean colados a través de capas de paño. Una vez desinfectada el agua deberá almacenarse en contenedores transparentes, cubiertos y anticorrosivos. Antes de que cualquier forma de desinfectante sea provista para el tratamiento de emergencia por usuarios individuales, el personal de salud pública debe estar seguro de que las fuentes disponibles de agua que serán usadas no están, o no han sido, cloradas. Se sugiere que se efectúe la determinación de cloro residual antes de distribuir cualquier desinfectante a usuarios individuales.

Los agentes más comunes que pueden ser utilizados para desinfectar pequeñas cantidades de agua potable bajo condiciones de emergencia son:

- Cloro
- Yodo
- Permanganato de potasio

a) **Tabletas**

El compuesto más comúnmente usado es conocido como tableta de Halazona, Usualmente, las instrucciones para su uso vienen impresas en el envase. Si no fuera así, usar una tableta (4 mg) por cada litro (un cuarto de galón, aproximadamente) de agua. Agitar y dejar reposar durante unos 10 minutos antes de consumir. Duplicar la dosificación para agua turbia o de color intenso.

Una vez que el sello de cera del envase ha sido retirado, las tabletas perderán su grado de potencia rápidamente. En consecuencia, las tabletas tendrán que usarse tan pronto como sea posible. El envase deberá mantenerse tapado mientras no se use el producto.

Existe Halazona con mayor grado de potencia (160 mg) en tabletas de mayor tamaño. Las tabletas de Halazona de 160 mg pueden

usarse para desinfectar 40L de agua cristalina o 20L de agua turbia o de color intenso.

Se tendrá cuidado en evitar usar tabletas de Halazona de 160 mg en la misma proporción tableta/agua que con la Halazona de 4 mg. El personal de distribución deberá ser alertado acerca de la diferencia y él, a su vez, comunicarlo a los usuarios al instruirlos.

b) **Hipoclorito de calcio**

Este polvo seco, llamado también "HTH" o "Perclorón", contiene 60 a 70% de cloro aprovechable. Se mantiene bastante estable cuando es almacenado en su envase completamente sellado en un lugar oscuro, seco y fresco. Se tendrá especial cuidado en no contaminarlo con aceites o sustancias orgánicas combustibles pues se pueden originar incendios y/o explosiones. Una vez que el envase ha sido abierto, este producto pierde 5% del cloro disponible inicial en 40 días. Par usar el producto, añadir y disolver una cucharita colmada de HTH (alrededor de 14 onza o 7 g) por cada dos galones (8L) de agua. Esto producirá una solución madre de 500 mg/L. Añadir la solución madre al agua que será desinfectada: una parte de solución /100 partes de agua. Dejar reposar por espacio de 30 minutos. Si el sabor de cloro es muy fuerte, airear permitiendo que repose unas cuantas horas o verter el contenido de un envase limpio a otro varias veces. La solución madre deberá usarse en el plazo de dos semanas después de su preparación.

c) **Hipoclorito de sodio**

El blanqueador doméstico común contiene un compuesto de cloro que puede usarse para desinfectar agua en situaciones de emergencia. Para usarlo, determinar el contenido de blanqueador (usualmente entre 3 y 10%) y aplicar la tabla siguiente:

CLORO APROVECHABLE[1]	GOTAS/ℓ DE AGUA CRISTALINA[2]
1 %	10
4 - 6 %	2
7 - 10 %	1

El agua tratada deberá mezclarse y dejarse en reposo 30 minutos. Deberá tener un ligero olor a cloro. Si no fuera así, repetir la dosificación y dejar reposar 15 minutos.

n) Yodo

Las formas de yodo en tabletas más convenientes y confiables son aquellas que contienen "aproximadamente 20 mg de

tetraglicinato de hidroperiodina, 90 mg de pirofosfato disódico y 5 mg de talco". Estas tabletas se disolverán en menos de un minuto a unos 20°C, liberando 8 mg de yodo elemental por tableta. Esta cantidad será adecuada para tratar 1L de la mayoría de aguas naturales en el transcurso de 10 minutos.

La tintura de yodo doméstica común de un botiquín casero o de uno de primeros auxilios (2% de tintura de yodo) puede usarse para desinfectar agua. Cinco gotas de tintura de yodo bastarán para desinfectar 1L de agua cristalina (para aguas turbias, añadir 10 gotas). Dejar reposar el agua cuando menos 30 minutos.

o) Permanganato de potasio (KmnO4)

Si se desconoce la potencia, usar 10 gotas. Duplicar la cantidad para agua turbia o de color intenso. Este producto químico es poco usado debido a su prolongado período de contacto. Por lo general, es utilizado como desinfectante para grandes cantidades de agua en pozos, manantiales o tanques de almacenamiento. Para usar este producto químico, preparar una solución disolviendo 40 mg de KMn04 en un litro de agua tibia. Esto desinfectará aproximadamente 1 m3 de agua después de un período de contacto de 24 horas. El permanganato de potasio es de dudosa eficacia contra organismos patógenos, con la posible excepción del "cholera vibris".

p) Restablecimiento del servicio

Parcial

Este caso puede presentarse cuando los recursos materiales o el tiempo no permitan ejecutar todas las reparaciones necesarias, debiendo hacerse éstas según el siguiente orden de prioridades según las partes del servicio que se hallaren afectadas:

- Captación
- Conducción
- Planta de Tratamiento
- Almacenamiento
- Aducción

Red de distribución

En este caso lo que debe buscarse básicamente es el restablecimiento al más corto plazo de la producción de "agua potable", pudiendo efectuarse la distribución temporalmente mediante camiones cisternas.

Cuando el servicio se haya restablecido, luego de una interrupción de la presión en la red de distribución, se debe añadir el suficiente cloro como para obtener 2 mg/l de residual en todas las partes del sistema, por lo menos durante 24 horas y luego reducir la dosis de cloro a la normal.

Total

Puede ocurrir cuando luego de haber paralizado y hecho la evaluación daños, se tiene que:

- Las instalaciones no han sido dañadas y la reanudación del servicio no creará ningún problema.
- Se ha terminado de reparar las partes afectadas y la reanudación del servicio no creará ningún problema.

7. PROBLEMAS MÁS COMUNES EN LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA.

a) Descripción de los problemas.

- Mala formación de floco falta de peso, hecho que afecta la sedimentación.
- Mala floculación por agitación inadecuada.
- Mala sedimentación por desequilibrio en distribución de flujo.
- Rompimiento de floc en la sedimentación.
- Mala calidad del agua filtrada.
- Pérdida del medio filtrante en el proceso de lavado, por alta rata de lavado
- ascensional.
- Escape de cloro en el punto de aplicación, hecho que deteriora instalaciones cercanas.
- 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.

b) Forma de detectar los problemas y soluciones.

Mala formación de floc. Y falta de peso de este.

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.

Mala calidad del agua filtrada, por arrastre de floc al final de la carrera

Si el tiempo de la jornada de acuerdo a la máxima pérdida de carga es mayor de 40 horas, una primera medida es lavar por tiempo, acortando las jornadas; también se puede estudiar la posibilidad de trabajar con rata declinante, si las estructuras en el afluente lo permiten, sin correr el riesgo de que se sequen los filtros.

Pérdida del medio filtrante en el proceso del lavado

Esto es causado por la alta rata de lavado ascensional, que en un momento dado se puede originar, se debe medir la expansión del lecho, esta no debe sobre pasar del 5%, se debe tener mucho cuidado en los tiempos de inyección de aire y agua, si se toma la medida de disminuir la velocidad de lavado, observar el lecho durante algún tiempo posteriormente.

Escape de cloro en el punto de aplicación

Esto se puede presentar por daño o cambio del difusor. Es muy importante, conservar las dimensiones del difusor si éste es cambiado. El tamaño de los orificios es básico, si se aumentan, puede producirse una elevación en la presión a la salida, por disminución de las pérdidas, haciendo que el cloro escape, si el cloro es aplicado en una cámara que no está sometida a presión.

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.

8. NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD

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.

a) Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N°031-2010-SA

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 35ºC	0 (*)
2. *E. Coli*	UFC/100 mL a 44,5ºC	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5ºC	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35ºC	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

Fuente 1. DS 031-2010-SA

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. Endrín	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. Tetracloroeteno	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. Ácido 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. Metolacloro	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. Clorpirifos	mgL^{-1}	0,03
62. Piriproxifeno	mgL^{-1}	0,3
63. Microcistin-LR	mgL^{-1}	0,001

Fuente 2. DS -031-2010-SA

9. DE LAS MUESTRAS

a) De las botellas para tomar 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 y; Botellas limpias y esterilizadas que hayan sido tratadas con Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_2$).

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.

b) 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.

c) De la manera de tomar muestras.

a) Cuando se toman muestras de agua de caños será necesario primero flamear cuidadosamente durante 1 o 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 cm 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.

d) 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.

10. ADMINISTRACIÓN GENERAL DE LA PLANTA.

El servicio de producción de agua potable para una comunidad, 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:

- Primer turno de 06:00 am a 2:00 pm
- Segundo turno de 2:00 pm a 10:00 pm.
- Tercer turno de 10:00 pm a 6:00 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.

a) 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.

b) Funciones y organización de la planta

✓ **Funciones generales**

- Asegurar la buena calidad bacteriológica y físico-química del agua producida, garantizando que las mismas se ajusten a las normas de calidad determinadas para el agua potable tanto por el Ministerio de Salud y la Organización Mundial de Salud (OMS).

En razón de los requisitos para el agua potable, es evidente que un agua turbia O coloreada a un grado tal que es notable por cualquier consumidor, será observada como sospechosa siendo, necesario:

- Conservar la operatividad de las instalaciones para poder brindar un servicio ininterrumpido.

✓ **Funciones específicas.**

<u>Responsable de la planta</u>

- Planear, programar, supervisar y controlar las actividades de producción.
- Dirigir y controlar las operaciones del proceso de tratamiento.
- Mantener la disciplina del personal a su cargo.
- Controlar el uso, conservar y mantener las instalaciones, equipos y materiales de la planta.
- Ejecutar tareas inherentes al buen funcionamiento de todo el sistema de producción.
- Presentar periódicamente informes técnicos y administrativos

Laboratorista

Depende del responsable de la planta:

- Realizar las pruebas para el control de procesos: Pruebas de Jarras, para obtener las dosis óptimas de clarificantes, pH óptimo.
- Realizar los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, en cada una de las fases del proceso de tratamiento.
- Realizar las pruebas para verificar el adecuado funcionamiento de cada una de las unidades de procesamiento, para verificar sus eficiencias.
- Controlar mediante análisis el ajuste de calidad del agua producida a las normas de calidad del agua potable. Realizar pruebas para la efectiva desinfección, "Demanda de cloro al punto de quiebre" y vigilar su implantación en la ciudad.
- Realizar trabajos de investigación inherentes al servicio, por ejemplo, sobre el uso de la mandioca o harina de yuca como clarificante natural.
- Realizar el control de calidad completo.
- Supervisar y controlar el uso de los reactivos y bienes del laboratorio.

Operadore de planta

Dependen del jefe de planta Y/O Supervisor de Planta

- Ejecutar labores de transporte y manipuleo de materiales, según indicación del responsable de la Planta.
- Dosificar productos químicos, según indicaciones del laboratorio.
- Ejecutar la limpieza y mantenimiento oportunos en todas las instalaciones.
- Mantener reserva adecuada de productos utilizados en el tratamiento.
- Ejecutar trabajos para la adecuada operación y producción del agua.
- Controlar la producción y consumo de agua dentro de la planta.
- Ejecutar tareas inherentes a las actividades del tratamiento del agua.

c) Calificación del personal.

<u>Jefe de operación</u>

- Nivel universitario, Licenciado en Química, Ingeniero Sanitario, o Ingeniero Químico, con algunos años de experiencia en operación de plantas de tratamiento de agua.
- Conocimiento de Administración y control gerencial. Conocimientos básicos de hidráulica.
- Conocimientos de salud pública, básicamente lo relacionado al abastecimiento de agua, desde el tratamiento hasta la distribución final.
- Conocimientos de seguridad, tanto del trabajo como de la manipulación de productos químicos, además de estar familiarizado con las condiciones químicas que ocurren dentro de las plantas de tratamiento de agua.
- Estar apto para realizar los ensayos químicos y para operar en forma adecuada la planta de tratamiento del agua.
- Deberá tener amplio conocimiento de las normas de salud pública, relacionadas al abastecimiento de agua potable.
- Deberá estar preparado para supervisiones técnicas y para administrar equipo de trabajo asegurando alcanzar los objetivos.

Supervisor de operación

- Nivel de formación universitario (Facultades de: Química, Ingeniería Sanitaria, Ingeniería Química).
- Conocimientos básicos de procesos de tratamiento de agua, con posibilidades de recibir capacitación en Hidráulica, Electricidad, Mecánica, Instrumentación y cursos avanzados de tratamiento de agua, que permitan interpretar las ocurrencias en la planta y realizar rápidamente la modificación en los procesos.
- Conocimiento teórico y práctico de la técnicas y ensayos de laboratorio, que permita ejecutarlos cuando sea necesario.
- Conocimientos para poner en operación los equipos que estuvieran en mantenimiento.
- Deberá acompañar al visitante, y aclarar interrogantes si es necesario.

Operador de tratamiento de agua

- Nivel de formación técnica, como mínimo.
- Conocimiento de procesos de tratamiento de agua, y estar apto para recibir capacitación, específicamente en tratamiento de agua.

Debe ser capacitado en:

- Operación de la instalación.
- Medidas de control. Llenado de boletines.
- Elaboración de informes. Manipulación, movimiento y stock de productos químicos.
- Operación de cloradores y seguridad con cloro gas. Las características personales más importantes deben ser: Responsabilidad técnica.
- Facilidad de comunicación con los equipos de trabajo.
- Raciocinio rápido para atención en situaciones de emergencia.
- Disposición de trabajos en turnos.
- Espíritu de cooperación.

Personal auxiliar

- Deberá tener estudios primarios y estar apto para recibir y emitir instrucciones verbales o escritas sobre su trabajo y en

particular obre la manipulación de productos químicos y protección contra riesgos de accidentes en el trabajo.

- Debe tener caligrafía legible, y saber llenar boletines específicos de su función.
- Debe conocer la estructura de la organización y saber ejecutar las funciones que se le haya atribuido.

d) Ambientes complementarios

- Oficina de jefe de Planta.
- Oficina de operaciones.
- Sala para operadores con baños y duchas múltiples.
- Oficina de mantenimiento.
- Taller para reparaciones.
- Laboratorio para control de procesos y análisis físico-químico.
- Laboratorio de Microbiología (bacteriología e hidrobiología)
- Biblioteca y sala de conferencias.
- Casa para responsable de la planta.
- Casa de guardianía.
- Casa para destacamento policial.

e) Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo será realizado por un funcionario capacitado y orientado por el jefe de operación, las acciones que tendrá a su cargo serán:

- Lubricación de equipos, limpieza de los equipos.
- Examen de los posibles desperfectos.
- Enviar equipos defectuosos a talleres especializados, cuando no es posible de arreglarlos en el lugar.
- Pintar los equipos para su conservación.
- Preparación técnica del personal.
- El personal encargado directa o indirectamente de la operación y el mantenimiento de la planta deberá participar de las reuniones periódicas bajo orientación de sus superiores, para actualizar y

uniformizar procedimientos y acciones. Seguridad en sistemas de agua.

f) Seguridad personal

✓ Generalidades

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

✓ Uso de vestimenta especial

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 sobre todos para protegerse de desperdicios o sustancias químicas que son peligrosas.

✓ Hábitos personales

No se debe fumar en lugares peligrosos. Es prácticamente imposible evitar la contaminación de los extremos de pipas, cigarrillos. Fumar es una fuente potencial de calor, para el encendido explosivo de vapores combustibles en el ambiente. 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".

✓ 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.

✓ 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.

g) Seguridad en plantas de tratamiento

✓ Seguridad en aspectos eléctricos

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

- Desarrollar un programa organizado y periódico de mantenimiento preventivo para todo equipo eléctrico, reduciendo o eliminando así peligros de carácter eléctrico.
- Entrenar a todo el personal de operación y mantenimiento en el manejo y uso de la maquinaria y equipo eléctrico.
- 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 extinguidores químicos secos.
- Utilizar dispositivos de sobrecarga de medida apropiada, los cuales entrarán en funcionamiento cuando se produzca una sobrecarga o un cortocircuito.
- Solamente electricistas autorizados y calificados serán los que trabajen sobre cualquier parte del sistema eléctrico.
- Proporcionar llaves de control y etiquetas sobre los controles en todo lugar apartado, utilizando para labor de mantenimiento o reparación.
- Utilizar madera u otro material aislante para escaleras y utilizar madera seca para mover alambres caídos. N
- o trabajar con equipo en funcionamiento o conectado a la fuente de energía eléctrica. Utilizar botones de emergencia para aislar equipos eléctricos en áreas remotas y fichar el equipo fuera de servicio.
- Estar seguro de que se identifiquen y estén disponibles todos los controles eléctricos, cajas de llaves y paneles de distribución.

- Herramientas de seguridad, dispositivos especiales y vestimenta de protección deben ser utilizados cuando se trabaje con o cerca de circuitos activados.
- Se debe considerar la utilización de pisos de hule en los centros de control y estaciones de operación.
- Las recomendaciones anteriores no incluyen las precauciones de seguridad que el personal puede haber conocido mediante sus experiencias en el trabajo.

h) 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.

i) Manipulación de sustancias químicas

a) 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 amoniaco 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, retírese 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.

j) 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, Procedimientos recomendados para la manipulación de sustancias químicas.

SUSTANCIA	EQUIPO DISPONIBLE	COMENTARIOS
POLIMEROS	- Sobretodos. - Respiradores de dos cartuchos (polvo). - Guantes de hule. - Protector de ojos.	- Utilícese un respirador contra polvo.
CLORO	- Sistema de detección de fugas. - Ventilación. - Respirador de un solo cartucho. - Equipos de aire Scott.	- Utilícese el respirador al hacer conexiones normales. - Ventílese el ambiente cuando se está en la sala de almacenaje de alimenta-ción. - Ver apéndice (fugas).
REACTIVOS	- Protector de ojos. - Guantes de hule. - Sobretodos de jebe. - Ducha de emergencia y enjuagues oculares. - Bombillas de pipetas. - Campana contra humo.	- Usar los protectores de ojos. - Utilizar sobretodos de jebe. - Utilizar la bombilla para toda sustancia. - Usar guantes al trabajar con ácidos o bases.
OTRAS SUSTANCIAS		
	- Protector de ojos. - Guantes de hule. - Sobretodos.	- Consultar las recomendaciones del fabricante.

k) Seguridad del trabajo

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

- 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.

l) 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.

m) Seguridad en la manipulación de cloro gas

✓ **Cilindro de gas.**

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

a) No mover nunca un cilindro a menos que tenga firmemente roscado el capuchón protector de la válvula.

b) Ubicar los cilindros en lugares donde no sean golpeados ni dañados.

c) 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

d) 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).

- Normalmente no es necesario desarmar completamente el dosificador a menos que se vaya a hacer una limpieza total y mantenimiento.

- No desarmar la unidad, si ello no se justifica.

- Todos los equipos están probados en fábrica y se entregan en perfectas condiciones cuando salen de la planta.

- Se recomienda leerlas cuidadosamente y determinar qué problema ha surgido, antes de adoptar medidas para solucionarlas.

n) Equipo de protección

No debe faltar la máscara con cilindro de oxígeno, ni la máscara tipo canister, para el cambio de los cilindros de cloro.

11. FORMATO DE CONTROL OPERACIONAL

EPS Moyobamba

FORMATO DE CONTROL OPERACIONAL DE AGUA DISTRIBUIDA EN RESERVORIOS DE SAN MATEO

RIO-GO-02.03.04

OPERCAT / OF. PRODUCCION

FECHA: Moyobamba, de del 20

HORA	OPERACIÓN RESERVORIO R1 - LINEA DE 10"					CONTROL DE CALIDAD - R1			OPERACIÓN RESERVORIO R2 - LINEA DE 8"					CONTROL DE CALIDAD - R2			PRODUCCIÓN TOTAL DEL AGUA		
	LECTURA DE MEDIDOR M³	VOLUMEN M³ (1)	CAUDAL (L/s) (2)	NIVEL DE AGUA (m)	OPERAC. DE VÁLVULA (va/vt)	pH	Cloro Libre Residual (mg/L)	Turbiedad (NTU)	LECTURA DE MEDIDOR M³	VOLUMEN M³ (3)	CAUDAL (L/s) (4)	NIVEL DE AGUA (m)	OPERAC. DE VÁLVULA (va/vt)	pH	Cloro Libre Residual (mg/L)	Turbiedad (NTU)	VOLUMEN M³ (1)+(3)	VOLUMEN ACUMULADO M³	CAUDAL (L/s) (2)+(4)
01:00																			
02:00																			
03:00																			
04:00																			
05:00																			
06:00																			
07:00																			
08:00																			
09:00																			
10:00																			
11:00																			
12:00																			
13:00																			
14:00																			
15:00																			
16:00																			
17:00																			
18:00																			
19:00																			
20:00																			
21:00																			
22:00																			
23:00																			
24:00																			
TOTAL																			

NOMBRE Y FIRMA DEL OP. TURNO (DIA):

NOMBRE Y FIRMA DEL OP. TURNO (NOCHE):

OBSERVACIONES:

RESUMEN	
Volumen Producido "R1" (m^3)	
Volumen Producido "R2" (m^3)	
Volumen totoal Producido (m^3)	

VºBº JEFE DE PLANTA

VºBº CONTROL DE CALIDAD