



Resolución de Gerencia General

N° 041-2021-UESST/GG

Tumbes, 10 de junio de 2021

VISTO: El Informe del Informe N° 146-2021-UESST-PD de la Unidad de Producción y Distribución de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes;

CONSIDERANDO:

Que, el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento, como organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en marco de la Resolución Ministerial N° 374-2018-VIVIENDA, formaliza a través de la Resolución Directoral N° 095-2018-OTASS-DE, la creación de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes en el Pliego 207: Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento, encargado a partir del 01 de diciembre de 2018, prestar los servicios de saneamiento en el ámbito de Tumbes, Zarumilla y Contralmirante villar;

Que, de acuerdo al Manual de Gestión Operativa de la Unidad Ejecutora 002 Servicio de Saneamiento Tumbes, aprobado por Resolución de Consejo Directivo N° 009-2018-OTASS/CD, el gerente general es el máximo órgano de gestión administrativa, de la referida unidad ejecutora, responsable de ejecutar las decisiones acordadas por la Dirección Ejecutiva del OTASS;

Que, el artículo 56 de la Resolución Directoral N° 009-2018-OTASS/CD, preceptúa que la Unidad de Producción y Distribución es la unidad orgánica que depende de la Gerencia de Operaciones, responsable de planificar, formular, proponer, dirigir, ejecutar y controlar las operaciones del sistema de tratamiento de agua potable, de las redes de distribución primarias y secundarias, así como desarrollar acciones de control de las pérdidas físicas no visibles en el sistema de distribución;

Que, a través del Informe N° 146-2021-UESST-PD de la Unidad de Producción y Distribución de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes, solicita a la Gerencia General la aprobación del procedimiento de prueba de jarras para determinar la dosis óptima de coagulante y/u otro insumo químico a dosificar en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes, con el objeto de alcanzar los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua Potable, norma vigente en el País;

Que, en ese sentido y estando a lo informado por los documentos de Vistos, resulta necesario expedir el acto resolutorio que aprueba el procedimiento de prueba de jarras para determinar la dosis óptima de coagulante y/u otro insumo químico a dosificar en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes, con el objeto de alcanzar los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua Potable, norma vigente en el País;





Resolución de Gerencia General

Con el visado de la Gerencia de Operaciones y de la Oficina de Asesoría Jurídica;

De conformidad con lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 374-2018-VIVIENDA, que declara la caducidad del contrato de concesión, la Resolución Directoral N° 095-2018-OTASS-DE, que crea la Unidad Ejecutora 002 denominada Servicios de Saneamiento Tumbes y la Resolución de Consejo Directivo N° 009-2018-OTASS/CD;

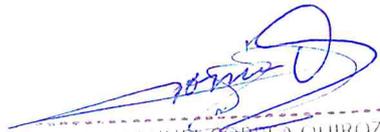
SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobar el procedimiento de prueba de jarras para determinar la dosis óptima de coagulante y/u otro insumo químico a dosificar en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes, con el objeto de alcanzar los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua Potable, norma vigente en el País, que en anexo adjunto forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2.- La Unidad de Producción y Distribución de la Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes, será responsable de cumplir con lo dispuesto en el artículo 1 de la presente resolución, en el marco de sus competencias, para lo cual debe ser comunicado con el contenido de la presente resolución.

Artículo 3.- Disponer la publicación de la presente resolución y el anexo en el Portal Institucional: www.aquatumbes.gob.pe.

Regístrese, comuníquese y archívese.



PERCY MANUEL CORREA QUIROZ
Gerente General
Unidad Ejecutora Servicios de
Saneamiento Tumbes





PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Organismo Técnico de la
Administración de los
Servicios de Saneamiento

Unidad Ejecutora 002
Servicios de
Saneamiento Tumbes

Gerencia de
Operaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
" Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia "

**PLANTAS DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE BAJO EL
ÁMBITO DE LA UNIDAD
EJECUTORA 002 SERVICIOS DE
SANEAMIENTO TUMBES (AGUA
TUMBES)**

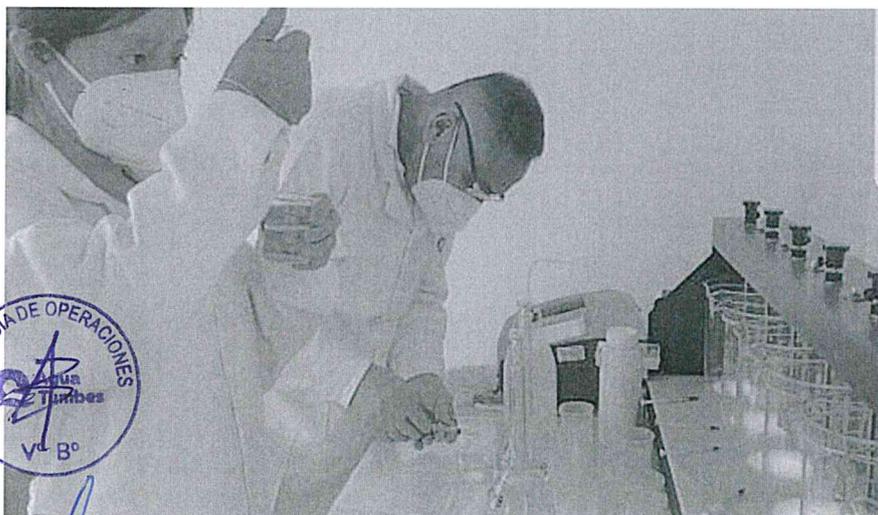
**PROCEDIMIENTO DE
PRUEBA DE JARRAS**

**UNIDAD
EJECUTORA 002
SERVICIOS DE
SANEAMIENTO
TUMBES**

**UNIDAD DE
PRODUCCION Y
DISTRIBUCIÓN**

**JEFE ENCARGADA
Mg.Sc.ING. KARLA
MELISSA EFFIO
ALBÚJAR**

TUMBES - 2021



BICENTENARIO
PERÚ 2021

Jr. José Jiménez S/N, Barrio El Milagro, Tumbes.
Fono Agua: (072) 600 427
Alerta Agua Tumbes: 960 807 419
Página web: www.aquatumbes.gob.pe
Trámite documentario: buzonvirtual@aquatumbes.gob.pe
Atención a reclamos: fonoaguas@aquatumbes.gob.pe



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Organismo Técnico de la
Administración de los
Servicios de Saneamiento

Unidad Ejecutora 002
Servicios de
Saneamiento Tumbes

Gerencia de
Operaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
" Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia "

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE JARRAS



BICENTENARIO
PERÚ 2021

Jr. José Jiménez S/N, Barrio El Milagro, Tumbes.
Fono Agua: (072) 600 427
Alerta Agua Tumbes: 960 807 419
Página web: www.aquatumbes.gob.pe
Trámite documentario: buzonvirtual@aquatumbes.gob.pe
Atención a reclamos: fonoaguas@aquatumbes.gob.pe



PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento

Unidad Ejecutora 002 Servicios de Saneamiento Tumbes

Gerencia de Operaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 4
II. OBJETIVOS 4
2.1. OBJETIVO GENERAL 4
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 5
III. MARCO TEÓRICO 5
3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN: 5
3.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FLOCULACIÓN: 6
3.3. PRUEBA DE JARRAS 6
3.4. EQUIPO PRUEBA DE JARRAS 7
3.5. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS 8
3.5.1. Soluciones químicas empleadas 9
3.5.2. Tamaño del flóculo producido 9
3.5.3. Tiempo inicial de formación del flóculo 10
3.5.4. Determinación de pH, alcalinidad, coagulante, turbiedad, color residual y/u otros parámetros que se requiera 11
3.6. PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN 11
IV. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL EN EL LABORATORIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO DE AGUA TUMBES 12
4.1. EQUIPOS Y/O MATERIALES 12
4.2. INDUMENTARIAS DEL PERSONAL 12
4.3. REACTIVOS 12
4.4. MUESTRA DE ANALISIS 12
4.5. PREPARACIÓN DE LA SOLUCION DEL COAGULANTE Y/U OTRO INSUMO QUÍMICO QUE SE DOSIFICA EN LAS PTAP 12
4.6. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE COAGULANTE Y/U OTRO INSUMO QUE SE APLICA A CADA JARRA MEDIANTE LA ECUACION DE BALANCE DE MASAS 13
4.7. PROCEDIMIENTO 14
4.7.1. Procedimiento para las PTAP de Agua Tumbes 14
V. CRITERIOS DE EVALUACIÓN 17
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17





PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Organismo Técnico de la
Administración de los
Servicios de Saneamiento

Unidad Ejecutora 002
Servicios de
Saneamiento Tumbes

Gerencia de
Operaciones

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el creciente interés por el tema Ambiental y de Salud Pública, los estándares internacionales de calidad y medio ambiente ha motivado el surgimiento de nuevas normas que implican una evaluación de los procesos existentes de potabilización y una mayor exigencia ambiental a los nuevos proyectos.

Las comunidades peruanas se enfrentan hoy al reto de mejorar sus sistemas de potabilización de agua, ya que se tiene que cumplir con las normas técnicas de calidad del agua potable que son las siguientes: Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos convencionales, en los que se indican los valores máximos de cada parámetro para un mejor tratamiento y, el Decreto Supremo N°031-2010-S.A. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en el cual se establece los límites máximos permisibles de los parámetros físicos, fisicoquímico y microbiológicos en el agua potabilizada. Asimismo, para cumplir con estos valores que exige la normativa vigente, el agua pasa por diferentes procesos de tratamiento físicos y químicos, donde es importante la adición de ciertos insumos químicos; como los coagulantes y polímeros, que son primordiales para dicho proceso, razón por la cual existe la necesidad de realizar los ensayos de jarras para una mejor dosificación de los insumos en una planta de tratamiento de agua potable.

Para efectuar los ensayos de simulación de procesos con los insumos químicos en una Planta de Tratamiento de Agua Potable (En adelante PTAP), se realizan las pruebas de jarras, que es un procedimiento usado en los diseños de las PTAP, así como para lograr eficiencia en el tratamiento, determinando la dosis óptima de los insumos químicos a usar en la PTAP; es así, que estos también son usados en los laboratorios de producción donde se busca alcanzar eficiencia en el tratamiento del agua y que se utiliza en el laboratorio de las instalaciones de la PTAP bajo el ámbito de Agua Tumbes; el propósito de este ensayo es determinar qué tipo de coagulante y/o coadyuvante, así como la dosis, genera la más rápida desestabilización de las partículas coloidales, formando un floc lo suficientemente pesado como para ser rápidamente separado en la sedimentación por el efecto de la gravedad; asimismo, con este ensayo se puede determinar la dosificación óptima de los insumos que se aplican en las PTAP. Por último, la prueba de jarras también permite ajustar el pH para un mejor tratamiento del agua.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la prueba de Jarras para determinar la dosis óptima de coagulante y/u otro insumo químico a dosificar en las PTAP de Agua Tumbes, con el objeto de alcanzar los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua Potable, norma vigente en el País.



BICENTENARIO
PERÚ 2021

Jr. José Jiménez S/N, Barrio El Milagro, Tumbes.
Fono Agua: (072) 600 427
Alerta Agua Tumbes: 960 807 419
Página web: www.aquatumbes.gob.pe
Trámite documentario: buzonvirtual@aquatumbes.gob.pe
Atención a reclamos: fonoaguas@aquatumbes.gob.pe



2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.

- ✓ Manejar del equipo de jarras en las instalaciones de la PTAP.
- ✓ Determinar la dosis óptima del insumo químico.
- ✓ Determinar la concentración óptima del insumo químico.
- ✓ Determinar el pH óptimo para un mejor tratamiento.
- ✓ Justificar que coagulante tiene mejor desempeño en remoción.
- ✓ Determinar los coadyuvantes de floculación que permiten la remoción de elementos durante el tratamiento del agua cruda.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN:

- pH: Es la variable más influyente en el proceso de coagulación, dado que, si este se desarrolla fuera del rango de pH, se disminuye la solubilidad del coagulante en el agua y se van a requerir concentraciones más altas del mismo, además tomará mayor tiempo para la formación del floculo.

El pH es un indicador de la concentración de los iones hidrógeno en solución $pH = \log_{10} (H^+)$ y debería ser leído con una sensibilidad de 0.01 unidades en el medidor de pH con electrodos de vidrio y para referencia de calomel, que dispone de un compensador de temperatura. Este medidor debe ser calibrado con una solución amortiguadora fresca, cuyo pH está en el rango de operación deseada. En general, para la medición de aguas naturales y tratadas en plantas de potabilización, se requiere una precisión de 0.05 unidades.

- Turbiedad: Es la variable más influyente en el proceso de coagulación, la turbiedad es la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión, si la turbiedad se desarrolla fuera del rango de pH se disminuye la solubilidad del coagulante en el agua y se van a requerir concentraciones más altas del mismo, además tomará mayor tiempo para la formación del floculo.

La medición de la turbiedad del agua se considera como el parámetro más importante para caracterizar los procesos y, se logra mediante el uso de un turbidímetro convencional que mide la intensidad de la luz que pasa a través de una muestra de agua o la intensidad de la luz que es dispersada por la partícula en suspensión que está presente en la muestra.

- Agitación y mezcla: La eficiencia del proceso está determinada por la agitación de la mezcla de agua con el coagulante, que asegura que la concentración de este sea uniforme en toda la solución; la intensidad y tiempo de mezcla determinan la distribución adecuada de coagulante; el tiempo de agitación dependerá del tipo de mezcla con la que cuentan las PTAP, puede ser hidráulica (resalto hidráulico) o mecánica (agitadores).
- Tamaño de las partículas: Si las partículas coloidales son muy pequeñas se requiere la adición de mayor cantidad de coagulante, mientras que si las partículas son muy grandes se dificulta la formación del floculo.





- Temperatura del agua: La variación de la temperatura afecta la densidad del agua, un aumento en este parámetro modifica la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que el proceso de coagulación es más lento en temperaturas elevadas; de igual forma bajas temperaturas ocasionan un aumento en la viscosidad del agua y por consiguiente dificulta la sedimentación del floculo.
- Dosis del coagulante: La dosis óptima de coagulante se determina mediante test de jarras (Ensayo que constituye el método más sencillo para evaluar el acondicionamiento químico y es el mismo que se usa para ensayos convencionales de coagulación), que es de vital importancia considerando que cantidades muy pequeñas de coagulante, impiden la neutralización total de la carga del coloide por lo que la formación de floculos es mínima; mientras que dosis muy altas de coagulante invierten la carga de las partículas coloidales haciendo que se formen gran cantidad de floculos pequeños que se tardan demasiado en sedimentar.

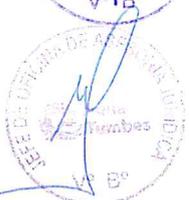
3.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FLOCULACIÓN:

- Concentración y naturaleza de las partículas: La velocidad de formación del floculante es proporcional a la concentración de partículas en el agua y del tamaño inicial de estas.
- Tiempo de retención hidráulica: La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de retención, debe estar lo más cerca posible al óptimo, determinado por el método de trazadores en cada una de las unidades de la planta de tratamiento.
- Gradiente de velocidad: Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas; existe un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento del floculante. El gradiente a través de las cámaras debe ser decreciente y no se deben tener cámaras intermedias con gradientes elevados.

3.3. PRUEBA DE JARRAS

En la prueba de jarras se utiliza variaciones en la dosis del polímero, coagulante y/o cualquier otro insumo coadyuvante usados en las PTAP; estas dosificaciones variadas, se aplica en cada jarra (generalmente 6 jarras), permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica a través del proceso de floculación, es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, permitiendo además realizar el ajuste en el pH de cada muestra hasta llegar a los valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados (generalmente entre 7.3 a 7.6).

El conocimiento y destreza para realizar el ensayo son fundamentales para determinar la dosis óptima de coagulante a aplicar al agua. Se considera que es





una labor relevante para lograr buenos niveles de eficiencia con los insumos químicos. El procedimiento esencialmente es el mismo para cualquier tipo de coagulante a utilizar, en las PTAP.

3.4. EQUIPO PRUEBA DE JARRAS

En el laboratorio de producción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, uno de los equipos más usados en el tratamiento de las aguas como elemento de control de la coagulación es el equipo de prueba de jarras; G. W. Fuller, J. Cairrol y E. Theirault son precursores de la prueba de jarras como modelo predictivo.

En la actualidad constituye un equipo de uso obligatorio en todas las PTAP, según lo exige el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Normalmente estos equipos constan de los siguientes elementos:

- ✓ Un agitador mecánico provisto con tres a seis paletas, capaz de operar a velocidades variables (de 0 a 100 revoluciones por minuto; actualmente pueden obtenerse equipos que operan con velocidades de hasta 400 revoluciones por minuto).
- ✓ Un iluminador de flóculos localizado en la base del agitador del equipo.
- ✓ Vasos de precipitado de 2 litros de capacidad, de cristal refractario, tal como se presentan en la figura N°01.
- ✓ En la actualidad los equipos de jarras cuentan con un panel de control, donde se realiza las programaciones de las Revoluciones por Minuto (RPM) y los tiempos de agitación.
- ✓ Tomador de muestra, cada jarra cuenta con su tomador de muestra.

Figura N°01: Equipo de Jarras

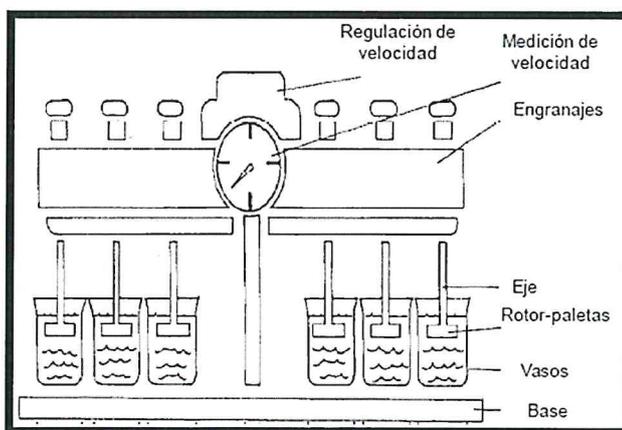
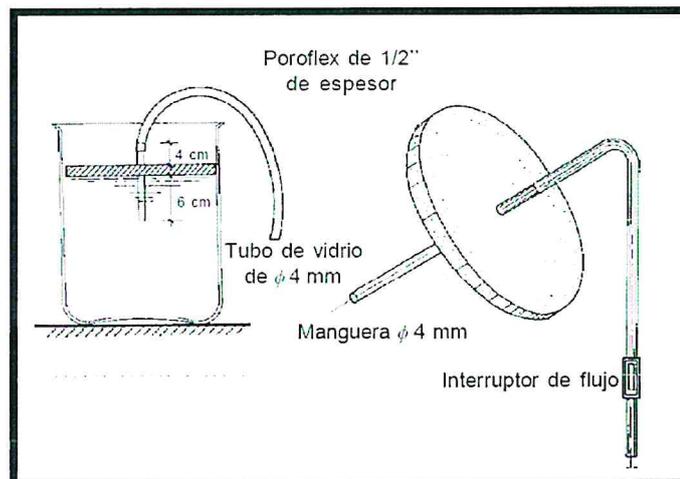




Figura N°02: Sifón para la toma de muestras



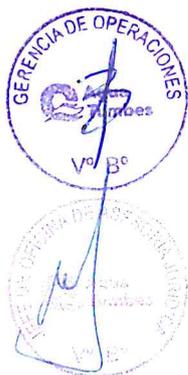
3.5. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS

En los ensayos experimentales se imponen ciertos controles que sirven para evaluar los efectos producidos al variar el valor del parámetro que está siendo medido. Cuando los ensayos se efectúan con el equipo de prueba de jarras, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Equipo usado para la prueba.
- 2) Análisis de laboratorios requeridos.
- 3) Dosis de coagulante.
- 4) Concentración del coagulante.
- 5) Sistema de adición del coagulante.
- 6) Dosificación del ayudante de floculación.
- 7) Sistema de adición del ayudante de floculación.
- 8) Tiempo de duración y gradiente de velocidad de la mezcla rápida.
- 9) Tiempo de duración y gradiente de velocidad de la mezcla lenta.
- 10) Sistema de toma de muestra.

Entre las observaciones generales que se deben tener en cuenta al ejecutar la prueba de jarras, tenemos:

- a) El tiempo y secuencia de dosificación: En algunas oportunidades el coagulante se adiciona a cada vaso (muestra) a diferentes tiempos según su turno, por lo que tal procedimiento es inefectivo, particularmente cuando se usan ayudantes de coagulación, debido a que el tiempo entre la adición del coagulante y el ayudante siempre es crítico.
- b) En todos los casos, después de dosificados y mezclados los coagulantes con el agua, se debe tener en cuenta lo siguiente:





3.5.1. Soluciones químicas empleadas

Las soluciones de coagulantes, ayudantes de coagulación y otros productos químicos que se van a usar en las pruebas de coagulación deben ser preparados en concentraciones tales que puedan ser medidas de manera conveniente y precisa.

En los laboratorios de las PTAP, es mejor preparar las soluciones para los ensayos con los mismos coagulantes que se usan en la planta y no con reactivos purificados de laboratorio.

Cuadro N°01. Soluciones patrón para la prueba de coagulación

Producto químico	Concentración de la solución patrón o suspensión	Prepare una solución nueva después de	Notas
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 16 H_2O$	10% (0,86% Al)	1 ó 2 meses	
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9 H_2O$	10% (2% Fe)	1 mes	Renovar la solución si se pone opalescente.
Almidón soluble	0,5%	2 días	Diluir 10 veces inmediatamente antes del uso.
Derivados de poliacrilamida	0,05%	1 mes	La solución debe tener, por lo menos, un día. Diluir 10 veces antes de su uso.
H_2SO_4	0,1 N	3 meses	
NaOH	0,1 N	1 mes	
Tierra fuller	0,5%	3 meses	Agitar bien antes de usar.

Fuente: OPS/CEPIS

El reactivo principal es la solución del coagulante (sulfato de aluminio, cloruro o sulfato férrico, etc.) y, se prepara agregando agua destilada a 100 gr de coagulante hasta completar el volumen de 1,000 ml, con lo que se obtiene una solución de 10% que se puede conservar como solución patrón, por un tiempo determinado.

3.5.2. Tamaño del floculo producido

Se observa el tamaño del floculo producido y se lo evalúa cualitativamente según sus características. Su tamaño puede expresarse según el índice de Willcomb, Se escoge como dosis óptima la jarra que produce una partícula más grande, aunque no siempre el mayor tamaño de partículas produce la mayor velocidad de asentamiento aparente y que deje ver el agua más cristalina entre los floculos.



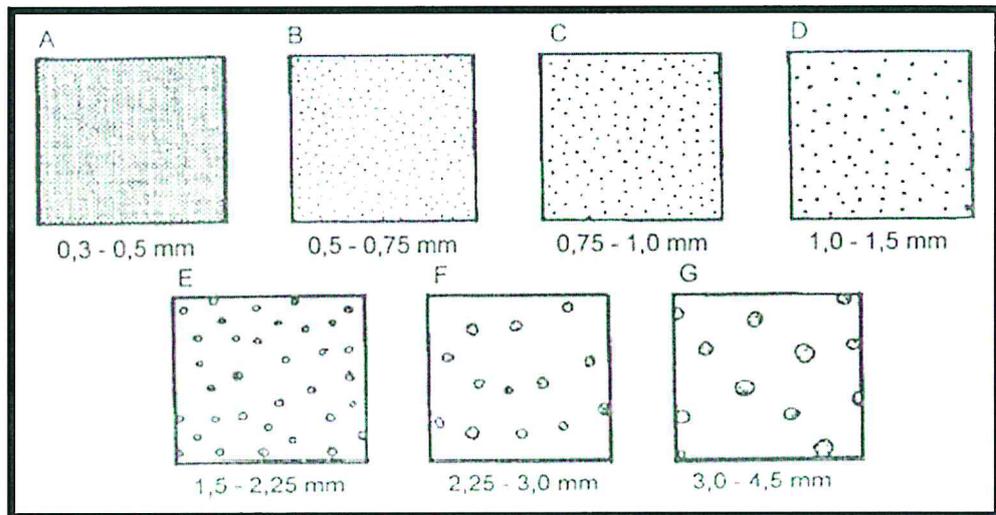


Cuadro N°02. Índice de floculación de Willcomb

índice	Descripción del índice de Willcomb
0	Flóculo coloidal. Sin ninguna señal de aglutinación
2	Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso. Flóculo bien formado, pero uniformemente distribuido (sedimenta muy lento)
6	Claro. Flóculo de tamaño relativamente grande, pero que precipita con lentitud
8	Bueno. Flóculo que se deposita fácil, pero no completamente
10	Excelente. Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina

Fuente: OPS/CEPIS (WWW.CEPIS.OPS.OMS.ORG).

Cuadro N°03. Comparador para estimar el tamaño del floculo producido en la coagulación (según WRA)



Fuente: OPS/CEPIS (WWW.CEPIS.OPS.OMS.ORG).

3.5.3. Tiempo inicial de formación del flóculo

Determinar, en segundos, el tiempo que tarda en aparecer el primer indicio de formación de flóculo, siendo uno de los sistemas para cuantificar la velocidad de la reacción. Asimismo, la iluminación de la base del agitador ayuda en esta determinación, que ni aun así suele ser fácil, cuando el flóculo recién se forma, es casi incoloro. Por otra parte, el flóculo que se forma más rápido no necesariamente es el mejor. En esta evaluación debe tenerse en cuenta la diferencia de tiempo con que se agregaron los coagulantes a los vasos de precipitado. Si no se dispone de un sistema de aplicación simultánea que vierta la solución en las seis jarras al mismo tiempo, el coagulante tiene que agregarse con intervalos de 10 a 30 segundos en cada vaso y debe marcarse en los mismos, con lápiz de cera, el tiempo de aplicación en la forma siguiente: $t = 0$ (para el vaso 1), $t = 10$ s (para el vaso 2), $t = 20$ s (para el vaso 3), etc.





El tiempo de aparición del primer flóculo será igual al tiempo inicial de aplicación del coagulante a la primera jarra, hasta que se note el primer indicio de flóculo, menos el tiempo que tarde en hacerse la aplicación a la jarra considerada.

3.5.4. *Determinación de pH, alcalinidad, coagulante, turbiedad, color residual y/u otros parámetros que se requiera.*

La determinación de estos parámetros se hace 10 a 20 minutos después de suspendida la agitación. Se extraen las paletas del agitador, se deja sedimentar el agua durante este tiempo y se succiona la muestra con una pipeta volumétrica de 100 ml, a la misma profundidad en todos los vasos (3 a 10 cm) o por medio de un sifón. A la muestra extraída se le determina los siguientes parámetros:

- (a) El pH.
- (b) La alcalinidad total.
- (c) La turbiedad o el color.
- (d) El contenido de coagulante residual y, otros parámetros que se requiera evaluar, así como los metales.

Sin embargo, no siempre se obtiene la más baja concentración de coagulante residual con la dosis que produce la más baja turbiedad, en especial, cuando se usan pequeñas cantidades de coagulante.

3.6. PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN

Los principales ensayos de dosificación que se deben determinar en el laboratorio son los siguientes:

- ✓ Selección del coagulante apropiado: Consiste en efectuar ensayos con todos los coagulantes comercialmente disponibles, para seleccionar el que proporciona la mayor eficiencia al más bajo precio, para una determinada fuente.
- ✓ Rango de dosis óptimas necesarias: Consiste en determinar la dosis de coagulante que produce la más rápida desestabilización de las partículas coloidales, que permita la formación de un flóculo grande, compacto y pesado, que pueda ser fácilmente retenido en los decantadores y que no se rompa y traspase el filtro.
- ✓ Concentración óptima del coagulante: Consiste en determinar la concentración de coagulante que optimice el proceso.
- ✓ pH óptimo de coagulación: Consiste en determinar el rango de pH óptimo de la muestra estudiada, en relación con el coagulante o ayudante de coagulación utilizado.
- ✓ Dosis de modificador de pH: Consiste en determinar el insumo modificador del pH y la dosis que se requiere.
- ✓ Selección de ayudante de coagulación y dosis óptima: Consiste en seleccionar el ayudante de coagulación más efectivo para cada tipo de agua, mediante





pruebas de jarras en el laboratorio, para encontrar cual es el que más conviene, tanto técnica como económicamente.

IV. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL EN EL LABORATORIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE BAJO EL AMBITO DE AGUA TUMBES

4.1. EQUIPOS Y/O MATERIALES

- ✓ Equipo de jarras.
- ✓ Vasos de precipitados. de 2,000 ml.
- ✓ Vasos de precipitados de 100 ml.
- ✓ Pipetas graduadas.
- ✓ Probeta graduada.
- ✓ Fiola de 500 ml.
- ✓ Fiola de 100 ml.
- ✓ Turbidímetro.
- ✓ Conductímetro.
- ✓ pH metro.
- ✓ Jeringas.
- ✓ Tomadores de muestra.

4.2. INDUMENTARIAS DEL PERSONAL

- ✓ Guardapolvo.
- ✓ Guantes de nitrilo

4.3. REACTIVOS

- ✓ Coagulante: (Sulfato de Aluminio, Policloruro de Aluminio, etc.).
- ✓ Polímero, otros insumos químicos que se usan en las PTAP.

4.4. MUESTRA DE ANALISIS

Se utilizan muestras de agua cruda de origen superficial del río Tumbes, obtenida desde las PTAP. El agua del río Tumbes presenta una variabilidad en sus características, presentando el agua de colores marrón (arcilla), marrón oscuro (arena fina), plomiza (concentraciones altas de metales).

Las muestras se recogen y se almacenan en recipientes plásticos para la realización de la prueba de jarras, en las instalaciones de las PTAP.

4.5. PREPARACIÓN DE LA SOLUCION DEL COAGULANTE Y/U OTRO INSUMO QUÍMICO QUE SE DOSIFICA EN LAS PTAP.

Para el tratamiento del agua cruda en las PTAP, se utiliza diferentes insumos químicos, se mencionan a continuación:





- ✓ Coagulantes: (Sulfato de Aluminio, Policloruro de Aluminio, entre otros).
- ✓ Polímeros: (Aniónico, Catiónico).
- ✓ Alguicidas: (Sulfato de cobre).
- ✓ Acondicionador de pH: (Cal Hidratada y/o Cal clorada).
- ✓ Agentes Desinfectantes (Hipoclorito de calcio al 65-70%).

La solución del coagulante y/u otro insumo químico a evaluar se prepara a una concentración que lo requiera.

Para la realización de los análisis se procede a tomar en un beaker con un volumen de 100 ml de la solución del coagulante que se encontraba preparado.

La dosificación de sulfato de aluminio a utilizar en cada prueba se preparaba utilizando la siguiente relación:

$$V_i \times C_i = V_f \times C_f$$

Donde

V_i : Volumen de sulfato de aluminio a dosificar

C_i : Concentración de la solución de sulfato de aluminio inicial

V_f : Volumen del agua cruda a analizar

C_f : Concentración deseada de sulfato de aluminio

4.6. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE COAGULANTE Y/U OTRO INSUMO QUE SE APLICA A CADA JARRA MEDIANTE LA ECUACION DE BALANCE DE MASAS.

$$P = D \times Q = q \times C$$

Donde:

P = peso de coagulante por aplicar

D = dosis de coagulante en mg/L

Q = capacidad de la jarra en litros

q = volumen de solución por aplicar (ml)

C = concentración de la solución en mg/L

Ejemplo:

Se debe aplicar una dosis de 10 mg/L a una jarra de 2 litros con una solución al 2%. Calcular el volumen de solución que debe colocarse en la jeringa.





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

$$q = \frac{10 \text{ (mg/L)} \times 2 \text{ (L)} \times 1.000}{20.000 \text{ (mg/L)}} ; q = 1,0 \text{ mL}$$

4.7. PROCEDIMIENTO

- ✓ Preparar la solución del coagulante, polímero, y/u otro insumo químico utilizados en cada una de las PTAP, a concentraciones que se desea evaluar.
- ✓ Encender y programar el equipo de jarras con las revoluciones y tiempos obtenidos mediante la prueba con trazadores en las unidades de la PTAP.
- ✓ Tomar la muestra del agua cruda en la entrada de la PTAP y almacenar en recipientes limpios.
- ✓ Determinar la temperatura, turbiedad, pH del agua cruda a tratar, la medición de los parámetros se realiza de acuerdo a lo que se requiere analizar.
- ✓ Medir con la ayuda de la probeta graduada 1 Litro de muestra y trasladar a cada jarra para realizar la prueba.
- ✓ Definir los volúmenes del coagulante, polímero y/u otro insumo químico que se desea evaluar.
- ✓ Medir en la jeringa el volumen establecido de coagulante, polímero y/u otro insumo químico que se va aplicar en las jarras, utilizados en la PTAP.
- ✓ En la PTAP se utiliza un coadyuvante de la floculación, son los polímeros catiónicos y/o aniónicos, la dosificación de este insumo se realiza para turbiedades del agua cruda mayores a 500 NTU.

4.7.1. Procedimiento para las PTAP bajo el ámbito de Agua Tumbes

Tabla N°01: Uso de polímero

TURBIEDAD	AYUDANTE DE FLOCULACION
<500 UNT	---
>500 UNT	POLIMERO

Fuente: Elaboración Propia.

- Realizar la Prueba Rápida, (simulación a la Mezcla Rápida) a 300 RPM por 5 Segundos, aplicar el contenido de la jeringa a cada jarra, el coagulante, polímero, y/u otro insumo químico que se requiera evaluar.
- Pasado este tiempo se continua con la Prueba Lenta, (Simulación a los floculadores), disminuir la velocidad de agitación a 40 RPM durante 27 minutos, observar que tamaño de floc es más favorable.
- Suspender la agitación y esperar por 29 minutos para la sedimentación, (simulación a los decantadores), separar las paletas de las jarras y colocar los tomadores de muestra, debiendo observar cuál de las jarras presenta el agua más clara.





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

- Una vez culminada el tiempo de sedimentación se inicia con la toma de muestras en cada una de los vasos precipitados de 100 ml, los primeros 30 ml se descarta y, la muestra siguiente se determinan turbiedad, pH, conductividad, temperatura, metales y los demás parámetros que se requieran evaluar.
 - Se registra todos los datos determinados del agua cruda y de las muestras de las jarras, en un formato para luego ser interpretadas, graficadas y determinar la dosis óptima del insumo químico.
- ✓ Se muestra un ejemplo en la tabla N°02 de la prueba de jarras, donde el valor de la concentración del coagulante es constante y, la dosis es variable para cada jarra.

Tabla N°02: Resultados de la prueba de jarras con concentración de coagulante constante

AGUA CRUDA	To (UNT)=	140	PH=	7	TEMP=	15
N° JARRA	1	2	3	4	5	6
Dosis (mg/l)	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50
V jarra (L)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concentración (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%
V jeringa (mg/l)	0.05 ml	0.07 ml	0.09 ml	0.11 ml	0.13 ml	0.15 ml
Turbiedad final (UNT)	5	4	3	2	2.5	3

Fuente: Elaboración propia

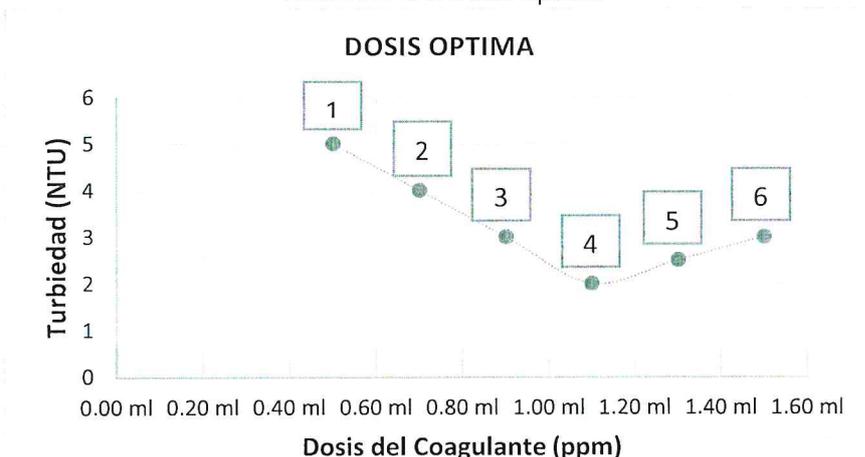
- ✓ Se muestra un ejemplo en la siguiente gráfica N°01 una curva trazada con datos obtenidos en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable bajo el ámbito de Agua Tumbes, el parámetro variable es la dosis del coagulante en cada una de las 6 jarras, la selección de la dosis óptima, es la jarra que remueve mayor cantidad de turbiedad.



BICENTENARIO PERÚ 2021



Gráfica N°01: Dosis óptima



Fuente: Elaboracion Propia.

- Interpretación: Como se muestra en la gráfica N°01 la jarra 4 presenta la turbiedad mas baja, con una dosis de coagulante de 1,1 mg/l, en la jarra 5 con una dosis de 1.3 mg/l la turbiedad tiende a aumentar, entonces se considera como mejor dosificación para la turbiedad del agua cruda de 140 NTU, la de 1.1 mg/l que se añade en la jarra 4.
- ✓ Se muestra un ejemplo en la tabla N°03, de la prueba de jarras, donde el valor de la concentración del coagulante es variable, y la dosis es constante para cada jarra.

Tabla N°03: Resultados de la prueba de jarras con concentración de coagulante variable

N° JARRA	1	2	3	4	5	6
Dosis (mg/l)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
V jarra (L)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Concentración (%)	0.5%	0.7%	0.9%	1.10%	1.3%	1.5%
V jeringa (mg/l)	0.05 ml	0.07 ml	0.09 ml	0.11 ml	0.13 ml	0.15 ml
Turbiedad final (UNT)	5	4	3	2	2.5	3

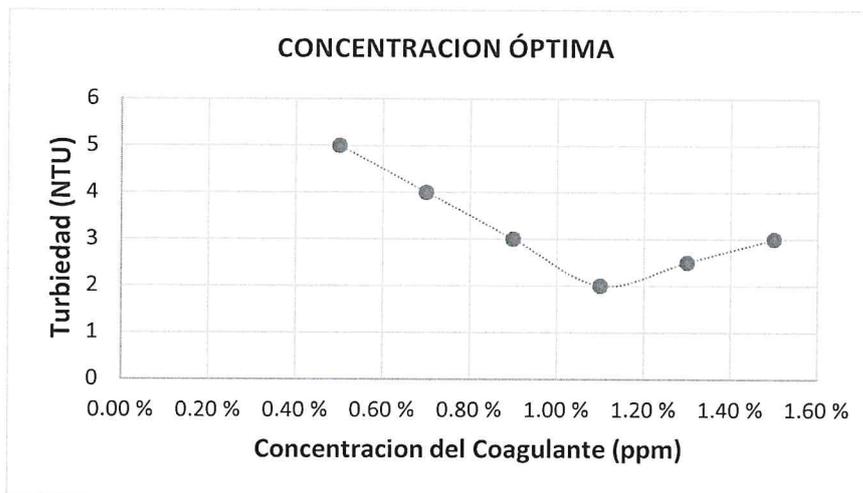
Fuente: Elaboracion Propia.

- ✓ Se muestra un ejemplo en la siguiente gráfica N°02 una curva trazada con los datos obtenidos de turbiedad y concentraciones diferentes del coagulante en solución preparada para cada una de las 6 jarras, la selección de la concentración óptima es la jarra que remueve mayor cantidad de turbiedad.





Gráfica N°02: Concentración óptima



Fuente: Elaboración Propia.

- Interpretación: Como se muestra en la grafica N°02 la jarra 4 presenta la turbiedad mas baja, con una concentración de coagulante de 1.1 %, en la jarra 5 con una concentración de 1.3 % la turbiedad tiende a aumentar, por lo tanto se considera como mejor concentración para la turbiedad del agua cruda de 140 NTU, el 1.1% que se añade en la jarra 4.

V. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Tiempo de formación del floc.
- ✓ Tamaño del floc.
- ✓ Remoción de turbiedad.
- ✓ Residual del metal que presenta el insumo químico.
- ✓ Remoción de color.
- ✓ Remoción de metales a evaluar.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Vargas Lidia, Tratamiento de Agua Para Consumo Humano / Plantas de filtración rápida / Manual I: Teoría /Tomo II/ capítulo 11. criterios para la selección de los procesos y de los parámetros óptimos de las unidades, Lima 2004.
- ✓ William Lozano, Guillermo Lozano, Potabilización del Agua / Principios de Diseño, Control de Procesos y laboratorio. Colombia 2020.
- ✓ Santiago Muñoz Mosquera / Iván Hernández Acero, Análisis y Diagnóstico Técnico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "La Chica" en el municipio de Anapoima, Bogotá 2018.



