

# Dosificación de insumos químicos en potabilización del agua

## Breve descripción:

El componente formativo describe los aspectos técnicos relacionados con la dosificación de insumos químicos que son requeridos en los procesos de potabilización de agua, brindando al aprendiz las herramientas necesarias para que se realice de manera adecuada la dosificación de productos químicos, garantizando la operación adecuada de las plantas de tratamiento de agua potable y el cumplimiento de aspectos normativos fundamentales para suministrar agua apta para el consumo humano.

## Tabla de contenido

Introducción .....	4
1. Pruebas de jarras .....	6
2. Dosis óptima de coagulante.....	11
2.1. Consideraciones técnicas .....	11
2.2. Método de cálculo .....	12
3. Dosificación química.....	13
3.1. Principios de la dosificación .....	13
3.2. Consideraciones de las variables fisicoquímicas.....	14
3.3. Errores comunes .....	15
3.4. Unidades de medida .....	16
3.5. Fórmulas por tipo de insumo .....	17
4. Equipos de dosificación .....	22
4.1. Bombas dosificadoras .....	22
4.2. Recomendaciones para el manejo de equipos dosificadores .....	24
5. Seguridad y salud en el trabajo.....	26
5.1. Uso seguro del cloro gaseoso.....	26
5.2. Uso seguro del cloro líquido.....	28
5.3. Uso seguro del sulfato de aluminio .....	29

5.4. Uso seguro del cloro gaseoso.....	30
Síntesis .....	31
Material complementario.....	32
Glosario .....	33
Referencias bibliográficas .....	34
Créditos .....	35

## Introducción

La potabilización del agua es un proceso esencial para garantizar el acceso a un recurso seguro y apto para el consumo humano. Uno de los pilares fundamentales de este proceso es la correcta dosificación de insumos químicos, ya que de ello depende la eficiencia de etapas como la coagulación, floculación, sedimentación y desinfección. Este componente formativo tiene como propósito brindar los conocimientos técnicos y prácticos que permitan comprender, calcular y aplicar de manera precisa los productos químicos involucrados en el tratamiento del agua, en función de las características del recurso hídrico y las condiciones operativas de las plantas de tratamiento.

A lo largo del contenido se desarrollan temas clave como las pruebas de jarras, la determinación de dosis óptimas de coagulantes, las variables fisicoquímicas que influyen en el tratamiento, los tipos de equipos dosificadores y las recomendaciones de seguridad para la manipulación de insumos. Cada uno de estos aspectos está orientado a fortalecer las competencias de los aprendices en la toma de decisiones técnicas fundamentadas, promoviendo una gestión eficiente del recurso y el cumplimiento de los estándares establecidos por la normativa nacional. Asimismo, se destacan errores comunes que deben evitarse y se explican métodos de cálculo que garantizan una dosificación segura y ajustada a la realidad de cada planta.

Este componente resulta indispensable para quienes operan o gestionan sistemas de tratamiento de agua potable, pues no solo promueve el dominio de procedimientos técnicos, sino también el desarrollo de criterios para el análisis de situaciones reales que pueden surgir en el campo. De este modo, se busca formar personal capacitado que contribuya a la protección de la salud pública y al

fortalecimiento de la infraestructura sanitaria, especialmente en contextos donde la disponibilidad de agua segura es un reto constante.

## **1. Pruebas de jarras**

Para el tratamiento de aguas, es fundamental determinar los productos químicos y las cantidades necesarias para su potabilización. Esto permite asegurar un funcionamiento óptimo del sistema y evitar sobrecostos. La prueba de jarras es un ensayo de dosificación en escala de laboratorio que permite obtener la dosis óptima de coagulante a aplicar en una planta de tratamiento de agua potable. Esta dosis varía según los niveles de turbiedad y color del agua.

Este procedimiento simula a pequeña escala los procesos unitarios de mezcla rápida y mezcla lenta, que forman parte esencial del tratamiento de agua potable.

### **Mezcla rápida**

Permite dispersar rápidamente el coagulante en el flujo de agua. En esta etapa, se observa cierta turbulencia y se inicia la reacción del coagulante, con la formación de los primeros flocs.

### **Mezcla lenta**

Ocurre en las etapas posteriores de floculación y sedimentación. Se emplean velocidades bajas para favorecer la formación de flocs y la reducción de la turbulencia. Esto permite la generación de flocs de tamaños menores y la formación de flocs más grandes, lo cual facilita la clarificación y contribuye a la remoción del color.

## **Procedimiento prueba de jarras**

Entre las características generales de la prueba o test de jarras están las siguientes:

## **Finalidad del ensayo**

Las pruebas de jarras básicamente se utilizan para determinar la dosis óptima de coagulante en un proceso de tratamiento de aguas. Este proceso incluye tres fases fundamentales: mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación.

A continuación, se presenta un video que expone el proceso de tratamiento de aguas, enfocado en tres fases esenciales: mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación.

## **Equipos utilizados**

Para estas pruebas se utilizan entre 4 y 6 jarras (beakers de 1 litro). En cada una de ellas se añade un volumen diferente de coagulante. Este reactivo permite la reducción de los coloides en suspensión mediante el proceso de floculación.

## **Importancia en el tratamiento de agua potable**

La prueba de jarras representa una etapa muy importante dentro del proceso de tratamiento de agua potable. Con un correcto desarrollo de esta prueba y el cálculo adecuado de los parámetros involucrados, es posible establecer con precisión la dosis óptima de coagulante a utilizar en una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) a escala real.

## **Factores que afectan la dosis**

Cabe resaltar que las cantidades de coagulante necesarias pueden variar dependiendo de factores como el caudal a tratar, la concentración del coagulante y el tipo de coagulante empleado.

## Video 1. Ensayo de jarras



### Enlace de reproducción del video

#### **Síntesis del video:** ensayo de jarras

El video describe la prueba del tarro o prueba de tratabilidad, un procedimiento esencial para determinar la dosis óptima de coagulantes en plantas de tratamiento de agua potable. Se enfatiza la importancia de realizar esta prueba diariamente, especialmente con variaciones climáticas, para asegurar la calidad del agua tratada. El proceso implica el uso de equipos específicos para simular la coagulación y floculación, y así determinar la cantidad de coagulante necesaria para eliminar partículas e impurezas del agua.

Una vez comprendidas estas fases, es fundamental conocer el procedimiento adecuado para llevar a cabo la prueba de jarras:

- a) Se recolectan entre 4 y 6 litros de agua cruda, de acuerdo con la cantidad de jarras del equipo.



- b) Se agrega un litro de agua a cada jarra.
- c) Se programa una agitación rápida de 120 RPM durante 1 minuto.
- d) Se incorporan volúmenes distintos de la solución patrón de coagulante en cada jarra.
- e) Se repite la agitación rápida por 1 minuto.
- f) Se identifican las jarras donde se forman mejor los flóculos y el agua presenta menor turbiedad y color.
- g) Se aplica una agitación lenta a 40 RPM durante 15 minutos.
- h) Se deja reposar el contenido de las jarras durante 10 minutos.
- i) Se registran los valores de turbiedad y color aparente; la jarra adecuada será la que tenga menos de 2 UNT y menos de 15 UPC.
- j) Se determina la dosis óptima de coagulante con base en los resultados obtenidos.

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 3903 establece el procedimiento para el ensayo de coagulación - floculación en un recipiente con agua, también conocido como método de jarras.

Para la preparación de la solución patrón de coagulante, se deben seguir las siguientes indicaciones según el tipo de coagulante:

### **Líquido**

Agregar 0,75 mL de coagulante en un beaker y completar con agua hasta alcanzar 100 ml.

## **Sólido**

Agregar 1 g de coagulante en un beaker y completar con agua hasta alcanzar 100 ml.

Esta preparación garantiza que la solución patrón utilizada en la prueba de jarras tenga una concentración del 1%.

## **2. Dosis óptima de coagulante**

La dosis óptima de coagulante se define como la cantidad adecuada de coagulante químico, ya sea puro o en solución, que debe aplicarse al agua cruda para lograr la remoción eficaz de sólidos suspendidos, color aparente y otros contaminantes, en el proceso de coagulación - floculación. Esta dosis varía según las características del agua, el tipo de coagulante utilizado y el caudal a tratar.

### **2.1. Consideraciones técnicas**

Los principales aspectos técnicos que deben considerarse para determinar la dosis óptima se presentan a continuación:

#### **Características del agua cruda**

Es indispensable medir parámetros como turbiedad, color aparente, pH y, en caso de fuentes subterráneas, se recomienda medir también el contenido de hierro.

#### **Tipo de coagulante**

La elección debe basarse en los niveles de turbiedad, color y cargas contaminantes de la fuente. Además, deben considerarse los costos y las condiciones de acceso a la planta de tratamiento.

#### **Equipo para prueba de jarras**

Es esencial que la planta cuente con este equipo, ya que su uso evita la aplicación de dosis inadecuadas que podrían comprometer la eficiencia del tratamiento o aumentar la residualidad en la red de distribución.

## 2.2. Método de cálculo

Para calcular la dosis óptima de coagulante, es necesario tener en cuenta el resultado obtenido mediante la prueba de jarras. Este se determina a partir del volumen de coagulante que, al ser agregado a una de las jarras, arrojó los mejores resultados en la remoción de turbiedad y color aparente. Una vez identificado el volumen óptimo, se multiplica por la concentración del coagulante (en mg/mL) para obtener la dosis óptima expresada en mg/L, considerando que cada jarra tiene una capacidad de 1 litro.

### Ejemplo de cálculo

- Volumen óptimo: 5 mL de solución patrón
- Concentración de la solución: 1 % (equivalente a 10 mg/mL)

El resultado que se obtiene se da en mg/L, dado que cada jarra tiene capacidad de 1 litro.

$$\text{Dosis óptima } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \text{Volumen óptimo (mL)} * \text{Concentración } \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right)$$
$$\text{Dosis óptima} = 5\text{mL} * 10 \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right)$$

La dosis óptima de coagulante puede variar según la calidad del agua cruda a tratar. Una variable clave es la turbiedad, la cual tiende a aumentar durante períodos de intensas precipitaciones en la zona de captación del agua.

### **3. Dosificación química**

La dosificación química en los procesos de potabilización es un método controlado que consiste en añadir sustancias químicas como coagulantes, estabilizadores de pH y desinfectantes al agua cruda durante su tratamiento. El objetivo es remover cargas contaminantes, de tal forma que se cumpla con los parámetros de calidad del agua para el consumo humano.

Estas sustancias se aplican en puntos específicos de la planta y en cantidades calculadas, dependiendo de las características del agua y de los objetivos del tratamiento.

#### **3.1. Principios de la dosificación**

La dosificación química en los procesos de potabilización es un método controlado que implica la adición de sustancias como coagulantes, estabilizadores de pH y desinfectantes al agua cruda durante su tratamiento. Su propósito es eliminar cargas contaminantes para cumplir con los parámetros de calidad del agua para consumo humano.

Estas sustancias se incorporan en puntos estratégicos de la planta, en cantidades previamente calculadas, según las características del agua y los objetivos del tratamiento.

Para garantizar una dosificación química efectiva y segura, deben aplicarse los siguientes principios:

## **Proporcionalidad**

La cantidad de coagulante, estabilizador de pH o desinfectante debe ajustarse al caudal de agua y a sus condiciones fisicoquímicas, cumpliendo con la normativa vigente.

## **Control**

Es esencial mantener un registro de las dosis óptimas, asegurar su correcta aplicación y monitorear especialmente las sustancias usadas para ajustar el pH, ya que errores en su uso pueden generar subproductos perjudiciales para la salud.

## **Mezcla rápida y lenta**

La planta debe disponer de un sistema para una mezcla rápida y homogénea entre el coagulante y el agua cruda, así como unidades de floculación con un gradiente de velocidad adecuado (mezcla lenta), que facilite la formación de flóculos y la clarificación del agua antes de la desinfección.

## **Uso seguro**

Los insumos químicos deben almacenarse, manipularse y aplicarse conforme a las normas de seguridad y salud en el trabajo. Se debe evitar el contacto directo, utilizar equipo de protección personal y contar con personal capacitado.

### **3.2. Consideraciones de las variables fisicoquímicas**

Para una dosificación adecuada de insumos químicos en el tratamiento del agua, es fundamental tener en cuenta diversas variables fisicoquímicas que influyen directamente en la eficacia del proceso:

## **pH**

Cuando el agua cruda presenta un pH bajo (agua ácida), es necesario realizar ajustes o estabilización mediante la aplicación de cal. No corregir el pH puede afectar negativamente la formación de flóculos, dificultando la remoción de turbiedad.

## **Turbiedad**

Es importante medirla de forma continua, lo cual permite al operario ajustar la dosis en tiempo real y aplicar una cantidad óptima de coagulante según las condiciones del agua que ingresa a la planta.

## **Color aparente**

En aguas con coloraciones visibles, puede ser necesario aplicar mayores dosis de coagulante o complementar con carbón activado. La dosis óptima debe asegurar la eliminación de color y turbiedad, ya que si solo se remueven los sólidos, el color puede persistir hasta los tanques de almacenamiento, generando inconformidad en los usuarios.

## **Hierro y magnesio**

Su remoción puede requerir una oxidación previa a la coagulación. Esto implica la necesidad de unidades de aireación y, dependiendo de su concentración, la adición de otros insumos químicos para mejorar el proceso de potabilización.

### **3.3. Errores comunes**

En los procesos de tratamiento de agua potable, es fundamental evitar ciertos errores frecuentes en la dosificación química. A continuación, se detallan los más comunes, junto con sus consecuencias:

## **Aplicación de dosis empíricas sin verificación**

Uso de cantidades fijas de insumos químicos sin realizar la prueba de jarras ni ajustar según la calidad del agua. Esto genera un tratamiento deficiente, acumulación de residuos químicos, afectaciones en la salud y falta de cumplimiento de las normativas sanitarias.

## **Sobredosificación**

Uso excesivo de producto con la falsa creencia de que mayor cantidad implica mejores resultados. En el caso de desinfectantes, puede producirse exceso de cloro, formación de partículas tóxicas, impactos en la salud de los usuarios, deterioro de redes y sobrecostos.

## **No ajustar el pH del agua**

Aplicación de coagulantes sin verificar el nivel de pH del agua cruda, lo que reduce la capacidad de floculación e impide alcanzar los parámetros requeridos en la calidad del agua tratada.

## **Ausencia de registros y trazabilidad**

Falta de seguimiento sistemático sobre las dosis utilizadas y las características del agua cruda. Esto conduce a un uso innecesario de insumos, pérdida de control operativo y dificultad para implementar ajustes técnicos.

## **3.4. Unidades de medida**

En la operación de plantas de tratamiento de agua potable, es indispensable utilizar correctamente las unidades de medida, tanto para la medición del caudal como para la dosificación de insumos químicos.



## Medición del caudal

Es fundamental medir con precisión el caudal del agua cruda, ya que este valor es clave para calcular las cantidades adecuadas de productos químicos a aplicar.

- Los instrumentos comúnmente utilizados incluyen la canaleta Parshall, vertedero o canales, adecuados para flujo libre.
- Las mediciones pueden realizarse mediante lectura directa con regleta o por medio de sensores electrónicos o ultrasónicos.

## Unidades para la dosificación de insumos químicos

A continuación, se presentan las unidades más comunes empleadas en la dosificación química dentro del proceso de potabilización:

**Tabla 1.** Unidad de medida

Característica	Unidad de medida
Dosis óptima	mg/L
Concentración	% o mg/mL
Descarga de coagulante líquido	mL/min o g/min
Descarga de cloro gaseoso	Lb/día

### 3.5. Fórmulas por tipo de insumo

Las fórmulas de cálculo para la dosificación de insumos en la potabilización de agua pueden variar dependiendo de las condiciones técnicas de operación de la planta y de los manuales propios de cada planta; a continuación, se presentan ejemplos para el cálculo de la dosificación de algunos coagulantes y desinfectantes.

## Dosificación hidroxiclорuro de aluminio (PAC)

Tomando como referencia el manual de operación de la planta de agua potable del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (2019), cuando se aplica diluido, la fórmula para la dosificación cuando se tratan caudales bajos inferiores a (1 L/s) en plantas para pequeñas poblaciones, es:

$$\text{Dosis de coagulante } \left( \frac{\text{mL}}{\text{min}} \right) = \frac{Q * \text{Dosis óptima}}{C} * 60$$

Dónde:

**Q:** caudal de agua cruda en L/s.

**Dosis óptima:** dosis calculada con la prueba de jarras expresada en mg/L.

**C:** concentración de la solución expresada en mg/mL.

Cuando se aplica concentrado, la fórmula para dosificar es la siguiente:

$$\text{Dosis de coagulante } \left( \frac{\text{mL}}{\text{min}} \right) = \frac{Q * \text{Dosis óptima}}{22}$$

Dónde:

**Q:** caudal de agua cruda en L/s.

**Dosis óptima:** dosis calculada con la prueba de jarras expresada en mg/L.

**C:** concentración de la solución expresada en mg/mL.

Concentración que hace referencia al contenido de aluminio del compuesto químico.

## Dosificación de sulfato de aluminio

Es uno de los coagulantes más tradicionales, ideal para aguas con turbiedad moderada a alta.

$$\text{Dosis de coagulante } \left( \frac{\text{g}}{\text{min}} \right) = \frac{Q * \text{Dosis óptima} * 60}{1000}$$

Dónde:

**Q:** caudal de agua cruda en L/s.

**Dosis óptima:** dosis calculada con la prueba de jarras expresada en mg/L.

**60:** constante para convertir segundos a minutos.

**1000:** factor de conversión para pasar mg a g.

## Dosificación de cloro gaseoso

Utilizado en sistemas de desinfección a gran escala por su alta efectividad y estabilidad.

$$\text{Dosis de coagulante } \left( \frac{\text{lb}}{\text{día}} \right) = \frac{Q * \text{Dosis cloro} * 86400}{454 * 1000}$$

Dónde:

**Q:** caudal de agua cruda en L/s.

**Dosis óptima:** dosis de cloro a aplicar; en algunos casos en planta, se busca que el agua tenga la máxima concentración permitida según Resolución 2115 de 2007, que para el cloro residual es de 2 mg/L.

**454:** gramos que tiene una libra americana.

**1000:** factor de conversión para pasar g a mg.

## Dosificación de cloro líquido

Cuando se aplica cloro en forma diluida, la fórmula para la dosificación en plantas que tratan caudales bajos (menores a 1 L/s), típicas de pequeñas poblaciones, es:

$$\text{Dosis de cloro líquido } \left( \frac{\text{mL}}{\text{min}} \right) = \frac{Q * \text{Dosis cloro}}{C} * 60$$

Dónde:

**Q:** caudal de agua cruda en L/s.

**Dosis cloro:** cantidad de cloro a aplicar; En algunos casos, se busca alcanzar la concentración máxima permitida de cloro residual en el agua tratada, según la Resolución 2115 de 2007, la cual establece un límite de 2 mg/L.

**C:** concentración de la solución de cloro, expresada en mg/mL.

La dosificación de cloro sólido puede variar según la concentración del producto, el caudal de tratamiento y las condiciones técnicas de la planta.

En estos casos, es esencial una correcta preparación de la solución para asegurar una desinfección eficaz y evitar situaciones de sobrecloración.

## **4. Equipos de dosificación**

Los equipos de dosificación se utilizan para suministrar una cantidad fija y controlada de producto químico en el proceso de tratamiento. Estos dispositivos permiten una alta precisión volumétrica, así como continuidad y reproducibilidad en la operación. Existen dos tipos principales:

### **Volumétrico**

Dosifica el producto según un volumen predeterminado.

### **Gravimétrico**

Dosifica el producto en función de la masa, mediante pesaje preciso.

### **4.1. Bombas dosificadoras**

Las bombas dosificadoras están diseñadas para inyectar productos químicos líquidos en un flujo de agua, en cantidades pequeñas pero constantes. Requieren un control preciso del caudal, el cual debe ser ajustable de forma lineal, asegurando reproducibilidad, repetitividad y la presión adecuada del volumen desplazado.

Se emplean comúnmente para dosificar cloro, soda, coagulantes, polímeros y floculantes. Los tipos más comunes:

- Bombas de diafragma.
- Bombas electromagnéticas.
- Bombas electromecánicas.

## **Dosificadores de cloro gaseoso**

El cloro gaseoso se almacena en cilindros de diversos tamaños; los de uso municipal pueden alcanzar las 1,5 toneladas. Para su dosificación, los cilindros cuentan con:

### **Válvula reguladora**

Controla la salida del gas desde el cilindro.

### **Medidor de flujo (rotámetro)**

Indica la cantidad de gas dosificado (g/h o lb/día).

### **Inyectores**

Utilizan vacío generado por el agua para succionar y disolver el cloro en la corriente. Es esencial disponer de tanques de contacto para mejorar la eficiencia.

## **Dosificadores de coagulante sólido**

Estos sistemas están diseñados para preparar una mezcla homogénea que favorezca el proceso de floculación. Están compuestos por:

- Tolva de alimentación.
- Tornillo dosificador.
- Tanque de disolución.
- Agitadores.

Cada componente contribuye a garantizar una dosificación uniforme y eficiente del coagulante sólido.

## **4.2. Recomendaciones para el manejo de equipos dosificadores**

Para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos dosificadores de insumos químicos en las plantas de tratamiento de agua potable, es importante seguir una serie de recomendaciones en las fases de instalación, selección de materiales, operación y mantenimiento.

### **Instalación**

A continuación, se indican los aspectos clave a tener en cuenta durante la instalación del equipo dosificador:

#### **Verificar el estado del equipo**

Asegúrese de que el equipo esté en buenas condiciones al momento de la compra y revise las instrucciones del fabricante.

#### **Confirmar el caudal máximo**

Este dato es fundamental para el cálculo adecuado de la dosificación.

#### **Superficie adecuada**

El equipo debe instalarse sobre una superficie nivelada y firme para evitar fallos operativos.

#### **Selección de materiales compatibles**

Es fundamental elegir materiales que aseguren durabilidad y compatibilidad química con el insumo a dosificar:



### **Compatibilidad química**

Asegúrese de que los accesorios y componentes de la bomba dosificadora sean resistentes al producto que se va a utilizar.

### **Cuidado con el cloro líquido**

Este insumo puede cristalizarse en las mangueras, dificultando el proceso de desinfección si los materiales no son adecuados.

### **Operación y mantenimiento**

Durante el funcionamiento continuo del sistema, se deben aplicar estas recomendaciones para garantizar eficiencia y seguridad:

#### **Verificación inicial**

Compruebe que la cantidad descargada por el equipo coincida con la dosis calculada.

#### **Revisión diaria**

Monitoree el funcionamiento general del equipo y sus accesorios.

#### **Control de fugas**

Revise frecuentemente para detectar posibles fugas.

#### **Limpieza periódica**

Realice mantenimientos regulares de válvulas, filtros y bombas para evitar obstrucciones o fallas.

## **5. Seguridad y salud en el trabajo**

El manejo seguro de insumos químicos en procesos de potabilización requiere que el personal operativo tome precauciones específicas, dependiendo del tipo de producto utilizado. Estas medidas buscan proteger la integridad física de los trabajadores y garantizar la operación segura de la planta.

### **5.1. Uso seguro del cloro gaseoso**

El cloro gaseoso representa uno de los productos más riesgosos en plantas de tratamiento. Su manipulación exige conocimiento técnico y protocolos de seguridad estrictos, tal como lo indica SURA (2011).

#### **Riesgos asociados al cloro gaseoso**

A continuación, se listan los principales peligros vinculados al uso de este insumo:

##### **Explosión e incendio**

El cloro puede reaccionar violentamente con materiales combustibles.

##### **Alta toxicidad**

Es un gas corrosivo y peligroso por inhalación.

##### **Fugas por fallas en dispositivos**

Un equipo defectuoso puede liberar cloro al ambiente.

#### **Recomendaciones para su manipulación**

A continuación, se presenta un pódcast sobre las recomendaciones esenciales para el manejo seguro del cloro gaseoso en cilindros, enfocado en la prevención de riesgos y el cumplimiento de protocolos de seguridad industrial.

### **Transcripción del audio:** recomendaciones para su manipulación

Hola, bienvenidos a este nuevo episodio del curso virtual. Hoy hablaremos sobre un tema muy importante para la seguridad industrial, el manejo seguro del cloro gaseoso en cilindros. Así es Andrés, aunque este gas es muy utilizado en procesos industriales y en el tratamiento de agua, su manipulación exige mucha precaución por su alta toxicidad y reactividad.

La primera recomendación es realizar una inspección cuidadosa del sistema de dosificación antes de usarlo. Además, nunca puede faltar el uso completo del equipo de protección personal durante cualquier actividad relacionada con almacenamiento o manipulación del cloro y no olvides que siempre debe haber un acompañante en estas zonas.

También es clave abrir con cuidado las válvulas reguladoras, evitando forzar el mecanismo, nada de improvisar. Otra cosa, los cilindros siempre deben almacenarse en espacios ventilados y con su protector de válvula bien puesto cuando no estén en servicio.

Finalmente, durante la extracción del gas, se debe usar un regulador de presión adecuado. Hay que evitar el contacto del cloro con grasas o aceites y estar atentos a posibles fugas. Para detectarlas, lo mejor es usar amoníaco, que reacciona con el cloro generando una nube blanquecina muy visible.

Con estas recomendaciones, podemos prevenir accidentes y garantizar un entorno de trabajo mucho más seguro. Recuerda, la seguridad comienza con la información. Nos escuchamos en el próximo episodio.

## **Elementos de protección personal recomendados**

El personal encargado de manipular cloro gaseoso debe estar equipado con:

- Respirador tipo full-face.
- Guantes de butilo o neopreno.
- Botas de seguridad.
- Ropa de seguridad industrial.

### **5.2. Uso seguro del cloro líquido**

El cloro líquido requiere condiciones de seguridad específicas tanto en su almacenamiento como en el proceso de dosificación. A continuación, se presentan las recomendaciones para su uso adecuado:

#### **Evitar contacto ocular**

Puede causar irritación severa en los ojos.

#### **Evitar contacto directo con la piel**

Puede generar quemaduras o reacciones cutáneas.

#### **Ventilación adecuada**

Utilizar en espacios abiertos o bien ventilados para evitar acumulación de vapores.

#### **Uso de EPP**

Aplicar equipo de protección adecuado según el tipo de exposición.

#### **Cuidado con materiales metálicos**

Evitar el contacto con hierro o aluminio, ya que el cloro líquido genera corrosión.

### **Revisión de bombas dosificadoras**

Estas tienden a incrustarse u obstruirse, por lo que se requiere mantenimiento periódico.

### **5.3. Uso seguro del sulfato de aluminio**

El sulfato de aluminio es un coagulante ampliamente utilizado, especialmente en plantas pequeñas. Su manipulación también requiere medidas de precaución para evitar riesgos al personal operativo (Trujillo, 2021).

#### **Evitar contacto ocular**

Puede causar irritación en ojos sensibles.

#### **No inhalar vapores**

Puede generar molestias respiratorias si se inhala de forma prolongada.

#### **Ventilación del área**

Trabajar en espacios abiertos o ventilados.

#### **Uso de EPP**

Implementar protección personal adecuada.

#### **Tanques resistentes**

Almacenar el producto en recipientes anticorrosivos.

Nota. El sulfato de aluminio es ligeramente corrosivo y, con el tiempo, puede afectar a la mayoría de los metales si no se toman precauciones.

## **5.4. Uso seguro del cloro gaseoso**

El hidroxiclорuro de aluminio (PAC) es un coagulante líquido ampliamente utilizado en plantas de tratamiento de agua potable, especialmente por su eficacia en la formación de flóculos adaptados a las características del agua cruda. Para su uso seguro, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

### **Almacenamiento adecuado**

Guardar en tanques cerrados fabricados en plástico o fibra de vidrio, resistentes a la corrosión.

### **Protección ocular y facial**

Utilizar visor de acetato, monogafas de seguridad o careta, especialmente durante la preparación y manipulación.

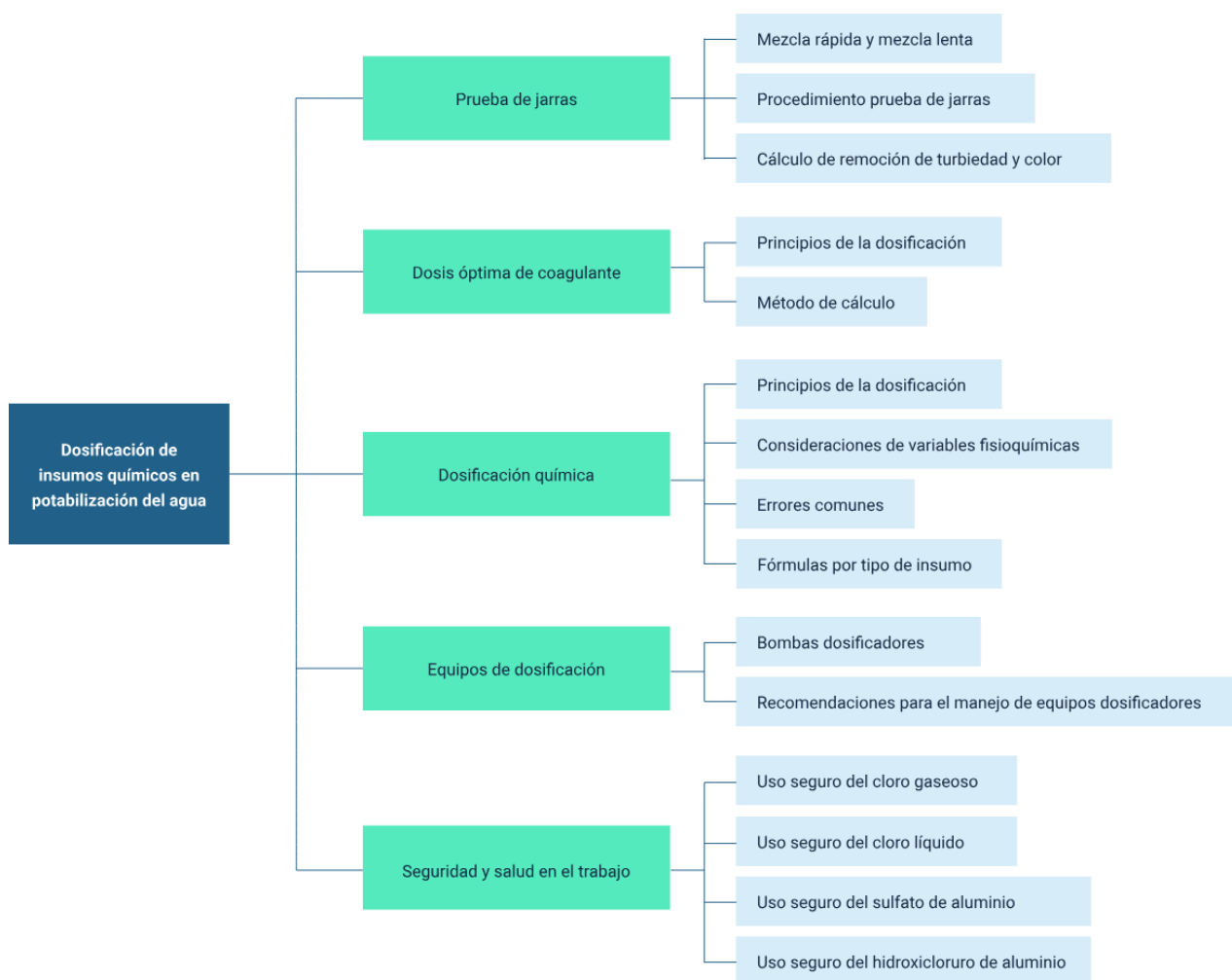
### **Prevención de impactos ambientales**

Evitar vertimientos del producto a cuerpos de agua naturales.

Este coagulante puede ser aplicado en solución diluida, lo cual facilita su manejo y mejora el funcionamiento de las bombas dosificadoras, especialmente en plantas que tratan caudales bajos.

## Síntesis

A continuación, se presenta una síntesis de la temática estudiada en el componente formativo.



## Material complementario

Tema	Referencia APA del material	Tipo	Enlace
Pruebas de jarras	ICONTEC (2010). Procedimiento para el ensayo de coagulación - floculación en un recipiente con agua o método de jarras.	Norma Técnica Colombiana	<a href="https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/pdf/view/viewer.aspx?locale=en-US&amp;Q=AD90541E52F7CAF7D7C448E55D04EF2E1&amp;Rege">https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/pdf/view/viewer.aspx?locale=en-US&amp;Q=AD90541E52F7CAF7D7C448E55D04EF2E1&amp;Rege</a>



## Glosario

**Cloración:** aplicación de cloro al agua, generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables.

**Coagulantes:** sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.

**Dosificación:** acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.

**Dosificador:** es un dispositivo mecánico o hidráulico diseñado para introducir una sustancia química al agua.

**Dosis óptima:** concentración que produce la mayor eficiencia de reacción en un proceso químico.

## Referencias bibliográficas

ICONTEC (2010). Procedimiento para el ensayo de coagulación -floculación en un recipiente con agua o método de jarras.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). Resolución 330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>

Murillo, S., Galvis, G y Pacheco, S. (2020). Manual técnico para la elaboración de coagulantes – floculantes a partir de productos naturales. Primera edición. La Dorada Caldas. Servicios Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro Pecuario y Agroempresarial.

SURA (2011). Manejo seguro del gas cloro.

[https://www.arlsura.com/files/manejo\\_seguro\\_gas\\_cloro.pdf](https://www.arlsura.com/files/manejo_seguro_gas_cloro.pdf)

Trujillo, P. (2021). Hoja de datos de seguridad sulfato de aluminio.

<https://isquisa.com/assets/files/HDSLISTOS/SALES/HDS-Sulfato%20de%20Aluminio%20L%C3%ADquido..pdf>

## Créditos

Nombre	Cargo	Centro de Formación y Regional
Milady Tatiana Villamil Castellanos	Líder del ecosistema	Dirección General
Olga Constanza Bermúdez Jaimes	Responsable de línea de producción Huila	Dirección General
Deya Maritza Cortes Enríquez	Experta temática	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila
Paola Alexandra Moya	Evaluadora instruccional	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila
Carlos Julián Ramírez Benítez	Diseñador de contenidos digitales	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila
Cielo Damaris Angulo Rodríguez	Desarrollador full stack	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila
Aixa Natalia Sendoya Fernández	Validador de recursos educativos digitales	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila
Jaime Hernán Tejada Llano	Validador de recursos educativos digitales	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila
Raúl Mosquera Serrano	Evaluador para contenidos inclusivos y accesibles	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila
Daniel Ricardo Mutis Gómez	Evaluador para contenidos inclusivos y accesibles	Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila