PERFIL OCUPACIONAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Potabilizar agua de fuentes superficiales de acuerdo con los procedimientos de la empresa y cumpliendo la norma vigente.

2022

OTASS
ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Potabilizar agua de fuentes superficiales de acuerdo con los procedimientos de la empresa y cumpliendo la norma vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1
ESTÁNDAR DE COMPETENCIA 1 (EC1):
POTABILIZAR AGUA DE FUENTES SUPERFICIALES DE ACUERDO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE LA EMPRESA Y CUMPLIENDO LA NORMA VIGENTE

Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS)
Director ejecutivo: Héctor Barreda Domínguez.
Calle Germán Schreiber 210, oficina 101,
San Isidro, Lima, Perú.
Teléfono: (+51) (1) 5002090.
otass@otass.gob.pe
www.otass.gob.pe

Con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza - SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto PROAGUA II
Responsable: ngmar Obermann - Director de Área Ciudades Sostenibles

Contenido
Ing. Raúl Otero Arrunátegui

Coordinación, revisión y edición de contenido
Julio Venero Farfán, Pedro Chiroque Cruz y
Porfirio Corimanya Barrio de Mendoza

Corrección de estilo
Marita Obregón Rossi

Fotografías
©GIZ / Ing. Raúl Otero Arrunátegui

Revisión técnica
Tito Abad Suárez y Vladimir Laura Delgado

Diseño y diagramación
Periférica
www.periferica.com.pe

Primera edición
Noviembre 2022.

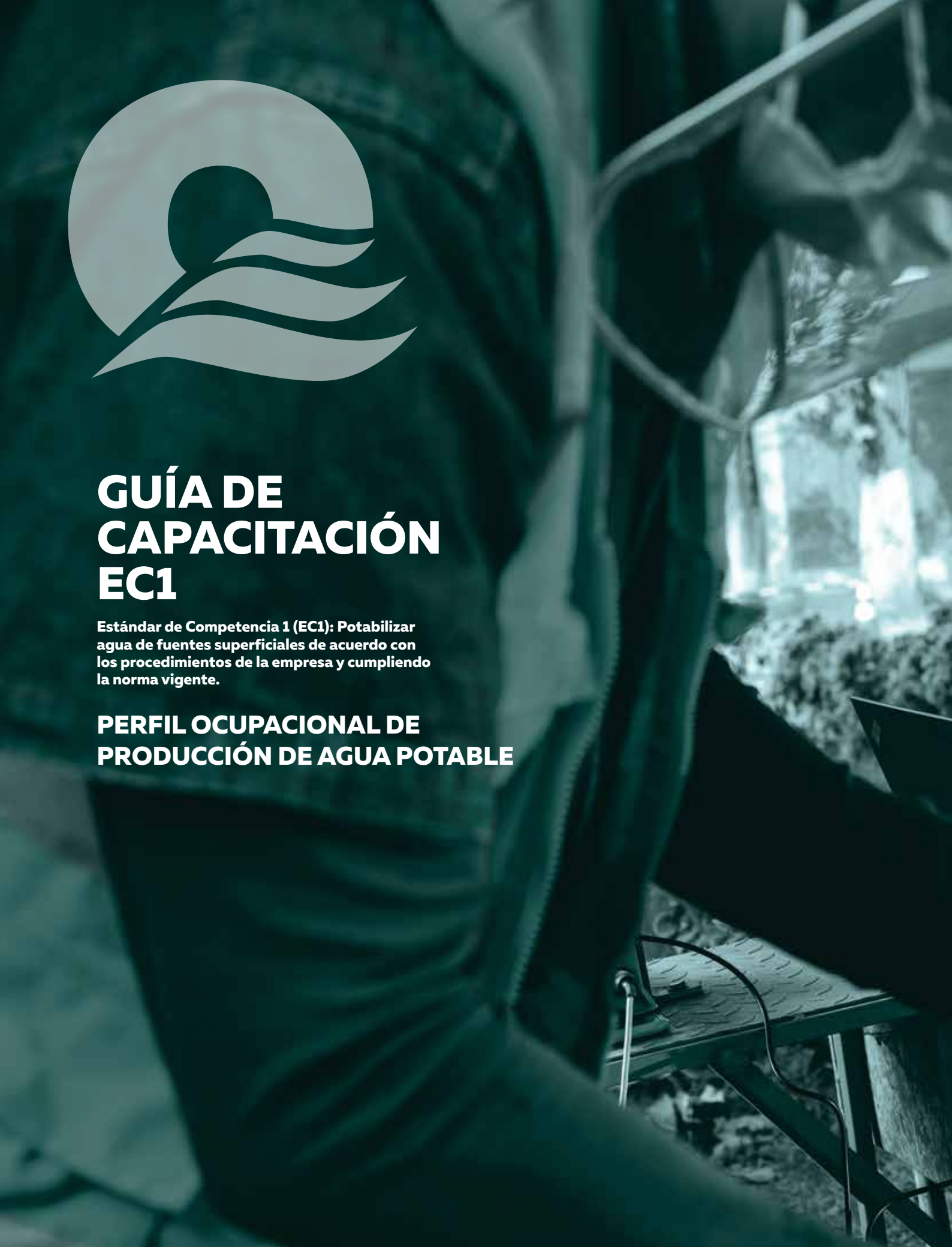
Tiraje
250 ejemplares.

HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ N.° 2022-10994

Impresión
Vértice Consultores Gráficos SAC
Av. Boulevard 1040, ate

Se terminó de imprimir en noviembre del 2022 en Lima, Perú.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación, siempre y cuando se cite la fuente.



GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Potabilizar agua de fuentes superficiales de acuerdo con los procedimientos de la empresa y cumpliendo la norma vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE

SEDALIB S.A.
DALESA

PRÓLOGO

La Política Nacional de Saneamiento tiene como objetivo principal "alcanzar el acceso universal, sostenible y de calidad a los servicios de saneamiento". Para lograrlo, las empresas de servicios de saneamiento necesitan contar con personal calificado y competente para atender las exigencias y necesidades concretas que requiere su trabajo. El Estado aprobó que una de las principales funciones del Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) fuera "fortalecer las capacidades de las empresas prestadoras públicas de accionariado municipal".

Con este propósito, el OTASS prioriza fortalecer cada una de las competencias y capacidades del personal de las EPS mediante la Certificación de Competencias y la capacitación de cierre de brechas encontradas como resultado de las evaluaciones de Certificaciones de Competencias durante el periodo 2018-2019.

En ese marco, con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza – SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto PROAGUA II, se han elaborado las siguientes guías de capacitación para contribuir al cierre de brechas del personal técnico operativo de las EPS con los perfiles ocupacionales de Producción y Distribución de Agua Potable, así como de Recolección y Tratamiento de Aguas Residuales.

A continuación, la guía de capacitación del perfil ocupacional de Producción de Agua Potable está compuesta de dos estándares de competencia, el primero contempla: "Potabilizar agua de fuentes superficiales de acuerdo con los procedimientos de la empresa y cumpliendo la normatividad vigente", y el segundo: "Potabilizar agua de fuentes subterráneas, cumpliendo con la normativa vigente".

Héctor Barreda Domínguez
Director ejecutivo del OTASS

INTRODUCCIÓN

La eficiente potabilización del agua es resultado de una operación y mantenimiento adecuado, por ello la presente guía se ha elaborado con la finalidad de apoyar en la capacitación del personal operador para el Estándar de Competencia 1 (EC1): Potabilizar agua de fuentes superficiales de acuerdo con los procedimientos de la empresa y cumpliendo la norma vigente. Este documento brinda al operador pautas para afrontar en forma exitosa el proceso de certificación.

La guía está dividida en cinco módulos:

- Operación de las unidades hidráulicas de pretratamiento.
- Proceso de tratamiento de decantación (coagulación y floculación) para la potabilización del agua superficial.
- Proceso de tratamiento de la filtración para la potabilización del agua superficial.
- Proceso de tratamiento de la cloración del agua para la potabilización del agua superficial.
- Seguridad y salud en el trabajo en la realización de actividades de potabilización de agua superficial.

Finalidad

Orientar al operador en los temas relevantes del Estándar de Competencia 1 (EC1): Potabilizar agua de fuentes superficiales.

Objetivo general

Contribuir al desarrollo de capacidades del operador en el manejo correcto de los contenidos teóricos, que permitan abordar los temas durante el proceso de certificación exitosa.

Objetivos específicos

- Proporcionar al personal responsable de la operación de las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) el conocimiento indispensable, a fin de lograr que los procesos operativos sean ejecutados de manera eficiente y segura.
- Estar preparado para actuar de manera organizada y eficiente ante cualquier situación que se presente durante el desarrollo de sus actividades.

Alcance

La presente guía está dirigida al personal técnico operativo de una planta de tratamiento de agua potable.

MÓDULO 1

OPERACIÓN DE LAS UNIDADES HIDRÁULICAS DE PRETRATAMIENTO

CONTENIDO

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO 15

2. CONTENIDO DEL MÓDULO 15

3. OPERACIÓN DE LAS UNIDADES HIDRÁULICAS DE PRETRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL 16

3.1. COMPONENTES DEL PRETRATAMIENTO 16
3.1.1. LA CAPTACIÓN 16
3.1.2. COMPUERTAS 16
3.1.3. VÁLVULAS 17
3.1.3.1. TIPOS DE VÁLVULAS 17
3.1.3.2. FUNCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS DE ALIVIO 20
3.1.4. ESTACIONES DE BOMBEO 21
3.2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE MECÁNICA Y ELECTRICIDAD 21
3.2.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD 21
3.2.2. LEY DE OHM 22
3.2.3. APLICACIONES DE LA LEY DE OHM 23
3.2.4. CONDICIONES EXTREMAS EN LA LEY DE OHM 24
3.2.5. LEY DE OHM Y LA POTENCIA 24
3.2.6. VOLTAJE 25
3.2.6.1. EL VOLTÍMETRO 25
3.2.6.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL VOLTÍMETRO 25
3.2.6.3. TIPOS DE VOLTÍMETROS 26
3.2.7. CORRIENTE 26
3.2.7.1. TIPOS DE AMPERÍMETROS 27
3.2.8. RESISTENCIA 28
3.2.9. POTENCIA 28
3.2.10. FRECUENCIA 28
3.2.10.1. EL FRECUENCÍMETRO 29
3.3. MEDICIÓN Y CONTROL DE CAUDALES, PRESIÓN Y TEMPERATURA 29
3.3.1. CAUDAL 29
3.3.1.1. REGULACIÓN DE CAUDALES 29
3.3.1.2. LOS CONTADORES ELECTROMAGNÉTICOS 30
3.3.1.3. LOS CONTADORES POR ULTRASONIDOS 30
3.3.2. PRESIÓN 32
3.3.2.1. PRESIÓN ABSOLUTA 32
3.3.2.2. PRESIÓN ATMOSFÉRICA 32
3.3.2.3. PRESIÓN RELATIVA 32
3.3.2.4. LOS MEDIDORES DE PRESIÓN 32

3.3.3. TEMPERATURA 33
3.3.3.1. TIPOS DE TERMÓMETROS 33
3.3.4. GASFITERÍA BÁSICA: TUBERÍAS, ACCESORIOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO 34
3.3.4.1. HERRAMIENTAS DE GASFITERÍA BÁSICA 34
3.3.4.2. MATERIALES DE GASFITERÍA BÁSICA 38
3.3.4.3. ACCESORIOS 39
3.4. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS 41
3.4.1. CAVITACIÓN 41
3.4.1.1. LA CAVITACIÓN EN BOMBAS PUEDE PRODUCIRSE DE FORMA DIFERENTE 42
3.4.1.2. TIPOS DE CAVITACIÓN 42
3.4.2. DIAGNÓSTICO EN EQUIPOS DE BOMBEO 44
3.4.2.1. NO HAY ENTREGA DE AGUA 44
3.4.2.2. LA CANTIDAD DE AGUA ENTREGADA ES BAJA 44
3.4.2.3. LA PRESIÓN NO ES SUFICIENTE 44
3.4.2.4. FUNCIONAMIENTO INTERMITENTE 44
3.4.2.5. LA BOMBA SOBRECARGA EL MOTOR 44
3.4.2.6. LA BOMBA VIBRA 44
3.4.3. FUGAS DE AGUA 45
3.4.4. SOBRECALENTAMIENTO 46
3.4.5. VIBRACIÓN 47
3.4.6. SOBREPRESIÓN 48
3.4.7. VIDA ÚTIL 49

4. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 49

5. RESUMEN DE IDEAS 51

6. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 51

7. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 57

FIGURAS

Figura 1 (de izquierda a derecha): Una laguna, una represa y un embalse. 16
Figura 2: Válvula compuerta en captación. Vista frontal. 16
Figura 3: Partes de una válvula. 17
Figura 4: Válvula Compuerta. 18
Figura 5: Posición de Válvulas Compuerta. 18
Figura 6: Válvula Check. 18
Figura 7: Válvula de globo. 19
Figura 8: Válvula reguladora de presión. 19
Figura 9: Válvulas reguladoras de caudal. 20
Figura 10: Válvulas reguladoras de caudal. 20
Figura 11: Presostato. 20

Figura 12: Válvula de alivio. 20
Figura 13: Válvula de alivio. 21
Figura 14: Estaciones de bombeo típica. 21
Figura 15: Estaciones de bombeo típica. 21
Figura 16: Nomenclatura de Potencia, Voltaje, Corriente y Resistencia 22
Figura 17: Ley de OHM. 22
Figura 18: Ley de OHM en función de la Corriente (I). 22
Figura 19: Ley de OHM en función de la Voltaje (V). 23
Figura 20: Ley de OHM en función de la Resistencia (R). 23
Figura 21: Representación de circuito abierto y cerrado. 24
Figura 22: Representación de variables de la ley de Ohm y la Potencia. 25
Figura 23: Voltímetro analógico. 26
Figura 24: Voltímetro digital. 26
Figura 25: Amperímetro análogo. 27
Figura 26: Amperímetro electromagnético. 28
Figura 27: Amperímetro digital. 28
Figura 28: Frecuencímetro análogo. 29
Figura 29: Frecuencímetro digital. 29
Figura 30: Regulación de caudal por medio del accionamiento de la válvula de control (tipo compuerta). 30
Figura 31: Principio de medición con caudal magnético. 30
Figura 32: Disposición de componentes para la medición con caudal magnético. 31
Figura 33: Principio y disposición de los medidores por ultrasonidos. 31
Figura 34: Tipos de termómetros: (1) termómetros de líquido, (2) pirómetros, (3) con láminas y (4) digitales. 34
Figura 35: Llave Inglesa. 35
Figura 36: Llave Francesa. 35
Figura 37: Sierras de corte. 35
Figura 38: Tenazas grip. 36
Figura 39: Corta tubos. 36
Figura 40: Soplete. 36
Figura 41: Tenazas. 37
Figura 42: Mordaza de cadena. 37
Figura 43: Wincha. 37
Figura 44: Tarraja. 38
Figura 45: Cambio de estado líquido a gaseoso / Gaseoso a líquido. 41
Figura 46: Rotura de impulsor por cavitación. 42
Figura 47: Curva de presión de vapor del agua. 43
Figura 48: Evolución de los tipos de energía en el punto de regulación. 43
Figura 49: Situaciones que ocasionan pérdida de agua por fugas en red. 45
Figura 50: Tabla porcentual de tipificación de roturas en la red de agua. 46
Figura 51: Tubería afectada por golpe de ariete. 48

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO

El objetivo de este módulo es proporcionar una comprensión general de las tareas que definen la operación de las unidades hidráulicas de pretratamiento en el proceso de potabilización del agua superficial.

Al finalizar el módulo, los estudiantes deberán ser capaces de:

- Leer e interpretar parámetros eléctricos de operación de equipos electromecánicos que intervienen en la etapa de pretratamiento.
- Diagnosticar el estado de los equipos electromecánicos que intervienen en la etapa de pretratamiento.
- Operar los diferentes tipos de válvulas utilizadas en la etapa de pretratamiento.
- Leer parámetros en el contador de flujo.

2. CONTENIDO DEL MÓDULO

- Objetivo del pretratamiento en una estación de tratamiento de agua potable, cuáles son los componentes que constituyen esta etapa del proceso.

- El equipamiento electromecánico que podemos encontrar en el pretratamiento y el principio de operación, explicando el fundamento básico de mecánica y electricidad. Equipos, unidades de medida y leyes que rigen su fundamento.

- La medición de parámetros de control operacional: su aplicación, utilidad, diagnóstico de equipamiento.

- Gasfitería básica, su definición, su importancia en el adecuado funcionamiento de nuestro sistema de agua potable. Determinación de las fallas más comunes en los sistemas de conducción de agua (roturas o rajaduras de tuberías y accesorios, los deterioros de los grifos o las válvulas de paso y los atoros). Los procedimientos correctos y el uso de los materiales y herramientas adecuados para la instalación, reparación de tuberías y accesorios.

- Formatos de registro de datos y de incidencias en el sistema.

La finalidad de este módulo es que los participantes se familiaricen con la operación de las unidades hidráulicas de pretratamiento en el proceso de potabilización del agua superficial.

3. OPERACIÓN DE LAS UNIDADES HIDRÁULICAS DE PRETRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL

3.1. Componentes del pretratamiento

En este capítulo se presentan de manera breve las características de las plantas y equipos más utilizados en un sistema de pretratamiento de potabilización del agua.

Los equipos e infraestructura están condicionados a una serie de consideraciones propias del proyecto, que se relacionan con el tipo de sistema adoptado, la capacidad de la planta de tratamiento, las características del agua y de la fuente de abastecimiento.

3.1.1. La captación

La captación del agua para abastecimiento se realiza desde una fuente superficial (un río, un lago, una represa, galerías filtrantes).

Figura 1 (de izquierda a derecha): Una laguna, una represa y un embalse. Fuente: Andina.

3.1.2. Compuertas

Las compuertas se utilizan para abrir o cerrar el paso del agua. Se manejan de manera manual o hidráulica. El agua represada ingresa a los canales o tuberías de conducción a través de una o varias compuertas.

Figura 2: Válvula compuerta en captación. Vista frontal.

3.1.3. Válvulas

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movible que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Partes de una válvula

1. **Obturador:** También denominado disco, en caso de parte metálica, es la pieza que realiza la interrupción física del fluido.
2. **Husillo o eje:** Es el que conduce y fija el obturador.
3. **Asiento:** Es donde se realiza el cierre por medio del contacto con el obturador.
4. **Empaquetadura del eje:** Esta pieza montada alrededor del eje metálico asegura la estanqueidad a la atmósfera del fluido.
5. **Juntas de cierre:** Es la pieza que montada alrededor del órgano de cierre (en algunos casos) asegura una estanqueidad más perfecta del obturador.
6. **Cuerpo y tapa:** Son las partes retenedoras de presión, son el envolvente de las partes internas de las válvulas.
7. **Extremos:** Permiten la conexión a la tubería, pueden ser bridados, soldados, roscados, ranurados o incluso que se acople a la tubería tan solo por las uniones externas (wafer).
8. **Pernos de unión:** Son los elementos que unen el cuerpo y la tapa de la válvula entre sí.
9. **Accionamiento:** Es el mecanismo que acciona la válvula.

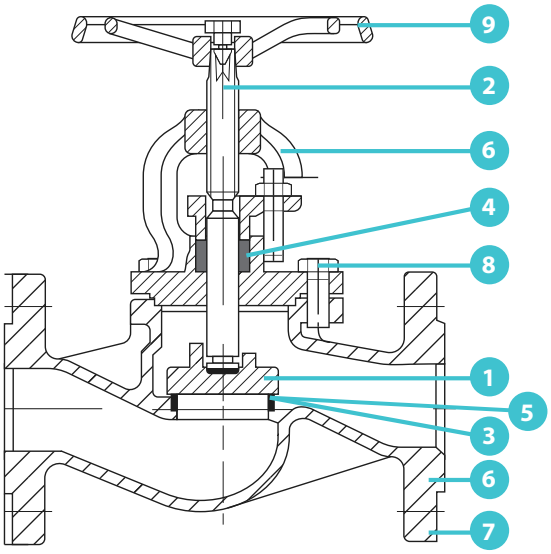


Figura 3: Partes de una válvula.

3.1.3.1. Tipos de válvulas

Válvula de compuerta

Este tipo de válvula, en posición completamente abierta permite el paso del fluido y lo restringe en la posición completamente cerrada, con la mínima pérdida de carga posible.

Cuando la válvula está en posición abierta, no solo facilita el paso del fluido en línea recta, sino que además la sección mantiene la misma área de la tubería a la cual está unida.

Figura 4: Válvula Compuerta.

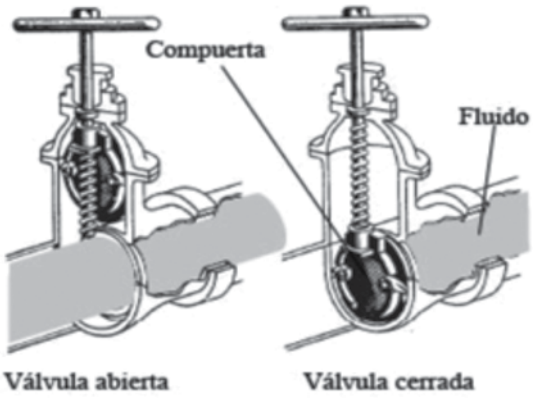


Figura 5: Posición de Válvulas Compuerta.

Materiales: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, monel, acero fundido, acero inoxidable, plástico de PVC.

Recomendada para:

- Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para resistencia mínima a la circulación.

Válvula de retención o válvula check

La función principal de esta válvula es evitar el cambio de dirección del fluido que se conduce a través de la tubería. Hay de dos tipos distintos, conocidos como válvulas de retención a bisagra y de retención horizontal.

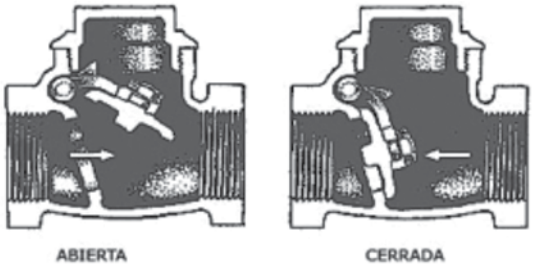


Figura 6: Válvula Check.

Válvula de globo

La válvula de globo sirve para regular o limitar el paso de un fluido. Está construida de tal modo que cuando el fluido pasa produce un cambio en la dirección e incrementa su resistencia al paso en forma gradual, según la posición de cierre.

Para diámetros mayores de 12 pulgadas, esta válvula es poco usada, debido al gran esfuerzo que requiere para ser operada bajo alta presión.

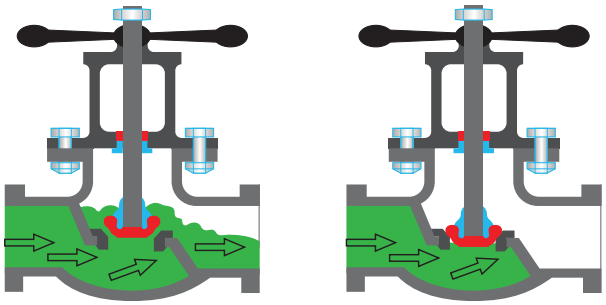
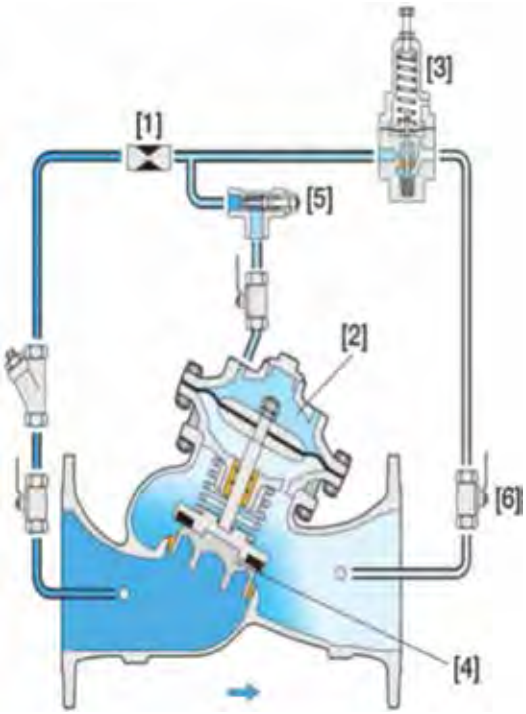


Figura 7: Válvula de globo.

Válvula reguladora de presión

Se utiliza cuando es necesario reducir la presión, manteniéndola en valores prefijados, al margen de la cantidad de fluido que pasa a través de ellas.



[1] Permite el flujo constante de la entrada de la válvula a la cámara superior de control.
[2] El piloto
[3] Percibe la presión aguas abajo.
Si la presión se eleva por encima del valor predefinido, el piloto permite la acumulación de presión en la cámara superior de control, lo cual hace que la válvula se cierre y así la presión aguas abajo desciende a un nivel inferior al predefinido.
Si la presión aguas abajo es menor que el valor predefinido del piloto, el piloto libera la presión acumulada haciendo que la válvula principal se abra.
El tapón V-Port (opcional)
[4] Aumenta la proporción entre el caudal y la carrera de la válvula, con lo cual se obtiene una regulación más suave, estable y precisa,
[5] Estabiliza la reacción de la válvula en condiciones difíciles de regulación, restringiendo la salida del flujo de la cámara de control.
La llave instalada aguas abajo [6] permite el cierre manual.

Figura 8: Válvula reguladora de presión.

Válvula reguladora de caudal

La válvula reguladora de caudal funciona de manera similar a la válvula reguladora de presión, reduciendo y manteniendo el caudal de salida. En las plantas de tratamiento, este tipo de válvula es muy utilizada en diámetros mayores de seis pulgadas para mantener constante el caudal de operación de los filtros rápidos.

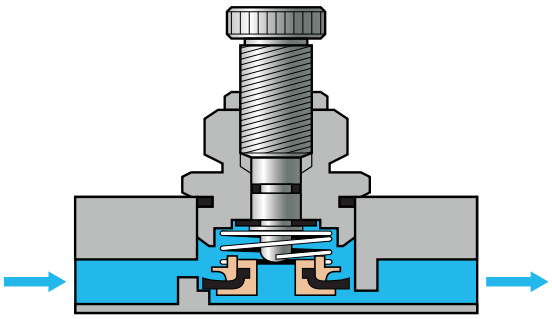


Figura 9: Válvulas reguladoras de caudal.

Válvula de alivio de presión

Se utiliza en tanques de presión, calderos, tuberías, etcétera, donde es necesario evitar que un exceso de presión pueda causar daño en las instalaciones. Está regulada para una determinada presión de apertura. Permanece cerrada en funcionamiento normal y solo se abre si el fluido sobrepasa la presión requerida, liberando el exceso.

Figura 10: Válvulas reguladoras de caudal.

Figura 11: Presostato.

3.1.3.2. Funcionamiento de las válvulas de alivio

La válvula de alivio se mantiene cerrada y conserva la presión del fluido en el sistema cuando dicha presión es menor que el ajuste de la válvula de alivio.

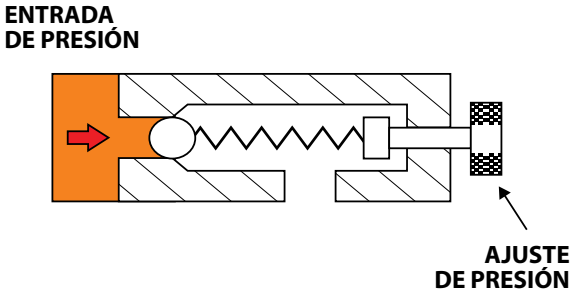


Figura 12: Válvula de alivio.

La válvula de alivio se abre para permitir que parte o todo el fluido presurizado vaya al depósito, si la presión se eleva a niveles peligrosos.

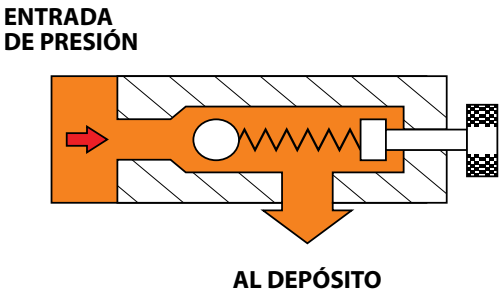


Figura 13: Válvula de alivio.

3.1.4. Estaciones de bombeo

Se da este nombre a las estructuras, las instalaciones y los equipos requeridos para tomar el agua de un sitio de menor altura a otro de mayor altura. Las estructuras de las estaciones de bombeo son diseñadas para montar las instalaciones, equipos y accesorios para succionar e impulsar el agua a un lugar determinado previamente.

Figura 14: Estaciones de bombeo típica.

Figura 15: Estaciones de bombeo típica.

3.2. Fundamentos básicos de mecánica y electricidad

3.2.1. Conceptos básicos de electricidad

La energía eléctrica es una forma de energía resultante de la diferencia de potencial que existe entre dos puntos y que al conectarse una carga se producirá una corriente; cuando se hace uso de ella puede transformarse energía mecánica, luminosa y térmica, entre las más destacables.

Para conocer de manera más detallada la importancia, el funcionamiento y las precauciones que deben tomarse al manipular algún equipo, instalación o sistema eléctrico, es relevante saber y comprender de forma precisa los conceptos básicos de la electricidad.

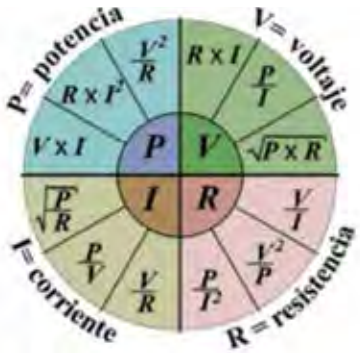


Figura 16: Nomenclatura de Potencia, Voltaje, Corriente y Resistencia.

3.2.2. Ley de Ohm

La ley de Ohm explica el comportamiento de la electricidad a través de tres conceptos importantes, como son: la corriente, el voltaje y la resistencia eléctrica. Esta ley fue propuesta por el físico y matemático Georg Simon Ohm, y es básica para entender los fundamentos de la electricidad y electrónica. El símbolo por el que se le conoce es **Ω**.

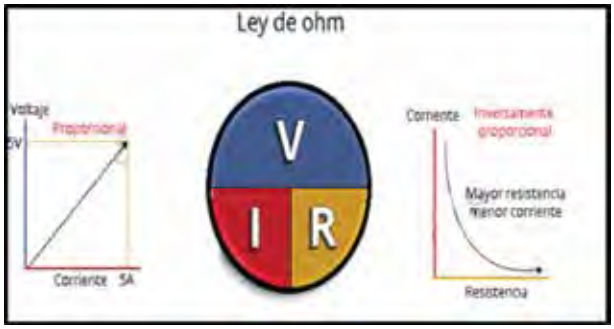


Figura 17: Ley de OHM.

Si despejamos la fórmula podemos ser capaces de saber el valor de cualquiera de estos tres elementos antes de tener el circuito armado en nuestras manos y también podremos comprenderla de mejor manera.

$$I = V/R$$

La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica.

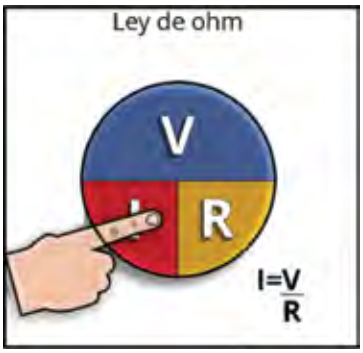


Figura 18: Ley de OHM en función de la Corriente (I).

$$V = I*R$$

Para calcular el voltaje tenemos que multiplicar la corriente por la resistencia.

Figura 19: Ley de OHM
en función de la Voltaje (V).

$$R = V/I$$

Para calcular la resistencia de un circuito tenemos que dividir el voltaje entre la corriente.

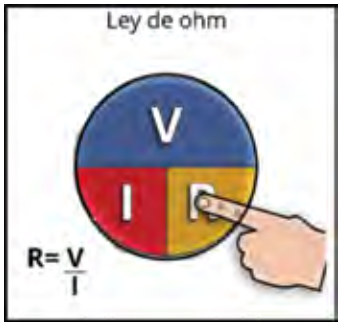


Figura 20: Ley de OHM
en función de la Resistencia (R).

3.2.3. Aplicaciones de la ley de Ohm

Las aplicaciones de esta ley son prácticamente ilimitadas ya que se emplea en cualquier circuito que requiera de electricidad para funcionar. El ejemplo más común es un circuito con una resistencia y una fuente de alimentación de voltaje. Aunque en muchas ocasiones tendremos circuitos mucho más complejos, solo es cuestión de simplificarlo hasta encontrar la resistencia total del circuito para que sea más fácil de calcular.

3.2.4. Condiciones extremas en la ley de Ohm

Existen dos posibles condiciones fuera de lo común dentro de esta ley, las cuales se consideran con efectos negativos a los circuitos, estas son:

- **Cortocircuito:** Esta probablemente es la más destructiva ya que todos los componentes eléctricos tienen cierto rango de tolerancia a la corriente. Cuando ocurre un corto circuito la corriente se iguala al voltaje y esto termina por quemar los componentes ya que tienen un menor rango de aceptación a la corriente que al voltaje. Un corto circuito también puede ocurrir por un chispazo que puede ser mortal.

- **Circuito abierto:** Esta condición no es tan destructiva ya que la resistencia tiende a infinito y como explica la ley de Ohm: entre mayor resistencia, menor corriente. El circuito no es capaz de conducir corriente eléctrica.

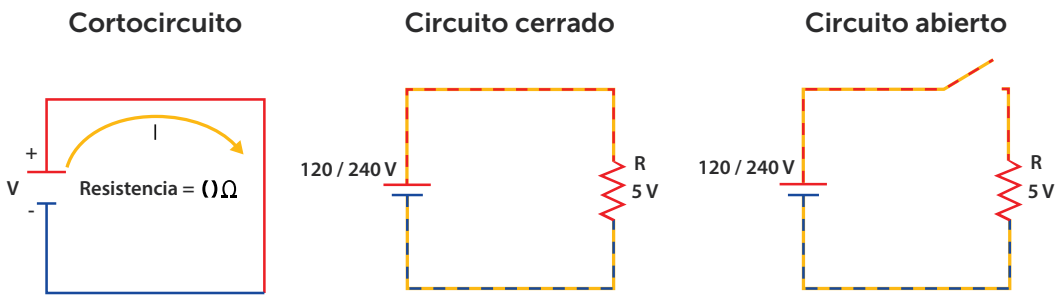


Figura 21: Representación de circuito abierto y cerrado.

3.2.5. Ley de Ohm y la potencia

Existe una forma más completa para calcular los circuitos eléctricos en su totalidad, ya que en algunas situaciones se cuenta con partes de la información, pero no con los datos completos. A veces solo se tienen los datos de la corriente y la resistencia total pero no se sabe el voltaje, con la ley de Ohm solo basta usar una fórmula para conocer el valor de esta incógnita.

Pero ¿qué pasa si en algún momento quiero saber el voltaje y solo tengo el dato de la corriente y no el de la resistencia? Existe una posibilidad más de saber el voltaje siempre y cuando se tenga un dato extra que es la potencia.

$$V = P/I$$

Figura 22: Representación de variables de la ley de Ohm y la Potencia.

Como podemos observar en la imagen anterior, con tan solo agregar la unidad de la potencia a la ley de Ohm, esta se hace más eficaz porque aumentan las posibilidades de poder calcular los circuitos eléctricos o electrónicos.

3.2.6. Voltaje

También es conocido como tensión, fuerza electromotriz o diferencia de potencial; es correcto llamarlo con alguno de estos términos. Se entiende como el trabajo por unidad de carga eléctrica que ejerce sobre una partícula un campo eléctrico, para lograr moverla entre dos puntos determinados; su unidad de medida es el volt o voltio (V).

3.2.6.1. El voltímetro

Es el instrumento usado para mediciones eléctricas que determina la tensión, fuerza electromotriz o voltaje entre dos puntos de un circuito. Los más comunes son los voltímetros digitales y los analógicos.

La tensión o voltaje entre dos puntos es el trabajo por unidad de carga necesario para poner en marcha la corriente eléctrica, que es un flujo ordenado de partículas cargadas eléctricamente.

Usualmente en un conductor hecho de cobre u otro metal, este flujo de partículas consiste en electrones libres que se desplazan a través del material.

La unidad más común para medir el voltaje en un voltímetro es el voltio, abreviado V, pero según el aparato y el uso que se le vaya a dar, las escalas pueden medir en submúltiplos de voltio, como milivoltios (mV) o microvoltios (μV).

3.2.6.2. Principio de funcionamiento del voltímetro

Los voltímetros de tipo electromecánico, como un multímetro analógico, se basan en el galvanómetro, un aparato que es sensible a pequeñas corrientes.

Hay distintos tipos de galvanómetro, pero el que más se usa es el de D'Arsonval. En su interior hay un imán permanente dentro de una bobina móvil de espiras rectangulares, la cual gira contra un resorte provisto de aguja indicadora, gracias al momento de torsión que aparece cuando le llega corriente. A mayor corriente, más rotación tiene la bobina, así como la aguja indicadora, la cual puede medirse sobre la escala del instrumento. La corriente medida es proporcional al voltaje que existe en el elemento a medir.

3.2.6.3. Tipos de voltímetros

Los voltímetros más usados son, como mencionamos antes, los modelos analógicos y los digitales:

Voltímetros analógicos

Son electromecánicos y se basan en el galvanómetro, como se describió anteriormente. Vienen provistos de varias escalas graduadas, sobre las cuales la lectura medida se indica con una aguja.

Figura 23: Voltímetro analógico. Fuente: www.electricosgenerales.com.pe

Voltímetros digitales

Son muy cómodos, ya que la lectura se observa directamente en la pantalla del instrumento. En vez de un galvanómetro, en el voltímetro digital hay circuitos electrónicos que analizan y amplifican convenientemente las señales recibidas.

Figura 24: Voltímetro digital. Fuente: gamatec.pe

3.2.7. Corriente

La corriente eléctrica es producto del flujo de electrones que es excitado por el voltaje, y que se transfiere a través de un conductor que otorga baja oposición al flujo de electrones. Su unidad de medida es el ampere o amperio (A).

El amperímetro es un instrumento de medición compuesto por un galvanómetro y una serie de resistencias conectadas en paralelo, y lo que mide es la corriente eléctrica que pasa por un circuito. La medición del amperímetro se indica como amperes (A).

El galvanómetro está constituido por una aguja indicadora, un resorte, una bobina y dos imanes permanentes, su funcionamiento se basa en el magnetismo. La aguja se une mediante un resorte en forma de espiral al eje de una bobina rectangular, la cual se encuentra suspendida debido al campo magnético de los imanes. Debido a que la bobina está controlada por los polos magnéticos de los imanes, cuando pasa una corriente sobre esta genera su propio campo magnético lo que hace que gire dependiendo del sentido y la fuerza de esta intensidad eléctrica.

3.2.7.1. Tipos de amperímetros

Podemos encontrar gran variedad de amperímetros, la mayoría se clasifica por su construcción, sea esta mecánica, térmica, digital o analógica:

Amperímetros analógicos

Este tipo fue uno de los primeros en ser construidos, su funcionamiento se basa en una aguja indicadora la cual se detiene en el número o fracción del valor medido.

Amperímetros térmicos

Su funcionamiento se basa en la dilatación de un conductor, puesto que la dilatación es proporcional al calor y, de acuerdo con la ley de Joule, el calor es proporcional al cuadrado de la corriente. Este instrumento es capaz de medir corriente alterna o directa, ya que el calor es el mismo para un sentido o para el otro. La corriente pasa a través de una resistencia, que se calienta a medida que fluye la corriente y pasa por un par termoeléctrico el cual está conectado a un galvanómetro.

Figura 25: Amperímetro análogo.

Amperímetros electromecánicos

Su funcionamiento se basa en el de la bobina con los imanes, solo que existe gran variedad de esta clase.

- De bobina móvil
- De imán móvil
- Ferromagnético o hierro móvil
- Electrodinámicos

Figura 26: Amperímetro electromagnético.

Amperímetros digitales

Estos instrumentos se originaron con el avance de la tecnología ya que eliminan los errores de lectura, porque las mediciones se visualizan en una pantalla con números y todas las partes móviles se cambiaron por circuitos electrónicos.

Figura 27: Amperímetro digital.

3.2.8. Resistencia

La resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

3.2.9. Potencia

La potencia eléctrica es la magnitud que indica la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo. Esto significa que la potencia es la cantidad de energía que se entrega por segundo de una fuente de energía a un consumidor.

3.2.10. Frecuencia

La frecuencia es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier evento periódico. El periodo es la duración de tiempo de cada evento repetitivo, por lo que el periodo es el recíproco de la frecuencia.

3.2.10.1. El frecuencímetro

Es un instrumento que sirve para medir la frecuencia, cuenta el número de repeticiones de una onda en la misma posición en un intervalo de tiempo mediante el uso de un contador que acumula el número de periodos. Dado que la frecuencia se define como el número de eventos de una clase particular ocurridos en un periodo, su medida es generalmente sencilla.

Según el Sistema Internacional de Unidades el resultado se mide en hertzios (Hz). El valor contado se indica en un *display* y el contador se pone a cero, para comenzar a acumular el siguiente periodo de muestra.

La mayoría de los contadores de frecuencia funciona simplemente mediante el uso de un contador que acumula el número de eventos. Después de un periodo predeterminado (por ejemplo, 1 segundo) el valor contado es transferido a un *display* numérico y el contador es puesto a cero, comenzando a acumular el siguiente periodo de muestra.

El periodo de muestreo se denomina base de tiempo y debe ser calibrado con mucha precisión.

Figura 28: Frecuencímetro análogo.

Figura 29: Frecuencímetro digital.

3.3. Medición y control de caudales, presión y temperatura

3.3.1. Caudal

El caudal de agua es el volumen que pasa por una sección específica de la planta en un tiempo determinado, por ejemplo, la cantidad de litros segundos.

3.3.1.1. Regulación de caudales

La regulación de los caudales es fundamental para el buen funcionamiento de la planta.

El caudal se regula operando las válvulas o compuertas de entrada, la altura o abertura debe estar definida para los caudales que se quieran tratar.

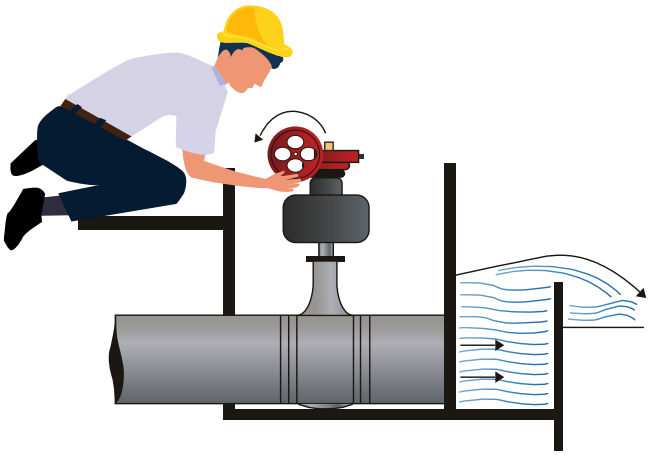


Figura 30: Regulación de caudal por medio del accionamiento de la válvula de control (tipo compuerta).

Si el caudal que entra a la planta o a una de sus unidades sobrepasa su capacidad, el agua no sale bien tratada.

La capacidad de tratamiento de una PTAP se mide en unidades de caudal, en Lt/seg o m^3/seg.

3.3.1.2. Los contadores electromagnéticos

Son técnicamente medidores de tipo velocidad con la diferencia de que aprovechan las propiedades electromagnéticas de la velocidad del flujo del agua, en vez de usar una turbina propulsada por un chorro. Estos contadores usan el principio físico de la ley de inducción de Faraday para la medida.

El funcionamiento consiste en inducir un campo electromagnético en el conducto, y dos sensores miden la tensión eléctrica resultante que es proporcional a la velocidad del fluido.

Figura 31: Principio de medición con caudal magnético.

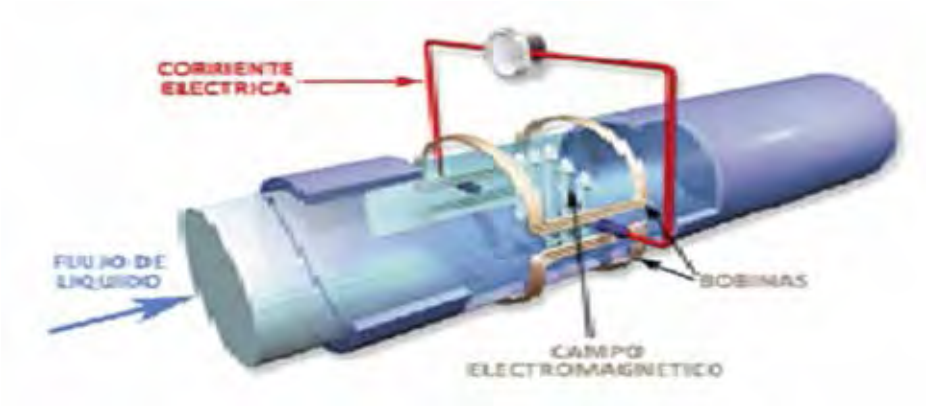


Figura 32: Disposición de componentes para la medición con caudal magnético.

3.3.1.3. Los contadores por ultrasonidos

Los medidores por ultrasonidos sirven para enviar ondas ultrasónicas a través del fluido y así determinar la velocidad del agua.

Existen dos tecnologías para medir por ultrasonidos:

- Los medidores por efecto Doppler que utilizan este efecto para medir la velocidad del agua que pasa a través del contador.
- Los medidores de tránsito que miden el tiempo requerido por la señal de ultrasonido entre dos o más puntos fijados dentro del aparato.

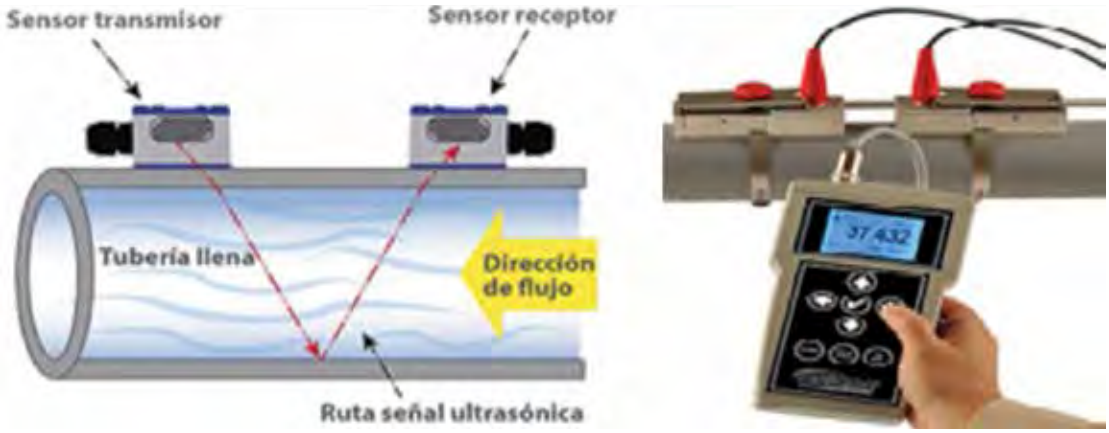


Figura 33: Principio y disposición de los medidores por ultrasonidos.

3.3.2. Presión

La presión se define como la fuerza ejercida sobre una superficie por unidad de área. En ingeniería, el término presión se restringe generalmente a la fuerza ejercida por un fluido por unidad de área de la superficie que lo encierra. De esta manera, la presión (P) de una fuerza (F) distribuida sobre un área (A), se define como:

$$P = F/A$$

Existen muchas razones por las cuales en un determinado proceso se debe medir la presión. Entre estas se tienen:

- La calidad del producto, la cual frecuentemente depende de ciertas presiones que se deben mantener en un proceso.
- Por seguridad, como por ejemplo, en recipientes presurizados donde la presión no debe exceder un valor máximo dado por las especificaciones del diseño.
- En aplicaciones de medición de nivel.
- En aplicaciones de medición de flujo.

3.3.2.1. Presión absoluta

Mide con relación al cero absoluto de presión. Este es el tipo de presión que existe por ejemplo dentro de una tubería, que es donde no existe la presión atmosférica.

3.3.2.2. Presión atmosférica

La superficie terrestre genera este tipo de presión, y esta puede ser medida a través de un barómetro, donde a nivel del mar la presión es próxima a los 760 mm de mercurio absoluto. Siempre que se mide la presión de un gas se debe tener en consideración la presión atmosférica.

3.3.2.3. Presión relativa

Es la diferencia existente entre la presión absoluta y la presión atmosférica. Es aplicada principalmente cuando la presión absoluta es mayor que la atmosférica, en caso contrario, esta presión será negativa y se conoce como presión de vacío.

3.3.2.4. Los medidores de presión

Son instrumentos de precisión fabricados para medir la presión sanguínea, la presión de líquidos y gases en tuberías o tanques de almacenamiento y la presión atmosférica, a grandes rasgos, teniendo para cada uso diversos equipos disponibles de acuerdo con las necesidades.

Dependiendo de las aplicaciones de los medidores de presión, se tienen las unidades disponibles para sus resultados, además de que algunos reciben nombres diferentes según el tipo de presión que van a medir.

Podemos clasificar los medidores de presión en tres tipos distintos:

- **Columna líquida:** Son sensores que no poseen señales eléctricas y que únicamente tienen una indicación local; por ejemplo, el manómetro de tubo en U, el manómetro de tubo inclinado, el manómetro de toro pendular, el manómetro de campana.

- **Elementos elásticos:** Se basan en la alteración física de un material elástico cuando es sometido a una presión, no tienen señales eléctricas y son usados para mediciones locales, como el manómetro o tubo de bourdon.

- **Medidores especiales:** Generan señales eléctricas permitiendo su conexión con transmisores industriales. Así tenemos, el piezoeléctrico, el inductivo, el capacitivo o el resistivo.

3.3.3. Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.

Actualmente se usan tres escalas de temperatura: grados Fahrenheit (°F), Celsius (°C) y Kelvin (°K). Celsius o grados centígrados: Es la unidad de medida más utilizada a nivel mundial y se representa con el símbolo °C.

La temperatura se mide con un termómetro. Para medir la temperatura, se utilizan principalmente dos escalas: la escala de temperatura centígrado Celsius, la unidad es el grado centígrado (°C), y la escala Kelvin.

La relación entre la temperatura en grados K y en grados °C viene dada por la siguiente fórmula:

$$K = °C + 273.15$$

La escala Fahrenheit, difundida sobre todo en USA, utiliza como unidad de medida el grado Fahrenheit, indicado con la °F, donde la temperatura del punto de ebullición del agua se toma como 212 °F, y el punto de congelación del agua como 32 °F.

Históricamente, la escala fue definida tomando como base la temperatura de una mezcla de agua y sal como valor 0 °F, y del cuerpo del inventor 96 °F. La relación entre las escalas Fahrenheit y Celsius se define como:

$$°F = 9/5\ °C + 32$$

La temperatura es una magnitud física escalar. Se mide con termómetros, que son instrumentos que sirven para registrar las temperaturas de los cuerpos; deben ser cuidadosamente calibrados de acuerdo con una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura, para evitar errores de medición.

3.3.3.1. Tipos de termómetros

Los termómetros de líquido encerrado en vidrio

Son, ciertamente, los más familiares: el de mercurio se emplea mucho para tomar la temperatura de las personas, y, para medir la de interiores, suelen emplearse los de alcohol coloreado en tubo de vidrio.

Pirómetros o termómetros sin contacto

Estos miden la temperatura a partir de la radiación de calor emanada por los objetos. Estos termómetros permiten utilizarse sin tener que tocar los objetos, lo que posibilita medirlos cuando están en movimiento o alejados, así como también cuando sus temperaturas son muy elevadas.

Termómetros con lámina bimetálica

Estos termómetros están compuestos por dos láminas metálicas cuyos coeficientes de dilatación son diferentes. Cuando se produce un cambio de temperatura, una de las láminas se curva primero y este movimiento se traduce en una aguja que señala la temperatura.

Termómetros digitales

Son termómetros que marcan la temperatura de la misma manera que un reloj digital marca la hora.

Figura 34: Tipos de termómetros: (1) termómetros de líquido, (2) pirómetros, (3) con láminas y (4) digitales

3.3.4. Gasfitería básica: tuberías, accesorios, materiales y herramientas de trabajo

La gasfitería es el arte de instalar y reparar las instalaciones sanitarias, como son las tuberías, llaves, válvulas, etc. Estos elementos, unidos todos entre sí, permiten conducir tanto el agua captada para tratamiento, así como el agua tratada. La conducción está referida en todas sus etapas desde captación, tratamiento y distribución hasta que llega a todos nuestros usuarios.

Es necesario revisar constantemente el adecuado funcionamiento de nuestro sistema de agua potable, tanto del que abastece a toda la comunidad como el que ingresa a nuestras viviendas para garantizar una larga vida a todo el sistema.

Las fallas más comunes en el sistema de abastecimiento son: roturas o rajaduras de tuberías y accesorios. Estos deben ser reparados utilizando un procedimiento correcto y con el uso de los materiales adecuados para la instalación, reparación de tuberías y accesorios con la finalidad de tener siempre operativo nuestro sistema y disponer del agua.

3.3.4.1. Herramientas de gasfitería básica

Llave inglesa

Se puede encontrar de diferentes tamaños por pulgadas. Se utiliza para aflojar y apretar tornillos y tuercas. Su apertura es ajustable, lo que permite acomodarla a diferentes medidas. Esta característica la diferencia del resto de llaves y es la clave de su éxito.

Figura 35: Llave Inglesa.

Llave Stillson

Con una función similar a la de la llave inglesa, la llave Stillson es una herramienta únicamente utilizada en labores de fontanería.

Se utiliza para el atornillado de tuberías, sus mordazas son dentadas y ajustables, lo que posibilita un mayor agarre en tubos redondos u otras piezas que también tengan forma cilíndrica.

Figura 36: Llave Stillson

Sierras

Están formadas por una hoja de filo dentado, se manejan a mano y cortan todo tipo de materiales. Dependiendo de la composición de los tubos o pletinas a cortar, habrá que utilizar uno u otro tipo de hoja.

Figura 37: Sierras de corte.

Tenazas grip o alicate de presión

Ofrecen un agarre excepcional, son ideales para elementos que han perdido su forma original, como tuercas redondeadas, o elementos mojados en los que otras herramientas resbalarían.

Figura 38: Tenazas grip o alicate de presión.

Cortatubos

Los hay de distintos tamaños y usos. No hay tubería que no pueda ser cercenada por esta herramienta. Su funcionamiento es sencillo y el corte perfecto, mucho mejor que si lo realizamos con la sierra.

Figura 39: Corta tubos.

Soplete

Es la herramienta que proporciona la llama para fundir el material soldante. Existen sopletes alimentados con gas, propano o butano. Es de vital importancia que todos los elementos que lo componen cumplan con las medidas de seguridad adecuadas para evitar accidentes.

Figura 40: Soplete.

Tenazas

Generalmente son utilizadas para extraer puntas o clavos y cortar todo tipo de alambres. La tenaza es una herramienta muy útil a la hora de sujetar elementos que con un alicate no podríamos coger por su menor abertura. Su extensibilidad la convierte en pieza clave dentro de la caja de herramientas básicas de un fontanero.

Figura 41: Tenazas.

Mordaza de cadena

Aunque es una herramienta que no utilizan todos los fontaneros, su utilidad es similar a la de la llave Stillson o inglesa, pero su función queda reducida principalmente al desenroscado y enroscado de tubos.

Figura 42: Mordaza de cadena.

Wincha

Es una herramienta de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el arte sea más fácil.

Figura 43: Wincha.

Tarraja

Esta herramienta sirve para realizar cortes circulares, roscados o en forma de espiral en tubos, tornillos o pernos. De esta manera se realiza un roscado manual, que debe quedar de acuerdo con los estándares y modelos calibrados.

Figura 44: Tarraja.

Además se debe de contar con:

- Pintura anticorrosiva
- Cinta de teflón
- Pegamento
- Cemento

3.3.4.2. Materiales de gasfitería básica

Tubo de agua

Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. También sirve para transportar materiales que, si bien no son propiamente un fluido, se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etc.

Los expertos en fontanería saben que los diferentes tipos de tuberías se emplean para usos distintos. A continuación se detallan las diferencias entre los dos tipos principales de tuberías de uso en saneamiento: de metal y de plástico.

Tipos de tuberías de metal:

a. Tuberías de cobre

Las tuberías de cobre son las más utilizadas en viviendas y edificios. Al estar fabricadas con cobre son tuberías que ofrecen una alta resistencia frente a la corrosión y aguantan temperaturas elevadas sin problema. Este tipo de tuberías están disponibles en tres diámetros distintos: M (diámetro pequeño), L (diámetro mediano) y K (diámetro grueso).

b. Tuberías de acero inoxidable

Las tuberías de acero inoxidable son las más caras y las más difíciles de encontrar. Se utilizan en equipamientos marinos y en construcciones cercanas al mar, puesto que ofrecen alta resistencia a la corrosión del agua salada.

c. Tuberías de acero galvanizado

Las tuberías galvanizadas se utilizan normalmente para llevar y sacar agua de las viviendas. El galvanizado previene la oxidación del metal y es muy resistente frente a la corrosión.

d. Tubos de hierro fundido

Una tubería de hierro fundido se fabrica mediante una colada en un molde o mediante inyección del hierro fundido en un proceso llamado fundición, en el cual la tubería sale sin costura. La ventaja de este sistema es que las tuberías tienen gran durabilidad y resistencia al uso. La desventaja es que son más frágiles ante los golpes.

Tipos de tuberías plásticas:

a. Tuberías de PVC

Las tuberías de PVC o de policloruro de vinilo se utilizan comúnmente para transportar agua a alta presión. Son las tuberías para agua potable que más se usan para las instalaciones de fontanería y para la construcción. Están disponibles en diferentes diámetros y son de color blanco o gris. Este tipo de tuberías no se utilizan para transportar agua caliente porque la tubería puede deformarse o llegar incluso a derretirse.

3.3.4.3. Accesorios

Los accesorios son elementos que sirven para ensamblar y reparar las tuberías y son generalmente fabricados del mismo tipo de material.

Los accesorios hacen más fácil la instalación de las tuberías del sistema de agua potable. Por lo general son del mismo material que las tuberías y tienen las mismas especificaciones de presión. Para diámetros superiores o iguales a 6 pulgadas, se podrían utilizar accesorios en hierro dúctil (HD). El diámetro y diseño de los accesorios deben corresponder a las condiciones de las tuberías a las cuales se conectan.

Para el caso de las tuberías de PVC, los accesorios vienen para SP (simple presión) y UF (unión flexible).

Los accesorios que más se utilizan en los sistemas de agua potable son:

1. Uniones

También se llaman juntas. Se utilizan para empatar, prolongar o cambiar la dirección de las tuberías. Además hay uniones de reparación.

2. Reducción

Se utiliza para cambiar de un diámetro mayor a uno menor o viceversa en un mismo tramo de tubería.

3. Tapón

Los tapones se usan para cerrar el extremo de una tubería o de un accesorio. Existen de dos clases:

Tapones machos

Son roscados. Cierran la boca o campana de un accesorio o el extremo de una tubería, la cual también debe ser roscada (niple).

Tapones hembra

Son lisos. Cierran el extremo de un espigo. Los tapones para tubería de PVC de diámetros mayores de dos (2) pulgadas son instalados con soldadura líquida.

Para obtener mayor resistencia a las presiones de la red se deben instalar, si los hay disponibles por el fabricante del tubo, tapones roscados. De lo contrario, siempre que se instale un tapón, y para evitar que la presión del agua lo desaloje, debe construirse un anclaje en concreto o ladrillo pegado, debidamente apoyado y lo suficientemente pesado. De esta forma se evita que la presión del agua remueva el tapón.

4. Tee o T

Sirven para unir entre sí tres tramos de tubería que se cortan formando dos ángulos rectos. Su objetivo principal es el de efectuar derivaciones en el sistema de agua potable, dependiendo de su trazado. Se consiguen en diferentes diámetros y materiales.

Hay tres tipos de Tee o T: con campana, con bridas y con extremos lisos. El tipo se selecciona según el extremo de la tubería o el accesorio que se quiera empatar. Si el accesorio termina en una brida, se necesita una T con brida.

5. Codos

Son accesorios destinados a efectuar cambios de dirección en la tubería, ya sea horizontal o vertical, o bien curvas a diferentes grados: 90°, 45°, 22½°, 11¼°. Son de radio corto o de radio largo y sus extremos vienen con campana y espigo, doble campana, extremo liso, con brida o roscados. Con la tubería de AC o PVC, se utilizan codos de HD y PVC, adaptados para ser instalados con campana, unión o soldados. Esto último en el caso de la tubería de PVC.

6. Válvulas de compuerta

Estas válvulas tienen uno o dos discos de bronce dentro de una carcasa de hierro fundido. Se deslizan transversalmente a la dirección del flujo, regulando el paso de agua. La carcasa tiene unas guías internas de asiento del mismo diámetro de la tubería, para que los discos encajen en ellas cuando la válvula está completamente cerrada. Los discos o compuertas se suben o bajan mediante un vástago de tornillo y una tuerca, que giran. Por lo general tienen extremos lisos con diámetros exteriores para usar con unión mecánica, en el caso de la tubería PVC. Hay también válvulas de brida o campana.

Estas válvulas son de construcción sencilla, de apertura y cierre lento. Esto evita golpes de ariete. Pueden ser reparadas en el sitio sin necesidad de retirarlas. Son muy comunes a la salida de las plantas de tratamiento y en la red de distribución. Permiten regular el caudal según la necesidad.

7. Válvulas de mariposa

Se instalan para el cierre o apertura del paso de agua dentro de tuberías de diámetro entre 2 y 24 pulgadas (tuberías de conducción o redes matrices). Consisten en una carcasa, generalmente de hierro fundido, con el mismo diámetro de la tubería y dentro de la cual va instalada una lenteja circular que gira 90° alrededor de su eje. Estas válvulas se ubican dentro de cajas de concreto. Para que el movimiento de la lenteja sea lento y así evitar golpes de ariete, las válvulas tienen piñones que reducen la velocidad del movimiento. Para su reparación y mantenimiento debe acudirse a personal especializado.

8. Válvulas de globo

El principio de funcionamiento de estas válvulas es el que se aplica en los grifos de los lavamanos, duchas, etc. Se utilizan generalmente para tuberías con diámetros menores de 4 pulgadas de diámetro. Una válvula globo está compuesta por un disco que, cuando se da vueltas a la manija, se dirige hacia abajo y cierra el paso del agua. Este tipo de válvulas presentan fugas por la manija cuando se desgasta el empaque que está en el eje de la válvula. Para cambiar el empaque realice los siguientes pasos:

- Suspenda el flujo de agua, afloje la manija y saque el casquete donde está el empaque.

- Deslice el nuevo empaque alrededor del tallo de la válvula.
- Ajuste nuevamente y ponga en servicio la válvula.

9. Válvulas de retención

Se usan para evitar que el agua se devuelva por la misma tubería. Su construcción es muy sencilla, consta de una cámara con una aleta que se abre al entrar el agua y se cierra cuando el agua trata de devolverse.

10. Válvulas de flotador

La función principal de una válvula de flotador es mantener un nivel fijo de agua en una estructura, bien sea un tanque de almacenamiento o una cámara de quiebre de presión. Cuando el agua ha llegado al nivel de control, la válvula cierra el paso de agua. Cuando el nivel de agua baja, la válvula se abre y permite el paso de agua.

11. Válvula reguladora de presión (VRP)

La función principal de una válvula reguladora es disminuir la presión en los sitios donde esta se encuentra por encima de su valor permitido; es decir, que no sobrepase su nivel máximo de 60 mca. Estas válvulas se requieren en los sitios de topografía quebrada o de pendientes fuertes y se instalan en las tuberías principales. Se ubican principalmente entre el desarenador y el tanque de almacenamiento o entre el tanque de almacenamiento y la red, cuando el tanque está ubicado en sitios muy altos.

3.4. Diagnóstico de equipos electromecánicos

3.4.1. Cavitación

Es un fenómeno físico, mediante el cual un líquido en determinadas condiciones pasa a estado gaseoso y unos instantes después vuelve a estado líquido; se produce un efecto hidrodinámico que genera cavidades de vapor dentro del fluido, ocasionando implosión de las paredes de una cavidad debido a que la presión interna es inferior a la externa, volviendo a ser un líquido nuevamente; este fenómeno tiene dos fases:

Fase 1: Cambio de estado líquido a gaseoso

Fase 2: Cambio de estado gaseoso a líquido

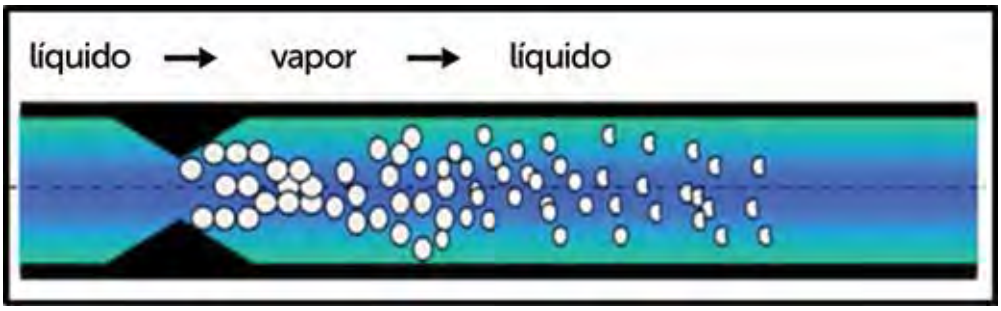


Figura 45: Cambio de estado líquido a gaseoso / Gaseoso a líquido.

La cavitación ocurre frecuentemente en sistemas hidráulicos cuando se presentan cambios bruscos de velocidad del líquido, por ejemplo en alabes de turbinas, rodetes de bombas, hélices de barcos, estrangulamientos bruscos, regulación mediante orificios y en válvulas reguladoras. Algunos efectos de la cavitación son:

a. Ruidos y golpeteos
b. Vibraciones
c. Erosiones del material

3.4.1.1. La cavitación en bombas puede producirse de forma diferente

Cavitación de succión

Ocurre cuando la succión de la bomba se encuentra en condiciones de baja presión haciendo que el líquido se transforme en vapor a la entrada, este es transportado hasta la zona de descarga de la bomba donde el vacío desaparece y el vapor del líquido es nuevamente comprimido debido a la presión de descarga; se produce una implosión violenta sobre la superficie del rodete presentando grandes cavidades debido a los trozos de material arrancado por el fenómeno.

Cavitación de descarga

Ocurre cuando la descarga de la bomba es muy alta en bombas que funcionan menos del 10% de su eficiencia óptima; la elevada presión de descarga provoca que la mayor parte del fluido circule dentro de la bomba en vez de salir. A medida que el líquido fluye alrededor del rodete debe pasar a una velocidad muy elevada a través de una pequeña abertura entre el rodete y el trajamar, transformando el líquido en vapor.
A continuación, en la figura 46 se presenta el daño a impulsor de una bomba.

Figura 46: Rotura de impulsor por cavitación.

3.4.1.2. Tipos de cavitación

Existen dos tipos de cavitación

- **Cavitación por flujo:** Está presente en tuberías donde la presión estática del líquido alcanza valores próximos al de la presión de vapor de este.

- **Cavitación por ondas:** Aparecen cuando, estando en reposo el líquido, por él se propagan ondas parecidas a las ultrasónicas, lo cual se denomina cavitación acústica, o típicas ondas por reflexión sobre paredes o superficies libres debido a ondas de compresión o expansión fruto de explosiones, entre otras perturbaciones, como el caso del golpe de ariete.

Un líquido se evapora cuando la energía no es suficiente para mantener las moléculas unidas; estas se separan unas de otras apareciendo burbujas de vapor.

El agua se evapora a presión atmosférica (1 bar) a 100°C. Cuando la presión decrece, el proceso de evaporación comienza a una temperatura menor.

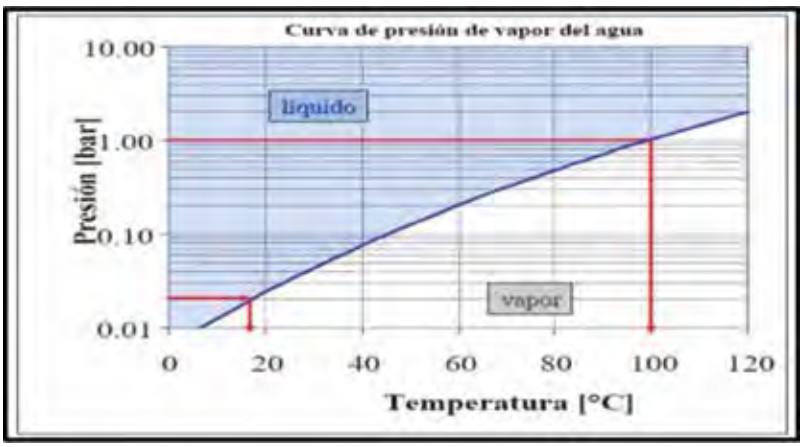


Figura 47: Curva de presión de vapor del agua.

El agua que fluye por las tuberías está generalmente a presión, producida por una bomba o debido a una diferencia de alturas (proveniente de un depósito), y es considerablemente mayor que la presión de vapor. La energía total de un fluido está compuesta de los siguientes tipos:

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

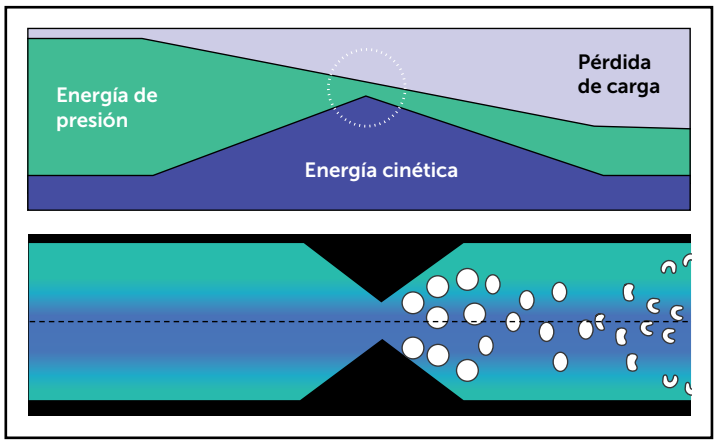


Figura 48:
Evolución de los tipos de energía en el punto de regulación.

- Pérdida de carga

En este punto la presión baja por debajo de la presión de vapor, el agua puede evaporarse; forma burbujas de vapor que se deforman al incrementarse la presión, finalmente explotan y desaparecen.

3.4.2. Diagnóstico en equipos de bombeo

3.4.2.1. No hay entrega de agua

- La bomba no está cebada, indicado por falta de presión en la descarga.
- La velocidad es demasiado lenta, indicado por baja presión en la descarga.
- La válvula está cerrada, indicado por una gran altura de impulsión.
- El impulsor está totalmente obstruido, indicado por una baja presión de descarga.

3.4.2.2. La cantidad de agua entregada es baja

- Hay escape de aire en el tubo de aspiración o prensaestopas.
- La velocidad es demasiado baja.
- La altura de impulsión es más alta que lo anticipado.
- El impulsor está parcialmente obstruido.
- Hay obstrucción en la tubería de succión.
- Por defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.

3.4.2.3. La presión no es suficiente

- La velocidad no es suficiente. Podría ser causado por bajo voltaje o características de corriente eléctrica diferentes a las indicadas en la placa de servicio del motor.
- El aire en el agua hace que la bomba cruja.
- Por defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.

3.4.2.4. Funcionamiento intermitente

- Hay goteos en la tubería de aspiración.
- El sello de agua está obturado (por consiguiente, el prensaestopa tiene fugas).
- La altura de succión es muy alta.
- Hay aire, gas o vapor en el líquido.

3.4.2.5. La bomba sobrecarga el motor

- La velocidad es demasiado alta.
- La altura piezométrica es más baja que la nominal, por lo tanto, se bombea demasiada agua (esto es válido para las bombas de velocidad baja específicas).
- Por defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.
- Por frotación debido a materia extraña en la bomba entre los anillos de la carcasa y el impulsor.

3.4.2.6. La bomba vibra

- La alineación es incorrecta.
- Los cimientos no son lo suficientemente rígidos.

- El impulsor está parcialmente obstruido.
- Por defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.
- Los tubos de aspiración y descargue no están anclados.
- Hay cavitación de la bomba debido a una altura de aspiración demasiado alta.
- Arrastre de aire en la aspiración de la bomba debido a una inmersión poco profunda.

3.4.3. Fugas de agua

Las fugas en las redes de agua se producen en las uniones, en sus elementos (válvulas, ventosas, tee, collarines, hidrantes, etc.), y en las roturas de las tuberías generales y acometidas que pueden ser circunferenciales, poros, longitudinales o reventones.

Estas fugas en tuberías y acometidas pueden producirse por agentes externos a la tubería, por características intrínsecas del material, por operación de la red, por condiciones de la instalación y por otras causas.

Los agentes externos que provocan fugas, principalmente son la presencia de raíces, las obras que provocan averías, la temperatura y las condiciones climáticas extremas, las corrientes parásitas externas, las sobrecargas externas, como el tráfico pesado y otras como roedores, incendios, terremotos, etc.

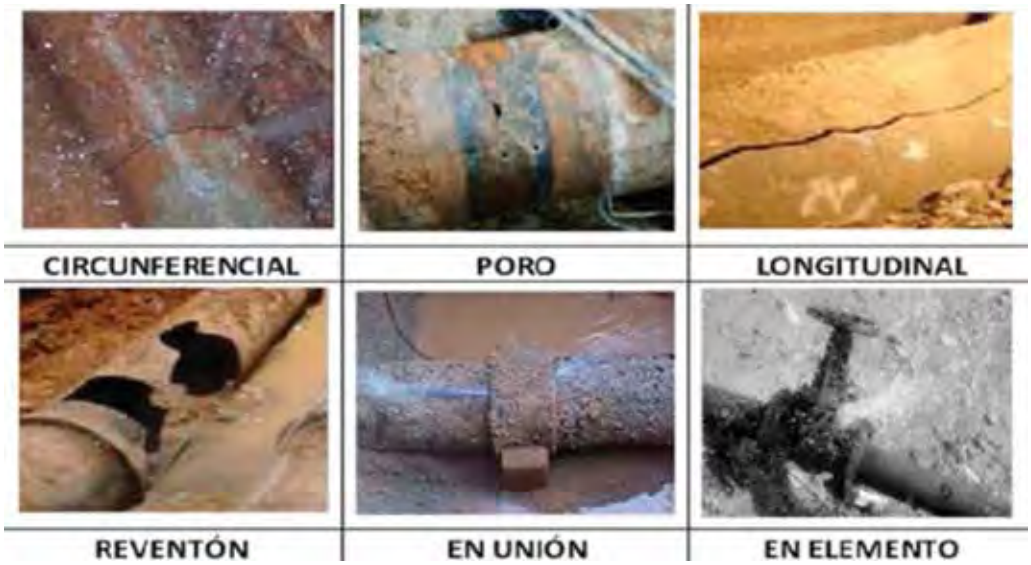


Figura 49: Situaciones que ocasionan pérdida de agua por fugas en red.

Las características intrínsecas del material es el mayor motivo que suele provocar fugas y averías y en ellas podemos incluir la corrosión de elementos metálicos y tornillos, los defectos del material por edad avanzada y por otros motivos, como problemas en la fabricación en el material o revestimientos internos y externos, la escasez de espesor o timbrado (presión nominal que soporta), las reacciones con el tipo de agua y de terreno, etc.

Finalmente, las condiciones de instalación provocan roturas y fugas por asentamientos del terreno cercano a arquetas; por asentamientos del terreno en las zanjas; por no contar con protección a corrosión externa e interna; por no haber tenido buena ejecución la zanja para distribuir cargas externas e internas; por no ser

una instalación adecuada para el tipo, velocidad y presión del agua a transportar; y por otros defectos en la instalación, como mala ejecución del montaje, malos materiales de unión o no previsión de contracciones y dilataciones por cambios térmicos.

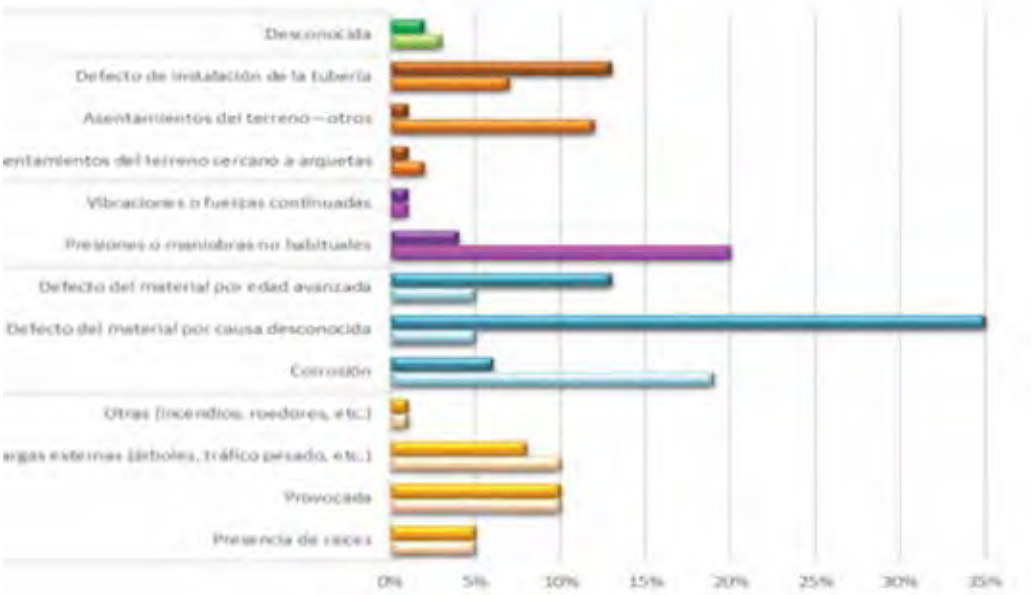


Figura 50: Tabla porcentual de tipificación de roturas en la red de agua.

3.4.4. Sobrecalentamiento

El sobrecalentamiento es el número de grados en el que un vapor está por encima de su temperatura de saturación, o punto de ebullición, a una determinada presión.

Asimismo, se puede definir el sobrecalentamiento como una palabra técnica utilizada para designar a un refrigerante en fase gaseosa que se encuentra a una temperatura superior a la correspondiente temperatura de evaporación en relación con la presión existente.

El trabajo constante y la cantidad de energía que requiere para su funcionamiento hacen que la maquinaria produzca calor. El calor producido por las máquinas debe ser limitado. Cuando se produce calor excesivo, la maquinaria sufre de sobrecalentamiento. Los principales problemas provocados por el sobrecalentamiento de la maquinaria son un funcionamiento más lento, riesgos de quemaduras al operario, derretimiento de partes metálicas, ruptura de cables internos, desgaste de piezas móviles, emanación de vapores y humos tóxicos, descompostura total o parcial o explosión.

El desarrollo de altas temperaturas superficiales no representa, necesariamente, un síntoma de funcionamiento incorrecto. Sin embargo, si el motor se calienta demasiado durante el funcionamiento, la situación podría tener diferentes orígenes:

- **Causas eléctricas:** Defecto o exceso de tensión, corriente trifásica asimétrica o disminución de la resistencia de aislamiento.

- **Efectos medioambientales:** Temperatura ambiente elevada, carencia de ventilación o ventilación deficiente, o gran altura de instalación (baja densidad del aire).

- **Causas mecánicas**: Demasiados ciclos de arranque y parada, caudal demasiado alto o demasiado bajo, alta resistencia a la rotación debido a daños en la bomba, alta viscosidad o densidad del medio bombeado, o atasco u obstrucción de la bomba.

3.4.5. Vibración

Se denomina vibración a la propagación de ondas elásticas lo cual produce deformaciones y tensiones sobre un medio continuo (o posición de equilibrio).

En su forma más sencilla, una vibración se puede considerar como un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio. La posición de "equilibrio" es a la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero. Este tipo de movimiento no involucra necesariamente deformaciones internas del cuerpo entero, a diferencia de una vibración.

El instrumento que sirve para medir las vibraciones se llama vibrómetro. El vibrómetro, seleccionando la frecuencia con un filtro, convierte la aceleración de una vibración en una señal eléctrica que, mediante un indicador, nos determina el valor en las unidades pertinentes de dicha aceleración.

El análisis de vibraciones es la principal técnica para supervisar y diagnosticar la maquinaria rotativa e implantar un plan de mantenimiento predictivo. Se aplica con eficacia desde hace más de 30 años a la supervisión y diagnóstico de fallas mecánicas en máquinas rotativas.

El uso del análisis de vibración puede determinar problemas causados debido a una instalación incorrecta, errores de maquinado, lubricación insuficiente, alineación incorrecta de ejes o poleas, tornillos sueltos, ejes doblados y un largo etcétera. En la mayoría de los casos, puede detectar estos problemas mucho antes de que el daño pueda ser visto por el técnico de mantenimiento, y mucho antes de que dañe otros componentes de la máquina. La aplicación del análisis de vibración, monitoreo de las condiciones o mantenimiento predictivo ha hecho grandes avances aumentando la vida útil de la maquinaria.

Tipos de fallas identificadas por el análisis de vibración

Hay varias fallas características en la rotación de las máquinas que se pueden identificar mediante la medición y el análisis de la vibración generado por la máquina:

- Máquina desequilibrada
- La máquina está desalineada
- Resonancia
- Ejes doblados
- Alteraciones de la malla del engranaje
- Mal estado de los cojinetes y rodamientos
- Perturbaciones en el paso de la hoja
- Perturbaciones en el paso de las paletas
- Sujeción adecuada del equipo
- Fallas electromagnéticas
- Recirculación y cavitación
- Fallos en el motor (rotor y estator)
- Fallos en los rodamientos
- Soltura mecánica
- Velocidades críticas de la máquina
- Estado de los lubricantes

3.4.6. Sobrepresión

Un evento no deseado es la sobrepresión, que es la presión en un elemento del proceso que excede la presión de trabajo máxima permitida. La sobrepresión puede ser causada por una fuente de entrada que desarrollará una presión superior a la presión de trabajo máxima permitida de un elemento del proceso si el flujo de entrada excede el flujo de salida. La causa puede deberse si falla un dispositivo de control de flujo, o si se produce un ingreso no controlado del flujo aguas arriba, y también si hay restricciones o bloqueo en la salida del elemento aguas abajo. La sobrepresión también puede ser causada por la expansión térmica de los fluidos dentro de un elemento del proceso si se agrega calor mientras las entradas y salidas se encuentren cerradas.

El golpe de ariete o pulso de Zhukowski (llamado así por el ingeniero ruso Nikolái Zhukovski) es, junto a la cavitación, el principal causante de averías en tuberías e instalaciones hidráulicas.

El golpe de ariete se origina debido a que el fluido es ligeramente elástico (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un fluido no compresible). En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que lo comprimía y, por tanto, este tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El fluido se desplaza en dirección contraria pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el fluido puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la onda no se ve disipada, por ejemplo, en un depósito a presión atmosférica, se reflejará, lo cual será mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del fluido y la dilatación de la tubería.

A continuación se observa una tubería afectada por golpe de ariete.

Figura 51: Tubería afectada por golpe de ariete.

3.4.7. Vida útil

Dos palabras, dos significados; se puede hablar de vida útil de un equipo bajo dos aspectos diferentes: financiero y operativo. Ambos se refieren al tiempo en que el equipo está vigente dentro de una empresa de acuerdo con cada punto de vista. El financiero depende de las políticas empresariales y contables mientras que el operativo tiene que ver con la propia naturaleza de una máquina: productividad, tecnología, mecánica, mantenimiento.

Para la presente guía se trata exclusivamente de la vida útil operativa que se define como el ciclo en el que un equipo puede desempeñar la labor para la que fue diseñado, de una manera eficiente y segura.

Existen estándares o normas establecidas de acuerdo con el tipo de industria, que indican cuál es la vida útil esperada de un equipo. Existen dos indicadores importantes que permiten determinar en forma más certera la vida útil de un equipo, una es la base de los fabricantes y la otra es la de estudios realizados por expertos.

4. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

a) Formato de registro de inspección de sistema de bombeo

INSPECCIÓN DE SISTEMAS DE BOMBEO	CONFORME	NO CONFORME
BOMBAS DE SULF. ALUM.		
BOMBAS DE SULF. COBRE		
BOMBAS DE POLÍMERO		
BOMBAS DE CLORO		
BOMBAS DE AGUA TRATADA		
BOMBAS DE AGUA CRUDA		
BOMBAS DESARENADORAS		
BOMBAS DE RESERV. INTER.		
BOMBAS DE LODOS		
BOMBAS CONTRA INCENDIOS		
NOTA: Ver observaciones en el cuaderno de **REGISTRO DE FALLAS DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS Y OTROS SISTEMAS.**		

b) Formato de registro de operación de sistema de bombeo captación

HORA	HORÓMETRO	P (PSI)	Q (lps)	VOL. ACUM (m3)	VOL. CAPTADO (m3/HORA)	VOL. ACUM (m3)	VOLT.	AMPAREAJE		
								R	S	T
00:00										
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										
00:00										

c) Formato de registro de operación de sistema de bombeo impulsión

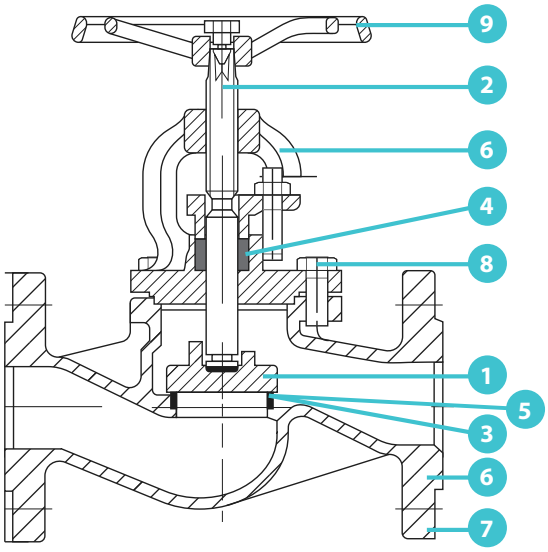
HORA	HORÓMETRO	P (PSI)	Q (lps)	VOL. ACUM (m3)	VOL. PRODUCIDO (m3/HORA)	VOL. POR HORA (m3)	VOLT.	AMPAREAJE		
								R	S	T
00:00										
01:00										
02:00										
03:00										
04:00										
05:00										
06:00										
07:00										
08:00										
09:00										
10:00										
11:00										
12:00										
13:00										
14:00										
15:00										
16:00										
17:00										
18:00										
19:00										
20:00										
21:00										
22:00										
23:00										
00:00										

5. RESUMEN DE IDEAS

- El operador de la captación debe disponer de un inventario completo de las instalaciones existentes en la planta.
- Toda la información técnica de la captación debe permanecer en la caseta de operación en un sitio visible.
- Todas las labores a realizar durante la operación de pozos profundos debe ser bien conocida y aplicada por los operadores.
- Las principales medidas a realizar durante la operación de un estación de bombeo (captación) son: caudal de captación, caudal de descarga, voltaje y amperaje del motor y velocidad de la bomba.
- El operador debe permanecer en la zona de la PTAP asignada por su superior, y estar atento a cualquier anomalía que se pueda presentar durante la operación.
- Todas las medidas, lecturas y anomalías registradas durante la operación de la captación deben ser anotadas en la hoja de reporte de control diario.
- La válvula compuerta sirve para regular la cantidad de flujo que pasa por ella.
- Existen muchos tipos de válvulas en el mundo, pero las válvulas manuales más típicamente utilizadas son las de tipo compuerta y mariposa.

6. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Complete los componentes de una válvula



a) 1 = Accionamiento, 2 = Pernos de unión, 3 = Extremos, 4 = Cuerpo y tapa, 5 = Junta de cierre, 6 = Empaquetadura de eje, 7 = Asiento, 8 = Husillo, 9 = Obturador
b) 1 = Obturador, 2 = Husillo, 3 = Asiento, 4 = Empaquetadura de eje, 5 = Junta de cierre, 6 = Cuerpo y tapa, 7 = Extremos, 8 = Pernos de unión, 9 = Accionamiento
c) 1 = Obturador, 2 = Asiento, 3 = Husillo, 4 = Empaquetadura de eje, 5 = Junta de cierre, 6 = Cuerpo y tapa, 7 = Extremos, 8 = Pernos de unión, 9 = Accionamiento
d) 1 = Obturador, 2 = Empaquetadura de eje, 3 = Asiento, 4 = Husillo, 5 = Junta de cierre, 6 = Cuerpo y tapa, 7 = Extremos, 8 = Accionamiento, 9 = Pernos de unión
e) 1 = Obturador, 2 = Pernos de unión, 3 = Extremos, 4 = Cuerpo y tapa, 5 = Junta de cierre, 6 = Empaquetadura de eje, 7 = Asiento, 8 = Husillo, 9 = Accionamiento

2. La ley de Ohm es una ley que se encarga de explicar el comportamiento de la electricidad a través de tres conceptos importantes:

a) Voltaje, corriente y resistencia.
b) Voltaje, presión y caudal.
c) Voltaje, presión, intensidad.
d) Energía, voltaje y potencia.
e) Voltaje, caudal, intensidad.

3. La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica. Su representación es:

a) I = V/R
b) I = R/V
c) I = Q/P
d) I = V/P
e) I = P/Q

Donde:
I: Intensidad
V: Voltaje
Q: Caudal
P: Presión

4. Para calcular el voltaje se utiliza la siguiente fórmula:

a) V = I/R
b) V = I*R
c) V = R*P*Q
d) V = Q*R
e) Ninguna de las anteriores.

Donde:
I: Intensidad
V: Voltaje
Q: Caudal
P: Presión

5. Para calcular la resistencia en un circuito se utiliza la siguiente fórmula:

a) R = V/I
b) R = I*V
c) V = R*P*Q
d) V =Q*R
e) Ninguna de las anteriores.

Donde:
I: Intensidad
V: Voltaje
Q: Caudal
P: Presión

6. Cuando ocurre un corto circuito..... y esto termina por quemar los componentes, ya que estos tienen un menor rango de aceptación a la corriente que al voltaje:

a) La corriente se iguala a la resistencia.
b) La corriente se iguala al voltaje.
c) La corriente permanece inalterable.
d) La resistencia supera al voltaje.
e) Ninguna de las anteriores.

7. Es el instrumento que sirve para mediciones eléctricas que determina la tensión, fuerza electromotriz o voltaje entre dos puntos de un circuito:

a) Voltímetro.
b) Amperímetro.
c) Manómetro.
d) Tensiómetro.
e) Caudalímetro.

8. Es un instrumento de medición compuesto por un galvanómetro y una serie de resistencias conectadas en paralelo, y lo que mide es la corriente eléctrica que pasa por un circuito.

a) Voltímetro.
b) Amperímetro.
c) Manómetro.
d) Tensiómetro.
e) Caudalímetro.

9. La regulación de los caudales es fundamental para el buen funcionamiento de la planta, para lo cual el caudal se regula operando:

a) Válvulas o compuertas de entrada.
b) Rejillas de ingreso.
c) Desarenadores.
d) Floculador.
e) Ninguna de las anteriores.

10. La unidad de medida del caudal es:

a) Metros cúbicos/hora.
b) Litros/segundos.
c) Voltios/segundo.
d) a) y b).
e) a) y c).

11. Es un tipo de medidor de presión:

a) Presiómetro.
b) Manómetro.
c) Termómetro.
d) Contadores ultrasónicos.
e) Caudalímetro.

12. La temperatura es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante:

a) Presiómetro.
b) Manómetro.
c) Termómetro.
d) Contadores ultrasónicos.
e) Caudalímetro.

13. Las fallas más comunes en el sistema de abastecimiento son:

a) Roturas de tuberías y accesorios.
b) Rajaduras de tuberías y accesorios.
c) Atoros de tuberías y accesorios.
d) Obstrucción en accesorios.
e) Todas las anteriores.

14. Reconoce las herramientas básicas de gasfitería agregando su nombre:

a) Mordaza cadena.
b) Llave inglesa.
c) Llave Stillson.
d) Tenaza grip.
e) Tenazas.

15. Reconoce las herramientas básicas de gasfitería agregando su nombre:

a) Mordaza cadena.
b) Llave inglesa.
c) Llave grifa o francesa.
d) Tenaza grip.
e) Cortatubos.

16. Reconoce las herramientas básicas de gasfitería agregando su nombre:

a) Tarraja.
b) Llave inglesa.
c) Llave grifa o francesa.
d) Tenaza grip.
e) Cortatubos.

17. Reconoce las herramientas básicas de gasfitería agregando su nombre:

a) Tarraja.
b) Llave inglesa.
c) Llave grifa o francesa.
d) Mordaza de cadena.
e) Cortatubos.

18. _____son elementos que sirven para ensamblar y reparar las tuberías y son generalmente fabricados del mismo tipo de material.

a) Tubos.
b) Accesorios.
c) Válvulas.
d) Herramientas.
e) Ninguna de las anteriores.

19. Es un fenómeno físico mediante el cual un líquido en determinadas condiciones pasa a estado gaseoso y unos instantes después vuelve a estado líquido; se produce un efecto hidrodinámico que genera orificios de vapor dentro del fluido, ocasionando implosión de las paredes de un orificio debido a que la presión interna es inferior a la externa, volviendo a ser un líquido nuevamente.

a) Rotura.
b) Cavitación.
c) Calentamiento.
d) Rotación.
e) Presurización.

20. Algunos efectos de la cavitación son:

a) Ruidos.
b) Golpeteos.
c) Vibraciones.
d) Erosiones del material.
e) Todas las anteriores.

21. En el diagnóstico de equipos de bombeo, la falta de entrega de agua puede deberse a:

a) La bomba está demasiado cebada.
b) El impulsor está totalmente obstruido, indicado por una baja presión de descarga.
c) La velocidad es demasiado alta.
d) La válvula se encuentra muy abierta.
e) Ninguna de las anteriores.

22. En el diagnóstico de equipos de bombeo, cuando la cantidad de entrega de agua es baja puede deberse a:

a) Velocidad demasiado baja.
b) El impulsor está parcialmente obstruido.
c) Obstrucción en la tubería de succión.
d) Defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.
e) Todas las anteriores pueden darse.

23. En el diagnóstico de equipos de bombeo, si la bomba vibra puede deberse a:

a) Alineación incorrecta.
b) El impulsor está parcialmente obstruido.
c) Defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.
d) Hay cavitación de la bomba debido a una altura de aspiración demasiado alta.
e) a y b

24. Cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud se registra un evento no deseado que es la sobrepresión conocido como:

a) Vibración.
b) El golpe de ariete.
c) Cavitación.
d) Sobrecalentamiento.
e) Presurización.

25. _____ es el número de grados que un vapor está por encima de su temperatura de saturación, o punto de ebullición, a una determinada presión.

a) Sobrepresión.
b) Vida útil.
c) Cavitación.
d) Termodinámica.
e) Vibración.

26. _____se puede considerar como un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio.

a) Sobrepresión.
b) Vida útil.
c) Cavitación.
d) Sobrecalentamiento.
e) Vibración.

27. _____es la presión en un elemento del proceso que excede la presión de trabajo máxima permitida.

a) Sobrepresión.
b) Vida útil.
c) Cavitación.
d) Sobrecalentamiento.
e) Vibración.

7. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. b
2. a
3. a
4. b
5. a
6. a
7. a
8. b
9. a
10. d
11. b
12. c
13. e
14. b
15. e
16. a
17. d
18. b
19. b
20. e
21. b
22. e
23. e
24. b
25. d
26. e
27. a

MÓDULO 2

DECANTACIÓN: COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

CONTENIDO

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO 61

2. CONTENIDO DEL MÓDULO 61

3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA 61
- 3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS 62
- 3.1.1. TURBIEDAD 62
- 3.1.2. COLOR 62
- 3.1.3. OLOR Y SABOR 63
- 3.1.4. TEMPERATURA 63
- 3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS 63
- 3.2.1. PH (PE HACHE) 63
- 3.2.2. LA ACIDEZ 64
- 3.2.3. LA ALCALINIDAD 64
- 3.2.4. LA DUREZA 64
- 3.2.5. OXÍGENO DISUELTO 64
- 3.3. CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS O MICROBIOLÓGICAS 64

4. COAGULACIÓN 65
- 4.1. SUSTANCIAS QUÍMICAS UTILIZADAS 65
- 4.2. DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE 65
- 4.3. MEZCLA RÁPIDA Y COAGULACIÓN 66

5. FLOCULACIÓN 66
- 5.1. PROCEDIMIENTO DE LA FLOCULACIÓN 66

6. LA SEDIMENTACIÓN 67

7. INSUMOS QUÍMICOS Y SU APLICACIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO 67
- 7.1 . DOSIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS 67
- 7.2. CONCENTRACIÓN Y FORMAS DE EXPRESARLA 68
- 7.2.1. LA CONCENTRACIÓN 68
- 7.2.2. FORMAS DE EXPRESAR LA CONCENTRACIÓN DE UNA SOLUCIÓN 69

8. UTILIDAD Y TÉCNICA DEL AFORO 69
- 8.1. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE AFORO VOLUMÉTRICO 70

9. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 71

10. RESUMEN DE IDEAS 72

11. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 73

12. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 76

FIGURAS

Figura 1: Muestras de los diferentes niveles de turbiedad del agua. 62
Figura 2: Muestras de los diferentes niveles de color del agua. 62
Figura 3: Gráfica del proceso de sedimentación de partículas. 67
Figura 4: Equipo de prueba o ensayo de Jarras. 67
Figura 5: Representación de un aforo volumétrico. 70

TABLAS

Tabla 1: Si el pH del agua se encuentra entre 6.5 y 9.0 se considera aceptable para los procesos de tratamiento. 63

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO

El objetivo de este módulo es proporcionar una comprensión general de las tareas que comprenden la decantación (coagulación y floculación) en el proceso de la potabilización del agua superficial.

Al finalizar el módulo, los estudiantes deberán ser capaces de:

- Identificar y conocer los insumos químicos a utilizar.
- Conocer dosificaciones y concentraciones de soluciones químicas.
- Realizar aforos.
- Conocer el principio de coagulación y floculación.

2. CONTENIDO DEL MÓDULO

- Calidad del agua: características físicas y químicas del agua.
- Insumos químicos y su aplicación en el tratamiento del agua para consumo humano.
- Utilidad y técnica del aforo.
- Monitoreo operacional: concentración, dosificación, gasto, residual de cloro, uso del comparador de disco y del colorímetro digital.
- Formatos de registro de datos y de incidencias en el sistema.

La finalidad de este módulo es que los participantes se familiaricen con las tareas de coagulación y floculación en el proceso de la potabilización del agua superficial.

3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

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

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

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

Estos tipos de sólidos determinan dos características que veremos a continuación:

3.1. Características físicas

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

Las características físicas del agua son:

3.1.1. Turbiedad

La turbiedad es el fenómeno óptico que puede medirse por la mayor o menor resistencia del agua al paso de la luz. Se debe a partículas que estando en suspensión, como los coloides, le dan al líquido la capacidad de dispersar la luz. Por ejemplo, tierras finamente divididas.

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

Figura 1: Muestras de los diferentes niveles de turbiedad del agua.

3.1.2. Color

Es, en importancia, la segunda característica física del agua, puede estar íntimamente ligado a la turbiedad, se presenta como una característica independiente de ella.

El color se debe a diferentes componentes de la materia mineral y vegetal en descomposición; cuando se encuentran disueltos, reciben el nombre de color verdadero. Si además hay presencia de arcillas o arenas que enturbien el agua, se le denomina color aparente.

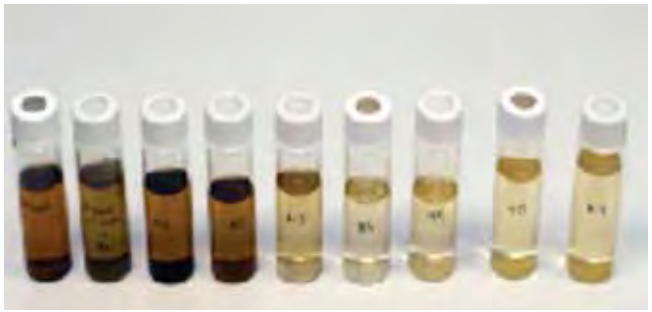


Figura 2: Muestras de los diferentes niveles de color del agua.

3.1.3. Olor y sabor

El olor y sabor del agua son producidos fundamentalmente por algas, materia orgánica en descomposición, desechos industriales y sales de diferentes orígenes.

3.1.4. Temperatura

La temperatura del agua está determinada por múltiples factores:

- La temperatura afecta la velocidad de las reacciones químicas, amplifica olores y sabores.
- La temperatura del agua tiene incidencia en la presentación. Se dice que el agua es fresca cuando está a unos 5 °C por debajo de la temperatura del lugar.
- Es importante tenerla en cuenta porque de ella depende el tipo de organismos que puedan desarrollarse en el agua.
- En igual forma, de ella dependen: la cantidad de gases disueltos, la desinfección con cloro y las condiciones de tratamiento.

3.2. Características químicas

Para efecto de nuestro análisis se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

3.2.1. pH (pe hache)

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

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

Entonces ¿qué es el pH? Es la intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra de agua y se evalúa por una escala de valores:

Escala de pH

0	7	14
Ácido	**Neutro**	**Alcalino**
0 - 7.1	**7.2 - 7.6**	**7.7 - 14**
Agua corrosiva para instalación. Puede irritar los ojos, la piel y las mucosas	Agua sana y bajo control	Mayor consumo de productos químicos que no actúan correctamente

Tabla 1: Si el pH del agua se encuentra entre 6.5 y 9.0 se considera aceptable para los procesos de tratamiento.

La mayoría de las aguas superficiales que se encuentran dentro de este rango permiten una buena desinfección y reducción de los problemas de corrosión. Se entiende entonces, que el factor pH no es tan importante desde el punto de vista de salud, como lo es desde el económico.

3.2.2. La acidez

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

3.2.3. La alcalinidad

La alcalinidad del agua se mide por su capacidad para neutralizar ácidos. En aguas naturales la alcalinidad se debe principalmente a la disolución de rocas calizas.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes para favorecer la floculación, uno de los procesos de tratamiento de agua que veremos más adelante. Tiene incidencia sobre el carácter incrustante que pueda tener en el agua y si está presente en altas cantidades tiene efecto sobre el sabor y la turbiedad.

Un alto valor de la alcalinidad hace que el agua produzca efectos destructivos en las tuberías de acueducto, como el fenómeno de incrustación, lo que además disminuye la capacidad de transporte de las tuberías.

3.2.4. La dureza

Las aguas duras son las que no permiten que se disuelva el jabón, es decir, no dejan hacer espuma. La dureza afecta procesos industriales y en algunos casos puede dar sabor al agua. Cuando las aguas son muy suaves o blandas disuelven rápidamente el jabón.

3.2.5. Oxígeno disuelto

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

3.3. Características bacteriológicas o microbiológicas

Las aguas naturales tienen asociados una serie de organismos que son habitantes normales en ella; tal es el caso de peces, moluscos, plancton, protozoos, bacterias, virus, entre otros.

Debido a la contaminación producida por el hombre, las aguas pueden contener algunos microorganismos perjudiciales para la salud, tales como: virus, bacterias y protozoos. La determinación de la presencia en el agua de estos organismos es difícil y poco práctica para realizarla como actividad de rutina.

A través de los análisis bacteriológicos se determina el riesgo que involucra consumir el agua. Los análisis bacteriológicos en el agua buscan determinar el nivel de bacterias coliformes.

Las bacterias coliformes no son nocivas para la salud, son habitantes normales del tracto intestinal del hombre y de los animales, y en cada deposición se encuentran en grandes cantidades. Estas características hacen que se les considere como indicadores de la calidad bacteriológica del agua.

Cuando se realiza análisis bacteriológico en el agua y se encuentra presencia de coliformes, se deduce que existe contaminación por materia fecal y es probable que existan otras bacterias protozoos o virus nocivos.

En conclusión, el agua que tiene coliformes no es apta para el consumo humano. La calidad bacteriológica se expresa como número más probable (NMP) en 100 mililitros de agua, o en unidades formadoras de colonias (ufc).

4. COAGULACIÓN

Las impurezas que contiene el agua pueden estar en los siguientes estados:

- en suspensión;
- disueltas;
- en suspensiones concentradas: en particular vegetales, restos de hojas, vegetales (macroscópicos), sílice, etc., que pueden flotar y sedimentarse fácilmente cuando el agua está en reposo;
- suspensiones finas: turbidez, bacterias, plancton, etc.;
- coloidales: dureza, en parte (sales de calcio y magnesio); fierro y manganeso no oxidados, etc.

La coagulación tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que puedan ser removidas por la decantación (sedimentación) y la filtración. Tales aglomerados gelatinosos se agrupan y producen los flóculos (floculación).

4.1. Sustancias químicas utilizadas

Las sustancias químicas utilizadas en la coagulación se pueden clasificar en tres categorías:

- **Coagulantes:** compuestos de aluminio o de fierro que generalmente pueden producir hidróxidos gelatinosos no solubles y absorber las impurezas.

- **Alcalinizantes:** cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (soda cáustica), carbonato de sodio (carbonato sódico), que pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.

- **Coadyuvantes de la coagulación:** compuestos (arcilla, sílice activada, polielectrolitos, etc.) que se pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes.
  Los coadyuvantes de fórmulas desconocidas se deben utilizar con mucha reserva por su composición.

4.2. Dosificación de coagulante

Dosificar consiste en la acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química, predeterminada mediante ensayos, con el fin de obtener unos resultados definidos después de cada proceso. El coagulante es un producto químico que se agrega al agua con el propósito de producir desestabilización

y aglutinación de los sólidos en suspensión en el agua. Los ensayos que se realizan para determinar la dosis de coagulante a agregarle al agua son los "ensayos de jarras" o de dosis óptima.

El coagulante utilizado con mayor frecuencia es el sulfato de aluminio y eventualmente el cloruro férrico. Los equipos utilizados para la aplicación del coagulante y de cualquier otro producto químico se denominan dosificadores.

4.3. Mezcla rápida y coagulación

El coagulante agregado a todo el caudal de agua cruda debe mezclarse rápidamente. Para lograr la coagulación se requiere de una agitación vigorosa del agua. Además se debe generar turbulencia en el flujo para lograr el efecto esperado. La turbulencia puede ser hidráulica mediante un resalto en el canal o mecánica mediante agitación inducida utilizando equipo electromecánico. El coagulante reacciona con el agua inmediatamente es agregado, se produce hidrólisis, desestabilización de las partículas coloidales (en suspensión) y formación de microfloc (pequeñas aglomeraciones de partículas desestabilizadas), en este orden.

Los factores que influyen en la coagulación son:

- Las características del agua
- Las características de las sustancias químicas
- Las condiciones de mezcla rápida

5. FLOCULACIÓN

La floculación es un proceso de agitación suave y continua del agua con coagulantes con el propósito de que se formen los flocs para que puedan ser removidos fácilmente por sedimentación.

5.1. Procedimiento de la floculación

Después de que el coagulante se ha mezclado y coagulado en el agua empiezan a adherirse y aglutinarse las partículas difíciles de sedimentar dando lugar a la formación de flocs. Para que dichos flocs aumenten de tamaño y adquieran el suficiente peso que les permita sedimentar, es necesario someter al agua a una agitación lenta durante un tiempo preestablecido. De esta manera las partículas contenidas en el agua se juntan con los flóculos recién formados y se adhieren a ellos. A este proceso de mezcla lenta se le denomina floculación.

Para que el flóculo pueda formarse completamente se requiere de una agitación decreciente, es decir, un poco más fuerte al principio, para luego ir disminuyendo hasta que sea muy leve al final, cuando el flóculo haya alcanzado su tamaño y peso aproximado sin permitir que se sedimente el floculador.

El periodo de retención debe estar entre 30 y 60 minutos. La velocidad de agitación no debe ser tan alta que rompa el flóculo ni tan baja que permita la sedimentación en el floculador.

El proceso de floculación se lleva a cabo mediante la utilización de estructuras llamadas floculadores. Hay de tres clases:

- Mecánicos
- Hidráulicos
- Lodos suspendidos

6. LA SEDIMENTACIÓN

Es la remoción de partículas (flocs) formadas en la floculación, que se depositan en el fondo del sedimentador por la fuerza de la gravedad (por su propio peso).

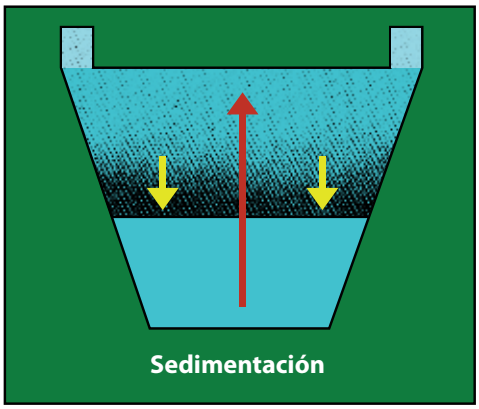


Figura 3: Gráfica del proceso de sedimentación de partículas.

7. INSUMOS QUÍMICOS Y SU APLICACIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

7.1. Dosificación de los productos químicos

Para el tipo de agua que llega a la planta debe realizarse el ensayo de jarras para determinar la dosis óptima a aplicar, calcular la descarga del químico para todo el caudal de agua cruda y cuadrar equipos dosificadores para la descarga calculada.

Cada uno de estos pasos debe realizarse con precisión para garantizar que todas las unidades van a funcionan eficientemente.

Equipo para ensayo de jarras

Figura 4: Equipo de prueba o ensayo de Jarras.

7.2. Concentración y formas de expresarla

7.2.1. La concentración

La concentración de una solución nos indica la cantidad de SOLUTO presente en una cantidad de SOLUCIÓN.

Si tenemos una solución, el soluto estará presente en una determinada proporción con respecto al solvente. Esa proporción no cambiará a menos que se adicione más soluto o más solvente. En consecuencia, la concentración permanece constante.

Es importante notar que la concentración es una propiedad intensiva.

Se debe tener presente lo siguiente:

- **Si el soluto de una solución es líquido** (por ejemplo, el alcohol de la cerveza), entonces la cantidad de este afecta el volumen de la solución:

Volumen de una solución = Volumen de soluto + Volumen de solvente

- Sin embargo, **cuando el soluto es un sólido** (por ejemplo, el azúcar de una limonada) **o un gas** (el de las gaseosas), se puede decir que el volumen de la solución es prácticamente el volumen del solvente, pues el soluto se disuelve perfectamente en el solvente, sin ocupar un espacio significativo:

Volumen de una solución = Volumen de solvente

- Independientemente del tipo de soluto, **el peso de una solución depende tanto del soluto como del solvente:**

Peso de solución = Peso de soluto + Peso de solvente

- Para conocer el peso de una solución se utiliza la **DENSIDAD de la solución.** Así, si nos dicen que la densidad de la Coca Cola es 1.02 g/mL, podemos deducir que un litro de Coca Cola pesa 1020 gramos.

Densidad de una solución = Peso de solución / Volumen de solución

Recuerda: La densidad solo sirve para conocer cuánto pesa un determinado volumen de solución. **NO NOS DICE la cantidad de soluto disuelto.**

Por tanto:

- Si nos dicen que se tiene una solución de 250 mL en donde están disueltos 10 gramos de soluto, **el volumen de solución será de 250 mL.**

- Si nos dicen que se agrega 10 mL de soluto en 250 mL de agua. En este caso **el volumen de la solución será de 260 mL**, puesto que el soluto es un líquido.

- **Solo el agua tiene densidad de 1 g/mL,** pero las soluciones tienen valores de densidad diferentes a 1, ya que el soluto ejerce un peso adicional y modifica la densidad.

7.2.2. Formas de expresar la concentración de una solución

Ten presente que siempre que tengamos una solución nos interesará saber CUÁNTO SOLUTO hay. Por ejemplo, si tenemos una botella de Coca Cola, nos interesa saber cuánta azúcar o cafeína tiene, pero no nos interesa saber cuánta agua hay. Por tanto, todas las siguientes formas de expresar la concentración están referidas SIEMPRE al soluto.

Gramos/Litro

Es la forma más simple: se indica cuántos gramos de soluto hay disueltos por cada litro de solución (g/L):

Gramos de soluto / Litro de solución

Partes por millón (ppm)

En soluciones diluidas, la concentración del soluto se suele expresar en partes por millón (ppm). La fórmula es idéntica a la del porcentaje en peso, solo que en vez de multiplicar al cociente por 100, se le multiplica por un millón (10^6):

$$\text{ppm} = \frac{\text{peso soluto}}{\text{peso de solución}} \times 10^6$$

8. UTILIDAD Y TÉCNICA DEL AFORO

Los aforos son la acción u operación de registrar o medir la magnitud o posición de una cosa cuando estas características están sujetas a cambio, para determinar el caudal en un curso de agua utilizando mediciones de altura y sección.

El aforo volumétrico consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este.

Es útil para el aforo de vertimientos puntuales de pequeño tamaño; el mismo se utiliza con frecuencia cuando no se conocen ciertas dimensiones de salida del flujo.

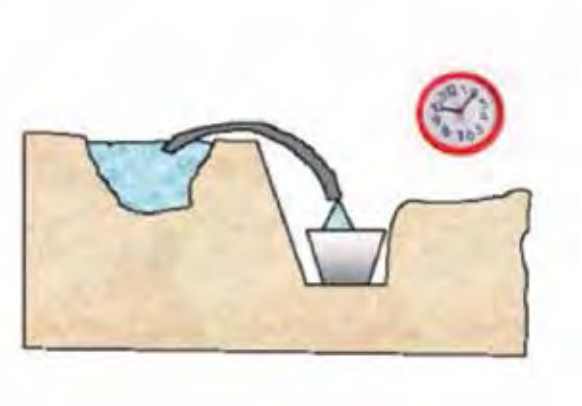


Figura 5: Representación de un aforo volumétrico.

Los equipos o herramientas utilizados en el procedimiento para el aforo son:

- Recipiente con graduaciones (en unidades de volumen)
- Cronómetro
- Probeta

8.1. Procedimiento de la prueba de aforo volumétrico

1. Inicialmente, se realiza una inspección al sitio a investigar; antes de la prueba se revisa y calibra el recipiente a utilizar (cubo o tanque), mediante un recipiente graduado, para verificar que el volumen a medir sea exacto, posteriormente se procede a marcar el recipiente.

2. En campo o área del proyecto, se ubica el canal o tubería a aforar; en caso de ser una tubería, que esté conectada a una serie de ellas, se procede a aislar por medio del juego de válvulas existente, luego se pone en función la bomba para realizar la purga de esta, el objetivo consiste en sacar de la tubería todo el aire que esta pueda tener, esto puede ser bastante perjudicial, ya que el aire nos va a incidir de una manera negativa en los resultados.

3. El operador debe mantener el cronómetro en cero, luego en la salida del flujo constante de la tubería o canal se coloca el recipiente, simultáneamente se activa el cronómetro; este proceso finaliza en el momento en que el flujo llegue a la marca del recipiente y se desactiva el cronómetro inmediatamente.

4. El resultado de este procedimiento es volumen llenado entre el tiempo de llenado ($Q = v/t$); el mismo debe ser repetido cinco (5) veces, de esta manera se verifica si el flujo es constante o variable.

5. Con los datos tomados de tiempo y el delta de volumen de agua escogido se obtiene el caudal que está recorriendo la tubería o el canal, después de hacerle un tratamiento estadístico a los datos.

6. El operador genera el análisis e informe final (conclusiones y recomendaciones) y lo remite a su jefe inmediato, para su revisión y trámite.

Cálculo de los resultados:

v1 ... vn = Volumen para la medición del llenado del tanque (L).
T1 ... Tn = Tiempo para la medición del llenado del tanque (seg).
N = Cantidades de veces que se repite la prueba de llenado del tanque.
Caudal del tanque (L/seg). Q1 = v1. / T1
Promedio del caudal del tanque. Qp = Q1 + Q2 +...+ QN / N

Por ejemplo,
Si el volumen del recipiente es de 4 litros y el tiempo promedio de llenado de este es de 2 segundos, entonces el caudal resultará de la división de 4 litros entre 2 segundos, o sea:

$$Q = \frac{??}{??} = \frac{4}{2} = 2$$

El caudal determinado de 2 l/s nos indica que la fuente de agua medida produce dos litros de agua por cada segundo que pasa.

9. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

a) Control de la dosificación

	PARTE DIARIO DE OCURRENCIAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE																	
	FORMATO N°																	
1. CONTROL DE LA DOSIFICACIÓN DE INSUMOS QUÍMICOS																		
	COAGULANTE:												CALIDAD DEL AGUA					
HORA	N° CUBA	Cc. Cuba (%)	Nivel (m)	CONS. (m)	N° BOM.	% APERTURA	APERT. BOMBA %	Volumen (L)	Tiempo (s)	Q Sol. (L/s)	DOSIS REAL (mg/L)	Cc. Dilución (%)	NTU A.C.	NTU A.D.	NTU A.T.	CRL (ppm)	ÍNDICE DE WILLCOMB C/5H	CAUDAL AC (L/s)
00:00																		
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																		

- **N° de cuba:** Corresponde a la denominación de la cuba de preparación en uso.
- **Nivel:** Es la altura a la cual se encuentra el líquido (solución del coagulante).
- **Cons:** Se refiere al consumo expresado en unidades de medida métrica dado por la diferencia del nivel inicial y el tomado al instante del control.
- **N° de bomba:** Equipo de bombeo que se encuentra trabajando en la dosificación.
- **% Apertura:** Indica el porcentaje de apertura que presenta la bomba de dosificación y que representa cierto caudal (se usa tabla referencial).
- **Volumen (l):** Cantidad de coagulante que es medido en recipiente.
- **Tiempo (min):** Unidad de tiempo que dura la captación del volumen en el recipiente.
- **Q (L/S):** Caudal de agua cruda en el tratamiento de la potabilización.
- **Dosificación real (mg/l):** Se calcula con fórmula con los datos antes descritos.
- **NTU (A.C.):** Turbiedad de agua cruda.
- **NTU (A.D.):** Turbiedad de agua decantada.
- **NTU (A.T.):** Turbiedad de agua tratada.
- **CLR(ppm):** Dosificación de cloro en unidades de partes por millón.
- **Índice de Wilcomb:** Indica la formación del flóculo (usar tabla; llenado por laboratorio).
- **Caudal AC (l/s):** Caudal de agua cruda.

b) Control de la condición sanitaria de la dosificación

INSPECCIÓN DE CONDICIONES SANITARIAS PARA PREPARACIÓN DE SOLUCIONES QUÍMICAS	CONFORME	NO CONFORME
1. ESTADO DE VENTANAS Y MALLAS DE ALMACÉN DE INSUMOS		
ESTADO DE INFRAESTRUCTURA DE CUBAS DE SULFATO DE ALUMINIO		
ESTADO DE INFRAESTRUCTURA DE CUBAS DE SULFATO DE COBRE		
ESTADO DE MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS USADOS EN LA		
OBSERVACIONES:		
2. ESTADO DE AGITADORES DE CUBAS DE SOLUCIONES QUÍMICAS		
COAGULANTES		
SULFATO DE COBRE		
POLÍMERO		
NOTA: Ver observaciones en el cuaderno de REGISTRO DE FALLAS DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS Y OTROS SISTEMAS.		

10. RESUMEN DE IDEAS

- La calidad de agua a tratar es muy importante dado que de ello dependen las condiciones de tratamiento que se aplicarán para el correcto funcionamiento del proceso.
- Es útil para el aforo de vertimientos puntuales de pequeño tamaño; el mismo se utiliza con frecuencia cuando no se conocen ciertas dimensiones de salida del flujo.
- En la dosificación, los pasos para su determinación deben realizarse con precisión para garantizar que todas las unidades van a funcionar eficientemente.

11. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Es el fenómeno óptico que puede medirse por la mayor o menor resistencia del agua al paso de la luz:

a) Turbiedad.
b) Color.
c) pH.
d) Acidez.
e) Ninguna de las anteriores.

2. El olor y sabor del agua son producidos por:

a) Algas.
b) Materia orgánica.
c) Desechos industriales.
d) Sales de diferentes orígenes.
e) Todas las anteriores.

3. Relaciona:

a) Coagulantes	( )	Pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.
b) Alcalinizantes	( )	Son productos químicos que se agregan al agua con el propósito de producir desestabilización y aglutinación de los sólidos en suspensión en el agua.
c) Coadyuvantes	( )	Proporcionan la alcalinidad para la coagulación.
d) Cal viva (óxido de calcio),	( )	Compuestos (arcilla, sílice activada, polielectrolitos, etc.) que se pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes.

a) a, b, c, d
b) b, a, d, c
c) b, c, d, a
d) a, d, c, d
e) d, a, c, b

4. Relaciona en orden:

a) La acidez	( )	Es la intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra de agua.
b) El pH	( )	Es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas presentes en ella, expresadas como carbonato de calcio equivalente.
c) La dureza	( )	Se mide por su capacidad para neutralizar ácidos.
d) La alcalinidad	( )	Afecta procesos industriales y en algunos casos puede dar sabor al agua.

a) a, b, c, d
b) b, a, d, c
c) c, d, a, b
d) b, a, c, d
e) b, a, c, d

5. Dosificar consiste en:

a) Agitación vigorosa del agua.
b) Acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química.
c) Anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones.
d) Eliminar suspensiones finas del agua.
e) Acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química.

6. Mezcla rápida

a) Agitación vigorosa del agua.
b) Acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química.
c) Anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones.
d) Eliminar suspensiones finas del agua.
e) Ninguna de las anteriores.

7. En qué consiste la floculación:

a) Agitación vigorosa del agua.
b) Proceso de agitación violenta e intermitente del agua con coagulantes con el propósito de que se formen los flocs para que puedan ser removidos fácilmente por sedimentación.
c) Remoción de partículas flocs.
d) Proceso de agitación suave y continúa del agua con coagulantes con el propósito de que se formen los flocs para que puedan ser removidos fácilmente por sedimentación.
e) Acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química.

8. El ensayo o prueba de jarras sirve para:

a) Determinar el número de veces a aplicar el insumo químico.
b) Determinar la dosis óptima a aplicar de insumo químico.
c) Determinar qué tipo de insumo químico se debe utilizar.
d) Determinar el caudal para una cantidad exacta de sustancia química a aplicar.
e) Ninguna de las anteriores.

9. La concentración en una solución:

a) Nos indica la cantidad de SOLUTO presente en una cantidad de SOLUCIÓN.
b) Nos indica la cantidad de SOLUCIÓN presente en una cantidad de SOLUTO.
c) Nos indica la cantidad de SOLUTO necesario para ser considerada una SOLUCIÓN.
d) Nos indica la cantidad de SOLUCIÓN necesaria para determinar la cantidad de SOLUTO.
e) Ninguna de las anteriores.

10. ¿Qué sustancias químicas son utilizadas en la coagulación?

a) Coagulantes.
b) Alcalinizantes.
c) Coadyuvantes de la coagulación.
d) a, b y c.
e) a y c.

11. _____ es la técnica que consiste en recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este.

a) Dosificación.
b) Desinfección.
c) Aforo.
d) Cavitación.
e) Ninguna de las anteriores.

12. Ordenar la secuencia que detalla el procedimiento de aforado volumétrico:

1. El operador, genera el análisis e informe final (conclusiones y recomendaciones) y lo remite a su jefe inmediato, para su revisión y trámite.
2. Inicialmente, se realiza una inspección al sitio a investigar; antes de la prueba se revisa y calibra el recipiente a utilizar (cubo o tanque), mediante una probeta calibrada, para verificar que el volumen a medir sea exacto, posteriormente se procede a marcar el recipiente.
3. El operador debe mantener el cronómetro en cero, luego en la salida del flujo constante de la tubería o canal se coloca el recipiente, simultáneamente se activa el cronómetro; este proceso finaliza en el momento en que el flujo llegue a la marca del recipiente y se desactiva el cronómetro inmediatamente.
4. Con los datos tomados de tiempo y el delta de volumen de agua escogido se obtiene el caudal que está recorriendo la tubería o el canal, después de hacerle un tratamiento estadístico a los datos.
5. El resultado de este procedimiento es volumen llenado entre el tiempo de llenado ($Q = v/t$); el mismo debe ser repetido cinco (5) veces, de esta manera se verifica si el flujo es constante o variable.
6. En campo o área del proyecto, se ubica el canal o tubería a aforar; en caso de ser una tubería que esté conectada a una serie de ellas, se procede a aislar por medio del juego de válvulas existente, luego se pone en función la bomba para realizar la purga de esta, el objetivo consiste en sacar de la tubería todo el aire que esta pueda tener, esto puede ser bastante perjudicial, ya que el aire nos va a incidir de una manera negativa en los resultados.

a) 2, 6, 3, 5, 1, 4
b) 2, 6, 3, 5, 4, 1
c) 1, 2, 4, 5, 6, 3
d) 6, 5, 4, 3, 2, 1
e) 2, 1, 5, 6, 3, 4

12. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. a
2. e
3. b
4. b
5. b
6. a
7. d
8. b
9. a
10. d
11. c
12. b

In-Situ

MÓDULO 3

FILTRACIÓN DE AGUA

CONTENIDO

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO 81

2. CONTENIDO DEL MÓDULO 81

3. FILTRACIÓN DEL AGUA 81
- 3.1. DEFINICIÓN 81
- 3.2. LOS FENÓMENOS QUE SE PRODUCEN DURANTE LA FILTRACIÓN 81
- 3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS 82
- 3.3.1. SEGÚN LA TASA O VELOCIDAD DE FILTRACIÓN 82
- 3.3.2. SEGÚN LA PRESIÓN 82
- 3.3.3. FILTROS RÁPIDOS POR GRAVEDAD 82
- 3.3.3.1. FILTROS RÁPIDOS POR GRAVEDAD DE OPERACIÓN TOTALMENTE MANUAL 82
- 3.3.3.2. FILTRO RÁPIDO A PRESIÓN 82
- 3.3.4. CONTROL Y OPERACIÓN DE LOS FILTROS RÁPIDOS 82
- 3.3.4.1. MEDIDA DE LA PÉRDIDA DE CARGA 83
- 3.3.4.2. MEDIDA DEL CAUDAL DE AGUA FILTRADA 83
- 3.3.4.3. TURBIEDAD DEL EFLUENTE 83
- 3.3.5. PROBLEMAS DE OPERACIÓN DE FILTROS 83
- 3.3.6. LA LIMPIEZA DE LECHOS FILTRANTES 84
- 3.3.7. LAVADO DE UN FILTRO DESCENDENTE 85
- 3.3.7.1. SECUENCIA EN LA OPERACIÓN DE LAVADO DE FILTRO 85
- 3.3.7.2. PRECAUCIONES EN LA OPERACIÓN DE VÁLVULAS 86
- 3.4. FILTROS DE TASA DECLINANTE Y LAVADO MUTUO 86
- 3.4.1. TASA DECLINANTE 87

4. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 88

5. RESUMEN DE IDEAS 89

6. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 90

7. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 91

FIGURAS

Figura 1: Esquema de un filtro de flujo descendente. 85

Figura 2: Esquema de sistema de filtración con tasa declinante. 87

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO

El objetivo de este módulo es proporcionar una comprensión general de las tareas que comprenden las operaciones de filtración en el proceso de la potabilización del agua superficial.

Al finalizar el módulo, los estudiantes deberán ser capaces de:

- Conocer los diferentes tipos de filtración de agua.
- Conocer la operación de filtros y realizar su mantenimiento.
- Conocer lo concerniente a la aplicación de la taza declinante.

2. CONTENIDO DEL MÓDULO

- Tipos de filtros: filtración rápida, filtración lenta y filtración a presión
- Operación y mantenimiento de filtros
- Taza declinante y su instalación

La finalidad de este módulo es que los participantes se familiaricen con las operaciones de filtración en el proceso de la potabilización del agua superficial.

3. FILTRACIÓN DEL AGUA

3.1. Definición

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

Con el paso del agua a través de un lecho de arena se produce lo siguiente:

- La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales.
- La reducción de las bacterias presentes.
- La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

3.2. Los fenómenos que se producen durante la filtración

Durante la filtración se pueden identificar los siguientes fenómenos:

- La acción mecánica de filtrar.
- La sedimentación de partículas sobre granos de arena.

- La floculación de partículas que estaban en formación, debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas.
- La formación de la película gelatinosa en la arena, producida por microorganismos que se reproducen allí (filtro lento).

3.3. Clasificación de los filtros

3.3.1. Según la tasa o velocidad de filtración

- **Filtros lentos:** funcionan con una tasa media de 4 m^3/m^2/día.

- **Filtros rápidos**: funcionan con una tasa media de 120 m^3/m^2/día.

3.3.2. Según la presión

Los filtros rápidos pueden ser de dos tipos:

- **De presión:** cerrados, metálicos, en los cuales el agua que va a ser tratada se aplica a presión (usados en piscinas e industrias).

- **De gravedad:** los más comunes.

3.3.3. Filtros rápidos por gravedad

Están constituidos por estructuras abiertas en las que el agua fluye a través de la arena impulsada por la fuerza de la gravedad.

Las consolas o mesas de comando de filtros poseen botones y palancas que sirven para operar mediante energía eléctrica o presión hidráulica los dispositivos de comando de los filtros.

3.3.3.1. Filtros rápidos por gravedad de operación totalmente manual

En este tipo de filtro de operación totalmente manual, todos los controles son hidráulicos. No requieren tanque elevado ni bombeo para el lavado de las unidades. Un filtro se lava con el flujo que produce el resto de la batería.

3.3.3.2. Filtro rápido a presión

Consta de un cilindro metálico cerrado, con un dispositivo para el ingreso del agua en la parte superior y otro en la parte inferior para la salida del agua filtrada. También posee tuberías para la salida del aire y drenes para la descarga del agua de lavado.

El filtro de presión puede ser vertical u horizontal.

3.3.4. Control y operación de los filtros rápidos

En la rutina normal de control y operación se sugiere tener en cuenta los siguientes factores:
- Medida de la pérdida de carga
- Medida del caudal del agua filtrada

- Turbiedad del efluente
- Estadística

3.3.4.1. Medida de la pérdida de carga

El tiempo de lavado del filtro se determina cuando se tiene una pérdida de carga predeterminada, cuando la turbiedad del efluente es mayor de 5 UNT o cuando se cumplen unas horas de trabajo determinadas. La pérdida de carga del filtro permite conocer el nivel de colmatación u obstrucción del medio filtrante, se debe evitar que el nivel del agua dentro del filtro suba por encima del nivel recomendado, o de acuerdo con la turbiedad del efluente general del filtro.

3.3.4.2. Medida del caudal de agua filtrada

El caudal del agua filtrada debe ser lo más constante posible durante la jornada o carrera del filtro. Por jornada o carrera del filtro, se entiende el tiempo que trabaja el filtro para ser lavado.

Cuando los filtros se operan a tasa declinante se mantiene constante el caudal en la salida general de la batería de filtros; cuando no, varía el caudal afluente. Bajo esta condición el caudal en cada filtro es diferente.

3.3.4.3. Turbiedad del efluente

Está regulada por:

- **Estadísticas**

Se llevarán las estadísticas que el manual de operación de la planta indique o, en su defecto, lo establecido por el Ministerio de Salud o, finalmente, según el criterio del operador de la planta.

Se debe llevar un control estadístico de los siguientes parámetros:
- Cantidad del agua filtrada
- Número de filtros en servicio
- Número de horas totales en filtración
- Pérdida de carga
- Promedio de la carrera de filtración
- Número de lavados
- Cantidad usada de agua de lavado
- Observaciones:

  - Otras pertinentes
  - Problemas
  - Reparaciones

3.3.5. Problemas de operación de filtros

En la operación de los filtros debe evitarse:

- Formación de bolas de lodo dentro del medio filtrante
- Agrietamiento o contracción del lecho filtrante
- Sobrecarga
- Acortamiento de carrera de filtración
- Retención de aire en el lecho filtrante

- Pérdida del material del lecho
- Desplazamiento de la grava

3.3.6. La limpieza de lechos filtrantes

La limpieza periódica del lecho (de la antracita, la arena y la grava) previenen estas dificultades. La limpieza se realiza aplicando soda cáustica, ácido clorhídrico, cloro o sulfato de cobre. La limpieza se lleva a cabo con medios mecánicos, haciendo raspado de la superficie, rastrillando con chorros de agua a presión. Esta actividad debe ser realizada bajo la dirección del laboratorista y el ingeniero jefe de planta, o solicitar asesoría.

En el control de la velocidad de filtración se debe tener especial cuidado para evitar las siguientes situaciones:

- Que el nivel del agua en el filtro esté por debajo de la superficie del lecho. Esto tiene como consecuencia que se produzcan perturbaciones por presencia de aire dentro del lecho.
- Que el nivel del agua en el filtro suba hasta producir perturbaciones en el canal de entrada.
- Que se presente distribución inadecuada del caudal afluente a los filtros.
- Que la velocidad del agua sea muy alta y que produzca arrastre de floc.

El lavado instantáneo del filtro consiste en la apertura y cierre de la válvula de lavado estando el filtro en operación; esta práctica consigue limpiarlo transitoriamente prolongando la carrera de filtración. En las plantas de tratamiento bien operadas, esta acción no se efectúa pues generalmente las capas del lecho filtrante se mezclan, permitiendo que el agua pase turbia.

La apertura rápida de la válvula de lavado puede ocasionar los siguientes problemas:

- Golpes de ariete que pueden dañar el sistema de drenaje.
- Disturbios en las capas de grava por la formación de chorros.
- Si el filtro tiene aire la formación de burbujas puede ocasionar la pérdida del lecho superior del filtro al arrastrarlo a las canaletas de lavado.
- El nivel del agua en el filtro no debe estar por debajo del nivel de entrada del afluente, pues al llenarlo el agua cae desde las canaletas del lavado ocasionando la ruptura de la superficie y permitiendo seguramente que el filtro tome aire. En el caso de que el nivel del agua se encuentre por debajo de la superficie, se deberá efectuar un lavado corto antes de poner el filtro en servicio. En la medida de lo posible el filtro debe llenarse con agua de lavado.

3.3.7. Lavado de un filtro descendente

El filtro debe lavarse al final de una jornada de trabajo o carrera teniendo en cuenta uno o más de los siguientes parámetros de operación:

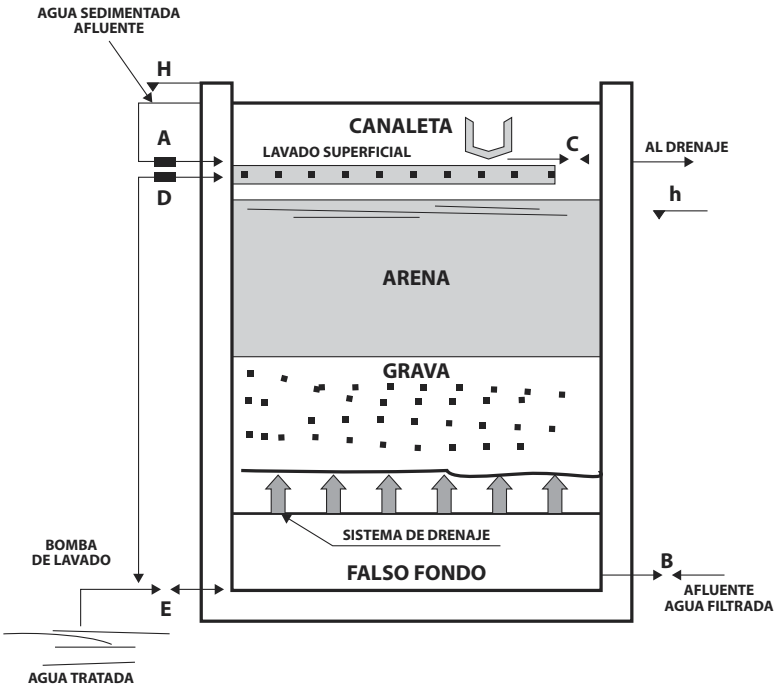


Figura 1: Esquema de un filtro de flujo descendente.

- Pérdida de carga H-h
- Turbiedad del efluente
- Por tiempo de trabajo

3.3.7.1. Secuencia en la operación de lavado de filtro

La operación de lavado de un filtro se lleva a cabo efectuando los siguientes pasos: (ver figura 1).

1. Cerrar las válvulas de agua sedimentada (A) y dejar abierta la válvula de agua filtrada (B) hasta que el nivel del agua en el filtro llegue aproximadamente a 15 cm por debajo de las canaletas. Depende de si los filtros tienen lodo superficial.
2. Cerrar la válvula de agua filtrada (B).
3. Abrir la válvula de desagüe (C).
4. Abrir la válvula de lavado superficial (D) durante el tiempo estipulado en las normas de la planta.
5. Abrir lentamente la válvula de lavado ascensional (E) e incrementar el flujo gradualmente hasta obtener una rata capaz de expandir el lecho entre el 25% y el 50% de su espesor inicial. De acuerdo con las normas de la planta se obtiene la velocidad del agua de lavado.
6. Cerrar la válvula de lavado superficial (D).

7. Cerrar la válvula de agua de lavado (E) cuando, a criterio del operador, el filtro esté limpio y se elimine completamente el agua sucia.
8. Cerrar la válvula de desagüe (C).
9. Abrir la válvula de agua sedimentada (A) hasta alcanzar el nivel normal.
10. Abrir la válvula de agua filtrada (B) para poner el filtro en servicio.

Los movimientos de operación de las válvulas deben ser lentos.

La cantidad utilizada de agua de lavado está comprendida entre el 1.0% y 2.5% del agua filtrada y se calcula así:

- Cantidad de agua gastada en lavado x 100
- Cantidades de agua filtrada

Una cantidad mayor puede ser síntoma de una anomalía en el tratamiento o lecho del filtro.

3.3.7.2. Precauciones en la operación de válvulas

- Las válvulas, principalmente las hidráulicas, se deben abrir y cerrar lentamente para prevenir el golpe de ariete.
- No se debe permitir que las válvulas se cierren forzadamente para evitar que se peguen.
- No deberá mantenerse presión de agua en el cilindro de una válvula hidráulica excepto cuando esta se está operando.
- La operación rápida de las válvulas puede ocasionar oscilaciones en las válvulas de flotador o pérdidas de mercurio en los controladores.
- La apertura rápida de la válvula de agua filtrada puede abrir grietas o canales en el lecho filtrante ocasionando pobres resultados en la remoción de bacterias y arrastre de arena al sistema de drenaje.
- Las fisuras en el lecho del filtro (grietas) dan como resultado el paso de agua sin filtración.
- Cuando el filtro está en operación, el paso del agua a través del lecho produce escapes de oxígeno y de otros gases.
- Si el sistema de drenaje es muy pequeño se forman vacíos que atrapan dichos gases y forman las denominadas bolsas de aire.
- La turbiedad del afluente (agua clarificada) no debe ser mayor de 10 porque crea bolas de lodo.

3.4. Filtros de tasa declinante y lavado mutuo

El proceso de filtración en la potabilización de aguas superficiales es el más importante y el que más es usado, podemos hacerlo con o sin pretratamiento ya sea de coagulación y sedimentación; usamos la filtración para eliminar los sólidos que originalmente puede tener el agua o los precipitados.

Los filtros más usados para las plantas de potabilización son los de flujo descendente (por gravedad) y los de medio dual (arena-antracita), esto para plantas que trabajen con caudal de 500 l/s, el esquema que más frecuentemente se usa es el combinar la coagulación floculación con una sedimentación previa a la filtración.

Se requiere el empleo de un filtro también para la obtención de un agua clara y transparente, con la máxima garantía para evitar la transmisión de enfermedades.

El tipo de medio filtrante que se quiera usar depende de la calidad de agua que desea obtener, también debemos tener presente la duración de las carreras de filtración, así como la facilidad del lavado. Se dice que un medio

filtrante se considera como ideal cuando granos con una determinada granulometría y cierto peso sean capaces de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas para obtener un efluente de buena calidad, esto con una mínima cantidad de agua para ser lavado.

Se usa la arena comúnmente en los filtros rápidos, pero si tiene una granulometría menor hace que las carreras de filtración se acorten, no es así si usamos una arena de granulometría mayor; en todo caso, la estratificación de la arena se da en un filtro rápido porque aquí se hace un lavado en contracorriente con los granos de menor tamaño en las capas superiores y las de mayor tamaño en las inferiores. La estratificación de la arena ayuda a la retención de la mayor parte de las partículas que se encuentran en suspensión en las capas superiores.

3.4.1. Tasa declinante

Aquí la carga hidráulica es aplicada desde el inicio hasta el final de la filtración, lo cual produce que de manera gradual se vaya disminuyendo el caudal de filtrado. La calidad del efluente es superior y sus carreras de filtración son más largas comparando con los filtros de tasa constante.

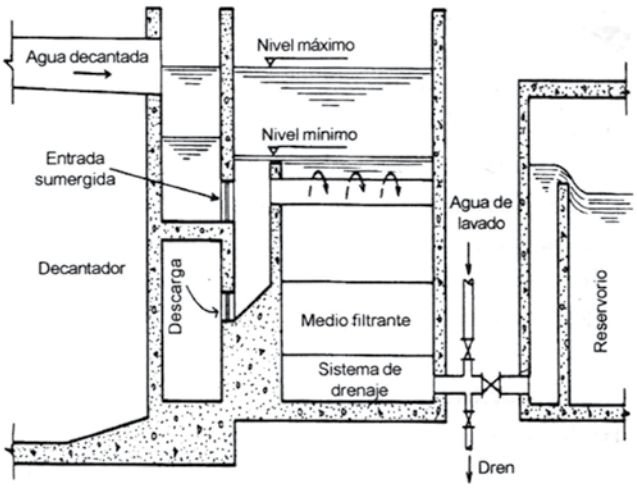


Figura 2: Esquema de sistema de filtración con tasa declinante.

La distribución de agua hacia cada una de las unidades de filtración de la misma batería es realizada por una tubería o canal común, el nivel de agua es prácticamente el mismo en todos los filtros de la batería y en el canal común de distribución.

Existe un nivel de operación denominado nivel máximo de operación de los filtros que es el instante en el que se ha usado la totalidad de la carga hidráulica disponible para la filtración de la batería, en este punto es cuando se debe realizar el lavado del filtro. Durante el lavado de este tipo de filtros, el filtro que está siendo lavado cede su caudal a los filtros restantes de la batería lo cual produce un aumento del nivel de agua hasta llegar a un nivel máximo.

Una vez que se haya lavado el filtro y se ponga nuevamente en funcionamiento, el caudal del resto de filtros de la batería y hasta el canal común de distribución irá disminuyendo su nivel hasta llegar a un nivel mínimo,

en este punto el filtro lavado produce un caudal de agua filtrada mayor que lo que se producía antes de que sea lavado. A causa de la retención de las impurezas en los filtros, el nivel de agua seguirá aumentando hasta que nuevamente un filtro esté en su nivel máximo de operación y sea lavado, así siguiendo el mismo ciclo antes mencionado. El filtro que se retirara para el lavado será el que lleve más tiempo de operación de filtración.

Las principales ventajas que tiene el filtro de tasa declinante frente al sistema de tasa constante son los siguientes:

- Cuando un filtro es retirado al lavado, el nivel de agua sube de manera gradual en los demás y por consecuencia las variaciones de las tasas de filtración son graduales.
- El operador puede ver a simple vista la pérdida de carga por el nivel de agua en los filtros.
- La calidad del efluente es mejor cuando la tasa de filtración disminuye desde el inicio hasta el final de la filtración.
- Por la retención de las partículas el volumen de agua producido por unidad de pérdida de carga es mayor.
- La carga hidráulica necesaria para la filtración es menor.
- Se eliminan los equipos mecánicos de control, esto significa reducción de costos iniciales.

Existe una cierta metodología para realizar el lavado de los filtros de tasa declinante y esta consiste en que se deben lavar los filtros de manera sucesiva; se debe lavar el filtro después de 24/N siendo N el número de filtros de la batería.

4. FORMATOS DE REGISTRO DE DATOS Y DE INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

a) Formato de control de lavado de filtros

	CONTROL DE LAVADO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	CÓDIGO	
		PENSIÓN	3
	FORMATO N°	MES	

FECH	HORA DE LAVADO DE FILTROS																																				RESPONSABLES				
	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F47			F8			F9			F10			F11			F12			F N...			TURNO	TÉC. OPERADOR		JEFE TURNO	
	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo					
1																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				
2																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				
3																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				
4																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				
5																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				
6																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				
7																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				
...n																																								T-01				
																																								T-02				
																																								T-03				

N: día del mes N: Número de filtro

Código: Numeración del procedimiento.
Versión: Con la cual fue aprobado el procedimiento.
Mes: Fecha en que se ejecuta el servicio.
Horas de lavado de filtro: Se refiere a la hora inicial del lavado del filtro y su correspondiente columna del filtro.

Se consigna el nombre del técnico que efectuó el lavado, así como el del responsable del turno.

b) Formato de control de actividades en filtros

FECHA Y HORA DE TRABAJOS REALIZADOS EN LAS UNIDADES DE FILTRACIÓN															RESPONSABLES
ÍTEM	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE UNIDADES DE FILTRACIÓN															
INSTALACIÓN DE LA TASA DECLINANTE															
DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE LAVADO DE FILTROS															
MEDICIÓN DE LA EXPANCIÓN DEL LECHO FILTRANTE															
LIMPIEZA DE LECHOS FILTRANTES (Limpieza de lecho con chorro de agua a presión y eliminación manual de lodo durante el retrolavado)															
LIMPIEZA DE PAREDES INTERNAS (Con chorro de agua a presión durante los retrolavados)															
OBSERVACIONES:															

Se consigna en cada casillero la correspondiente actividad en cada uno de los filtros.

5. RESUMEN DE IDEAS

- El proceso de filtración debe cumplir con la remoción de bacterias y la remoción de la turbiedad, entre otros.
- Cuando los filtros se vayan obstruyendo hasta llegar a su máxima pérdida de carga disponible, se debe hacer una limpieza realizando los pasos indicados.
- El periodo de servicio de un filtro puede medirse en días y en cantidad de agua filtrada.
- Los filtros pueden operarse manualmente o a través de una mesa de control.
- El proceso de filtración en la potabilización de aguas superficiales es el más importante y el que es más usado.

6. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. La filtración del agua consiste en:

a) Pasar por estructuras ranuradas que puedan retener o remover alguna de sus impurezas.
b) Pasar por medios porosos que puedan retener o remover algunas de sus impurezas.
c) Pasar por estructuras enmalladas que puedan retener o remover alguna de sus impurezas.
d) Pasar por estructuras lisas que puedan retener o remover alguna de sus impurezas.
e) Ninguna de las anteriores.

2. Con el paso del agua a través de un lecho de arena se produce lo siguiente:

a) La remoción de materiales en suspensión.
b) La remoción de sustancias coloidales.
c) La reducción de las bacterias presentes.
d) La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.
e) Todas las anteriores.

3. Relaciona según el tipo de filtros:

a) Filtros lentos	( )	Cerrados, metálicos, en los cuales el agua que va a ser tratada se aplica a presión.
b) Filtros rápidos	( )	Funcionan con una tasa media de 4 m^3/m^2/día.
c) Filtros por gravedad	( )	Los más comunes
d) Filtros de presión	( )	Funcionan con una tasa media de 120 m^3/m^2/día.

a) b, a, c, d
b) d, a, c, b
c) a, d, c, b
d) d, c, a, b
e) b, c, a, d

4. El tiempo de lavado del filtro se determina cuando:

a) Se tiene una pérdida de carga predeterminada.
b) La turbiedad del efluente es mayor de 5 UNT.
c) Cuando se cumplen unas horas de trabajo determinadas.
d) Permite conocer el nivel de colmatación de los lechos filtrantes.
e) Todas las anteriores.

5. Se define como taza declinante a:

a) La cantidad de agua en los filtros.
b) La carga hidráulica aplicada desde el inicio hasta el final de la filtración, lo cual produce que de manera gradual se vaya disminuyendo el caudal de filtrado.
c) La carga hidráulica necesaria para el lavado de los filtros.
d) El volumen de pérdida de agua en el lavado de filtros.
e) Ninguna de las anteriores.

6. Para la limpieza de lechos filtrantes puede utilizarse:

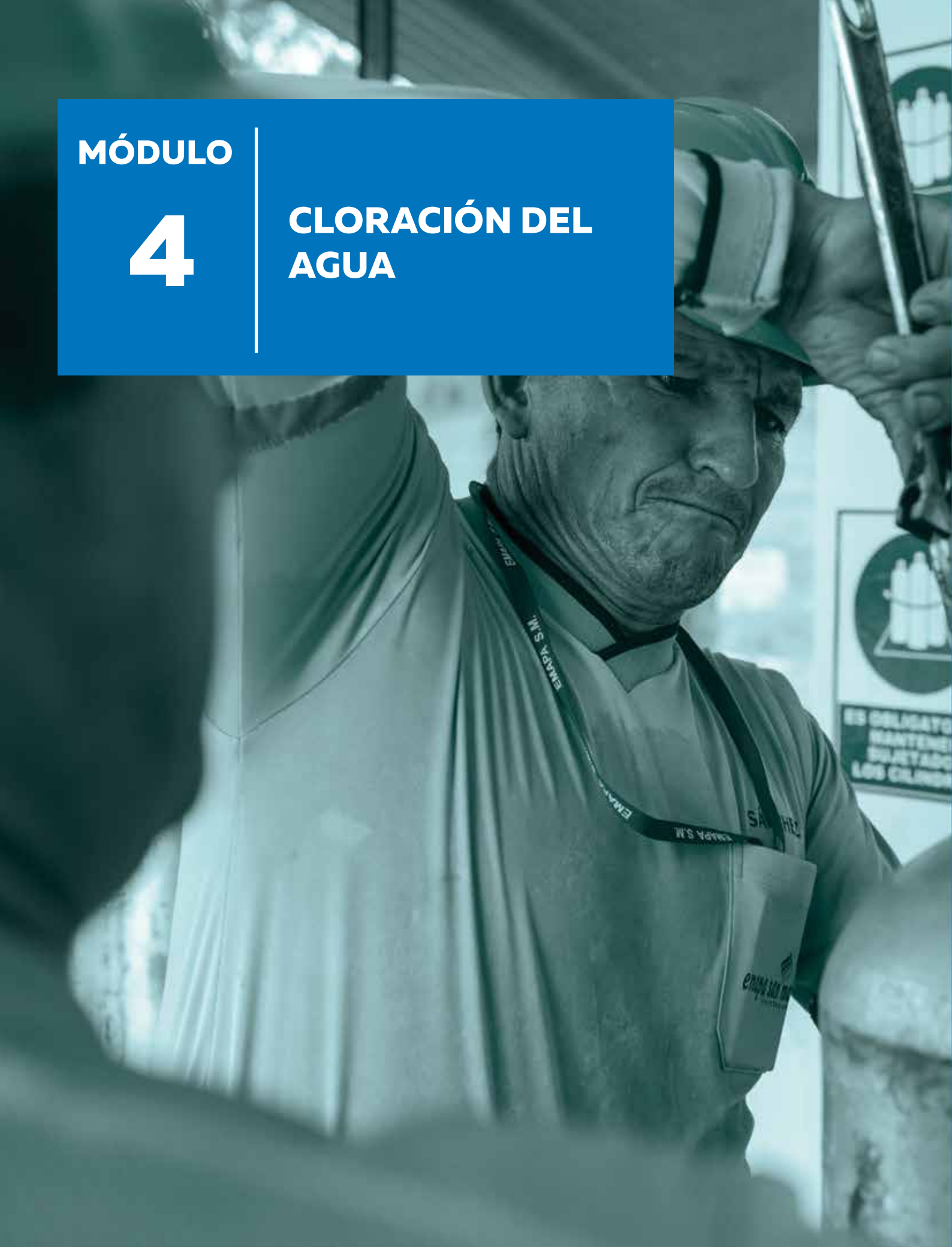
a) Soda cáustica.
b) Ácido clorhídrico.
c) Cloro (HTH).
d) Sulfato de cobre.
e) Todas las anteriores.

7. En la operación de los filtros debe evitarse:

a) Alargamiento de carrera de filtración.
b) Liberar el aire en el lecho filtrante.
c) Formación de bolas de lodo dentro del medio filtrante.
d) Consumir agua para el lavado.
e) Ninguna de las anteriores.

7. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. b
2. e
3. b
4. e
5. b
6. e
7. c



MÓDULO 4

CLORACIÓN DEL AGUA

CONTENIDO

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO 95

2. CONTENIDO DEL MÓDULO 95

3. CLORACIÓN DEL AGUA 95
3.1. LA DESINFECCIÓN 95
3.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESINFECCIÓN 96
3.1.2. TIEMPO Y REACCIÓN DE LA DESINFECCIÓN 96
3.1.3. TEMPERATURA 97
3.1.4. PH 97
3.2. DESINFECCIÓN CON CLORO 97
3.2.1. LA CLORACIÓN 97
3.2.2. EL CLORO 97
3.2.3. PUNTOS DE APLICACIÓN DE CLORACIÓN 98
3.2.3.1. LA PRECLORACIÓN 98
3.2.3.2. LA POSCLORACIÓN 98
3.2.3.3. VALOR RESIDUAL DEL CLORO 98
3.3. MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL CON UN KIT (CROMÁTICO). KIT PARA DETERMINAR CLORO RESIDUAL Y PH 98
3.3.1. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR CLORO RESIDUAL Y PH 99
3.3.2. ANÁLISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE EN AGUA CON COMPARADOR VISUAL 99
3.3.3. DEMANDA DE CLORO 102
3.4. COMPUESTOS DEL CLORO 102
3.4.1 HIPOCLORITO DE SODIO 102
3.4.2 HIPOCLORITO DE CALCIO 102
3.5 GESTIÓN DEL CLORO GAS 103
3.5.1 MANEJO Y ALMACENAMIENTO 103
3.5.2 CUIDADOS EN LA MANIPULACIÓN DEL CLORO 104
3.5.3. ALMACENAMIENTO DE LOS RECIPIENTES DE CLORO 104
3.5.4. MONITOREO OPERACIONAL 106
3.5.4.1. LA DOSIFICACIÓN DEL CLORO 106
3.5.5. OPERACIÓN DEL EQUIPO 107
3.5.5.1. CLORADORES DE GAS 107
3.5.5.2. CLORADORES DE SOLUCIÓN 107
3.5.5.3. OPERACIÓN DIARIA 107
3.5.5.4. OPERACIÓN MENSUAL 108
3.5.5.5. MATERIALES Y REPUESTOS INDISPENSABLES 108
3.5.5.6. BÁSCULAS DE CLORO 108
3.6. PELIGROS EN LA UTILIZACIÓN DE CLORO GAS 108
3.6.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD A ADOPTAR 108
3.6.2. PRIMEROS AUXILIOS A APLICAR A UNA PERSONA ACCIDENTADA POR CONTACTO CON CLORO GAS 109
3.6.3. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE ACTUACIÓN EN EMERGENCIA 109

4. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 110

5. RESUMEN DE IDEAS 112

6. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 112

7. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 115

FIGURAS

Figura 1: Vista de instalación de balones de cloro. 97
Figura 2: Escala para la medición de cloro residual. 98
Figura 3: Enjuague correctamente con abundante agua. 100
Figura 4: Aplicación de DPD a la muestra. 101
Figura 5: Colocación de celda de colorímetro visual. 101
Figura 6: Botellones de Cloro de 68 kg. 103
Figura 7: Botellones de Cloro de 900 kg. 103
Figura 8: Válvula de salida y conectores de los botellones de cloro. 104
Figura 9: Instalación típica de cilindros de cloro 1 Tn. (900 kg.). 105
Figura 10: Instalación típica de cilindros de cloro 68 kg. 105

1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO

El objetivo de este módulo es proporcionar una comprensión general de las tareas que se realizan para la cloración del agua durante el proceso de la potabilización del agua superficial.

Al finalizar el módulo, los estudiantes deberán ser capaces de:

- Conocer el principio de desinfección del agua.
- Conocer sobre dosificaciones y concentraciones del cloro en el agua.
- Realizar el cambio de botella de cloro e instalación del clorinador.
- Realizar el muestreo de cloro residual con equipos.

2. CONTENIDO DEL MÓDULO

- **Calidad del agua:** características físicas y químicas del agua, desinfección con cloro.

- **Gestión del cloro gas:** instalación de cilindro/bidón/botella de cloro gas, procedimiento para el cambio del clorinador, hermeticidad del sistema de cloro.

- **Monitoreo operacional:** concentración, dosificación, gasto, residual de cloro, precloración, uso del comparador de disco y del colorímetro digital.

La finalidad de este módulo es que los participantes se familiaricen con el proceso de cloración en la potabilización del agua superficial.

3. CLORACIÓN DEL AGUA

La desinfección del agua es una de las tareas más delicadas en las plantas de tratamiento. Exige por parte del operador, además de los conocimientos teóricos, una gran dosis de ética y responsabilidad. La desinfección debe producir una disminución de microorganismos hasta una concentración tal que no perjudique la salud.

Este capítulo presenta los aspectos relevantes del proceso de desinfección, los requerimientos para el manejo del cloro. Incluye también las normas de seguridad que deben observarse en el manejo del cloro.

La desinfección es diferente a la esterilización mediante la cual se logra una destrucción total de la población bacteriana.

3.1. La desinfección

La desinfección consiste en la aplicación directa al agua de sustancias químicas o en la utilización de medios físicos para eliminar de ella agentes patógenos, capaces de producir infección o enfermedad en el organismo del ser humano.

Con la desinfección se logra la destrucción, o por lo menos la desactivación, de los pequeños organismos dañinos patógenos presentes en el agua, tales como:

- Bacterias
- Protozoos
- Virus
- y muchos otros organismos patógenos presentes en el agua.

Dada la propagación que en los últimos tiempos ha tenido el cólera, es necesario que el operador de planta tenga una mayor información sobre esta enfermedad.

El cólera es producido por una bacteria que sobrevive mejor en el agua que en los alimentos dependiendo del pH, temperatura, grado de contaminación, materia orgánica presente, contenido de sal, de carbohidratos y presencia de otras bacterias. El hombre se infecta a través de la ingestión del agua y de alimentos contaminados. El cólera se transmite por vía oral. El deficiente tratamiento en el abastecimiento de agua e instalación de desagües hacen que estos sean medios de transmisión de la bacteria del cólera.

Las estrategias de prevención incluyen la higiene personal, disposición sanitaria de excretas, desinfección del agua para consumo.

3.1.1. Factores que influyen en la desinfección

Hay muchos factores que influyen en la desinfección del agua y que, por lo tanto, deben tenerse en cuenta. Entre otros pueden mencionarse:

- La naturaleza y número de los organismos patógenos que van a ser destruidos.
- El tipo y concentración del desinfectante usado.
- La temperatura del agua; entre más alta sea, es más rápida la desinfección.
- El tiempo de contacto de los desinfectantes con el agua.
- La naturaleza del agua que va a ser desinfectada.
- El pH (acidez, alcalinidad) del agua.
- La mezcla; una buena mezcla asegura la adecuada dispersión del desinfectante.
- El punto de aplicación, normalmente después de la filtración y antes de la corrección del pH.

Ocupándose del cloro como desinfectante más usado se presenta la información sobre tres de los factores más importantes, anteriormente mencionados.

3.1.2. Tiempo y reacción de la desinfección

Estos dos factores están íntimamente ligados, pues de los dos depende lo siguiente:

- La duración del periodo de reacción disponible para la desinfección.
- La cantidad del desinfectante.
- Si se cuenta con el cloro combinado, que es un desinfectante débil, debe proporcionarse una concentración mayor y garantizarse también un mayor tiempo de contacto.
- Si va a mantenerse el cloro libre, que es un desinfectante activo, entonces el periodo de reacción puede ser proporcionalmente menor.

3.1.3. Temperatura

La temperatura del agua afecta considerablemente la acción desinfectante del cloro residual. Con una temperatura mayor, siendo iguales todos los demás factores, la reactividad del cloro debe ser mayor, la concentración de cloro combinado es mayor que la de cloro residual libre.

3.1.4. pH

Como ya se ha dicho antes, el pH del agua afecta la acción desinfectante del cloro, lo cual puede plantearse así:

A menor pH (entre 5.0 y 6.0) menor desinfección.
A pH mayor de 7.3, mayor residual de cloro libre.

3.2. Desinfección con cloro

3.2.1. La cloración

La desinfección del agua mediante cloración se da desde comienzos del siglo XX, es la práctica más importante en la historia del tratamiento del agua. En la cloración se manejan conceptos que el operador debe conocer, razón por la cual se exponen en este capítulo en forma resumida.

Figura 1: Vista de instalación de balones de cloro.

3.2.2. El cloro

Es un gas tóxico de color amarillento-verdoso de olor penetrante, especialmente se encuentra en la naturaleza combinado con otros elementos. Es más pesado que el aire, por esta razón en sitios donde hay fugas debe evitarse estar en las partes bajas. También se encuentra en estado líquido (licuificado por compresión) y en esta forma puede causar quemaduras en la piel. Un volumen líquido genera alrededor de cuatrocientos cincuenta volúmenes de gas cloro. El cloro líquido es más pesado que el agua. Vaporiza a baja temperatura y presión atmosférica normal y se disuelve fácilmente en el agua.

3.2.3. Puntos de aplicación de cloración

3.2.3.1. La precloración

Es la aplicación del cloro anterior a cualquier otro tratamiento. Por lo general tiene el propósito de controlar las algas, el sabor y el olor. Si el agua presenta materia orgánica como descomposición de hojas podría generar la formación de trihalometanos, como resultado de la interacción del cloro.

3.2.3.2. La poscloración

Es la aplicación del cloro después de otros procesos de tratamiento, particularmente después de la filtración para garantizar agua que cumpla con los parámetros exigidos por la legislación vigente.

3.2.3.3. Valor residual del cloro

Cuando se agrega cloro al agua, este reacciona con diferentes tipos de sustancias que lo "consumen". Por este motivo se necesita agregar una cantidad de cloro que sea suficiente para que reaccione con las diversas sustancias y aún quede un exceso o cantidad residual, si se quiere destruir las bacterias y proteger el agua de posible contaminación posterior. A la cantidad de cloro en exceso que se deja en el agua se le llama residual del cloro.

Varios métodos permiten determinar la cantidad de cloro residual. Los más utilizados son la prueba de ortotolidina-arsenito, el método del DPD y el yodométrico. La legislación establece que para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0.5 ppm.

3.3. Medición de cloro residual con un kit (cromático). Kit para determinar cloro residual y pH

El estuche para determinar cloro residual libre consta de:

- Comparador colorimétrico con dos celdas unidas con escala de medición. Para la medición de cloro residual libre cuenta con una escala colorimétrica que va de una tonalidad rosa tenue a intenso, con parámetros entre 0.0 y 3.0 ppm y con valores intermedios de 0.2 y 1.5 ppm.

- Para pH, las tonalidades son de amarillo a rojo con parámetros entre 6.8 a 8.2. Dos tapas, una para cada celda. Reactivo N,N-dietil-p-difenildiamina, en tabletas o a través de dosificador, conteniendo la cantidad exacta para ser utilizado en el equipo y apropiado para la medición de cloro residual libre. Frasco gotero con solución o blíster con pastillas de rojo fenol.

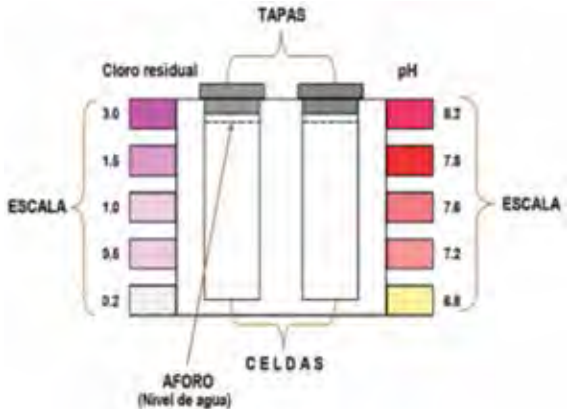


Figura 2: Escala para la medición de cloro residual.

3.3.1. Procedimiento para determinar cloro residual y pH

- Previo al monitoreo de cloro residual libre y pH, revisar que el kit para el monitoreo de cloro residual y pH se encuentre completo y en buenas condiciones, es decir, limpio, sin residuos de la lectura anterior, sin ralladuras o fugas.
- Liberar la llave o grifo de aditamentos conectados, tales como mangueras, a fin de que la determinación de cloro residual y pH sea directa y no interfieran en el resultado.
- Abrir la llave o grifo, dejar correr el agua por un espacio de 30 a 60 segundos, para garantizar que el agua contenida en la tubería ha sido vaciada, esta podrá ser colectada en un recipiente, para evitar su desperdicio.
- El agua deberá provenir directamente del sistema de abastecimiento, no se deberá monitorear si el grifo presenta fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua podrá correr por la parte exterior del grifo y contaminar la muestra.
- Registrar la ubicación del punto, fecha y hora de muestreo.
- Enjuagar las celdas con el agua a monitorear por tres veces con agitación.
- Llenar con agua a monitorear las dos celdas hasta el aforo sin sobrepasar.
- Agregar una pastilla de N,N-dietil-p-difenildiamina (DPD) a la celda de prueba para cloro residual libre, abriendo la envoltura con las manos, evitando el contacto de la pastilla con los dedos; en caso de utilizar dosificador, cerciorarse de que la totalidad de la dosis sea colectada en la celda.
- Agregar 5 gotas de solución rojo fenol, o en su defecto la pastilla, a la celda de prueba de pH.
- Colocar las tapas a las celdas e invertirlas varias veces para mezclar la solución y la disolución de la pastilla y agitar.
- Comparar cada celda de prueba con su respectiva escala colorimétrica, colocando un fondo blanco para poder observar el color que presenta el agua.
- Registrar el resultado del monitoreo de cloro residual libre y pH.
- Si la coloración no alcanza la escala de 0.2 ppm se deberá reportar como menor de 0.2 (<0.2), si por el contrario la coloración rebasa la escala de 1.5 ppm se deberá registrar como mayor de 1.5 (>1.5).
- El contenido de las celdas podrá arrojarse al drenaje, enjuagar hasta que no contenga residuos y secar el equipo después de cada determinación.

3.3.2. Análisis de cloro residual libre en agua con comparador visual

Paso 1

- El primer criterio a ser tomado en cuenta es que el lugar o punto de muestreo debe estar muy limpio, a fin de evitar que la muestra a tomar sea afectada por la contaminación externa. Muchas veces se obtienen resultados erróneos debido a una contaminación posterior a la toma, generándose de esta manera resultados de mala calidad.

- Los implementos utilizados para el muestreo (frascos y superficies), así como nuestras propias manos y vestimenta, deben estar limpios, a fin de recibir la muestra en condiciones adecuadas. La desinfección del caño y superficies de contacto con alcohol medicinal es una buena opción.

Paso 2

- Otro criterio importante para la obtención de resultados de calidad es la toma de una muestra representativa del agua que está siendo abastecida al domicilio o predio en estudio.

- Si tomamos como muestra el primer chorro de agua que sale del caño, probablemente estaremos tomando una mala muestra, ya que ese primer chorro de agua que se asoma puede haber estado estancado muchas horas en las tuberías internas de la instalación y tiene menos cloro residual libre (o nada) comparado con el agua que está pasando por la tubería matriz en el exterior de la casa. Recordemos que el cloro es muy volátil, y que al estar en el agua en forma de cloro residual libre su concentración baja de forma muy acelerada, ya sea por contaminación o simple estancamiento.

- Es preciso dejar correr el agua al menos 2 o 3 minutos antes de la toma definitiva, periodo en el cual se incluye el enjuague de la celda (tubo) de muestra repetidas veces con la misma muestra. Si se cuenta con tanque, cisterna o reservorio, es necesario buscar un punto de toma de muestra antes del ingreso del agua a estos, es decir, recién salida de la matriz o troncal principal hacia estas instalaciones.

Paso 3

- Una vez enjuagada la celda (tubo) varias veces con la misma agua a evaluar, recolectamos el volumen de muestra que vamos a analizar (5 o 10 ml). Esto es muy importante tener en cuenta a la hora de elegir el reactivo DPD, pues si nuestra celda de prueba es de 5 ml de capacidad, debemos adquirir el reactivo DPD para 5 ml de muestra. Elegir el reactivo erróneo también produce resultados equivocados.

Figura 3: Enjuague correctamente con abundante agua.

Paso 4

- Inmediatamente después de recolectada la muestra en la celda, procedemos a añadir el contenido completo de un sachet de DPD en ella. Lo correcto es emplear la menor cantidad de tiempo posible en este paso, puesto que el cloro es muy volátil, el procedimiento debe realizarse con mucha rapidez. Para ahorrar unos segundos, es necesario tener previamente el sachet de DPD abierto antes de la toma de muestra.

Figura 4: Aplicación de DPD a la muestra.

- La aparición de un color rosado o fucsia ya es indicador cualitativo de presencia de cloro residual libre. Solo falta cuantificarlo con el comparador visual.

Paso 5

- Apenas haya ingresado todo el polvo (DPD) contenido en el sachet a la celda que contiene la muestra de agua, se debe agitar velozmente hasta que el reactivo se disuelva. Este paso debe durar unos escasos 5 segundos. Mientras más rápido se realice todo el procedimiento, estaremos haciéndolo mejor.

Figura 5: Colocación de celda de colorímetro visual.

- Finalmente, inmediatamente después de la agitación, se procede a colocar la celda en el compartimiento del colorímetro visual, tal que se permita la comparación de colores de la escala del disco con la muestra.

- Una intensidad fuerte del color rosa indica una mayor concentración de cloro residual libre que una tonalidad más tenue (rosado ligero).

- El comparador visual es un instrumento para medir las concentraciones de cloro residual libre de forma semicuantitativa.

3.3.3. Demanda de cloro

La demanda de cloro de un agua determinada es la cantidad de cloro que se necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas y con otras que contenga. En otras palabras, la demanda de cloro es la diferencia que existe entre la cantidad de cloro que se agrega y la permanente como residual después de un determinado tiempo de contacto.

La demanda de cloro varía de acuerdo con:

- La cantidad de cloro agregada
- La cantidad de cloro residual que se desee
- El tiempo de contacto
- La temperatura del agua
- Las características físicas y químicas del agua

Las determinaciones de la demanda de cloro permiten conocer la cantidad que debe aplicarse al agua para producir un cloro residual disponible, especificado, bien sea libre, combinado o total después de un determinado tiempo de contacto.

En aguas que contienen amoniaco o compuestos orgánicos de nitrógeno, la cloración con dosis de cloro inferiores a las necesarias para alcanzar el "punto de quiebre" o "punto de ruptura" conduce a la producción de cloraminas y de otros cloroderivados, que se presentan como cloro combinado.

La cloración a dosis superiores al punto de quiebre conduce a la destrucción de materia orgánica y a obtener un cloro residual libre. El cloro residual libre es desinfectante más activo que las cloraminas.

3.4. Compuestos del cloro

Los dos clorados más conocidos son: el hipoclorito de sodio y el hipoclorito de calcio.

3.4.1. Hipoclorito de sodio

Se consigue en forma líquida con un contenido aproximado entre el 5% y el 12% de cloro, es decir, que un litro de hipoclorito de sodio contiene 120 g de cloro libre puro; bajo esta forma tiene una estabilidad de uno o dos meses.

El hipoclorito se descompone por la acción de la luz y el calor, por lo tanto, debe almacenarse en un recipiente opaco, en locales frescos y protegidos por la luz solar.

Algunos autores llaman a este hipoclorito, lejía con una concentración del 5%, y se consigue con el nombre comercial de perclórico.

Es una buena opción para pequeños acueductos en zonas rurales.

Se caracteriza porque absorbe humedad de la atmósfera, es corrosivo y de olor fuerte.

3.4.2. Hipoclorito de calcio

Se encuentra en forma granulada o en polvo, es de color blanco y contiene aproximadamente entre 65% y 70% de cloro. Tiene una estabilidad grande dependiendo lógicamente de su empaque y almacenamiento.

Al igual que el hipoclorito de sodio, la luz y el calor lo afectan. Se caracteriza por absorber poco la humedad de la atmósfera.

3.5. Gestión del cloro gas

3.5.1. Manejo y almacenamiento

La capacidad de los cloradores que se expresa en libras o kilos por veinticuatro horas, debe ser suficiente para satisfacer la cantidad de cloro requerida para la desinfección.

Para trasladar los cilindros al almacén deben usarse carritos de mano o carretillas apropiadas, dotados de una barra de seguridad, o cadena, colocada a dos tercios de la base del cilindro. El traslado de los cilindros de 900 kg, por lo general, se efectúa mediante una grúa hidráulica de puente. La grúa solo debe ser operada por una persona capacitada para prevenir el riesgo de que los recipientes se caigan o golpeen. Cuando los cilindros tengan que alzarse y no se disponga de una grúa especial o elevador, deberá usarse una grúa o polea con soporte o plataforma especial para asegurar el recipiente.

Figura 6: Botellones de Cloro de 68 kg.

Figura 7: Botellones de Cloro de 900 kg.

Por lo general, el cloro gaseoso se expende en cilindros de acero de diferente capacidad.

El cilindro de 68 kg está provisto de un casquete protector para la válvula y de una placa en la cual se indica el número, el peso del contenido del cloro y el peso total del cilindro.

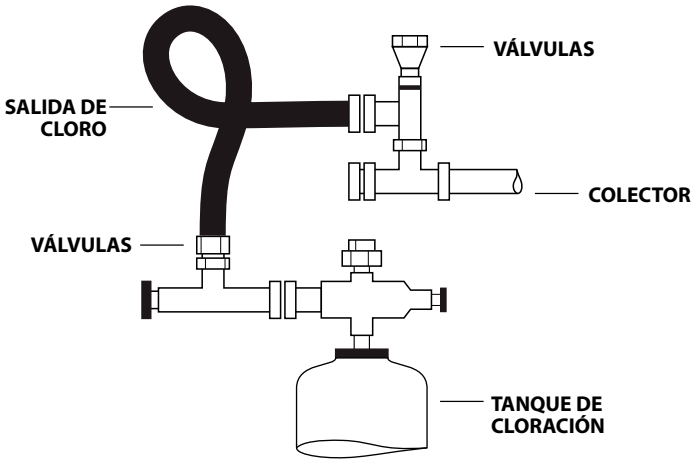


Figura 8: Válvula de salida y conectores de los botellones de cloro.

Las válvulas de salida están equipadas de un fusible metálico de seguridad, el cual está diseñado para fundirse a temperaturas entre 70 y 74 °C, lo que alivia la presión del cilindro y previene la rotura del recipiente en casos de incendio o de cualquier otro tipo de exposición a altas temperaturas.

El fusible, por lo general, se encuentra insertado en un tapón de bronce, rascado a un orificio ubicado debajo del asiento de la válvula.

El recipiente de 1 ton es un tanque soldado que tiene capacidad de carga hasta de 900 kilos. Está equipado con dos válvulas idénticas cerca del centro de uno de sus dos extremos. Las válvulas de este tipo de recipiente se diferencian de las válvulas de los cilindros de 68 kg solamente en que el tapón con el fusible de metal no hace parte de la válvula. Los recipientes de 1 ton están dotados de seis fusibles metálicos roscados, tres en cada uno de los extremos. Este fusible metálico está diseñado para fundirse a temperaturas de 70 a 74 °C.

3.5.2. Cuidados en la manipulación del cloro

El cloro es una sustancia tóxica y sus recipientes deben ser manipulados con cuidado. Cuando se trasladen los cilindros, los casquetes de protección de válvulas deben instalarse. Los cilindros no deben dejarse caer, ni deben recibir golpes fuertes con otros objetos.

Los recipientes deben ser cargados y descargados de los camiones sobre una plataforma de recepción que debe estar a la misma altura de la plataforma del camión.

3.5.3. Almacenamiento de los recipientes de cloro

Los recipientes de cloro pueden almacenarse dentro del edificio de químicos al aire libre. Si se depositan fuera del edificio, deben estar bajo sombra en un área techada y cercada.

El sitio debe estar siempre limpio porque la basura acumulada puede representar un riesgo de incendio.

Cuando el área de almacenamiento se encuentra en el interior del edificio el recinto debe estar bien ventilado.

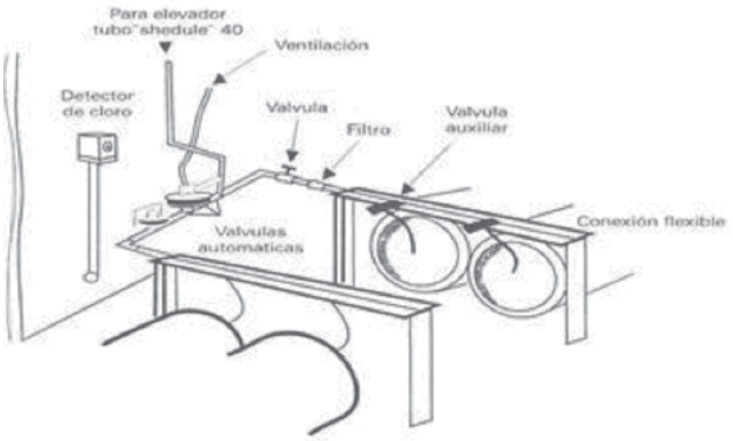


Figura 9: Instalación típica de cilindros de cloro 1 Tn. (900 kg.).

Instalación típica de cilindros de cloro de 1 ton (900 kg)

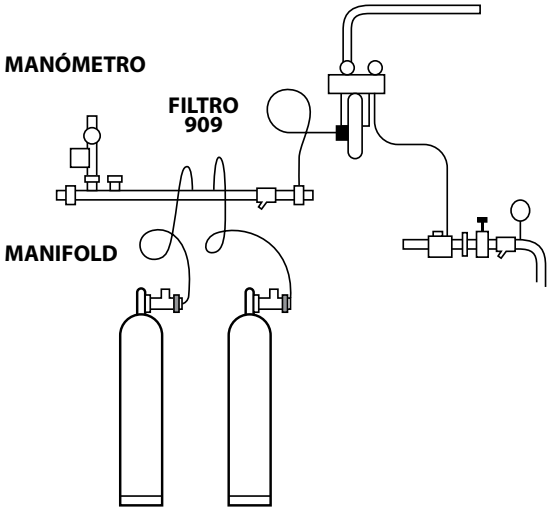


Figura 10: Instalación típica de cilindros de cloro 68 kg.

- Los recipientes de 68 kilos de capacidad deben almacenarse en posición vertical sobre plataformas para proteger los cilindros de la corrosión cuando existan problemas de humedad o deben estar sujetos con cadenas, o barras de seguridad, para impedir que se vuelquen a causa de los movimientos sísmicos o de otra índole.

- Los recipientes de 1 ton (1000 kilos) deben almacenarse sobre el suelo en soportes de concreto o de acero.
- Los recipientes deben ubicarse dentro del almacenamiento de tal forma que se disponga de las facilidades de circulación para efectuar inspecciones y facilitar una operación rápida en el caso de producirse una fuga de gas.
- No deben almacenarse recipientes de cloro en sótanos ni cerca de elevadores, salidas o sistemas de ventilación porque si ocurriera una fuga podrían dispararse concentraciones peligrosas de gas en otros ambientes, por ser el cloro más pesado que el aire.
- No debe almacenarse en depósitos mixtos donde puede existir un riesgo de que les caiga encima objetos pesados o de que los vehículos de carga puedan chocarlos.
- 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 de alrededor de 70 °C se puede fundir, y el gas empezará a escapar.
- Los recipientes llenos y vacíos deben almacenarse por separado. Aun cuando el recipiente se encuentre vacío debe llevar su casquete de protección y estar colocado su tapón en la válvula de salida.

3.5.4. Monitoreo operacional

3.5.4.1. La dosificación del cloro

La dosis del cloro obedece a una norma predeterminada por el diseño de la planta y debe conservarse; solo si se presentan casos especiales como variación de la calidad del agua, la dosis se modificará a criterio del operador.

La cloración se lleva a cabo en tres etapas:

Primera etapa:
Todo el cloro aplicado es consumido por compuestos y materia orgánica presentes en el agua. Durante esta etapa no se detecta ningún tipo de residual en el sistema.

Segunda etapa:
Es cuando la demanda inicial ha sido satisfecha y el residual de cloro es estable. Esta etapa se identifica por la presencia de cloro residual combinado.

Tercera etapa:
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 entre 4 y 8 semanas, dependiendo del estado del sistema y del personal de operación disponible. En el sistema se dan los siguientes pasos:

- Iniciar la aplicación de cloro al agua filtrada.
- Tomar muestras de agua simultáneamente a la salida de la planta y en un punto central del sistema de distribución.
- Determinar la cantidad de cloro residual presente en la muestra.

- Después de una semana de aplicación y muestreos continuos, aumentar la dosis en 0.1 mg/l.
- Durante la etapa de producción de cloro residual combinado se presentan problemas de olor y sabor a cloro.
- Continuar aumentando la dosis de semana en semana hasta establecer la presencia de 0.2 mg/l de cloro residual libre en el centro del sistema de distribución y asegurarse que los puntos más alejados en la red conserven un cloro residual libre no inferior a 0.1 mg/l.
- Limpiar con agua a presión todo el sistema de distribución (tuberías, tanques y otros).

3.5.5. Operación del equipo

3.5.5.1. Cloradores de gas

En ellos, el gas cloro bajo presión se entrega directamente al punto de aplicación. Estos cloradores se conocen también con el nombre de cloradores en seco o cloradores directos.

3.5.5.2. Cloradores de solución

En este tipo de cloradores, el gas cloro se mantiene al vacío dentro del aparato y para esto se emplea un eyector al cual le llega el gas. El eyector tiene como objetivo no solamente hacer la solución sino también el vacío. En el clorador, el vacío es importante, porque acciona la válvula de admisión del cloro, a tal punto que no hay alimentación del cloro si no hay suficiente vacío dentro del aparato.

Los cloradores de solución son aparatos muy simples que requieren de poco mantenimiento, tienen una larga vida y ofrecen seguridad al personal que los opera.

Las ratas máximas de extracción de cloro de los diferentes cilindros son:

- Cilindros de 45 y 68 kilogramos: 23 kilos/hora
- Cilindros de 900 kilogramos: 205 kilos/hora

Para ratios mayores se requiere de evaporadores y pueden suministrar hasta 900 kilos/día.

3.5.5.3. Operación diaria

- Comprobación de fugas de cloro en el aparato, cilindros y líneas de cloro.
- Registro de las horas de operación del clorador.
- Registro de las presiones de agua y cloro (siempre que haya manómetros).
- Registro del peso del cilindro conectado (si hay balanzas). Cambio de cilindro si fuere necesario.
- Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.
- Revisión del sistema de inyección (desarenadores, garganta, mangueras, tubo de solución, difusor, etc.).
- Materiales y repuestos indispensables:
    - Hojas de control
    - Amoniaco
    - Empaques
    - Llaves de apretar conexiones

3.5.5.4. Operación mensual

- Limpieza de válvulas reductoras de presión a la entrada de los aparatos.
- Limpieza de filtros, asientos y resortes de otras válvulas.
- Comprobación de fugas de cloro o de solución de cloro.
- Aplicación de vaselina en las partes metálicas que muestren principios de corrosión.
- Limpieza del rotámetro y la bola indicadora.

3.5.5.5. Materiales y repuestos indispensables

- Amoniaco
- Vaselina
- Detergente
- Empaques
- Resortes
- Grasa para rodamientos

3.5.5.6. Básculas de cloro

Las básculas para pesar el cloro forman parte integral del equipo de cloración, ya que permiten al operador determinar fácilmente la cantidad total de cloro que se gastó durante el día, simplemente anotando el cambio de peso de los cilindros que están en uso.

Sirven también como punto de referencia para saber si los dosificadores están aplicando la cantidad de cloro para la que se reguló.

Las básculas son de dos tipos:

- Portátiles
- Estáticas

3.6. Peligros en la utilización de cloro gas

El cloro gas es peligroso para las personas porque irrita los ojos y las mucosas, hace toser y puede producir asfixia, incluso la muerte. Sin embargo, una vez mezclado con el agua no presenta peligro para la salud. Cualquier superficie que vaya a estar en contacto con el cloro deberá estar protegida contra la corrosión.

3.6.1. Medidas de seguridad a adoptar

- El lugar donde se almacenen las botellas de cloro gas deberá estar bien ventilado, no recibir directamente la luz del sol, y nunca en un sótano, pues es un gas que tiende a acumularse en los lugares más bajos.
- El almacén de las botellas de cloro deberá estar situado lejos del lugar donde se realiza la cloración.
- Las botellas estarán siempre almacenadas de pie, separando las vacías de las llenas, y con la caperuza de protección de la válvula puesta.
- Los locales donde se realiza la cloración han de tener dos puertas de entrada, opuestas una de la otra, y con apertura hacia afuera. Además, estos locales han de tener ventanas para renovar el aire, y al menos una de estas ha de estar a ras del suelo.
- Es muy conveniente tener un ventilador mecánico en estos locales y colocarlo a ras del suelo. Deberá ser resistente a la corrosión.

- Toda persona que maneje cloro gas deberá tener a su disposición para su utilización una máscara facial con canister de carbón activado para vapores y gases ácidos, que deberá estar en buen estado y con un filtro especial para cloro. Asimismo, dispondrá de recambios de filtro.

3.6.2. Primeros auxilios a aplicar a una persona accidentada por contacto con cloro gas

Llamaremos inmediatamente al médico y, mientras tanto, colocaremos a la persona accidentada sentada y con la cabeza y la espalda levantadas. No hay que levantarle las piernas. Le quitaremos la ropa y si tiene el cuerpo mojado de cloro líquido, lo lavaremos con agua abundante. Para aliviar una pequeña irritación de garganta, es bueno beber un poco de leche.

3.6.3. Procedimientos generales de actuación en emergencia

Ante una fuga de cloro, líquido o gaseoso, detectable visualmente o por actuación de la alarma:

- Dar la alarma al director de la emergencia y al jefe de la intervención.
- Avisar al personal sobre la existencia de la emergencia.
- Parar cualquier operación que se esté realizando en la zona, dejándola en condiciones seguras.
- Se utilizará el equipo de protección respiratoria siempre, aunque parezca una fuga de pequeña magnitud o aunque haya una persona accidentada.
- Para casos excepcionales o fugas de muy pequeña entidad, se utilizará la máscara con filtro, siempre durante menos de cinco minutos.
- En otro caso se utilizará el equipo de respiración autónomo.
- Los equipos semiautónomos se utilizarán solo cuando la fuga no afecte a la zona de aspiración. No utilizar si no hay certeza.
- Nunca entrará una persona sola en el lugar de la emergencia, en caso de haber saltado la alarma. Cerrar las puertas y ventanas del almacén.
- Evacuar a los accidentados o intoxicados al punto de reunión. Esto tiene prioridad.
- Aplicar primeros auxilios (ver ficha de producto).
- Dar la alarma o aviso para petición de ayuda. Hasta que no haya habido seguridad de que se da el aviso, no se procederá a acometer la fuga.
- Después de cumplir con los puntos anteriores, intentar cortar la fuga con el equipo de respiración autónomo y guantes, cerrando válvulas de salida del cilindro.
- Si la fuga es por rotura de un cilindro o de su válvula, intentar taponarla con una abrazadera de plástico o una cuña de madera, dependiendo de la magnitud de esta.
- En caso de no poder detener la fuga en los primeros momentos, aléjese de la fuente de emisión, manteniendo las puertas del almacén cerradas para permitir actuar a la torre de absorción.
- Procure hacer que la torre de absorción aspire solo de la fuente de emisión, cerrando la aspiración de otros puntos comunes que no afecten al lugar de la fuga.
- No utilice agua, si no es imprescindible, ya que el agua con el cloro acelera la corrosión de metales.
- No someta el cilindro afectado a golpes violentos, ni intente trasladarlo rodando. Utilice, si dispone de ello, los medios adecuados (puente grúa o carretilla).
- Evite la exposición al calor de los cilindros. En este caso sí puede utilizar agua para enfriar los cilindros adyacentes.

4. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

El control de desinfección de pozos debe de consignar los siguientes datos básicos:

- Nombre de la estación
- Fecha (día/mes/año)
- Dosis de cloración (mg/l)
- Peso inicial de botella de cloro (kg)
- Peso final de botella de cloro (kg)
- Consumo de cloro (kg)
- Fecha de cambio de botella
- Hora de cambio de botella
- Control del cloro residual
- Hora
- Ocurrencias

Formato de registro de datos e incidencias en el sistema

CONTROL DE DESINFECCIÓN DE POZOS										
NOMBRE DE LA UNIDAD/CISTERNA : _____									MES/AÑO:_____	
CONTROL DE CONSUMO DE CLORO										
FECHA	DOSIS DE CLORACIÓN mg/l	PESO INICIAL BOTELLA kg	PESO FINAL BOTELLA kg	CONSUMO CLORO kg	FECHA INICIO DE BOTELLA	HORA CAMBIO BOTELLA	CONTROL DE CLORO RESIDUAL	HORA	OCURRENCIAS	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
_____ V°B°								_____ _____ V°B°		

5. RESUMEN DE IDEAS

- Con la desinfección se logra una disminución de la población bacteriana hasta una concentración tal que no perjudique la salud.
- Con la esterilización se logra una destrucción total de la población bacteriana.
- Los tres factores más importantes en la desinfección del agua son el tiempo y reacción, temperatura y el pH.
- La precloración es la aplicación de cloro anterior a cualquier tratamiento.
- La poscloración se refiere a la aplicación del cloro después de otros procesos de tratamiento.
- La demanda de cloro del agua es la cantidad de cloro que se necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas, compuestos nitrogenados y con otras que mantenga el agua.
- La determinación de la dosis de cloro obedece a una norma predeterminada en el diseño de la planta y debe conservarse, solo en casos especiales como cambios en la calidad del agua, queda a juicio del operador el cambio de la dosis. Debe reportar al jefe de la planta sobre los cambios producidos.
- La operación de los sistemas de dosificación de cloro y la manipulación de recipientes requieren de atención y cuidado. Se deben seguir las recomendaciones para evitar ocurrencia de fugas de cloro o accidentes de trabajo.

6. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. ¿En qué consiste el proceso de desinfección del agua?:

a) Aplicación directa del coagulante al agua para eliminar de ella agentes patógenos.
b) Aplicación directa al agua de sustancias químicas o en la utilización de medios físicos para eliminar de ella agentes patógenos.
c) Aplicación directa de alcalinizante para eliminar de ella agentes patógenos.
d) Ninguna de las anteriores.

2. Con la desinfección se logra la destrucción o, por lo menos, la desactivación de los pequeños organismos dañinos patógenos presentes en el agua, tales como:

a) Desechos sólidos, insectos y bacterias.
b) Bacterias, protozoos, virus.
c) Bacterias, flora y fauna.
d) Desechos sólidos, flora y fauna.
e) Ninguna de las anteriores.

3. Son factores que influyen en la desinfección del agua:

a) La naturaleza y número de los organismos patógenos que van a ser destruidos.
b) El tiempo de contacto de los desinfectantes con el agua.
c) El pH (acidez, alcalinidad) del agua.
d) La naturaleza del agua que va a ser desinfectada.
e) Todas las anteriores.

4. Es una característica del cloro:

a) Es más pesado que el aire.
b) Es un gas tóxico de color amarillento-verdoso.
c) También se encuentra en estado líquido.
d) El cloro líquido es más pesado que el agua.
e) Todas las anteriores.

5. La aplicación del cloro anterior a cualquier otro tratamiento se denomina:

a) Poscloración.
b) Precloración.
c) Pascloración.
d) No se aplica antes de ningún tratamiento.
e) Ninguna de las anteriores.

6. El objetivo de la precloración:

a) Controlar las algas, el sabor y el olor.
b) Controlar los caudales de entrada.
c) Controlar la turbiedad de agua en el ingreso.
d) Controlar el ingreso de sólidos flotantes.
e) Ninguna de las anteriores.

7. Las determinaciones de la demanda de cloro permiten conocer:

a) La cantidad de cloro presente en el agua.
b) La cantidad que se debe aplicar a un agua para producir un cloro residual disponible.
c) El tiempo de contacto que requiere el cloro para desinfectar.
d) La temperatura ideal de aplicación del cloro.
e) El valor residual del cloro.

8. Relaciona en forma ordenada:

a) Los recipientes de 68 kilos	( )	Deben almacenarse por separado.
b) Los recipientes de cloro deben mantenerse alejados	( )	Deben almacenarse en posición vertical sobre plataforma.
c) Los recipientes llenos y vacíos	( )	De cualquier foco de irradiación de calor intenso.
d) Los recipientes de 1 ton (1000 kg)	( )	Deben almacenarse sobre suelo en soportes de concreto o de acero.

a) a, c, b, d
b) c, a, b, d
c) d, a, c, b
d) d, b, a, c

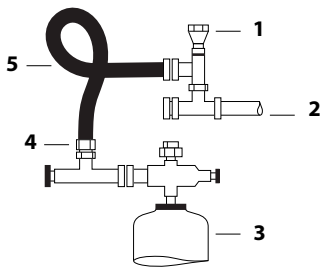
9. _____es la cantidad de cloro que se necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas y con otras que contenga el agua:

a) El volumen líquido de gas.
b) La medición de cloro residual.
c) La demanda de cloro de agua.
d) El volumen gaseoso de cloro.
e) Ninguna de las anteriores.

10. La demanda de cloro varía de acuerdo con:

a) La cantidad de cloro agregada.
b) La temperatura.
c) El tiempo de contacto.
d) Las características físicas y químicas del agua.
e) Todas las anteriores.

11. Marcar los correctos componentes de los accesorios del tanque en el sistema de cloro:



a) 1 = Válvula, 2 = Colector, 3 = Tanque de cloración, 4 = Válvula, 5 = Salida de cloro
b) 1 = Colector, 2 = Válvula, 3= Tanque de cloración, 4 = Colector, 5 = Salida de cloro
c) 1 = Colector, 2 = Salida de cloro, 3 = Tanque de cloración, 4 = Salida de cloro, 5 = Salida de cloro
d) 1 = Salida de cloro, 2 = Colector, 3 = Tanque de cloración, 4 = Salida de cloro, 5 = Salida de cloro
e) Ninguna de las anteriores

12. El cloro es una sustancia tóxica y sus recipientes deben ser manipulados con cuidado teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Los casquetes de protección de válvulas deben instalarse.
b) Los cilindros no deben dejarse caer.
c) Los cilindros no deben recibir golpes fuertes con otros objetos.
d) Los recipientes de cloro deben mantenerse alejados de cualquier foco de irradiación de calor intenso.
e) Todas las anteriores.

13. Respecto al almacenamiento de botellones de cloro se debe tener en cuenta que:

a) Puede estar en el interior del edificio el recinto sin ventilación.
b) Deben estar bajo sombra en un área techada y cercada.
c) La basura acumulada no representa ningún riesgo.
d) La ventilación no es un factor importante en el almacenamiento.
e) La radiación de fuentes de calor no es un peligro en el almacenamiento.

14. En qué etapa de la cloración el cloro aplicado es consumido por compuestos y materia orgánica presentes en el agua:

a) Primera
b) Segunda

c) Tercera
d) En ninguna etapa.
e) Ninguna de las anteriores.

15. Las básculas para pesar el cloro forman parte integral del equipo de cloración, ya que permiten al operador fácilmente:

a) Permutar la limpieza del rotámetro y la bola indicadora.
b) Determinar la cantidad total de cloro que se gastó durante el día.
c) Determinar la demanda de cloro residual.
d) Comprobar fugas de cloro o de solución de cloro.
e) Todas las anteriores.

16. Corresponde a actividades diarias a realizar por el operador en el proceso de la cloración:

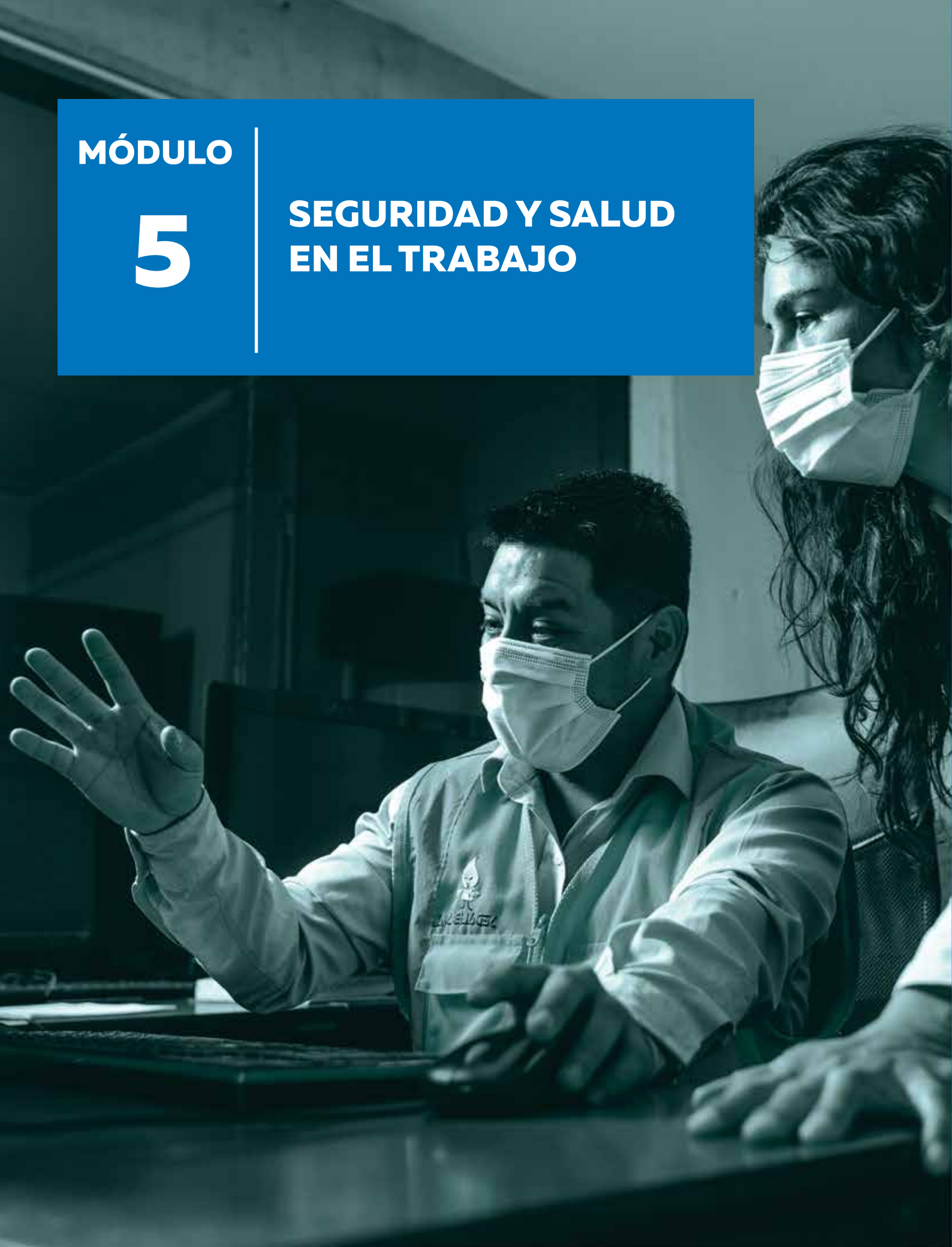
a) Regulación de la rata de alimentación de cloro en lbs/24 horas.
b) Registro de las horas de operación del clorador.
c) Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.
d) Revisión del sistema de inyección (desarenadores, garganta, mangueras, tubo de solución, difusor, etc.).
e) Todas las anteriores.

17. Corresponde a actividades mensuales realizadas por el operador en el proceso de la cloración:

a) Registro de las horas de operación del clorador.
b) Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.
c) Limpieza de filtros, asientos y resortes de otras válvulas.
d) Registro del peso del cilindro conectado (si hay balanzas). Cambio de cilindro si fuere necesario.
e) Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.

7. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. b
2. b
3. e
4. e
5. b
6. a
7. b
8. b
9. c
10. e
11. a
12. e
13. b
14. a
15. b
16. e
17. c



MÓDULO 5

SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

CONTENIDO

1. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE 119

2. OBJETIVOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO 119

3. LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) 119
- 3.1. DEFINICIÓN 119
- 3.2. REQUISITOS DE UN EPP 119
- 3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS EPP 120
- 3.3.1. PROTECCIÓN DE LA CABEZA 120
- 3.3.2. PROTECCIÓN DE OJOS Y CARA 120
- 3.3.2.1. PROTECCIÓN DE LOS OJOS 121
- 3.3.2.2. PROTECCIÓN DE LA CARA 121
- 3.3.3. PROTECCIÓN DE LOS OÍDOS 121
- 3.3.4. PROTECCIÓN DE VÍAS RESPIRATORIAS 122
- 3.3.4.1. LOS RESPIRADORES 122
- 3.3.5. PROTECCIÓN DE MANOS Y BRAZOS 123
- 3.3.5.1. GUANTES 123
- 3.3.6. PROTECCIÓN DE PIES Y PIERNAS 124
- 3.3.6.1. TIPOS DE CALZADO 124
- 3.3.6.2. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS 124
- 3.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS EPP 124
- 3.4.1. VENTAJAS 124
- 3.4.2. DESVENTAJAS 125
- 3.4.3. CONSIDERACIONES GENERALES 125
- 3.4.4. USO ADECUADO, CONSERVACIÓN Y FISCALIZACIÓN DE LOS EPP 125
- 3.4.5. SUMINISTROS DE LOS EPP 125
- 3.4.6. INSTRUCCIÓN EN EL USO, MANTENIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LOS EPP 125
- 3.4.7. MANTENIMIENTO Y CUIDADO DE LOS EPP 126
- 3.4.8. CUIDADOS A SEGUIR CON LOS EPP 126
- 3.5. REGISTRO DE INCIDENCIAS EN EL SISTEMA DE SST 127

4. PLAN DE CONTINGENCIA 132

5. RELEVO DE TURNO 133
- 5.1. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 134

6. RESUMEN DE IDEAS 134

7. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 135

8. SOLUCIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN 138

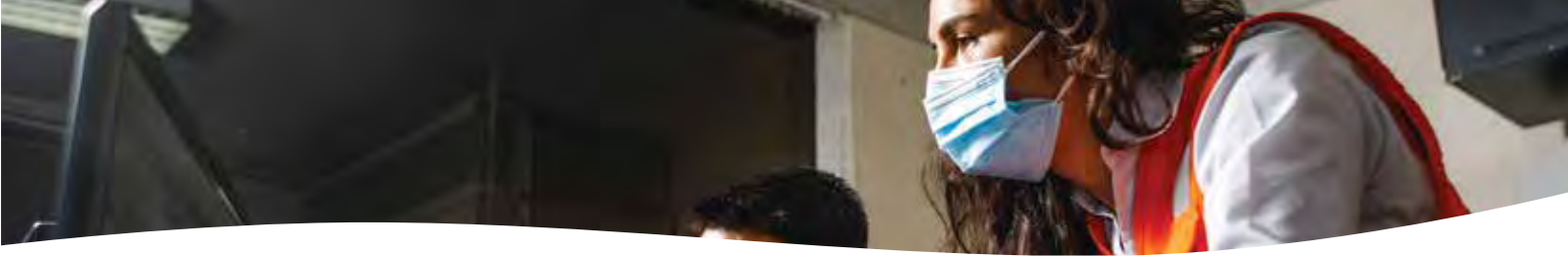
9. BIBLIOGRAFÍA 139

FIGURAS

Figura 1: Partes del casco de seguridad. 120
Figura 2: Contra líquido, humos, vapores y gases. 121
Figura 3: Contra proyección de partículas. 121
Figura 4: Contra radiaciones. 121
Figura 5: Máscara. 121
Figura 6: Protector Facial. 121
Figura 7: Orejeras. 122
Figura 8: Tampones. 122
Figura 9: Modelos de máscaras de protección. 122
Figura 10: Tipos de guantes de protección. 122
Figura 11: Tipos de arnés de seguridad. 124
Figura 12: Situaciones de almacenamiento de botellones de cloro. 132
Figura 13: Forma correcta de traslado de balones de cloro. 132

TABLAS

Tabla 1: Registro de incidentes peligrosos e incidentes. 131



1. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar el módulo, los participantes deberán ser capaces de:

- Conocer los diferentes EPP individuales y colectivos.
- Aplicar plan de contingencia en caso de fuga de cloro gas.
- Evaluar condiciones inseguras en su área de trabajo.

2. OBJETIVOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Proteger la seguridad y salud de todos los trabajadores mediante la mejora continua del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la organización. Cumplir con la normativa nacional vigente aplicable en materia de riesgos laborales.

El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como propósito la estructuración de la acción conjunta entre el empleador y los trabajadores, en la aplicación de las medidas de seguridad y salud en el trabajo (SST) a través del mejoramiento continuo de las condiciones y el medio ambiente laboral, y el control eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo. Involucramiento de los trabajadores para un trabajo en equipo en pro de la seguridad y la salud de todos los que participan en la cadena de valor de una empresa.

3. LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

3.1. Definición

Los equipos de protección personal (EPP) comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados por otros medios.

3.2. Requisitos de un EPP

- Proporcionar máximo confort, su peso debe ser el mínimo compatible con la eficiencia en la protección.
- No debe restringir los movimientos del trabajador.
- Debe ser durable y, de ser posible, el mantenimiento debe hacerse en la empresa.
- Debe ser elaborado de acuerdo con las normas vigentes.

3.3. Clasificación de los EPP

- Protección de la cabeza (cráneo)
- Protección de ojos y cara
- Protección de los oídos
- Protección de las vías respiratorias
- Protección de manos y brazos
- Protección de pies y piernas
- Cinturones de seguridad para trabajo en altura
- Ropa de trabajo
- Ropa protectora

3.3.1. Protección de la cabeza

Los elementos de protección de la cabeza básicamente se reducen a los cascos de seguridad. Estos proveen protección contra casos de impactos y penetración de objetos que puedan caer sobre la cabeza. Los cascos de seguridad también pueden proteger contra choques eléctricos y quemaduras.

El casco protector no se debe caer de la cabeza durante las actividades de trabajo, para evitar esto debe usarse una correa que lo sujete a la quijada (barboquejo).

Es necesario inspeccionar el casco periódicamente para detectar rajaduras o daño que pueden reducir el grado de protección ofrecido.

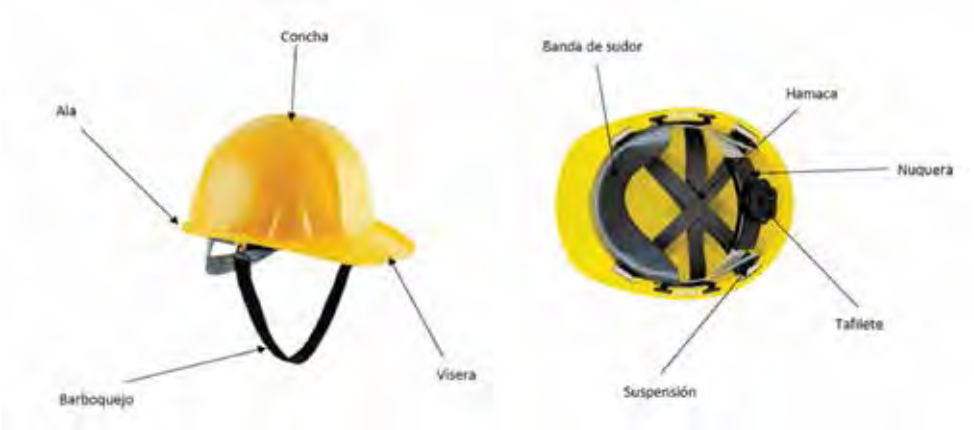


Figura 1: Partes del casco de seguridad.

3.3.2. Protección de ojos y cara

Todos los trabajadores que ejecuten cualquier operación que pueda poner en peligro sus ojos dispondrán de protección apropiada para estos órganos.

Los trabajadores que operen sustancias químicas corrosivas o similares deberán estar protegidos con anteojos fabricados de material blando que se ajuste a la cara, y que sean resistentes al ataque de dichas sustancias.

Para casos donde exista desprendimiento de partículas deben usarse lentes con lunas resistentes a impactos. Para casos donde exista radiación infrarroja deben usarse pantallas protectoras provistas de filtro. También pueden usarse caretas transparentes para proteger la cara contra impactos de partículas.

3.3.2.1. Protección de los ojos

Son elementos diseñados para la protección de los ojos, y dentro de estos encontramos:

- Contra líquido, humos, vapores y gases (figura 2)
- Contra proyección de partículas (figura 3)
- Contra radiaciones (figura 4)

Protectores

Figura 2: Contra líquido, humos, vapores y gases.

Figura 3: Contra proyección de partículas.

Figura 4: Contra radiaciones.

3.3.2.2. Protección de la cara

Son elementos diseñados para la protección de los ojos y cara, dentro de estos tenemos:

- Máscaras con lentes de protección (máscaras de soldador), están formados de una máscara provista de lentes para filtrar los rayos ultravioletas e infrarrojos (figura 5).
- Protectores faciales, permiten la protección contra partículas y otros cuerpos extraños. Pueden ser de plástico transparente, cristal templado o rejilla metálica (figura 6).

Figura 5: Máscara.

Figura 6: Protector Facial.

3.3.3. Protección de los oídos

- Cuando el nivel del ruido exceda los 85 decibeles, punto que es considerado como límite superior para la audición normal, es necesario dotar de protección auditiva al trabajador.

- Los protectores auditivos pueden ser: tapones de caucho u orejeras (auriculares).
- Los tapones son elementos que se insertan en el conducto auditivo externo y permanecen en posición sin ningún dispositivo especial de sujeción.
- Las orejeras son elementos semiesféricos de plástico, rellenos con absorbentes de ruido (material poroso), los cuales se sostienen por una banda que los sujeta alrededor de la cabeza.

Figura 7: Orejeras.

Figura 8: Tapones.

3.3.4. Protección de vías respiratorias

3.3.4.1. Los respiradores

Ningún respirador es capaz de evitar el ingreso de todos los contaminantes del aire a la zona de respiración del usuario. Los respiradores ayudan a proteger contra determinados contaminantes presentes en el aire, reduciendo las concentraciones en la zona de respiración por debajo del TLV (Valores Límite Umbral) u otros niveles de exposición recomendados.

El uso inadecuado del respirador puede ocasionar una sobreexposición a los contaminantes provocando enfermedades o la muerte.

Limitaciones generales de su uso

- Estos respiradores no suministran oxígeno.
- No los use cuando las concentraciones de los contaminantes sean peligrosas para la vida o la salud, o en atmósferas que contengan menos de 16% de oxígeno.
- No use respiradores de presión negativa o positiva con máscara de ajuste facial si existen barbas u otras porosidades en el rostro que no permita el ajuste hermético.

Tipos de respiradores

- Respiradores de filtro mecánico: polvos y neblinas.
- Respiradores de cartucho químico: vapores orgánicos y gases.
- Máscaras de depósito: cuando el ambiente está viciado del mismo gas o vapor.
- Respiradores y máscaras con suministro de aire: para atmósferas donde hay menos de 16% de oxígeno en volumen.

Figura 9: Modelos de máscaras de protección.

3.3.5. Protección de manos y brazos

3.3.5.1. Guantes

Características

- Los guantes que se doten a los trabajadores serán seleccionados de acuerdo con los riesgos a los cuales el usuario esté expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.
- Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.
- No deben usarse guantes para trabajar con o cerca de maquinaria en movimiento o giratoria.
- Los guantes que se encuentran rotos, rasgados o impregnados con materiales químicos no deben ser utilizados.

Tipos de guantes

- Para la manipulación de materiales ásperos o con bordes filosos se recomienda el uso de guantes de cuero o lona.
- Para revisar trabajos de soldadura o fundición donde haya el riesgo de quemaduras con material incandescente se recomienda el uso de guantes y mangas resistentes al calor.
- Para trabajos eléctricos se deben usar guantes de material aislante.
- Para manipular sustancias químicas se recomienda el uso de guantes largos de hule o de neopreno.

Figura 10: Tipos de guantes de protección.

3.3.6. Protección de pies y piernas

El calzado de seguridad debe proteger el pie de los trabajadores contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas sobre objetos filosos y agudos y contra caída de objetos, asimismo, debe proteger contra el riesgo eléctrico.

3.3.6.1. Tipos de calzado

- Para trabajos donde haya riesgo de caída de objetos contundentes, tales como lingotes de metal, planchas, etc., debe dotarse de calzado de cuero con puntera de metal.
- Para trabajos eléctricos el calzado debe ser de cuero sin ninguna parte metálica, la suela debe ser de un material aislante.
- Para trabajos en medios húmedos se usarán botas de goma con suela antideslizante.
- Para trabajos con metales fundidos o líquidos calientes el calzado se ajustará al pie y al tobillo para evitar el ingreso de dichos materiales por las ranuras.
- Para proteger las piernas contra la salpicadura de metales fundidos se dotará de polainas de seguridad o también denominados escarpines, las cuales deben ser resistentes al calor.

3.3.6.2. Sistema de protección contra caídas

- Son elementos de protección que se utilizan en trabajos efectuados en altura, para evitar caídas del trabajador.
- Para efectuar trabajos a más de 1.8 metros de altura del nivel del piso se debe dotar al trabajador de:

    - Cinturón o arnés de seguridad enganchados a una línea de vida.

Arnés industrial | **Arnés de sujeción** | **Arnés deportivo** | **Arnés de pecho** | **Arnés integral usos artísticos**

Figura 11: Tipos de arnés de seguridad.

3.4. Ventajas y limitaciones de los EPP

3.4.1. Ventajas

- Rapidez de su implementación.
- Gran disponibilidad de modelos en el mercado para diferentes usos.
- Fácil visualización de su uso.

- Costo bajo, comparado con otros sistemas de control.
- Fáciles de usar.

3.4.2. Desventajas

- Crean una falsa sensación de seguridad: pueden ser sobrepasados por la energía del contaminante o por el material para el cual fueron diseñados.
- Hay una falta de conocimiento técnico generalizada para su adquisición.
- Necesitan un mantenimiento riguroso y periódico.
- En el largo plazo, presentan un costo elevado debido a las necesidades, mantenciones y reposiciones.
- Requieren un esfuerzo adicional de supervisión.

3.4.3. Consideraciones generales

Para que los elementos de protección personal resulten eficaces se deberá considerar lo siguiente:

- La entrega del EPP a cada usuario.
- La responsabilidad de la empresa es proporcionar los EPP adecuados; la del trabajador es usarlos y mantenerlos. El único EPP que sirve es aquel que ha sido seleccionado técnicamente y que el trabajador usa durante toda la exposición al riesgo.
- Capacitación respecto al riesgo que se está protegiendo.
- Responsabilidad de la línea de supervisión en el uso correcto y permanente de los EPP.
- Es fundamental la participación de los supervisores en el control del buen uso y mantenimiento de los EPP.
- El supervisor debe dar el ejemplo utilizándolos cada vez que esté expuesto al riesgo.

3.4.4. Uso adecuado, conservación y fiscalización de los EPP

El instructivo de entrega, uso y mantenimiento de un EPP establece los lineamientos para la identificación de las necesidades, suministro, uso, mantenimiento, inspección y almacenamiento de los elementos de protección personal (EPP), de tal forma que asegure la protección del trabajador, minimizando los posibles efectos de los riesgos presentes en el sitio de trabajo.

3.4.5. Suministros de los EPP

La entrega de los EPP debe quedar registrada en el formato de entrega de dotación de uniformes y EPP y en el formato de control de entrega de elementos de protección personal (EPP) los cuales se suben al sistema disponible de cada EPS con toda la información de los trabajadores.

3.4.6. Instrucción en el uso, mantenimiento y almacenamiento de los EPP

En el momento de la entrega de los EPP, se dan las instrucciones necesarias acerca de:

- Cómo usar el equipo.
- Necesidades de limpieza y mantenimiento que requiere.
- Sitio y forma de almacenamiento.
- Criterios a tener en cuenta para solicitar el cambio o reposición.
- La realización de capacitaciones de seguridad en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

3.4.7. Mantenimiento y cuidado de los EPP

- Los supervisores de seguridad industrial de las EPS deben realizar las inspecciones correspondientes de acuerdo con el cronograma de inspecciones establecido.
- Revisar continuamente los EPP, para así identificar oportunamente el respectivo cambio.
- Limpiar, lavar y desinfectar continuamente los EPP.
- Se debe tener especial cuidado con los protectores auditivos manteniéndolos higiénicamente aseados para evitar infecciones.
- Asimismo, para el almacenamiento de las gafas de seguridad se deben designar lugares en donde no se puedan quebrar.

3.4.8. Cuidados a seguir con los EPP

Tapones auditivos

- Lavar con agua tibia y jabón suave antes de colocárselos.
- Tener las manos muy limpias al momento de colocarlos en el canal auditivo.
- Guardar secos en un estuche cuando no estén en uso.
- Si se quiebran, rajan o se deforman parcialmente se deben reemplazar.

Orejeras de copa

- Limpiar la parte acolchada con agua tibia y jabón suave.
- No utilizar alcohol o solvente.
- Cuando las orejeras presenten rajaduras o no tengan todos los empaques, solicitar cambio ya que en ese estado no dan la protección necesaria.

Gafas de seguridad

- Limpiar con un paño húmedo antes de comenzar la jornada.
- Si están sucias o rayadas limitan la visión y pueden ocasionar un accidente.
- Para evitar que se empañen las gafas, limpiarlas con agua.

Casco

- Revisar periódicamente la suspensión del casco.
- Examinarlo para verificar si tiene cintas desgastadas, puntos de unión, costuras deshechas u otros defectos.
- Reemplazar después de un impacto severo.

Botas de seguridad

- Si trabaja con químicos y las botas están agujereadas o rotas solicitar unas nuevas.
- Reparar las botas no le dará la protección adecuada.

Respirador con filtros para solventes orgánicos

- Cuando no utilice el respirador, guardarlo en una bolsa plástica bien cerrada, de lo contrario, se saturarán los filtros con los vapores de los solventes dispersos en el ambiente.

Verificación de uso e inspección. La verificación del uso y estado de los EPP

- Se realiza de acuerdo con el formato de inspección de uso y estado de EPP establecido por la EPS.

Almacenamiento

- El almacenamiento de los EPP se realiza en cada uno de los centros de trabajo de la EPS. Cada operador es responsable por almacenar en forma correcta los EPP que le han sido suministrados.

Reposición y cambio de los EPP

- Si se observa algún defecto o deterioro de los EPP ocasionado por el uso normal, el trabajador debe informar al supervisor de seguridad de la EPS, para que coordine su reposición.
- En el evento que el EPP sufra cualquier agresión de tipo impacto o aplastamiento, cristalización por calor que lo deteriore, el trabajador debe avisar al supervisor de seguridad o a su jefe inmediato para que se proceda a su reposición, aun si no se aprecia externamente deterioro alguno.

3.5. Registro de incidencias en el sistema de SST

Registro de accidentes de trabajo. Cuando ocurra un accidente de trabajo, es preciso que se adopten las medidas necesarias que eviten su repetición. La recopilación detallada de los datos que ofrece un accidente de trabajo es una valiosa fuente de información, que es conveniente aprovechar al máximo. Para ello es primordial que los datos del accidente de trabajo sean debidamente registrados, ordenados y dispuestos para su posterior análisis y registro estadístico. En la tabla 1 se presenta el formato de registro.

FICHA TÉCNICA DEL REGISTRO DE ACCIDENTES/INCIDENTES DE TRABAJO
A continuación, se detalla el procedimiento que se debe de tener en cuenta para el registro de accidentes o incidentes de trabajo. DATOS DEL EMPLEADOR PRINCIPAL 1. RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL. Completar la razón social o denominación social, según corresponda, del empleador principal. 2. RUC. Completar el número de Registro Único del Contribuyente. 3. DOMICILIO. Indicar el domicilio donde ocurrió el accidente de trabajo. 4. TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA. Describir en detalle la actividad económica. 5. NÚMERO DE TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL. Indicar el número de trabajadores totales presentes en el centro laboral, incluyendo trabajadores de intermediación o tercerización. 6. COMPLETAR SOLO EN CASO DE QUE LAS ACTIVIDADES DEL EMPLEADOR SEAN CONSIDERADAS DE ALTO RIESGO. Las actividades de alto riesgo están comprendidas en el anexo 5 del reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud. N° TRABAJADORES AFILIADOS AL SCTR. Completar el número de trabajadores que el empleador afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo. N° TRABAJADORES NO AFILIADOS AL SCTR. Completar el número de trabajadores que el empleador no afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo. NOMBRE DE LA ASEGURADORA. Completar el nombre de la aeguradora que contrato el empleador para cubrir prestaciones de SCTR. DATOS DEL EMPLEADOR DE INTERMEDIACIÓN, TERCERIZACIÓN, CONTRATISTA, SUBCONTRATISTA, OTROS, Completar solo en caso el trabajador(a) accidentado(a) trabaja para el empleador de intermediación o tercerización, contratista, subcontratista, otros.
7. RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL. Completar la razón social o denominación social según corresponda del empleador de intermediación o tercerización.

8.	**RUC.** Completar el número de Registro Único del empleador de tercerización.
9.	**DOMICILIO.** Completar el domicilio principal del empleador de tercerización según lo indicado en el RUC.
10.	**TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA.** Describir en detalle la actividad económica.
11.	**NÚMERO DE TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL**. Indicar el número de trabajadores destacados para trabajar con el empleador principal.
12.	**COMPLETAR SOLO EN CASO DE QUE LAS ACTIVIDADES DEL EMPLEADOR SEAN CONSIDERADAS DE ALTO RIESGO.** Las actividades de alto riesgo están comprendidas en el anexo 5 del reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud. **N° TRABAJADORES AFILIADOS AL SCTR.** Completar el número de trabajadores que el empleador afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo. **N° TRABAJADORES NO AFILIADOS AL SCTR.** Completar el número de trabajadores que el empleador no afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo. **NOMBRE DE LA ASEGURADORA**. Completar el nombre de la aeguradora que contrato el empleador para cubrir prestaciones de SCTR. **DATOS DEL TRABAJADOR**
13.	**APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR AFECTADO.** Completar los apellidos y nombres del trabajador.
14.	**N° DNI/CE.** Completar el número de documento de identidad o carnet de extranjería de ser el caso.
15.	**EDAD.** Completar edad.
16.	**ÁREA.** Completar el nombre del área a la cual pertenece el trabajador.
17.	**PUESTO DE TRABAJO.** Describir el puesto de trabajo.
18.	**ANTIGÜEDAD EN EL EMPLEO.** Indicar el tiempo de permanencia en el empleo.
19.	**SEXO F/M.** Completar sexo: femenino o masculino.
20.	**TURNO D/T/N.** Completar turno día (D), tarde (T), noche (N).
21.	**TIPO DE CONTRATO.** Completar el tipo de contrato (ejemplo: Decreto Legislativo N° 1057, Decreto Legislativo N° 728, Decreto Legislativo N° 276, otros).
22.	**TIEMPO DE EXPERIENCIA EN EL PUESTO DE TRABAJO.** Completar el tiempo de trabajo en el puesto actual.
23.	**N° HORAS TRABAJADAS EN LA JORNADA LABORAL.** Completar el número de horas trabajadas en la jornada laboral antes de que ocurra el accidente.
INVESTIGACIÓN DEL ACCIDENTE DE TRABAJO	
24.	**FECHA Y HORA DE OCURRENCIA DEL ACCIDENTE DE TRABAJO.** Completar la fecha y la hora en la que ocurrió el accidente de trabajo.
25.	**FECHA DE INICIO DE LA INVESTIGACIÓN.** Completar la fecha de inicio de la investigación

26.	**LUGAR EXACTO DONDE OCURRIÓ EL ACCIDENTE.** Completar el área o ubicación del lugar exacto donde ocurrió el accidente de trabajo.
27.	**GRAVEDAD DEL ACCIDENTE DE TRABAJO.** Marcar el tipo de gravedad del accidente de trabajo (Ref. Glosario de términos del D.S. N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo). Según su gravedad, los accidentes de trabajo con lesiones personales puede ser: **Accidente leve:** Suceso cuya lesión, resultado de la evacuación médica, que genera en el accidentado un descanso breve con retorno máximo al día siguiente a sus labores habituales. **Accidente incapacitante:** Suceso cuya lesión, resultado de la evaluación médica, da lugar a descanso, ausencia justificada al trabajo y tratamiento. Para fines estadisticos, no se tomará en cuenta el día de ocurrido el accidente. **Accidente mortal:** Suceso cuyas lesiones producen la muerte del trabajador. Para efecto estadísticos debe considerarse la fecha del deceso.
28.	**GRADO DEL ACCIDENTE INCAPACITANTE.** Accidente incapacitante: Según el grado de incapacidad los accidentes de trabajo pueden ser: **1. Total temporal:** Cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad total de utilizar su organismo; se otorgará tratamiento médico hasta su plena recuperación. **2. Parcial temporal:** Cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad parcial de utilizar su organismo; se otorgará tratamiento médico hasta su plena recuperación. **3. Parcial permanente:** Cuando la lesión genera la pérdida parcial de un miembro u órgano o de las funciones del mismo. **4. Total permanente:** Cuando la lesión genera la pérdida anatómica o funcional total de un miembro u órgano; o de las funciones de este. Se considera a partir de la pérdida del dedo meñique.
29.	**N° DÍAS DE DESCANSO MÉDICO.** Completar el número de días de descanso médico otorgado en el centro de salud.
30.	**N° DE TRABAJADORES AFECTADOS.** Completar el número de trabajadores accidentados con el mismo suceso de ser el caso.
31.	**DESCRIBIR PARTE DEL CUERPO LESIONADO**. Describir parte del cuerpo lesionado producto del accidente del trabajo.
32.	**DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE DEL TRABAJO.** Describa solo los hechos, no escriba información subjetiva que no pueda ser comprobada, debe estar firmada por el responsable de la investigación. Adjuntar: - Declaración del afectado sobre el accidente de trabajo, - Declaración de testigos de ser el caso, - Procedimientos, planos, registros, entre otros, que ayuden a la investigación de ser el caso.

33.	**DESCRIPCIÓN DE LAS CAUSAS QUE ORIGINARON EL ACCIDENTE DE TRABAJO.** Cada empresa o entidad pública o privada, puede adoptar el modelo de determinación de causas que mejor se adapte a las características y debe adjuntar al formato el desarrollo de esta, indicando el nombre y firma del responsable de la investigación. Ejemplo de modelo de determinación de causas: Causas de los Accidentes: Son uno o varios eventos relacionados que concurren para generar un accidente (Ref. D.S. N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo). Se dividen en: **1. Falta de control:** Son fallas, ausencias o debilidades administrativas en la conducción del empleador o servicio y en la fiscalización de las medidas de protección de la seguridad y salud en el trabajo. **2. Causas básicas:** Referidas a factores personales y factores de trabajo: **2.1. Factores personales.** Referidos a limitaciones en experiencia, fobias y tensiones presentes en el trabajador. **2.2. Factores del trabajo.** Referidos al trabajo, las condiciones y medio ambiente de trabajo: organización, método, ritmo, turno de trabajo, maquinaria, equipos, materiales, dispositivos de seguridad, sistema de mantenimiento, ambiente, procedimiento, comunicación, entre otros. **3. Causas inmediatas:** Son aquellas debidas a los actos y condiciones subestándares. **3.1 Condiciones subestándares:** Es toda condición en el entorno del trabajo que puede causar un accidente. **3.2 Actos subestándares:** Es toda acción o práctica incorrecta ejecutada por el trabajador que puede causar un accidente. Estándares de trabajo: Son los modelos, pautas y patrones establecidos por el empleador que contienen los parámetros y los requisitos mínimos aceptables de medida, cantidad, valor, peso y extensión establecidos por estudios experimentales, investigación, legislación vigente o resultado del avance tecnológico, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento industrial. Es un parámetro que indica la forma correcta de hacer las cosas. El estándar satisface las siguientes preguntas: ¿Qué,? ¿Cómo?, ¿Quién? y ¿Cuándo?.
34.	**MEDIDAS CORRECTIVAS.** Describir las medidas correctivas a implementar para eliminar o controlar la causa y prevenir las recurrencia del accidente de trabajo; indicar el responsable, fecha propuesta de ejecución; así también, en la fecha de ejecución propuesta, completar el estado de la implementación de la medida correctiva (realizada, pendiente, en ejecución).
35.	**RESPONSABLES DEL REGISTRO Y DE LA INVESTIGACIÓN.** Completar los datos de los responsables del registro y de la investigación.

N° REGISTRO:	REGISTRO DE INCIDENTES PELIGROSOS E INCIDENTES			
DATOS DEL EMPLEADOR PRINCIPAL				
1. RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	2. RUC	3. DOMICILIO (Direccción, distrito, departamente, provincia)	4. TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	5. N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL
Completar sólo si contrata servicios de intermediación o tercerización:				
DATOS DEL EMPLEADOR DE INTERMEDIACIÓN, TERCERIZACIÓN, CONTRATISTA, SUBCONTRATISTA, OTROS:				
6. RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	7. RUC	8. DOMICILIO (Direccción, distrito, departamente, provicncia)	9. TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	10. N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL

DATOS DEL TRABAJADOR (A): **Completar sólo en caso que el incidente afecte a trabajador(es).**								
11. APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR:							12. N° DNI/ CE	13. EDAD
14. ÁREA	15. PUESTO DE TRABAJO	16. ANTIGÜEDAD EN EL EMPLEO	17. SEXO F/M	18. TURNO D/T/N	19. TIPO DE CONTRATO	20. TIEMPO DE EXPERIENCIA EN EL PUESTO DE TRABAJO	21. N° HORAS TRABAJADAS EN LA JORNADA LABORAL (Antes del suceso)	

INVESTIGACIÓN DEL INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE							
22. MARCAR CON (X) SI ES INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE							
23. INCIDENTE PELIGROSO					24. INCIDENTE		
N° TRABAJADORES POTENCIALMENTE AFECTADOS					DETALLAR TIPO DE ATENCIÓN EN PRIMEROS AUXILIOS (DE SER EL CASO)		
N° POBLADORES POTENCIALMENTE AFECTADOS							
25. FECHA Y HORA EN QUE OCURRIÓ EL INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE				26. FECHA DE INICIO DE LA INVESTIGACIÓN			27. LUGAR EXACTO DONDE OCURRIÓ EL HECHO
DÍA	MES	AÑO	HORA	DÍA	MES	AÑO	

28. DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE
Describa solo los hechos, no escriba información subjetiva que no pueda ser comprobada. Adjuntar: - Declaración del afectado, de ser el caso. - Declaración de testigos, de ser el caso. - Procedimiento, planos, registros, entre otros que ayuden a la investigación de ser el caso.
Agregar más filas

29. DESCRIPCIÓN DE LAS CAUSAS QUE ORIGINARON EL INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE
Cada empresa, entidad pública o privada puede adoptar el modelo de determinación de las causas que mejor se adapte a sus caracteristicas.
Agregar más filas

30. MEDIDAS CORRECTIVAS					
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA CORRECTIVA A IMPLEMENTARSE PARA ELIMINAR LA CAUSA Y PREVENIR LA RECURRENCIA	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCIÓN			Completar en la fecha de ejecución propuesta, el ESTADO de la implementación de la medida correctiva (realizada, pendiente en ejecución)
		DÍA	MES	AÑO	
1.					
2.					
Agregar más filas					

31. RESPONSABLE DEL REGISTRO Y DE LA INVESTIGACIÓN			
Nombre:	Cargo:	Fecha:	Firma:
Nombre:	Cargo:	Fecha:	Firma:

Tabla 1: Registro de incidentes peligrosos e incidentes.

4. PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE FUGA DE CLORO GAS

Consideraciones generales

- Los cilindros de cloro deben estar siempre de pie, incluso cuando están vacíos. No deben dejarse caer, ni deben recibir golpes fuertes de otros objetos (figura 12).

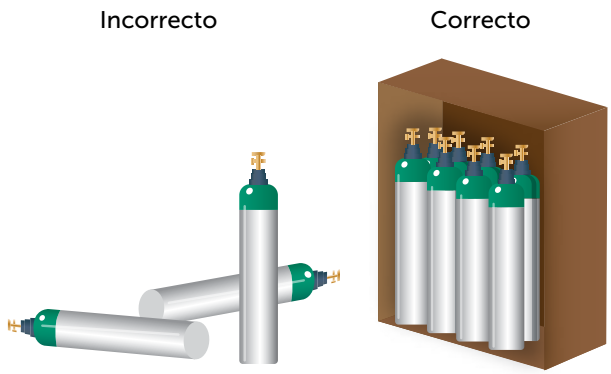


Figura 12: Situaciones de almacenamiento de botellones de cloro.

- Los cilindros de cloro deben estar almacenados en lugares adecuados (en la sombra). No los deje en lugares donde pueden malograrse ni cerca de aceite, grasa, carbón activado (combustión espontánea) o combustibles, ni cerca de fuentes de calor, frío o aparatos eléctricos.
- Separe los cilindros de cloro llenos de los vacíos. Estos deben estar marcados con una tiza con la palabra "Vacíos", para que sean remitidos inmediatamente al proveedor.
- Guarde los cilindros defectuosos (con anillos malogrados, por ejemplo) en un lugar aparte y lejos de los que se encuentran en buen estado. Márquelos con una tiza como "Fallados".
- Para trasladar los cilindros deben usarse carritos de mano o carretillas apropiadas, dotadas de una barra de seguridad o cadena colocada aproximadamente a dos tercios de la altura del cilindro (figura 13).

Figura 13: Forma correcta de traslado de balones de cloro.

- Utilice los cilindros según orden de llegada.
- No debe intentar abrir o reparar una válvula de cilindro cuando tenga alguna falla.

- Al abrir o cerrar la válvula, no lo haga con mucha fuerza ni use una herramienta grande (puede hacer el efecto palanca), ya que con el esfuerzo puede malograr la válvula del cilindro.
- Cuando el cilindro se vacíe totalmente, debe cerrar la válvula.
- Verifique que la válvula del cilindro esté en buen estado.
- Nunca regule la salida de cloro con la válvula que está en la tubería. Esto se regula con la válvula que está en el cilindro.
- No abra demasiado la válvula del cilindro; un cuarto de vuelta es suficiente.

Ejecución ante fuga de cloro

- Toda fuga de cloro en la tubería de conducción de gas debe repararse inmediatamente porque se puede agravar.
- A la primera señal de fuga debe cerrar inmediatamente las válvulas de trabajo y luego ubicar el punto de fuga con amoniaco.
- Utilice máscaras adecuadas para evitar la inhalación de esta sustancia.
- Al reparar una fuga, la persona debe colocarse en un nivel más alto que el del accidente y siempre de espaldas a la corriente de aire.
- No aplique agua sobre la fuga.
- Cuando no sea posible detener la fuga, coloque el cilindro en un área abierta y bajo sombra.
- Cuando se exponga al cloro, utilice el respirador.
- Si considera que el respirador y los lentes no son suficientes, utilice una máscara. Las máscaras de filtro (también respiradores) no suministran oxígeno, solo absorben el cloro y dejan pasar el aire. Estas son eficaces cuando la concentración de cloro es hasta de 1%.
- Use una máscara con tanque de oxígeno o con dispositivos de alimentación a distancia cuando la concentración de cloro es superior a 1%.
- Cuando use carbonato de sodio (carbonato sódico) o cal (viva o hidratada), el polvo de ambas sustancias, al entrar en contacto con la piel húmeda con sudor, puede causar quemaduras. Para reducir este efecto, el personal debe usar ropa de algodón con manga larga y abotonada hasta el cuello y los puños.
- Cuando utilice sales de flúor (principalmente, fluoruro de sodio), evite respirar el polvo.
- Use equipo de protección conformado por guantes, máscaras, cascos, etcétera, siempre que manipule sustancias químicas.

5. RELEVO DE TURNO

Es el proceso de comunicación mediante el cual el personal del equipo de la PTAP de la EPS, entrante y saliente de un turno, intercambia información sobre la situación de la PTAP, operación y actividades encargadas, las cuales quedan bajo la responsabilidad del equipo entrante y de las condiciones existentes en el servicio.

El relevo de turno reviste gran importancia, por lo que requiere de un protocolo uniforme y consensuado para todos los equipos de las instalaciones que asegure que la información que se entrega sea la justa, necesaria y suficiente para mantener la continuidad de la producción y operatividad de la PTAP.

Del mismo modo, es clave aportar con información sobre el estado y situación con la familia o tutor y situaciones específicas de mayor importancia ocurridas durante la estancia del turno.

Si se lleva a cabo en forma ordenada y sistemática, contribuirá a una mayor eficiencia en el uso de los recursos, al reducir las estadías prolongadas, por retrasos en la ejecución de tareas pendientes.

5.1. Formato de registro de datos e incidencias en el sistema

a) Formato de control de entrega de turno

ENTREGA DE TURNO												
HORA	CAPTACIÓN				PRODUCCIÓN				CONSUMO DE			
	Q.A.C (L/s)	NIVEL Cist. (m)	mH20 (cap)	ELECTROBOMBA $ DE AGUA CRUDA	Q.A.T (L/s)	mH20 (Envío)	NIVEL Cist. (m)	ELECTROBOMBA $ DE AGUA TRATADA	SULF. DE ALUM. (Kg)	SULF. DE COBRE (Kg)		POLÍMERO
06:00												
14:00												
22:00												

OBSERVACIONES:	
TURNO SALIENTE	
TURNO ENTRANTE	

6. RESUMEN DE IDEAS

- El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como uno de sus objetivos proteger la integridad de los trabajadores a quienes tiene alcance, por ello es importante aplicar medidas de control para disminuir el riesgo.

- Se entiende por EPP cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que lo proteja de uno o más riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud. Sin embargo, no reducen los peligros o riesgos, solo protegen al individuo del ambiente externo y pueden llegar a disminuir la gravedad de las lesiones en caso de accidente.

- La utilización de cloro gas requiere de una formulación de medidas de seguridad para garantizar la minimización del riesgo.

7. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Se define como equipo de protección de personal a:

a) Todos aquellos dispositivos diseñados que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.
b) Todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.
c) Todas aquellas estructuras diseñadas en los centros de trabajo para que el trabajador evite posibles lesiones.
d) La evaluación para prevenir lesiones.
e) Ninguna de las anteriores

2. Es uno de los requisitos que debe de cumplir un EPP:

a) Debe restringir los movimientos del trabajador.
b) Debe ser durable y en lo posible el mantenimiento debe hacerse en la empresa.
c) Debe tener una apariencia poco atractiva e insegura.
d) Su peso debe ser el máximo compatible con la eficiencia en la protección.
e) El mantenimiento de los EPP debe darse a una empresa especializada.

3. Proveen protección contra casos de impactos y penetración de objetos que caen sobre la cabeza:

a) Caretas de seguridad
b) Lentes de seguridad
c) Casco de seguridad
d) Gorro de seguridad
e) Ninguna de las anteriores

4. Cuando el nivel del ruido exceda los _____ decibeles, punto que es considerado como límite superior para la audición normal, es necesario dotar de protección auditiva al trabajador.

a) 50
b) 55
c) 60
d) 85
e) 90

5. Los _____ayudan a proteger contra determinados contaminantes presentes en el aire, reduciendo las concentraciones en la zona de respiración por debajo del TLV u otros niveles de exposición recomendados:

a) Mascarillas
b) Respiradores
c) Protectores faciales
d) Tapones de caucho
e) Mascarillas

6. En la protección de brazos y manos se debe tener en cuenta que:

a) Los guantes que se doten a los trabajadores serán seleccionados de acuerdo con los riesgos a los cuales el usuario esté expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.
b) Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.
c) No deben usarse guantes para trabajar con o cerca de maquinaria en movimiento o giratoria.
d) Para trabajos de soldadura se recomienda el uso de guantes y mangas resistentes al calor.
e) Todas las anteriores.

7. Se considera una ventaja del uso de los EPP:

a) Hay una falta de conocimiento técnico generalizada para su adquisición.
b) Necesitan un mantenimiento riguroso y periódico.
c) Requieren un esfuerzo adicional de supervisión.
d) Costo bajo, comparado con otros sistemas de control.
e) Por su especialización es difícil encontrar en el mercado.

8. Se considera una desventaja del uso de los EPP:

a) Rapidez de su implementación.
b) Gran disponibilidad de modelos en el mercado para diferentes usos.
c) Fácil visualización de su uso.
d) En el largo plazo, presentan un costo elevado debido a las necesidades, mantenciones y reposiciones.
e) Hay una falta de conocimiento técnico generalizada para su adquisición.

9. Respecto al mantenimiento y cuidado de los EPP:

a) Los supervisores de seguridad industrial de las EPS deben realizar las inspecciones correspondientes de acuerdo con el cronograma de inspecciones establecido.
b) Revisar continuamente los EPP, para así identificar oportunamente el respectivo cambio.
c) Limpiar, lavar y desinfectar continuamente los EPP.
d) Debe tenerse especial cuidado con los protectores auditivos manteniéndolos higiénicamente aseados para evitar infecciones.
e) Todas las anteriores.

10. De los cuidados que se deben tener en cuenta respecto a los tapones auditivos tenemos:

a) Tener las manos muy limpias al momento de colocarlos en el canal auditivo.
b) Limpiar la parte acolchada con agua tibia y jabón suave.
c) No utilizar alcohol o solvente.
d) Cuando las orejeras presenten rajaduras o no tengan todos los empaques, solicitar cambio ya que en este estado no dan la protección necesaria.
e) Ninguna de las anteriores.

11. De los cuidados que se deben tener en cuenta respecto a las gafas de seguridad, tenemos:

a) Limpiar la parte acolchada con agua tibia y jabón suave.
b) No utilizar alcohol o solvente.
c) Cuando las orejeras presenten rajaduras o no tengan todos los empaques, solicitar cambio ya que en este estado no dan la protección necesaria.

d) Si están sucias o rayadas limitan la visión y pueden ocasionar un accidente.
e) Ninguna de las anteriores.

12. De los cuidados que se deben tener en cuenta respecto a los cascos de seguridad, tenemos:

a) Debe de cambiar la suspensión cada vez que se utiliza.
b) Limpiar con un paño húmedo antes de comenzar la jornada.
c) Si están sucios o rayados limitan la visión y pueden ocasionar un accidente.
d) Para evitar que se empañen se deben de limpiar con alcohol.
e) Reemplazar después de un impacto severo.

13. Es una consideración que se debe tener en cuenta para la reposición de los EPP:

a) Cuando no sea de nuestro agrado.
b) En el evento que el EPP sufra cualquier agresión de tipo impacto o aplastamiento, cristalización por calor que lo deteriore.
c) Cuando esté pasado de moda.
d) Cuando sea repetitiva su utilización.
e) Para evitar la limpieza periódica.

14. El documento donde se realiza la recopilación detallada de los datos de un accidente de trabajo se conoce como:

a) Cuaderno de ocurrencias diarias.
b) Registro de incidencias en el sistema SST.
c) Parte diario de ocurrencias operacionales.
d) Parte diario de control de calidad.
e) Ninguna de las anteriores.

15. Ante una fuga inminente de cloro se debe de:

a) Reparar inmediatamente la tubería de conducción de gas porque se puede agravar.
b) A la primera señal de fuga se deben cerrar inmediatamente las válvulas de trabajo y luego ubicar el punto de fuga con amoniaco.
c) Utilice máscaras adecuadas para evitar la inhalación de esta sustancia.
d) Dar la alarma al director de la emergencia y jefe de la intervención.
e) Todas las anteriores.

8. SOLUCIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN

1. b
2. b
3. c
4. d
5. b
6. e
7. d
8. d
9. e
10. a
11. d
12. e
13. b
14. b
15. e

9. BIBLIOGRAFÍA

- Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Manual de capacitación para operadores. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 2002.
- Operación y Mantenimiento de Plantas de Potabilización de Agua Diseño Técnico, Metodológico y Pedagógico. Cinara - Universidad del Valle. Segunda edición, 1999.
- Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural. Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- http://biblioteca.sena.edu.com
- https://www.slideshare.net/RamiroResendizBadill/fluidos-dinamicos
- https://www.iagua.es/blogs/arturo-albaladejo-ruiz/que-se-producen-fugas-agua-tuberias
- La enciclopedia de la Ingeniería. Sitio web https://www.ingmecafenix.com/
- Electrónica y electricidad archivos. Sitio web: https://www.ingmecafenix.com/
- Mecánica de Fluidos. Sitio web: http://ingenieros2011unefa.blogspot.com/2008/01/cavitacion.html

OTASS

ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Con el apoyo de:

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO