

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
SANITARIA



TESIS

**DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE COAGULANTES COMBINADOS PARA LA
REMOCIÓN DE TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE N° 1, CHICLAYO - 2024.**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO SANITARIO

Presentado por la Bachiller:

JHANET CHÁVEZ ACOSTA

Asesorado por:

Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CELENDIN – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: **JHANET CHÁVEZ ACOSTA**

DNI: **73262577**

Escuela Profesional: **Ingeniería Sanitaria**

2. Asesor: **Gaspar Virilo Méndez Cruz**

Facultad: **Ingeniería**

3. Grado académico o título profesional

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

4. Tipo de Investigación:

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia profesional

☐ Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE COAGULANTES COMBINADOS PARA LA REMOCIÓN DE TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE N° 1, CHICLAYO - 2024.

6. Fecha de evaluación: **30/10/2025**

7. Software antiplagio:

☒ TURNITIN

☐ URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: **13 %**

9. Código Documento: Oid: **3117:520838858**

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

☒ APROBADO

☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 03 de noviembre de 2025



FIRMA DEL ASESOR

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258801 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 03/11/2025 21:49:27-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0004-2026

TITULO : *DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE COAGULANTES COMBINADOS PARA LA REMOCIÓN DE TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE N° 1, CHICLAYO - 2024.*

ASESOR : *Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Art. 35 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **cinco días del mes de febrero de 2026**, siendo las quince horas con treinta minutos (03:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Secretario : Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE COAGULANTES COMBINADOS PARA LA REMOCIÓN DE TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE N° 1, CHICLAYO - 2024*, presentado por la Bachiller en Ingeniería Sanitaria *JHANET CHÁVEZ ACOSTA*, de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria - Filial Celendín, asesorada por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante, debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : *7.0* PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : *11.0* PTS.
EVALUACIÓN FINAL : *18.0* PTS *D.I.E.C.I.O.C.H.O.* (En letras)

En consecuencia, se la declara *A.PROBADA* con el calificativo de *D.I.E.C.I.O.C.H.O. (18)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *17:00* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Vocal

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

AGRADECIMIENTO.

Durante este trayecto académico, he tenido la ayuda inestimable de numerosas personas a las que me gustaría agradecer sinceramente.

Primero que nada, agradezco al ingeniero Gaspar Virilo Méndez Cruz por la paciencia y compromiso a lo largo de todo el proceso de redacción de esta investigación. Su orientación académica y humana ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo.

A mi familia, especialmente a mi madre por su amor sin condiciones, su respaldo sin medida y su confianza hacia mí, aunque en los tiempos más duros. Este triunfo no habría sido posible sin su participación.

.

DEDICATORIA

A mi madre, **Nancy Yanet Acosta Solano**, por ser mi fuerza, mi guía y mi mayor ejemplo de amor, esfuerzo y valentía. Agradezco cada esfuerzo, todas las expresiones de ánimo y tu fe en mí aun cuando yo tenía dudas.

A mi hermano, **Jeyson Chávez Acosta**, por estar siempre presente con su apoyo silencioso pero incondicional. Tu compañía y cariño han sido un gran consuelo en este camino.

A mi tía **Eleana Acosta Solano**, por su generosidad, sus consejos y por brindarme siempre un hogar lleno de cariño y comprensión.

Y a mis queridos abuelitos, **Anastacio Acosta Torres y Lucrecia Solano Castañeda**, por su amor inagotable, sus oraciones y por ser un faro de sabiduría y ternura en mi vida. Su ejemplo me ha acompañado en cada paso.

Este éxito también es de ustedes. Con cariño y agradecimiento por siempre.

CONTENIDO

INFORME DE ORIGINALIDAD	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.3.1. Justificación Científica.....	3
1.3.2. Justificación Técnico – práctico.	3
1.3.3. Justificación Institucional y personal.	4
1.4. Definición de Variables	4
1.5. Limitaciones.....	4
1.6. Objetivos.....	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2. Objetivos específicos	5
1.7. Hipótesis de investigación	6
1.7.1. Hipótesis General.....	6
1.7.2. Hipótesis Específicas	6

1.8.	Operacionalización de variables	7
1.9.	Alcances y delimitación de la investigación	8
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		9
2.1.	Antecedentes teóricos	9
2.1.1.	<i>Antecedentes Internacionales</i>	9
2.1.2.	<i>Antecedentes Nacionales</i>	10
2.1.3.	<i>Antecedentes locales</i>	11
2.2.	Bases teóricas.....	12
2.1.4.	<i>El abastecimiento de agua potable.</i>	12
2.1.5.	<i>El agua</i>	13
2.1.6.	<i>El agua potable</i>	14
2.1.7.	<i>Calidad del agua</i>	14
2.1.8.	<i>El tratamiento y las partículas presentes en el agua</i>	16
2.1.9.	<i>La turbidez</i>	21
2.1.10.	<i>Coagulantes</i>	22
2.1.11.	<i>Dosificación óptima</i>	25
2.1.12.	<i>Ensayo de jarras.</i>	25
2.3.	Definición de términos básicos	28
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		30
3.1.	Ubicación del área de estudio.	30
3.2.	Caracterices físicas del área de estudio.....	31
3.2.1.	<i>Clima</i>	31
3.2.2.	<i>Geología</i>	32
3.3.	Metodología.....	34
3.3.1.	<i>Tipo, nivel de investigación</i>	34
3.3.2.	<i>Diseño de investigación</i>	34
3.3.3.	<i>Análisis de datos</i>	35

3.3.4.	<i>Nivel de significación (α)</i>	36
3.3.5.	<i>Población y muestra de estudio</i>	37
3.3.6.	<i>Unidad de análisis</i>	37
3.3.7.	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	37
3.3.8.	<i>Análisis e interpretación de datos</i>	38
3.4.	Procedimiento	38
3.4.1.	<i>Etapa preliminar de Gabinete</i>	39
3.4.2.	<i>Etapa Experimental de Laboratorio.</i>	44
3.4.3.	<i>Etapa final de gabinete</i>	53
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		54
4.1.	Prueba de normalidad de datos	54
4.2.	Evaluación de los niveles de turbiedad históricas medidas para obtener la turbidez más frecuente.	54
4.3.	Prueba de hipótesis	55
4.3.1.	<i>Prueba de ANOVA</i>	55
4.3.2.	Prueba de comparación múltiple para el coagulante $Al_2(SO_4)_3$: Tukey...	56
4.3.3.	Prueba de comparación múltiple para el coagulante $Al_2(SO_4)_3$ combinado con Polímero Catiónico: Tukey	64
4.4.	Determinación de Dosificación Optima.....	71
4.5.	Comparación de las dosificaciones de sulfato de aluminio en solución pura y de sulfato de aluminio combinado con el Polímero catiónico	76
4.6.	Discusión de Resultados	78
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		81
5.1.	Conclusiones	81
5.2.	Recomendaciones	83
CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA		84
ANEXOS.....		91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio	7
Tabla 2. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.	15
Tabla 3. Límite máximo permisible de calidad organoléptica	16
Tabla 4. Índice de floculación de Willcomb.....	27
Tabla 6. Diseño esquemático del experimento a diferente nivel de turbiedad más frecuente que ingresa a la PTAP – Chiclayo	35
Tabla 7. Equipos, materiales y reactivos utilizados.....	45
Tabla 8. Prueba de normalidad de datos	54
Tabla 9. Histórico de niveles de turbiedad medidos en PTAP-Chiclayo.	54
Tabla 10. Prueba de ANOVA en los niveles de turbiedad más altos usando sulfato de aluminio	55
Tabla 11. Tamaño del efecto.	56
Tabla 12. Prueba de rango múltiple Tukey para 17.9 NTU.....	57
Tabla 13. Prueba de rango múltiple Tukey para 25.7 NTU.....	57
Tabla 14. Prueba de rango múltiple Tukey para 38.8 NTU.....	58
Tabla 15. Prueba de rango múltiple Tukey para 52.9 NTU.....	59
Tabla 16. Prueba de rango múltiple Tukey para 68.2 NTU.....	59
Tabla 17. Prueba de rango múltiple Tukey para 89.13 NTU.....	60
Tabla 18. Prueba de rango múltiple Tukey para 102.6 NTU.....	61
Tabla 19. Prueba de rango múltiple Tukey para 118.7 NTU.....	61
Tabla 20. Prueba de rango múltiple Tukey para 137.12 NTU.....	62
Tabla 21. Prueba de rango múltiple Tukey para 156.6 NTU.....	62
Tabla 22. Prueba de rango múltiple Tukey para 197.1 NTU.....	63
Tabla 23. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 18.56 NTU	64
Tabla 24. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 27.88 NTU	64
Tabla 25. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 36.2 NTU	65
Tabla 26. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 55.63 NTU	66
Tabla 27. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 72 NTU	66
Tabla 28. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 87.60 NTU	67

Tabla 29. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 100.14 NTU	68
Tabla 30. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 120.30 NTU	68
Tabla 31. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 132.74 NTU	69
Tabla 32. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 160.42 NTU	70
Tabla 33. Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 202.74 NTU	70
Tabla 34. Resultados de dosis óptima de soluciones de sulfato de aluminio.	72
Tabla 35. Resultados de dosis óptima de soluciones combinadas.....	74
Tabla 36. Comparación de dosificaciones de Sulfato de Aluminio y Combinado con Polímero Catiónico	76
Tabla 37. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 17.9 NTU.....	100
Tabla 38. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 25.7 NTU.....	100
Tabla 39. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 38.8 NTU.....	101
Tabla 40. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 52.9 NTU.....	102
Tabla 41. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 68.2 NTU.....	102
Tabla 42. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 89.13 NTU.....	103
Tabla 43. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 102.6 NTU.....	104
Tabla 44. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 118.7 NTU.....	104
Tabla 45. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 137.12 NTU.....	105
Tabla 46. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 156.6 NTU.....	106
Tabla 47. Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 197.1 NTU.....	106
Tabla 48. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 18.56 NTU.	108

Tabla 49. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 27.88 NTU.	108
Tabla 50. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 36.2 NTU.	109
Tabla 51. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 55.63 NTU.	110
Tabla 52. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 72 NTU.	110
Tabla 53. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 87.6 NTU.	111
Tabla 54. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 100.14NTU.	112
Tabla 55. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 120.13 NTU.	112
Tabla 56. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 132.74 NTU.	113
Tabla 57. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 160.42NTU.	114
Tabla 58. Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 202.74 NTU.	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del sistema de abastecimiento de agua potable - Chiclayo	13
Figura 2. Fases del proceso de coagulación	20
Figura 3. Proceso de coagulación y floculación del agua	21
Figura 4. Temperaturas medias y precipitaciones de la Cuidad de Chiclayo.	32
Figura 5. Carta Geológica Nacional 14-d cuadrángulo de la cuidad de Chiclayo.	33
Figura 6. Vista Aérea de la Planta de Tratamiento N° 1 Chiclayo.	39
Figura 7. Decantadores Pulsator.	40
Figura 8. Unidades de Filtración de PTAP N° 1.	40
Figura 9. Galería de Sifones de PTAP N° 1.	41
Figura 10. Depósitos de preparación de Sulfato de Aluminio.	42

Figura 11. Bombas dosificadoras de Sulfato de Aluminio.....	42
Figura 12. Depósitos de preparación de polímero.....	43
Figura 13. Bombas dosificadoras de polímero.....	43
Figura 14. Recolección de muestra de agua cruda del punto de monitoreo.....	93
Figura 15. Laboratorio de Control de Calidad EPSEL S.A.....	93
Figura 16. Recojo de sulfato de aluminio y polímero.....	94
Figura 17. Pesaje de insumos químicos en balanza analítica.....	94
Figura 18. Disolución de sulfato de aluminio en plancha de calentamiento y agitación.	95
Figura 19. Enrase de fiola con agua ultra pura.....	95
Figura 20. Equipo de prueba de jarras.....	96
Figura 21. Homogenización de muestra de agua cruda.....	96
Figura 22. Medición de parámetro iniciales.....	97
Figura 23. Succión de coagulante con jeringa hipodérmica.....	97
Figura 24. Ejecución de pruebas de jarras.....	98
Figura 25. Toma de muestras de terminado el proceso.....	98
Figura 26. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 17.9 NTU.....	100
Figura 27. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 25.7 NTU.....	101
Figura 28. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 38.8 NTU.....	101
Figura 29. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 52.9 NTU.....	102
Figura 30. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 68.2 NTU.....	103
Figura 31. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 89.13 NTU.....	103
Figura 32. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 102.6 NTU.....	104
Figura 33. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 118.7 NTU.....	105
Figura 34. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 137.12 NTU.....	105

Figura 35. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 156.6 NTU.....	106
Figura 36. Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 197.1 NTU.....	107
Figura 37. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 18.56 NTU	108
Figura 38. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 27.88 NTU	109
Figura 39. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 36.2 NTU	109
Figura 40. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 55.63 NTU	110
Figura 41. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 72 NTU	111
Figura 42. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada un nivel de ingreso de 87.60 NTU	111
Figura 43. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 100.14 NTU	112
Figura 44. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 120.13 NTU	113
Figura 45. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 132.74 NTU	113
Figura 46. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 160.42 NTU	114
Figura 47. Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 202.74 NTU	115

PALABRAS CLAVE.

Nivel de turbiedad: Es el valor relacionado con la cantidad de partículas suspendidas en el agua tales como limos, arcillas y alguna materia orgánica, contaminantes o microorganismos, los valores se expresan en Unidades Nefelométricas de Turbiedad y muestra que tan clara o turbia puede presentarse esto afecta la calidad y dificulta su disposición y consumo, así como la potabilización del mismo.

Dosificación óptima: Es la cantidad precisa de un determinado producto químico que se administra al agua para lograr una mayor eficacia en la eliminación de los niveles de turbiedad además de contaminantes minimizando al mismo tiempo el incremento en costos y exceso en el producto administrado, se establece a través del experimento de ensayo de jarras.

Coagulante: Es el principal agente químico que se usa para el tratamiento del agua con el fin de desestabilizar las partículas en estado coloidal y que se encuentran en suspensión generando turbiedad

RESUMEN

La investigación busca establecer la dosificación óptima combinada de los coagulantes sulfato de aluminio y polímero catiónico en la remoción de turbiedad del agua en la PTAP N° 1, Provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024, de enfoque cuantitativo y de diseño experimental. Se usó el ensayo de jarras instrumento de recolección de datos, tanto de la solución pura de sulfato de aluminio en una velocidad de agitación en un rango de 7 ppm hasta 35 ppm; en un rango de 17.9NTU hasta 197.1NTU; y como coagulante químico sulfato de aluminio en el rango de 8 ppm hasta 30 ppm, y como solución combinada con polímero catiónico en el rango de 0.10 ppm hasta 0.20 ppm, en un rango de 18.56 NTU hasta 202.74NTU como niveles de turbiedad más frecuentes. La investigación determina que hay una correlación proporcional entre las dosificaciones y la reducción de los niveles de turbiedad, además las soluciones óptimas en la solución combinada son de 20mg/L de sulfato de aluminio, y 0.10mg/L de polímero catiónico en la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024, sin embargo, debemos considerar que la dosificación depende directamente de los niveles de turbiedad del agua cruda tomada como muestra.

Palabras clave: Nivel de turbiedad, dosificación óptima, coagulante combinado

ABSTRACT

The purpose of the research was to determine the optimum combined dosage of the coagulants aluminum sulfate and cationic polymer in the removal of water turbidity in the Drinking Water Treatment Plant No. 1, Province of Chiclayo, Lambayeque - 2024, with a quantitative approach and experimental design, using the jar test as a data collection instrument for both the pure solution of aluminum sulfate in an agitation speed in the range of 7 ppm/mg/L to 35 ppm/mg/L; in the range of 17.9 NTU to 197.1 NTU; and in chemical coagulant aluminum sulfate in the range of 8 ppm/mg/L to 30 ppm/mg/L, and as a combined solution with cationic polymer in the range of 0.10 ppm/mg/L to 0.20 ppm/mg/L, in a range of 18.56 NTU to 202.74 NTU as the most frequent turbidity levels. The research concludes that there is a proportional relationship between the dosages and the reduction of turbidity levels, also the optimal solutions in the combined solution are 20 mg/L of aluminum sulfate, and 0.10 mg/L of cationic polymer in the Drinking Water Treatment Plant No. 1, in the province of Chiclayo, Lambayeque - 2024, however we must consider that the dosage depends directly on the turbidity levels of the raw water taken as a sample.

Key words: Turbidity level, optimum dosage, combined coagulant.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

El problema de la escasez de agua en el mundo se ha vuelto más grave debido al aumento de la densidad poblacional, agravándose a medida que pasa el tiempo. El Banco mundial (2023) indica que más del 40% de la población mundial está siendo afectada por la carencia de agua para consumo humano; este problema se observa también en el entorno cuando no se dispone de agua las 24 horas del día en los domicilios. Por su parte la OMS (2023) expresa que solo el 30% de las personas del mundo dispone de agua potable, teniendo en cuenta estos indicadores, es razonable pensar que este recurso escaso debe gestionarse de manera adecuada y eficiente a fin de asegurar la sustentabilidad para las generaciones venideras, siendo la prioridad el consumo humano, para lograr ello es necesario preparar las condiciones necesarias del agua para garantizar la calidad y cantidad en las viviendas.

El agua como recurso escaso en el planeta requiere de un proceso esencial que garantice la salud de los que lo consumen, para realizar una transformación del agua que proviene de fuentes superficiales o subterráneas es necesario llevar a cabo realizar diferentes tipos de tratamiento para que pueda ser apto para su consumo, siendo uno de los principales problemas los niveles de turbiedad que reflejan una presencia de partículas suspendidas que afectan la apariencia y también la calidad, es en relación a ello que se requiere controlar y reducir estos niveles como parte prioritaria de todos sistemas de potabilización

1.1.2. Descripción del problema

En los años recientes, los efectos del cambio climático han intensificado las precipitaciones en la cuenca zona media y alta Chancay, en la región Lambayeque, provocando una elevación considerable en los niveles de turbiedad del agua cruda que ingresa a la PTAP N° 1 de Chiclayo. Esta condición representa un desafío técnico significativo en el proceso de potabilización, ya que la turbiedad es uno de los principales indicadores de calidad del agua, y su incremento afecta negativamente la eficacia de los procesos de clarificación y desinfección.

Actualmente, la planta enfrenta limitaciones operativas debido al uso rutinario de coagulantes, aplicados sin un ajuste adecuado frente al incremento de los niveles de turbidez debido a las variaciones estacionales. Esta práctica reduce la eficacia del proceso de sedimentación, incrementa los costos operativos y compromete la seguridad sanitaria del agua que se provee a la población. La presencia de contaminantes coloidales como arcillas, limos, sílice y materia orgánica, entre otros, persiste si no se aplican las dosis óptimas de coagulantes, lo que podría favorecer la existencia de microorganismos patógenos en el agua tratada.

Ante esta problemática, surge la necesidad de optimizar la dosificación de coagulantes mediante estrategias que se adapten a los distintos niveles de turbidez del agua cruda. En este sentido, se propone la implementación de una dosificación combinada de sulfato de aluminio con polímero catiónico, actuando este último como coadyuvante en el proceso de coagulación - floculación. Los polímeros catiónicos, gracias a su alta densidad de carga positiva, mejoran la neutralización de partículas con carga negativa y facilitan la formación de flóculos más densos, estables y sedimentables, incrementando así la eficacia del proceso y la calidad del agua tratada.

En este escenario, el presente estudio busca dar respuesta a una problemática técnica, operativa y sanitaria de gran importancia para la salud pública, proponiendo soluciones que garanticen el respeto a los estándares de calidad del agua consumo humano, tales como mantener niveles de turbiedad por debajo de 1 NTU a la salida de planta y por debajo de 5 NTU en redes secundarias.

1.2. Formulación del problema

El incremento importante los índices de turbidez en la PTAP N.º 1, ubicada en Chiclayo, tiene un impacto negativo sobre la eficacia de los procedimientos de potabilización del agua, lo que compromete la seguridad sanitaria del agua que se proporciona a los usuarios.

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación Científica.

La investigación tiene fundamentos científicos. por su contribución al conocimiento en el ámbito de tratamiento de aguas, específicamente en la optimización de procesos físico-químicos como la coagulación-floculación. El estudio incorpora el análisis del comportamiento de una dosis combinada de coagulante y polímero catiónico como ayudante, evaluando su eficiencia en la remoción de turbiedad bajo condiciones variables del agua cruda. Esta investigación permitirá generar datos experimentales relevantes que podrían servir como cimiento para futuras indagaciones y como referencia científica para otras plantas de tratamiento en regiones con condiciones similares. Además, promueve un enfoque multidisciplinario que integra la química del agua, la ingeniería sanitaria y la gestión ambiental.

1.3.2. Justificación Técnico – práctico.

Desde un punto de vista técnico-operativa, la investigación permitirá determinar las dosificaciones óptimas de coagulante y polímeros catiónicos como ayudante que

maximicen la remoción de turbiedad en el agua cruda tratada en la PTAP N° 1 de Chiclayo. Esto contribuirá a mejorar la eficacia del proceso de clarificación, disminuir los tiempos de sedimentación, mejorar la calidad del agua tratada y optimizar el uso de insumos químicos. Los resultados del estudio podrán ser implementados directamente en la operación de la planta, mediante protocolos de dosificación ajustables según los niveles de turbiedad estacional, fomentando un manejo más eficaz, seguro y sustentable del recurso hídrico.

1.3.3. Justificación Institucional y personal.

La investigación es una respuesta a la exigencia institucional de mejorar la calidad del agua potable proporcionada por la PTAP N° 1 de Chiclayo, optimizando los procesos de tratamiento para cumplir con los índices de turbiedad exigidos por la norma. Al mismo tiempo, permite fortalecer la gestión operativa de la EPS, mejorando la confiabilidad del servicio. Desde el plano personal, esta investigación representa una oportunidad para aplicar conocimientos técnicos a una problemática real, reforzando la formación profesional con un enfoque en soluciones prácticas e innovadoras para el sector saneamiento.

1.4. Definición de Variables

- Dosificación de sulfato de aluminio y de polímero catiónico (**Variable independiente**)
- Remoción de la turbiedad del agua (**Variable dependiente**)

1.5. Limitaciones

El acceso restringido a la información histórica sobre el control del parámetro de turbidez en la PTAP N° 1. La falta de registros sistematizados de la evaluación continua del comportamiento de este parámetro año tras año.

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo General*

Evaluar la dosificación óptima combinada de los coagulantes sulfato de aluminio y polímero catiónico en la remoción de turbiedad del agua en la PTAP N° 1, Provincia de Chiclayo, Lambayeque - 2024

1.6.2. *Objetivos específicos*

- a) Caracterizar la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024.
- b) Evaluar el historial de mediciones de turbiedad más frecuentes en la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque -2024.
- c) Evaluar la remoción de la turbiedad utilizando diversas dosis de coagulante químico sulfato de aluminio en el rango de 7 mg/L hasta 35mg/L, en la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024.
- d) Evaluar la remoción de la turbiedad aplicando diferentes dosis de coagulante químico sulfato de aluminio en el rango de 8 ppm/mg/L hasta 30 mg/L, y como solución combinada con polímero catiónico en el rango de 0.10 mg/L hasta 0.20 mg/L en la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024.
- e) Comparar la eficiencia de las dosificaciones del sulfato de aluminio en solución pura y del sulfato de aluminio combinado con polímero catiónico en la disminución de la turbiedad del agua en la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024.

1.7. Hipótesis de investigación

1.7.1. Hipótesis General

La dosificación óptima combinada de los coagulantes sulfato de aluminio y polímero catiónico, correspondiente a 8 mg/L y 0.14 mg/L respectivamente para niveles mínimos de turbiedad, y a 30 mg/L y 0.19 mg/L para niveles máximos de turbiedad, logrará remover más del 80% la turbiedad del agua en la PTAP N.º 1 - Chiclayo, Lambayeque - 2024.

1.7.2. Hipótesis Específicas

Las dosificaciones de sulfato de aluminio en solución pura, dentro del rango de 7 a 35 mg/L, logrará remover más del 80% la turbiedad del agua en la PTAP N.º 1 - Chiclayo, Lambayeque - 2024.

Las dosificaciones de sulfato de aluminio combinado con polímero catiónico, en rangos de 8 a 30 mg/L para el primero y de 0.10 a 0.20 mg/L para el segundo, logrará remover más del 90% la turbiedad del agua en la PTAP N.º 1 - Chiclayo, Lambayeque - 2024.

1.8. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de las variables de estudio

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicador	Instrumento
Dosificación del sulfato de aluminio y del polímero catiónico (V.I.)	Es encontrar las dosificaciones óptimas de cada agente químico para reducir los niveles de turbiedad más frecuentes siendo estos los solubles en el agua y usados ampliamente como coagulante -floculante capaz de sedimentar los sólidos en suspensión, los mismos que demorarían un tiempo muy prolongado para sedimentarse, en el tratamiento del agua cruda, para el consumo humano. (SIDESA, 2023)	Concentraciones del Sulfato de aluminio [7 mg/L – 35mg/L] en solución Pura y de Sulfato de Aluminio [8 mg/L – 30mg/L] +Polímero Catiónico: [0.10 mg/L -0.20 mg/L]	pH Velocidad de agitación rpm	Ficha de campo
Remoción de la turbiedad del agua (V.D.)	Se trata de una disminución significativa de las partículas suspendidas a través de la sedimentación, durante las fases de coagulación-floculación, que suceden en el tratamiento del agua cruda con el objetivo de conseguir tiempos útiles (Marco et. al, 2004).	Turbidez	NTU % de remoción	

Nota: En base a las variables e indicadores considerados en la investigación

1.9. Alcances y delimitación de la investigación

El procedimiento experimental se realizó en la PTAP N° 1, sin considerar otras secciones del proceso de tratamiento continuo y centrándose exclusivamente en el proceso de coagulación durante los meses de octubre 2024 y marzo 2025. Los coagulantes usados en este proceso fueron el sulfato de aluminio y el polímero catiónico (en combinación), hasta alcanzar niveles óptimos de la combinación de ambos, a fin de reducir los índices de turbiedad en el agua de consumo humano; solo se centró en la reducción del parámetro de turbiedad.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

Dota, J. y Ulloa, J. (2023, p. 90) en la planta de agua Patamarca – San Andrés, ubicada en Cuenca, Ecuador, diseñaron un sistema para la monitorización y dosificación de sulfato de aluminio en agua cruda. Los autores utilizaron un diseño experimental aplicado que empleó el software Factory IO como control del proceso de coagulación. Para la investigación se recurrió a fichas técnicas de campo y los resultados mostraron que con 40 lb de sulfato de aluminio mezcladas con 600 l de agua se logró reducir los tiempos de respuesta ante las fluctuaciones tanto del caudal como de la turbidez.

Chiavola, A. et al. (2023, p. 6 analizaron cómo optimizar la eliminación de los niveles de turbidez en la PTAP. Se realizó el estudio mediante un planteamiento experimental y cuantitativo aplicado. Para el análisis de turbiedad, que abarcó un rango de entre 2 y 24 NTU, se emplearon pruebas de jarras en una muestra de estudio. Los coagulantes probados fueron el PAC y el sulfato de aluminio. Según los hallazgos del estudio, estos coagulantes eliminaron hasta el 90% de la turbiedad; Además, el polielectrolito eliminó hasta el 59%. Se llegó a la conclusión de que su combinación mejora tanto la eficacia como la estabilidad del proceso de floculación-coagulación, que necesita adaptarse a las fluctuaciones en la calidad del agua.

Tahraoui, H. et. al. (2024, p.11); efectuaron una evaluación exhaustiva de la efectividad del tratamiento con sulfato de aluminio en dosis ideales mediante el método de coagulación-floculación. El estudio se enfocó en un diseño experimental de tipo aplicado y con un enfoque cuantitativo. Para el modelo experimental en períodos lluviosos, se empleó la prueba de jarras. Los resultados muestran que los niveles de turbidez disminuyeron en un 98.05%, la materia orgánica en un 99%, el amonio y fosfato

en un 85% y la conductividad eléctrica también en un 85%. Se llegó a la conclusión de que el sulfato de aluminio es lo suficientemente eficiente para eliminar contaminantes bajo condiciones extremas. De igual manera, se notó una reducción significativa de los niveles de turbidez a cifras menores al 98% en las distintas pruebas realizadas.

Garzón, W. (2021, p. 3); analizó la eficacia de combinar polímeros con compuestos químicos para reducir la turbiedad del agua durante los procedimientos de coagulación y floculación. La investigación fue de naturaleza documental, y sus hallazgos se derivaron de varios estudios. La Moringa Olifeira presentó un rango del 92-98%, mientras que el Ipoma Incarnata eliminó el 99.29% en comparación con el sulfato de hierro o sulfato de aluminio, que mostró eficiencias por encima del 90%. Por otra parte, es posible hacer combinaciones que logren eliminar más del 89% de la turbidez. En conclusión, se puede utilizar tanto polímeros naturales como químicos para el propósito de investigación, o bien una combinación de estos alcanzando valores de 3.6 NTU lo cual es altamente efectivo para el objetivo perseguido en la investigación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Medina, T. (2021, p. 4) llevaron a cabo una evaluación y comparación del sulfato de aluminio y el PAC en cuanto a su capacidad para disminuir la turbidez del agua. Para ello, utilizaron una muestra de 144 litros y ensayos realizados con jarras que contienen concentraciones de ambos compuestos químicos: sulfato de aluminio y policloruro de aluminio, distribuidas en seis jarras de dos litros cada una. Las concentraciones estaban entre los valores de 40 a 65 ppm (mg/L). El estudio concluyó que las pruebas realizadas con jarras mostraron que las dosificaciones mediante el componente químico disminuyeron los niveles turbios al emplear 60 ppm de sulfato de aluminio y 50 ppm de policloruro en un volumen diario total de 500 m³.

Carlo, A. y Sánchez, S. (2023, p 10) propusieron la optimización de los procesos de coagulación utilizando sulfato de aluminio en el agua que ingresa a la PTAP de Chicama, para reducir la turbiedad; el estudio se enfocó en un diseño experimental de tipo aplicado. Se consideraron variables vinculadas a la concentración del coagulante dentro del rango de 20 a 60ppm de 20 en 20 con una velocidad rápida de agitación entre el rango de 50 a 150ppm de 50 en 50 y velocidad lenta entre los rangos de 20 a 40rpm de 10 en 10, se tuvo 20 tratamientos repetidos en 3 oportunidades con un total de 60 resultados experimentales, en el estudio se concluyó, se removió la turbidez en más del 70% con una concentración de 20mg/L a una velocidad rápida de 50ppm y una velocidad lenta de 40ppm, siendo los resultados de turbiedad de 10 y 20 NTU con un pH de 6.61.

Cahuana, Y. y Meza, C. (2024, p.20) analizó la influencia de los coagulantes en la remoción de la turbiedad. El estudio se enfocó en un diseño experimental de tipo aplicado y con un enfoque cuantitativo las cuales determinaron las concentraciones distintas del coagulante, los resultados indican que tanto el sulfato de aluminio así como el férrico son coadyuvantes de la reducción de los niveles de turbiedad probándose en el rango de 143 ppm hasta 286 ppm y de 166.67ppm y 333 ppm respectivamente, donde se concluye que los coagulantes tienen un impacto significativo en la reducción de la turbidez los cuales están directamente relacionados con la concentración de los componentes y el tiempo de sedimentación. Por otro lado, el tiempo el aumento de la concentración del coagulante reduce los niveles de turbiedad, también cuando se incrementa el tiempo de sedimentación la fracción de la reducción de este disminuye considerablemente en el sulfato de aluminio y aumenta en el cloruro férrico.

2.1.3. Antecedentes locales

Meregildo, A. (2018) evaluó la dosificación de polímero catiónico en los pre sedimentadores con el fin de disminuir la elevada turbidez en el proceso de captación del

río Ronquillo - Cajamarca. El estudio, que fue cuantitativo, aplicado y experimental, mostró que para niveles superiores a 1000 NTU se requiere una dosis óptima de 23 mg/L; para niveles hasta 21000 NTU, la dosis óptima es de 50NTU. Se concluyó que el polímero catiónico no tiene un buen rendimiento en niveles bajos de turbiedad. Además, se observó que su aplicación reduce notablemente el uso del sulfato de aluminio, ya que disminuye los niveles turbios entre 20 y 45 NTU. Esto demuestra que al emplear este polímero mejoramos la calidad del agua y disminuimos considerablemente de agentes químicos utilizados.

2.2. Bases teóricas.

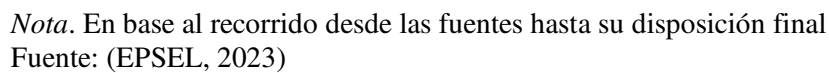
2.1.4. El abastecimiento de agua potable.

En Perú, la demanda de ampliaciones de cobertura es más alta en las áreas periféricas, como resultado de los altos niveles de desigualdad en términos de oportunidades. Por esta razón, garantizar el abastecimiento de agua se torna un desafío en las ciudades principales del país. (Hurtado, R. 2023, p. 30)

El sistema de suministro de agua para el consumo humano en la ciudad de Chiclayo-Lambayeque obtiene su fuente a través de las aguas que discurren por valle de Chancay y sus afluentes. La captación se encuentra en la Bocatoma Raca Rumi del río Chancay, con una capacidad de 75 m³/s. Estas aguas son conducidas a la represa de Tinajones, cuya capacidad es de 70 m³ (EPSEL, 2023).

El sistema de abastecimiento se realiza siguiendo el procedimiento siguiente:

Esquema del sistema de abastecimiento de agua potable - Chiclayo



El agua es un recurso de escape para la supervivencia humana. Según la UNESCO, el 97,5% del planeta está compuesto de agua; sin embargo, no es posible consumir toda esta cantidad. Solo el 2.5% es agua dulce, y de esta porción, el 30.1% se encuentra bajo tierra, el 68.7% se encuentra congelado en glaciares y capas polares y solo un 1.2 % está accesible en la superficie; De este último porcentaje, un 52% está presente en los lagos, un 38% en humedales y un 10% en ríos.

13

Es el fluido que va recibiendo un tratamiento adecuado orientado al cumplimiento de determinados parámetros químicos, físicos y microbiológicos a fin de suministrar mediante la red de distribución a la población sin generar ningún problema de salud (Martínez, M. et. al., 2020)

2.1.6. *El agua potable*

Es el agua que presenta la calidad suficientemente elevada para que pueda ser bebida o usada sin representar un riesgo para la salud de las personas, se produce mediante procesos de tratamiento físicos y químicos los cuales provienen de la fuente de abastecimiento (Aquaes, 2025)

Es el fluido que va recibiendo un tratamiento adecuado orientado al cumplimiento de determinados parámetros químicos, físicos y microbiológicos a fin de suministrar mediante la red de distribución a la población sin generar ningún problema de salud (Martínez, M. et. al., 2020)

2.1.7. *Calidad del agua*

La calidad del agua, según Dueñas & Hinojosa (2021), es un indicador del desarrollo sostenible de un país o región. Se establece a través de las propiedades químicas, físicas y microbiológicas, y se considera que el resultado está dentro de los estándares y normas de calidad cuando proporciona las condiciones apropiadas para el consumo de los seres humanos.

Significa que el agua que se ingiere está libre de elementos que puedan contaminarla, cumpliendo siempre con las normas establecidas por las instituciones que fijan un estándar. El agua no debe ser un medio para transmitir enfermedades. (OMS, 2021)

Es la capacidad propia o intrínseca que presenta para atender los diversos usos que se le dan, por lo tanto, debe mantenerse en condiciones equilibradas dentro del

ecosistema para que satisfaga los objetivos en términos de calidad o propiedades microbiológicas, físicas y químicas. (Montaner, E., 2020)

2.1.7.1. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

El reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, según DIGESA (2010), establece los máximos límites permitidos para los criterios organolépticos, químicos (inorgánicos y orgánicos) y microbiológicos y parasitológicos. A continuación, se describen:

Tabla 2.

Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Parámetro	Unidad de Medida	L.M.P.
Bacterias coliformes totales	UFC/100ml a 35°C	0 (*)
E. Coli	UFC/100ml a 44.5°C	0 (*)
Bacterias Coliformes Termo tolerantes o Fecales	UFC/100ml a 44.5°C	0 (*)
Huevos y larvas de Helmintos, quistes o ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org/L	0
Virus	UCF/mL	0
Organismos de vida libre, Protozoo, rotíferos, nemátodos etc.	Nº org/L	0

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

Fuente: DIGESA 2010.

Asimismo, DIGESA (2010) indica en su artículo 63 que los parámetros exigidos son: La turbidez, el color, los coliformes totales, los coliformes termo tolerantes, el pH y los residuos de desinfectante son algunos de los parámetros de calidad organoléptica que aparecen en la tabla.

Tabla 3.*Límite máximo permisible de calidad organoléptica*

Parámetro	Unidad de Medida	L.M.P.
Olor		aceptable
Sabor		aceptable
Color	UCV escalaPt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor	6.5 – 8.5
Conductividad	Umho/cm	1500
STD	mgL ⁻¹	1000
Cloruros	mg CL ⁻¹ L ⁻¹	250
Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250
Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
Amoniaco	mg N L ⁻¹	1.5
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0.3
Manganeso	mg Al L ⁻¹	0.2
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0.2
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2.0
Zinc	mg Zn L ⁻¹	3.0
Sodio	mg Na L ⁻¹	200

Nota. UCV: Unidad de color verdadero, UNT: Unidad nefelométrica de turbidez

Fuente: DIGESA 2010

2.1.8. El tratamiento y las partículas presentes en el agua

El agua tiene que ser tratada de acuerdo con los procedimientos establecidos en los parámetros físico-químicos y biológicos para que sea adecuada para el consumo humano. Según Salamanca, E. (2014, p.34), los indicadores de calidad del agua deben incorporar las propiedades del agua que se utiliza para consumo humano. Estos indicadores determinan la calidad del agua en términos de su naturaleza física, química y biológica para contrastarla con los efectos que puede ejercer sobre el ser humano.

Vargas, L. (2004), el agua presenta características cambiantes según su procedencia. Por lo tanto, estas propiedades pueden ser clasificadas y medidas, lo que la hace apta para un uso específico. Por esta razón, los indicadores físicos (como el color, el olor, la temperatura, los sólidos y la turbidez), químicos (como el color, el olor, la temperatura, los sólidos y la turbidez), químicos (como las grasas, aceites, la dureza, los cloruros, sodio y los sulfatos) y biológicos (tales como algas, bacterias coliformes, virus patógenos o protozoos) son determinantes de su calidad (pp. 7-10).

2.1.8.1. Partículas suspendidas en el agua de consumo humano.

Según la OMS (2024), el agua para el consumo humano debe tener un valor de NTU inferior a 5. Por encima de este nivel, la turbidez tiene un impacto negativo en el proceso de desinfección y potencia la multiplicación de microorganismos patógenos, lo que disminuye en gran medida la calidad del agua y su seguridad para el consumo.

Marcó, L. et al. (2004, p.73) afirmaron que las partículas en suspensión con un diámetro superior a un micrón tienden a sedimentar espontáneamente y tienen una tasa de sedimentación bastante baja; por otro lado, las partículas que provienen de arcillas, óxidos minerales o fangos originados principalmente por la erosión del suelo son de carácter inorgánico; mientras que los coloides húmicos, algas, parásitos y bacterias son orgánicos. Todos ellos pueden mezclarse con virus, contaminantes químicos y otros elementos presentes en el agua en las plantas de tratamiento o en la red de distribución. Por lo tanto, existen tratamientos eficaces para eliminar la turbidez del agua según su tamaño y composición química.

2.1.8.2. Procesos de tratamiento del agua de consumo humano.

Dependiendo del tipo de las características que proviene de agua a tratar, existen varias etapas por las que se pasa hasta lograr la potabilización, dentro de estas etapas están:

El cribado: "Es la estructura formada por rejillas que tienen la capacidad de atrapar objetos sólidos grandes en las aguas como: ramas, madera, plástico y piedras; este tratamiento se lleva a cabo antes de entrar a la planta de tratamiento". (Chulluncuy, N. C., 2011, p. 156)

Coagulación-floculación: Se refiere a la técnica de desestabilizar todas las partículas coloidales mediante el agregado de compuestos químicos, para después seguir con el procedimiento de floculación. En este último caso, las partículas que habían sido desestabilizadas antes se juntan y forman grupos, quedando suspendidas de una manera concentrada conocida como flóculos. (Chulluncuy, N. C., 2011, p. 156)

Sedimentación: "Como resultado de este proceso, las partículas suspendidas que fueron eliminadas o dispersadas a través del fluido se vuelven más densas y se precipitan, dando lugar a un fluido más clarificado" (Chulluncuy, 2011, p. 160).

Filtración: "Con el fin de alcanzar altos niveles de eficiencia, este procedimiento emplea un medio poroso conocido como filtro (arena, carbón activado) para separar pequeñas cantidades de microorganismos como virus y bacterias, así como partículas. (Chulluncuy, N. C., 2011, p. 163)

Desinfección: "Es el último tratamiento que se aplica al agua, con el cual se eliminan de forma selectiva los microorganismos infecciosos patógenos. Este proceso requiere necesariamente las etapas anteriores para su eliminación" (OPS, 2023, p. 5).

2.1.8.3. Los procesos de coagulación-floculación en el agua de consumo humano.

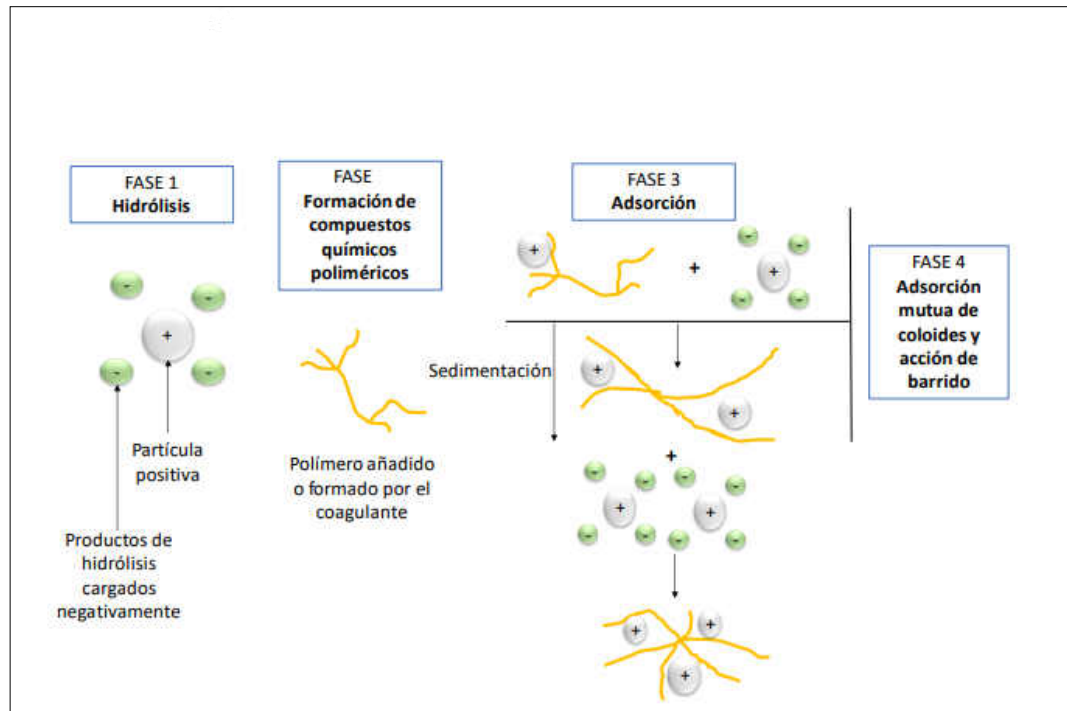
"Estos procesos se fundamentan en dos fenómenos significativos: El primero está vinculado con la desestabilización de los coloides, que se ubican en el intervalo de (0.001 a 1 μm), y el segundo implica la concentración de las partículas ya desestabilizadas (Baghvand, A. et al., 2010). Por eso es necesario utilizar polímeros solubles en agua con una naturaleza iónica, que lograrán desestabilizar las partículas y luego agruparlas.

2.1.8.4. El proceso de coagulación

Tripathy, T. (2006) sostiene que la coagulación es el proceso que posibilita la desestabilización de las partículas coloidales. Es importante comprender que otros elementos como el pH, la turbidez, la temperatura, los tipos de coagulantes utilizados, así como su combinación y empleo, también influyen en este proceso. A partir de esta interacción entre diferentes factores se pueden prever las condiciones óptimas para eliminar contaminantes, lo cual genera varias etapas de coagulación en un período no superior a 20 segundos. Las etapas mencionadas son las siguientes: en primer lugar, la hidrólisis y desestabilización de las partículas suspendidas; en segundo lugar, la creación de compuestos poliméricos; luego, la adsorción de estas cadenas poliméricas; y finalmente, el barrido y la adsorción recíproca de coloides. El gráfico que se muestra a continuación ilustra este proceso:

Figura 2.

Fases del proceso de coagulación



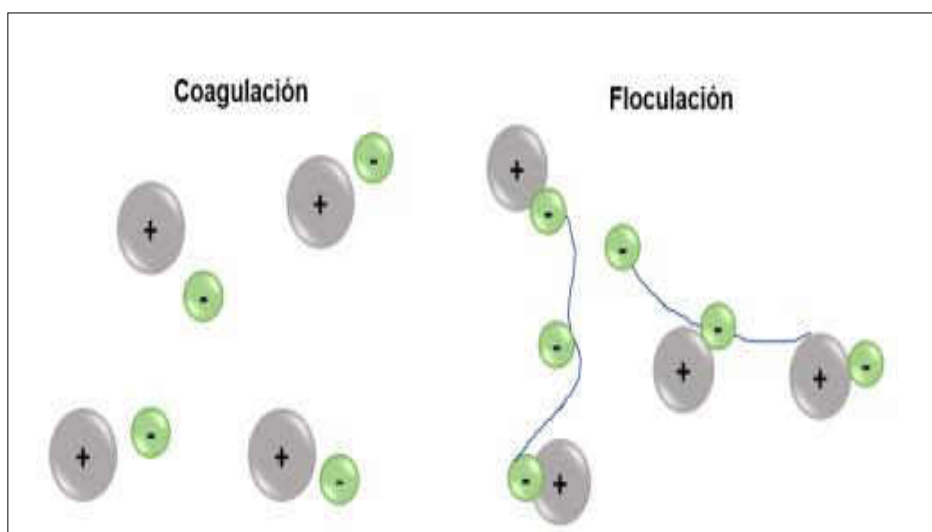
2.1.8.5. El proceso de floculación

Es la fase que implica una mezcla lenta y produce lo que se conoce como flóculos, cambiando los niveles de turbidez y color en la disolución, del mismo modo facilita las diferencias en velocidad manteniendo un flujo laminar a fin de no romper la formación estable de los flóculos anteriormente formados, estas partículas suspendidas pueden variar en densidad, carga, y tamaño (Agencia de protección ambiental, 2002, p. 26)

Katrivesis, F. et al. (2019) afirman que los procesos de coagulación y floculación son sucesivos y posibilitan la agrupación o aglomeración de partículas, proceso que llamamos crecimiento de flóculos hasta que se sedimentan, debido a su carga en la superficie y naturaleza coloidal, ya que estas características afectan el proceso de separación de las partículas, ver figura 3.

Figura 3.

Proceso de coagulación y floculación del agua



Fuente: Katrivesis, et al, (2019)

2.1.9. La turbidez

Martínez, M. et. al. (2020) indicaron que los niveles de turbidez se refieren a la cantidad de minerales, compuestos coloidales u orgánicos que hay en el agua. Si estos valores aumentan, los microorganismos quedan protegidos de los procesos de desinfección, lo que provoca un incremento en la población bacteriana y una mayor necesidad de dosificación de cloro. Por tanto, una turbidez más alta representa un riesgo microbiológico capaz de perjudicar a la salud de las personas (p. 16).

Según Marcó, L. et al. (2004, p.79), aunque la turbidez no es peligrosa para la salud humana, está íntimamente asociada con el incremento de cloro y bacterias en los procedimientos de desinfección. "Es fundamental considerar indicadores indirectos de contaminación microbiológica en aguas captadas desde fuentes superficiales, puesto que un aumento en la turbidez puede generar una proliferación biológica en la red de distribución".

A pesar de que la turbidez no representa un peligro para la salud de las personas, está fuertemente asociada con el aumento de bacterias y cloro en los procesos de

desinfección, así lo dice Marcó, L. et. al. (2004, p.79) "Es necesario tener en cuenta parámetros como indicadores indirectos de contaminación microbiológica en aguas recolectadas desde fuentes superficiales, debido a que un incremento en la turbidez puede conducir a la proliferación biológica dentro de la red de distribución"

2.1.10. Coagulantes

Sulfato de aluminio

Es una especie de coagulante que se obtiene a partir del proceso de digestión con ácido sulfúrico de los minerales bauxíticos. La alúmina (Al_2O_3) está presente en su composición, tanto en estado sólido como líquido; la concentración oscila entre 8-8.5% o 48%-49% (en polvo), o bien entre 630 g y 650 g de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Este compuesto se compone de sales de ácido sulfúrico (ácido fuerte) H_2SO_4 y de hidróxido de aluminio (base débil) $\text{Al}(\text{OH})_3$. Por lo tanto, sus soluciones en agua son muy ácidas, con un pH que fluctúa entre 2 y 3.8, en función de la relación molar entre sulfato y alúmina. (Pérez, I., 2015, p. 12)

Cuando el sulfato al contacto con el agua, las moléculas se van disociando con Al^3 y SO_4 , es por esta razón que al Al^3 va ir combinándose con diversos coloides cargados negativamente a fin de neutralizar la carga de las partículas coloidales, estas mismas moléculas se puede combinar con OH^- que es el componente del agua formando de este modo el hidróxido de aluminio que tiene carácter coloidal, este procedimiento hace que se absorban los iones positivos para formar un sol (+) ; este neutraliza las cargas de los coloides (-) y favorece la aglomeración (Pérez, I., 2015, p. 12)

Romero, C. et. al (2020) a pesar de que el sulfato de aluminio es considerado una alternativa para el tratamiento del agua, se debe tomar en cuenta que este compuesto, al ser empleado en aproximadamente 80 ppm para obtener los valores

requeridos, puede provocar problemas graves de salud como Alzheimer, cáncer y enfermedades óseas. Además, afecta negativamente a las células epiteliales estomacales. En consecuencia, para el tratamiento del agua que se destina al consumo humano, además de saber los niveles residuales de aluminio que contiene y la turbidez, es indispensableL

Los polímeros catiónicos

Los polímeros son moléculas que en su composición contienen unidades químicas conocidas como monómeros individuales, los cuales están vinculadas entre ellos de manera ramificada o lineal según sus grupo funcional, están ligados a lo largo de la cadena mediante los enlaces covalentes que posee; si son de carga negativa se les denomina polímero aniónico, a los de carga positiva polímero catiónico o también de carga neutral denominado polímero no iónico; también existen poli eléctricos el cual es un polímero que tiene muchas cargas en su estructura. (Letterman, R., Pero, R., 1990, p. 91)

Al respecto Rivas, S. et. al., (2017, p. 197); en el proceso de coagulación se usan polímeros para tratar el agua natural o industrial a fin de aglomerar los sólidos que se encuentran suspendidos, neutralizando así la carga eléctrica de los coloideas, mientras que los floculantes facilitan el proceso de formación de flóculos; de estos hay tres tipos: Catiónicos, aniónicos y no iónicos. Los primeros se usan para sedimentar partículas que tienen origen orgánico, los segundos o aniónicos para sedimentar partículas minerales, y los iónicos para sedimentar ambos, por lo tanto, su selección depende exclusivamente del origen de las partículas y al Ph.

Wilson, J. (2008) expresa que, los polímeros en todos sus tipos son altamente usados para resolver el problema de floculación y sedimentación lenta a bajas temperaturas de coagulación; de este modo se consigue aumentar la solidez o dureza

de los flóculos y mejorar la sedimentación; para ello se necesita que este se encuentre disuelta a fin de adsorber a una determinada superficie coloidal y producir agregación, y se debe tener en cuenta que se debe usar el polímero según el tipo de agua es decir en aguas con mucho contenido de sustancias húmicas se puede usar epidma y cuando tenemos volúmenes considerables de arcilla inorgánica el polidadmac.

Los productos mencionados son polímeros de alta densidad de carga útiles como coagulante primario, que tiene un peso molecular bajo y es de carga positiva, puede ser reemplazado en el uso de las sales de aluminio en la neutralización de todas las cargas coloidales que presenta el agua pero sin variar el pH; son altamente eficiente en estas acciones y se usa en altas demandas de carga en masas de aguas turbias, debido a que las concentraciones de aluminio se elevan a medida que el agua es más turbia, haciendo que baje su pH, y se convierta en insoluble. (Barrenechea, A., 2021)

De las investigaciones consultadas, se evidencia que los polímeros de tipo catiónico muestran mayor efectividad cuando se aplican en la entrada de una determinada línea de agua, siendo el tiempo óptimo para el proceso de coagulación inferior a 2 minutos, y las dosis óptimas en 1mg de polímero por g de sólido suspendido inferior a este. Finalmente, es importante conocer las medidas de polímero residual a fin de mantener un control estricto sobre los vertimientos, ya que puede presentar toxicidad o problemas de salud pública; siendo la densidad de carga el factor importante para determinar la dosificación del polímero, sobre todo cuando el mecanismo de neutralización de las cargas es un factor determinante.

2.1.11. Dosificación óptima

Es una operación fundamental para lograr que se precipiten las impurezas presentes en el agua cruda, porque un volumen alto de estas impurezas puede cambiar la calidad del agua y perjudicar a los individuos que la consumen cuando estos parámetros sobrepasan los niveles establecidos por la norma y la OMS. Para ello, se emplean algoritmos que necesitan una cantidad coagulante dentro de un rango determinado en la prueba de jarras. (Huamán, M. et. al, 2020)

2.1.12. Ensayo de jarras.

Uno de los más relevantes para determinar la turbidez del agua y regular la coagulación química en el agua que se va a consumir es el test de jarras. Esta prueba, que posibilita el análisis del comportamiento de los coagulantes floculantes a escala en un procedimiento que puede llevarse a cabo en una PTAP, ayuda a determinar cuál es el coagulante más eficiente y a fijar su dosis apropiada.

El test de jarras es una técnica de laboratorio que reproduce el proceso de coagulación y floculación del agua mediante la incorporación de diferentes volúmenes de sustancias químicas. El propósito principal es establecer la mínima dosis de coagulante necesaria para conseguir para lograr una calidad de agua ideal. (OMS, 2021)

2.1.12.1. Consideraciones generales para la ejecución de ensayos en la prueba de jarras.

Según la OPS (2004), existen ciertos criterios a seguir para seleccionar los procesos y parámetros más adecuados en la prueba de jarras. Entre las recomendaciones generales que deben considerarse durante su ejecución, se destacan las siguientes:

a) Secuencia y tiempo de administración: En ciertos casos, el coagulante se agrega a cada recipiente en tiempos diferentes, de acuerdo con el orden en que se

lleva a cabo la prueba. Esta práctica es ineficaz, especialmente cuando se utilizan ayudantes de coagulación, ya que el intervalo entre la introducción del coagulante y la del ayudante es un factor crucial.

b) Consideraciones posteriores a la dosificación y mezcla de coagulantes con el agua:

- **Uso de soluciones químicas:**

El reactivo principal utilizado es una solución esta se prepara disolviendo 100 gramos del coagulante en agua destilada hasta alcanzar un volumen total de 1.000 mL, obteniéndose así una solución al 10%, la cual puede conservarse como solución patrón por un período de uno a tres meses.

Para realizar la prueba de jarras, se toman 10 ml de esta solución patrón y se diluyen con agua destilada hasta alcanzar un volumen final de 100 ml, lo que da como resultado una solución al 1%. Esta solución no debe almacenarse por más de 24 horas, ya que existe el riesgo de hidrólisis, lo que disminuiría significativamente su eficacia como coagulante.

- **Dimensión del flóculo generado.**

Se mide y analiza cualitativamente la magnitud de los flóculos generados durante la prueba. Su dimensión puede medirse en milímetros utilizando el comparador del Water Research Institute del Reino Unido o mediante el índice de Willcomb, detallado en la tabla 4.

- **Tiempo de formación del flóculo**

Una forma de evaluar la rapidez de la reacción es midiendo, en segundos, el tiempo transcurrido hasta que aparece el primer indicio de floculación. Para facilitar esta observación, se recomienda iluminar la base del equipo agitador, aunque detectar el inicio del proceso puede ser difícil, ya que los primeros flóculos suelen

ser casi transparentes. Asimismo, un flóculo que se forma rápidamente no siempre representa el resultado más eficaz.

Tabla 4.

Índice de floculación de Willcomb

Número del índice	Descripción
0	Flóculo coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Flóculo bien formado, pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta.)
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

Nota. OPS/CEPIS/PUB/04.109, 2004

- **Determinación de parámetros finales**

La medición de turbidez, el color residual, pH y alcalinidad se realiza entre diez y veinte minutos después de que se ha interrumpido la agitación. Se retiran las palas del agitador y se permite que el agua repose durante ese tiempo. Luego, con una pipeta volumétrica de 100 ml o un sifón, se aspira la muestra a la misma profundidad (entre 3 y 10 cm) en todos los recipientes. En la muestra extraída, se determina los parámetros finales demás del volumen de coagulante residual.

La determinación de estos parámetros se lleva a cabo entre diez y veinte minutos después de que la agitación ha sido detenida. Se quitan las palas del agitador y se deja que el agua se asiente en ese período. Después, la muestra se aspira con un sifón o con una pipeta volumétrica de 100 ml a la misma profundidad

(de 3 a 10 cm) en cada uno de los recipientes. En la muestra extraída se miden el pH, la turbidez o color, la alcalinidad total y el volumen de coagulante residual.

2.3. Definición de términos básicos

Aglutinante. Sustancia que se emplea para el tratamiento de agua, la cual favorece que las micropartículas se adhieran y se agrupen en estructuras más voluminosas y pesadas. Esto contribuye a optimizar su eliminación en procedimientos como la coagulación y la floculación. (Orellana, J., 2005)

Afluente. Masa de agua que entra a una planta desde fuentes naturales o artificiales, conteniendo diversos compuestos, sólidos en suspensión e impurezas que requieren ser removidos para su potabilización. (Orellana, J., 2005)

Coagulación. Proceso químico en donde se adiciona sustancias coagulantes al agua para neutralizar partículas coloidales y favorecer su conformación en flóculos de gran tamaño, facilitando su posterior eliminación mediante floculación y sedimentación. (Cabrera, X, et. al., 2009)

Coloidal. Estado físico de partículas extremadamente pequeñas, generalmente menores a un micrómetro, que permanecen dispersas en un medio líquido sin sedimentarse de forma natural debido a fuerzas electrostáticas que impiden su unión. (Lorenzo, Y. 2006)

Concentraciones. Cantidad específica de una sustancia presente en una determinada cantidad de agua, expresada en unidades como miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm), empleada para analizar la eficacia de los tratamientos químicos en disminuir la turbidez. (Lorenzo, Y. 2006)

Decantación. Técnica de separación física que facilita la clarificación del agua al reducir el número de partículas suspendidas, a través del asentamiento de sólidos

sedimentables en la parte inferior de un recipiente o tanque debido a la gravedad. (Pérez, F., 2020)

Efluente. Agua tratada que se obtiene de la planta de tratamiento tras haber sido purificada, con características perfeccionadas que satisfacen las exigencias de calidad establecidos para su descarga. (Orellana, J., 2005)

Partículas sólidas en suspensión. Fragmentos de material orgánico e inorgánico que permanecen flotando en el agua sin disolverse, afectando su claridad y calidad, y cuya eliminación es clave en el proceso de reducción de turbiedad. (Lorenzo, Y., 2006)

Floculación. Etapa del tratamiento de agua en la que se promueve la unión de partículas coaguladas mediante la aplicación de mezclado lento, formando flóculos más densos que pueden ser separados con mayor eficiencia mediante sedimentación o filtración. (Lorenzo, Y., 2006)

Sedimentación. Proceso mediante el cual los flóculos y otras partículas en estado de suspensión en el agua se asientan en la parte inferior de los tanques por la gravedad, favoreciendo su extracción y reduciendo la turbidez del agua tratada. (Pérez, F., 2020)

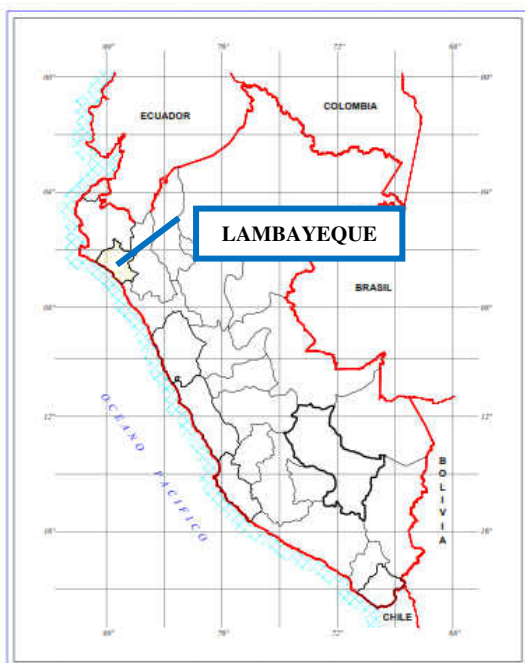
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio.

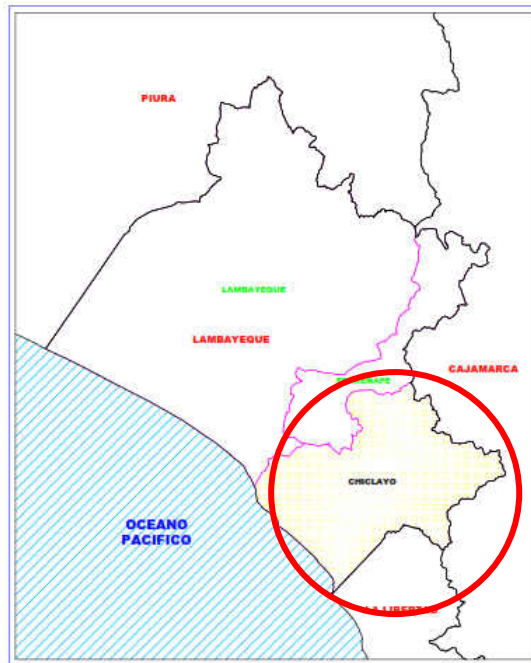
La PTAP N° 1 de Chiclayo fue el lugar donde se realizó este estudio., que es la capital del departamento de Lambayeque. Este último se encuentra en la región noroccidental peruana y limita con La Libertad, Piura, Cajamarca y el Océano Pacífico; por lo tanto, es considerado el departamento más emblemático del litoral. La capital de la provincia y el departamento de Lambayeque es Chiclayo. En términos políticos, es una de las tres provincias que forman el departamento de Lambayeque, situado a cerca de 764 km al noroeste de Lima y a una altura de 27 m.s.n.m. Adicionalmente, se la tiene en cuenta como la cuarta zona metropolitana más grande y con más habitantes del Perú. Su localización estratégica la transforma en un punto de asociación importante para el transporte y las comunicaciones en la región.

La Planta de Tratamiento N° 1 se ubica en las coordenadas UTM 629071.1376E 9252250.668N como se observa en el (Anexo H)

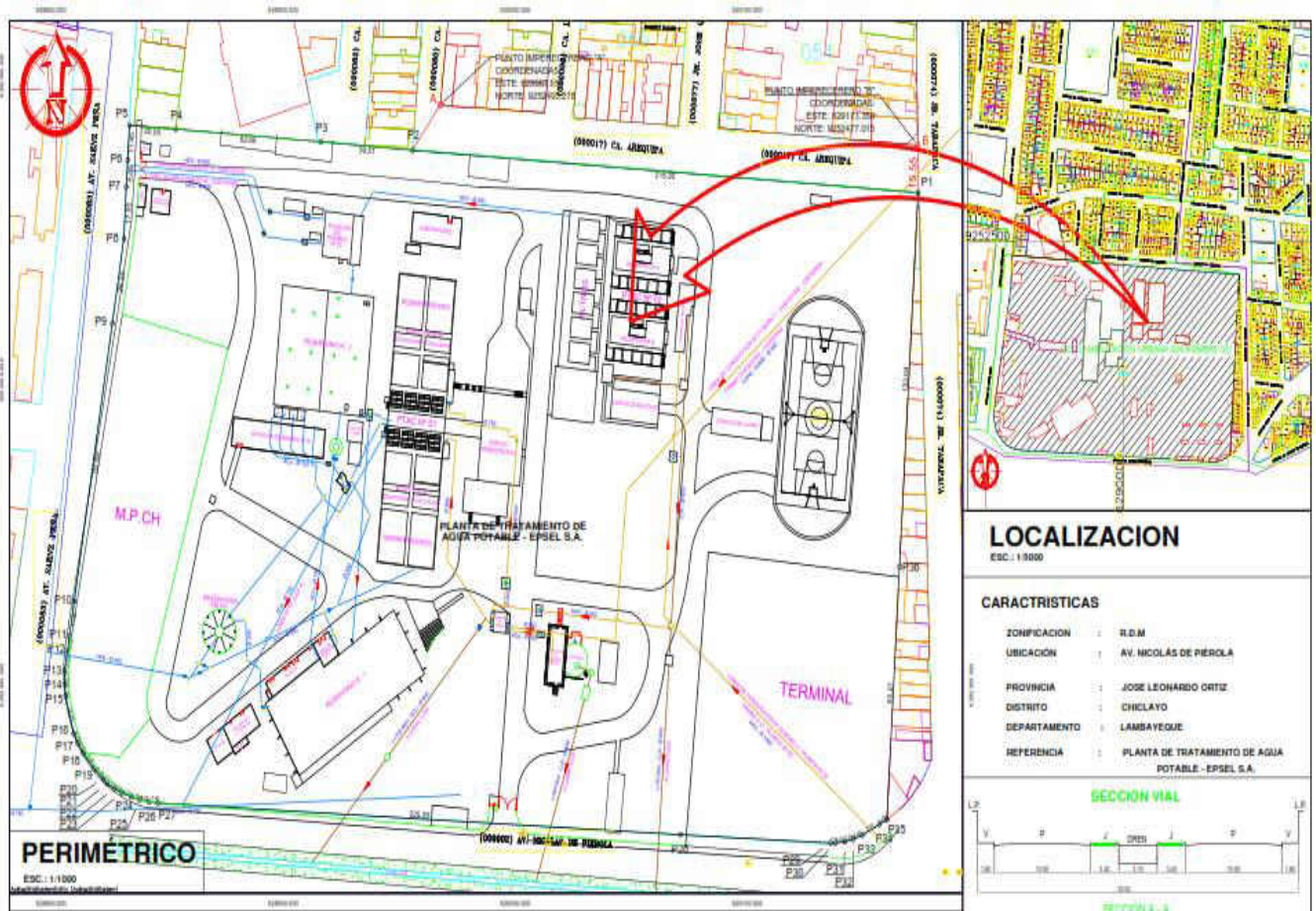
Ubicación en el Perú



Ubicación en el Departamento



Ubicación de PTAP N° 1 – Chiclayo.



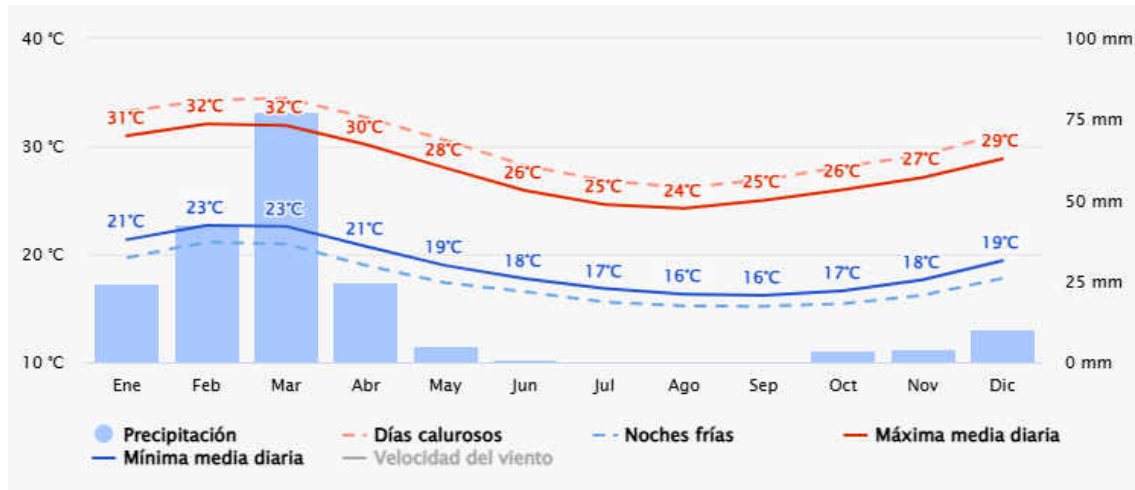
3.2. Caracteres físicos del área de estudio.

3.2.1. Clima

Según la categorización de Warren Thornthwaite (SENAMHI 2020), el clima de Chiclayo es árido, moderado y con poca humedad durante las cuatro estaciones anuales. Mientras que las temperaturas más bajas están entre 3 °C y 21 °C., las máximas fluctúan entre 19 °C y 31 °C. La precipitación anual varía de 0 a 15 mm y se representa mediante el símbolo E (d) B'.

Figura 4.

Temperaturas medias y precipitaciones de la Cuidad de Chiclayo.



Fuente: Meteoblue.

3.2.2. Geología

El distrito de Chiclayo según la geología regional presentada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET, carta 14-d) cuadrángulo de Chiclayo está conformado por las siguientes unidades lito estratigráficas como son depósitos aluviales 1 y 2, fluviales, eólicos y de playa. Presenta formaciones geológicas: la formación Puerto Eten, Grupo Goyllarisquizga.

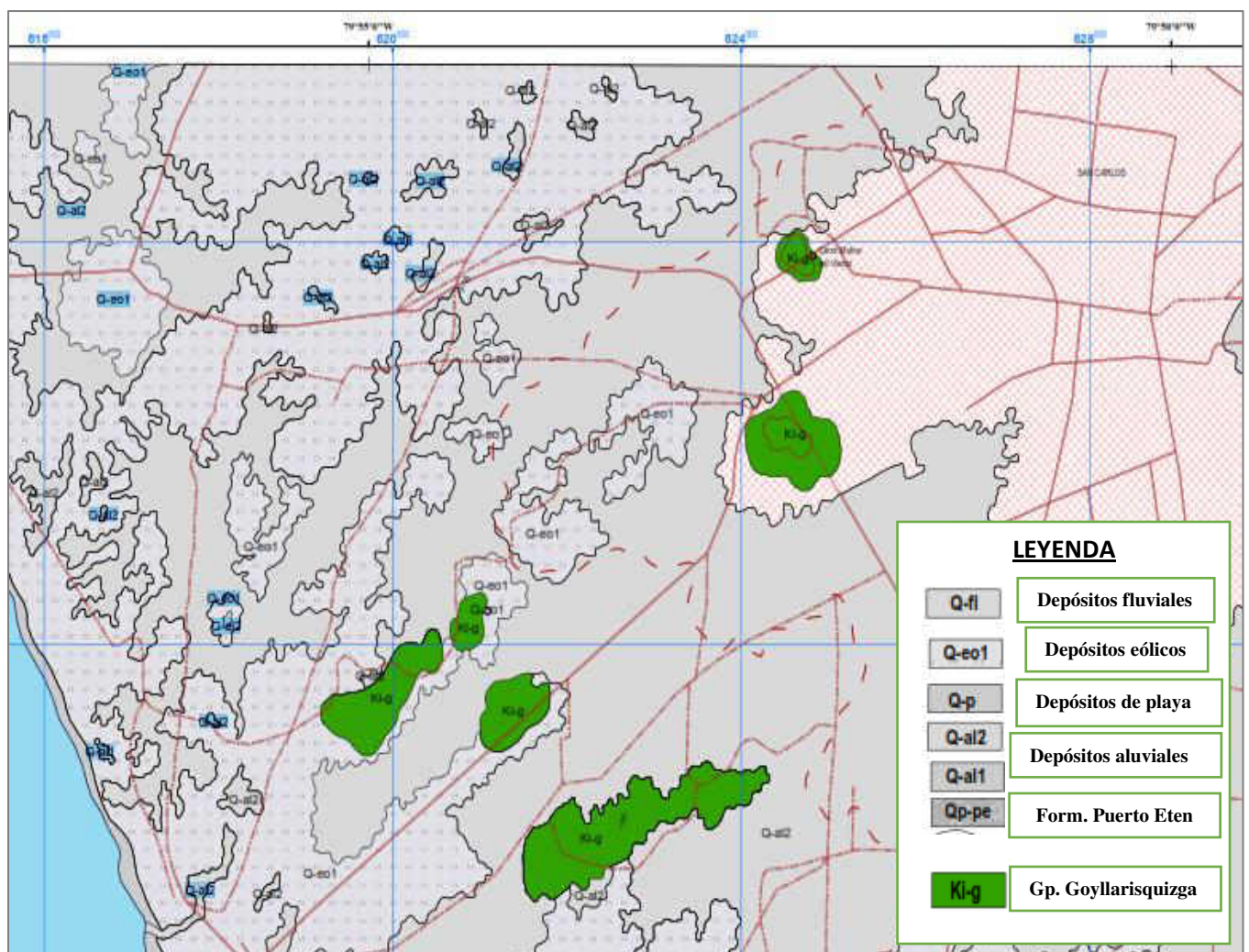
A continuación, se describen las formaciones geológicas:

- **Formación Puerto Eten (Qp-pe):** Esta formación consiste en limoarcillitas y conglomerados polimicticos.
- **Depósitos Aluviales (Q- al2):** Se trata de amplios abanicos aluviales compuestos de bloques y gravas en una matriz limoarenosa, donde existen zonas de cultivo y núcleos poblados.
- **Depósitos Fluviales (Q- fl):** En las riberas de los ríos, se presentan como terrazas que constituyen islas. Están compuestos por gravas con clastos redondeados rodeados de una matriz arenosa y pequeñas lentes de arena.

- **Depósitos Eólicos (Q- eo1):** se trata de arenas sueltas que el viento ha moldeado, ocupan amplias áreas y dan lugar a dunas.
- **Depósitos de playa (Q-p):** se extienden a través de las costas formando franjas estrechas y largas, están compuestos por gravas y arenas.
- **Grupo Goyllarisquizga (Ki-g):** Son areniscas cuarzosas de color blanco, aunque con matices rojos debido a la oxidación. Presentan un grano que varía entre medio y grueso en estratos de 0.1 a 1 m, además de escasas laminaciones en posición horizontal y laminaciones oblicuas. El grosor puede fluctuar entre 200 y 700 m.

Figura 5.

Carta Geológica Nacional 14-d cuadrángulo de la ciudad de Chiclayo.



Fuente: INGEMMET, carta 14-d

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo, nivel de investigación

El enfoque fue cuantitativo “debido a que usó métricas e indicadores de carácter cuantitativo para evaluar las variables que caracterizan a la investigación” (Rasinger, S., 2020, p. 25), en este caso se tomaron valores escalares tanto de la variable sulfato de aluminio y polímero catiónico mediante concentraciones óptimas con el objeto de obtener resultados en la disminución de la turbiedad del agua.

Asimismo, el tipo de investigación utilizada en el estudio fue aplicada porque se buscó brindar “una solución al problema tanto en la actividad académica, investigativa y humana, tomando como base la investigación básica” (Ñaupas, H., et al., 2014, p. 93), el estudio aplicó metodologías prácticas para conocer el efecto de los coagulantes - floculantes en la disminución de la turbiedad del agua para consumo humano.

El nivel investigativo fue explicativo, tal como lo sostiene Arias, F., (2006) que indica que este nivel de estudio “estable la relación causal entre las variables, observando, midiendo y controlando las variables de interés, buscando el porqué de los hechos”, en el estudio alcanzar niveles óptimos de concentración y establecer comparaciones para identificar las causas que determinaron la efectividad de los coagulantes en la remoción de la turbiedad del agua destinada al consumo humano.

3.3.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación se clasificó como experimental, y de sub tipo diseño pre experimental Inter sujetos. Hernández, R., et. al (2014), este tipo de diseños manipula intencionadamente la variable independiente para observar su impacto en la variable dependiente. Para el estudio actual, se eligió controlar distintas concentraciones de sulfato de aluminio y del ayudante químico polímero catiónico hasta lograr una remoción óptima de los niveles de turbiedad más frecuente, comparando su efectividad.

Esquema del experimento

GE O1 X1 O2

GE: Grupo experimental.

O1: Muestra de agua cruda antes del tratamiento con sulfato de aluminio y del sulfato de aluminio con el polímero catiónico.

X1: Tratamientos con diferentes dosis de Sulfato de Aluminio.

O2: Muestra de agua cruda luego del tratamiento con sulfato de aluminio y del polímero catiónico.

El esquema para el modelo estadístico aplicado, y para la sistematización de cada una de las observaciones o corridas en el experimento así:

Tabla 5.

Diseño esquemático del experimento a diferente nivel de turbiedad más frecuente que ingresa a la PTAP – Chiclayo

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
R1	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}
R 2	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}
R 3	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}
R 4	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}

Nota. En base a las combinaciones de los tratamientos realizados y a la cantidad de ensayos.

3.3.3. *Análisis de datos*

En el estudio se buscó encontrar el estadístico que tenga la capacidad de identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en la reducción de turbiedad del agua potable. Dado que se analizaron la eficacia del sulfato de aluminio como solución pura y en combinación con un polímero catiónico, a diferentes dosis y en distintos niveles de turbiedad registrados en la planta de tratamiento de agua potable de Chiclayo, era

fundamental aplicar un método estadístico que permitiera establecer comparaciones detalladas entre los tratamientos.

La prueba de Duncan es una técnica de comparación múltiple que, a diferencia de otras pruebas como Tukey o LSD ajusta los niveles de significancia en función de la cantidad de comparaciones realizadas, proporcionando una mayor sensibilidad en la detección de diferencias entre los promedios de los tratamientos, esto resulta especialmente útil en este estudio, ya que permite determinar con precisión qué combinación de coagulantes y en qué dosis logra la mayor eficiencia en la reducción de la turbiedad. (Codjo, E., et. al., 2024)

Cuando se emplea este análisis estadístico en la información recabada en el experimento, se identifican los tratamientos que presentan incompatibilidades estadísticamente significativas en la disminución de la turbiedad, lo que contribuye a optimizar la selección y dosificación de los coagulantes utilizados en la planta de tratamiento.

Criterios tomados en cuenta en la prueba estadística:

3.3.4. Nivel de significación (α)

El valor del nivel de significancia es de 5% (0.05), considerado como suficiente para el experimento.

P valor (Normalidad de datos)

Se tomó en cuenta las hipótesis a comparar

h_0 = los datos presentan distribución normal (pvalor > 0.05)

h_1 = los datos no presentan distribución normal (pvalor < 0.05)

P valor (Prueba estadística)

Se tomó en cuenta las hipótesis a comparar

Si el P valor < 0.05 se acepta la h_0 (Aceptación de la hipótesis alterna)

Si el P valor > 0.05 se acepta la h_1 (Rechazo de la hipótesis alterna)

3.3.5. Población y muestra de estudio

Población

La población de estudio está formada por todos los grados de turbidez del agua cruda que ingresan a la PTAP N° 1.

Muestra.

La muestra fue integrada por un total de 22 muestras de agua cruda, estas fueron seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico, considerando la variabilidad natural del agua cruda. Estas muestras presentan una extensa pluralidad de grados de turbidez, con la finalidad de analizar cómo se comportan los coagulantes en diversas condiciones reales.

Los valores de turbidez de las muestras seleccionadas fueron:

- Serie 1: 17.9 NTU, 25.7 NTU, 38.8 NTU, 52.9 NTU, 68.2 NTU, 89.13 NTU, 102.6 NTU, 118.7 NTU, 137.12 NTU, 156.6 NTU, 197.1 NTU.
- Serie 2: 18.56 NTU, 27.88 NTU, 36.2 NTU, 55.63 NTU, 72.00 NTU, 87.60 NTU, 100.14 NTU, 120.30 NTU, 132.74 NTU, 160.42 NTU, 202.74 NTU.

3.3.6. Unidad de análisis

Las muestras de unidad de agua cruda recolectadas en el ensayo de jarras durante la investigación son la unidad de análisis.

3.3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación directa fue la herramienta empleada para recolectar la información, ya que se tomaron muestras del caudal de entrada a través de la NTP 214.005 y luego se llevó a cabo el test de jarras con el objetivo de supervisar los procesos de coagulación-

floculación del agua destinada al consumo. Siguiendo cuidadosamente este procedimiento, se buscó determinar las dosis ideales del coagulante durante el tratamiento y lograr eliminar los niveles de turbidez; además, se analizó el comportamiento del fluido y sus flóculos sedimentados en un rango determinado de pH y velocidad de agitación.

Por otra parte, se utilizó una ficha como instrumento para recolectar datos donde se registró los valores obtenidos de las diferentes proporciones o dosificaciones añadidas al agua llevando un control sobre los cambios obtenidos en los niveles de turbiedad, este instrumento se encuentra en los anexos del presente estudio (**Ver Anexo E**)

3.3.8. *Análisis e interpretación de datos*

Para el análisis e interpretación de los datos, se tomó en cuenta el ensayo o test de jarras, midiendo las dosificaciones óptimas tanto del sulfato de aluminio como único coagulante así como la combinación del sulfato de aluminio con el polímero catiónico, estos resultados se sistematizaron, tabularon, graficaron, y cuyo análisis e interpretación se requirió del uso de la estadística descriptiva para determinar los índices de dosificaciones y del mismo modo fue necesario el uso de la estadística inferencial para realizar el contraste de hipótesis mediante se usó el programa estadístico SPSS y, por último, se describieron los resultados de las variables que se estaban estudiando.

3.4. Procedimiento

El proceso seguido para desarrollar esta investigación se organizó en tres fases claramente delimitadas, lo que posibilitó una aproximación metódica, ordenada y rigurosa del problema a estudiar.

3.4.1. Etapa preliminar de Gabinete

3.4.1.1. Descripción del Proceso de Tratamiento de Agua Potable en Planta

N° 1 – Chiclayo.

La PTAP N° 1 de Chiclayo, inaugurada en el año 2000, tiene una tecnología DEGREMONT y pertenece al tipo Pulsator por contacto de lodos. Su capacidad de diseño es de 750 l/s. La PTAP N° 01 recibe agua cruda mediante una línea de conducción de Lagunas Boró, de 40 pulgadas. Esta línea está compuesta por tubería PONT-A-MOUSSON de hierro dúctil y tiene una longitud total de 9,782 metros lineales.

Figura 6.

Vista Aérea de la Planta de Tratamiento N° 1 Chiclayo.

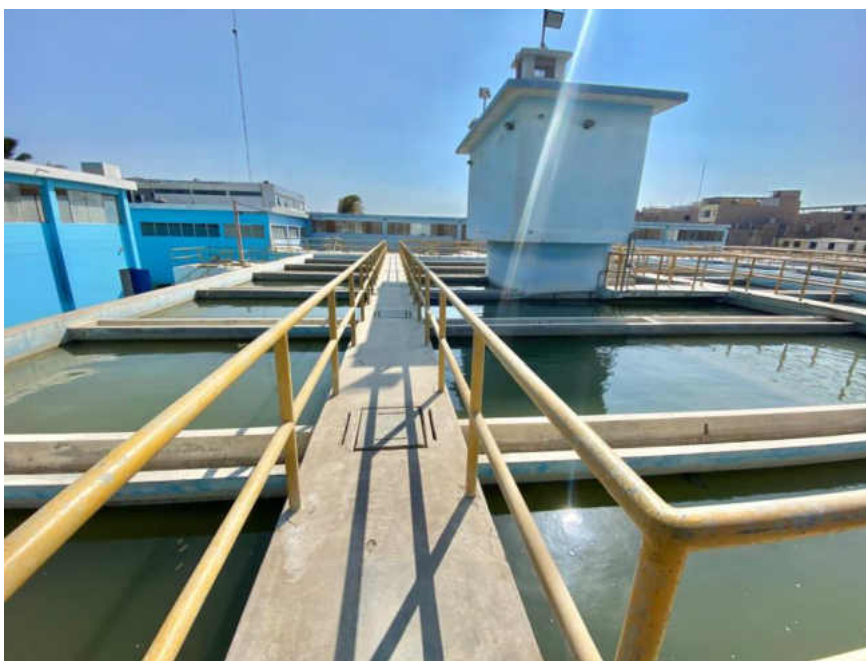


Esta Planta de tratamiento se caracteriza por ser semi automatizada; la llegada del agua cruda es regulada por una válvula de mando manual y una válvula neumática monovar, posee una mezcla rápida tipo Resalto Hidráulico en donde se aplica la solución de coagulante por difusor y luego la solución floculante por difusor.

El agua ingresa luego a una cámara de aquietamiento de donde se distribuye equitativamente a cada uno de los dos decantadores de la Unidad. Los decantadores son del tipo Pulsator lámelar. Posee una cámara de vacío atmosférico, la misma que permite realizar las pulsaciones; luego el agua pasa por los tubos tranquilizadores, para ser floculada. El agua emerge pasando por las planchas tranquilizadoras, en donde se retiene los flocs livianos.

Figura 7.

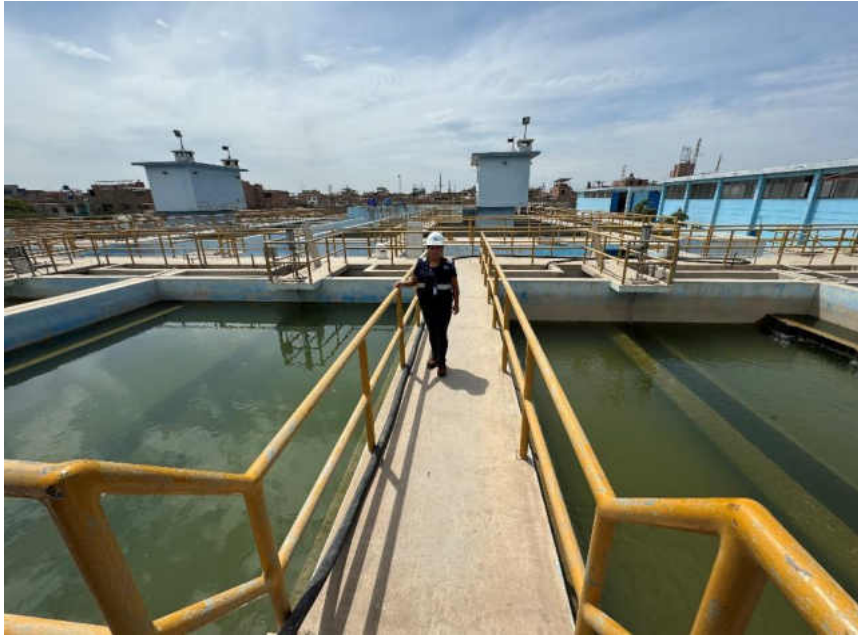
Decantadores Pulsator.



El agua decantada es recolectada por canaletas que llevan el agua a un canal central, que desemboca en otro canal para distribuirse a seis filtros rápidos de tasa y altura constante tipo Aquazur “V” con sistema de lavado aire y agua.

Figura 8.

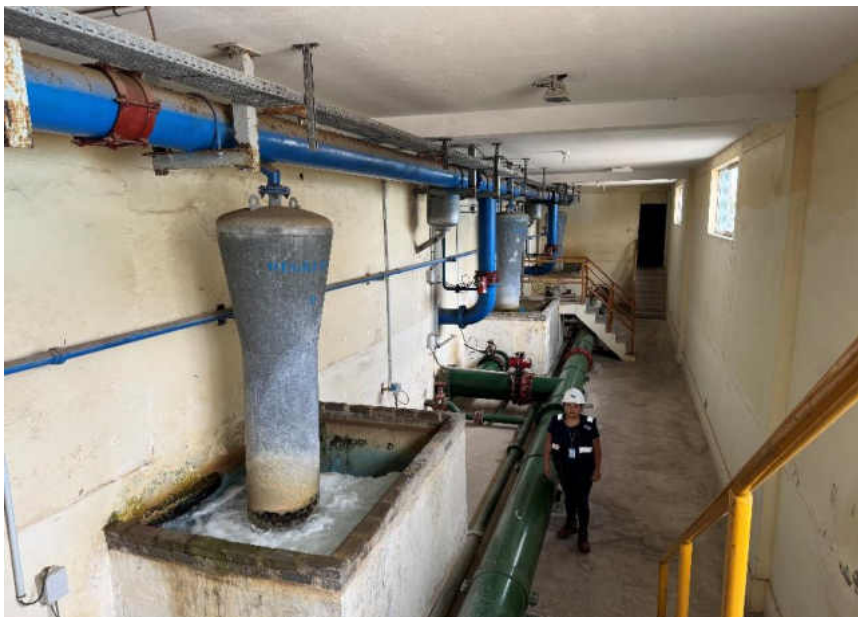
Unidades de Filtración de PTAP N° 1.



El agua filtrada es recolectada en la galería de sifones desde donde se distribuye a una estructura de contacto de cloro llamado serpentín para la desinfección. El agua desinfectada se almacena en el reservorio R-2 para ser bombeada a los Reservorios del Ámbito de EPSEL S.A.

Figura 9.

Galería de Sifones de PTAP N° 1.



La PTAP N° 1 tiene una sala de Reactivos de preparación de insumos químicos, los cuales describiré a continuación:

a) Preparación de Insumo Químico Sulfato de Aluminio.

El sulfato suministrado en sacos se coloca manualmente en depósitos de preparación de 25 m³ (1 en operación y 1 en preparación), Están equipados, cada uno de ellos con un agitador.

Figura 10.

Depósitos de preparación de Sulfato de Aluminio.



Figura 11.

Bombas dosificadoras de Sulfato de Aluminio



b) Dosificación de Insumo Químico Polímero.

El polímero se prepara en dos unidades (1 en operación y 1 en preparación).

Se recoge por 2 bombas dosificadoras (+ 1 emergencia) que abastecen dos puntos de inyección (salida de unidad de reparto antes del conducto de cada Pulsator). Trabajan en continuo, de 0 a 150 l/h y 5 bares.

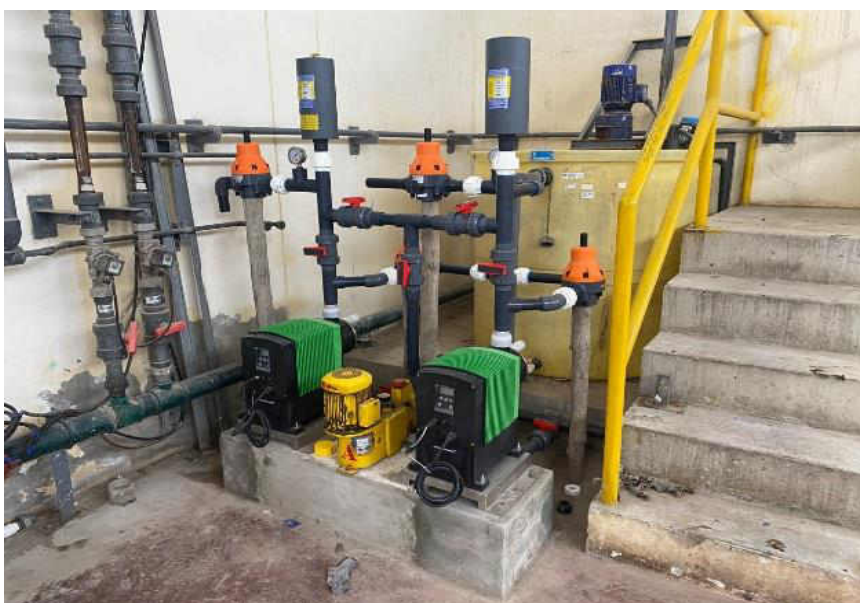
Figura 12.

Depósitos de preparación de polímero



Figura 13.

Bombas dosificadoras de polímero.



3.4.1.2. Histórico de mediciones de turbiedad en la PTAP Chiclayo.

Los datos históricos fueron solicitados a la Sub Gerencia de Producción de Agua Potable de EPSEL S. A. Se evaluó y sistematizó el historial de mediciones de turbiedad de PTAP N° 1 de los años 2021-2024, los niveles más frecuentes de turbiedad, para aplicar dosis precisas en diferentes casos presentados. (**Ver anexo C**)

3.4.2. Etapa Experimental de Laboratorio.

3.4.2.1. Obtención de muestras de agua cruda para el test de jarras

Los siguientes materiales y procedimientos fueron empleados en este proceso.

⇒ **Materiales.**

Chaleco, casco, guantes, 02 envases de obtención de muestras de 45 lts.

⇒ **Procedimiento.**

Las muestras de agua cruda se han extraído del lugar de muestreo dispuesto en la tubería de ingreso de 40” adaptado con un caño.

Para llevar a cabo 5 repeticiones de una única turbidez, se recolectaron 90 litros de agua cruda.

Se transportó los 02 envases con agua cruda al Laboratorio de Aseguramiento de Calidad de EPSEL S.A.

3.4.2.2. Ensayo jarras.

Para ejecución de los test de jarras se solicitó el ingreso y utilización de equipos de laboratorio a la Jefatura de Aseguramiento de Calidad de EPSEL S.A.

A través de este ensayo, se examinó la cantidad óptima de sulfato de aluminio (puro) y en combinación con polímero catiónico para eliminar turbidez en la PTAP N° 1. Se hace una descripción a continuación de los materiales, reactivos y equipos empleados:

Tabla 6.

Equipos, materiales y reactivos utilizados.

Equipos	Materiales	Reactivos
Equipo de Prueba de Jarras calibrado (certificado de calibración) (ver Anexo B)	Pipeta volumétrica de 10ml.	Sulfato de Aluminio
Turbidímetro de mesa (certificado de calibración) (ver Anexo B)	Fiolas: 250 ml(1und), 1000 ml(2und)	Polímero catiónico
Medidor de Ph	Beakers: 25 ml (6), 50 ml. (6 und), 100ml.	Agua ultra pura.
Medidor de Conductividad	Matraces de 250 ml(6und)	
Colorímetro DR900 de medición de aluminio Residual.	Jeringas Hipodérmicas (6und)	
Balanza analítica		

Nota: *En base a lo utilizado durante el experimento*

3.4.2.3. Preparación de Solución patrón de sulfato de aluminio a una concentración del 10% (100000 ppm).

Se empleó el siguiente método para elaborar la solución madre de sulfato de aluminio al 10%:

1. Se recogió una cantidad de sulfato de aluminio de la sala de reactivos de PTAP N° 1
2. En la balanza analítica se pesó 100 grs. de Sulfato de Aluminio en un beaker de 50 ml.
3. Se disuelve el sulfato de aluminio con agua ultra pura en la plancha de calentamiento y agitación.

4. Se trasvasó en una fiola de 1000 ml, se llenó la fiola hasta la mitad, y se agitó bien, luego se llenó hasta la marca de enrase con agua ultra pura, y reposar un minuto.
5. Se evitó el error de paralaje colocando la línea de enrase a la altura de los ojos.
6. Con ayuda de una cuenta gotas se dejó la base del menisco tangente a la línea de enrase.
7. Se tapó la fiola, y agitó para homogenizar la solución.

3.4.2.4. Preparación de solución patrón de sulfato de aluminio a una concentración del 1% (1000 ppm)

Se llevó a cabo el siguiente procedimiento para preparar la solución patrón de sulfato de aluminio al 1%:

1. Se tranvasó la solución madre de sulfato al 10% preparado previamente a un Beaker, con ayuda de una pipeta y un pipeteador de embolo se aspiró 25 ml de solución de sulfato de aluminio.
2. Se transfirió el volumen medido a la fiola de 250 ml, se llenó la fiola hasta la mitad, y se agitó bien, luego se llenó hasta la marca de enrase con agua ultra pura, y reposar un minuto.
3. Se evitó el error de paralaje colocando la línea de enrase a la altura de los ojos.
4. Con ayuda de una cuenta gotas se dejó la base del menisco tangente a la línea de enrase.
5. Se tapó la fiola, y agitó para homogenizar la solución

3.4.2.5. Preparación de la solución patrón de polímero a una concentración del 0.5% (5000 ppm)

Se llevó a cabo el siguiente procedimiento para preparar la solución patrón de polímero catiónico al 0.5%:

1. Se recogió una cantidad de polímero catiónico de la sala de reactivos de PTAP N° 1.
2. En la balanza analítica se pesó 5 gramos de polímero catiónico en un beaker.
3. Se disuelve el polímero catiónico con agua ultra pura en la plancha de calentamiento y agitación.
4. Se trasvasó en una fiola de 1000 ml, se llenó la fiola hasta la mitad, y se agitó bien, luego se llenó hasta la marca de enrase con agua ultra pura, y reposar un minuto.
5. Se evitó el error de paralaje colocando la línea de enrase a la altura de los ojos.
6. Con ayuda de una cuenta gotas se dejó la base del menisco tangente a la línea de enrase.
7. Se tapó la fiola, y agitó para homogenizar la solución.

3.4.2.6. Programación de memorias del equipo de prueba de jarras.

⇒ Procedimiento de programación del equipo:

- 1) Se encendió el interruptor del controlador. Después de que se inicie el controlador programable, apareció la ventana de selección PRINCIPAL. Se encendió el interruptor del iluminador floc.
- 2) Se marcó memorias de Programa presionando “4” en el teclado. Apareció en la pantalla ELEGIR MEMORIA.
- 3) Se presionó ENTER y apareció la pantalla “EDITANDO VALORES en M1”.
- 4) Presionar "115" y ENTER aceptó el tiempo de ejecución. El cursor parpadeante pasó al siguiente campo (ALARMA).
- 5) Al Presionar ARRIBA y ENTER. Apareció la pantalla "EDITANDO VALORES en M2".
- 6) Al Presionar “25” y ENTER aceptó la velocidad de RPM.

- 7) Al Presionar “500” y ENTER aceptó el tiempo de ejecución.
- 8) Al Presionar UP dos veces y ENTER. Apareció la pantalla "EDITANDO VALORES en M3".
- 9) Al Presionar "0" y ENTER aceptó la velocidad de RPM.
- 10) Al Presionar "1000" y ENTER aceptó el tiempo de ejecución.
- 11) Al Presionar “2” y ENTER para aceptar la frecuencia de ALARMA.
- 12) Al Presionar ATRÁS para ir a la pantalla ELEGIR MEMORIA.
- 13) Al Presionar ABAJO para ir a "EDITAR VALORES en M4". Revisamos todos los parámetros y verificamos que todos los valores estén en cero.
- 14) Al Presionar BACK dos veces para ir a la ventana de selección PRINCIPAL (MAIN).
- 15) Presionar "2" para seleccionar "Modo Secuencial".
- 16) Presionar el botón START / STOP y el PB-900TM JarrTester quedó listo para ejecutar las pruebas de jarras.

3.4.2.7. Determinación de parámetros de coagulación-floculación

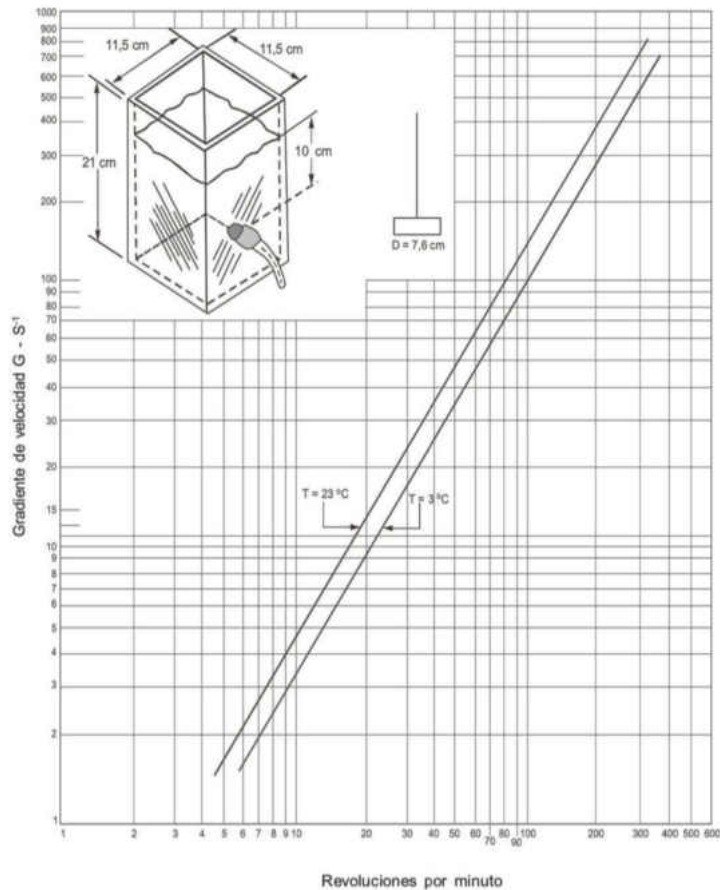
Para la programación de memorias se determinó parámetros como: gradientes de velocidad y velocidad de agitación para mezcla rápida (coagulación) y lenta (floculación).

a. Coagulación

Para ello en el MOM de PTAP N° 1 nos especifica que en la cámara de reparto que tiene un salto hidráulico; en esta cámara se produce la mezcla rápida, con una gradiente de velocidad de $800s^{-1}$ en un tiempo de contacto de 10 segundos. Interpolamos en el gráfico de Gradiente velocidad vs revoluciones por minuto. De acuerdo al siguiente gráfico.

Figura 26.

Ábaco que relaciona el gradiente de velocidad con las revoluciones por minuto



Nota: Jarra de sección cuadrada. Desarrollado por la Universidad de Michigan.

Se determinó las revoluciones por minuto para la homogenización para la programación de la Memoria 1.

\Rightarrow Homogenización Memorial 1 ($M1$) = 100PM; tiempo = 60 seg.

Se estableció el número de velocidades por minuto para la coagulación. (mezcla rápida) para la programación de la Memoria 2.

\Rightarrow Mezcla rápida Memoria 2 ($M2$) = 300PM; tiempo = 60 seg.

b. Floculación.

Según el manual del Cepis, en 2004 se señala que a una temperatura de $23^{\circ}C$ y durante la fase de floculación con 40 rpm, la velocidad promedio de floculación es de $52 s^{-1}$.

Se determinó las revoluciones por minuto para la floculación (mezcla lenta) para la programación de la Memoria 3.

\Rightarrow *Floculación Memoria 3 (M3) = 40PM; tiempo = 15 min.*

c. Sedimentación

Se determinó las revoluciones por minuto para la sedimentación siendo la programación de la Memoria 4.

\Rightarrow *Sedimentación Memoria 4 (M4) = 0 RPM; tiempo = 15 min.*

3.4.2.8. Protocolo de ejecución de pruebas de jarras.

Se llevó a cabo el siguiente protocolo para ejecutar las pruebas de jarras.

1. En un beaker, se utilizó una pequeña muestra de agua cruda previa homogenización de agua cruda que fue recolectada en los recipientes de 45 litros.
2. Se midió los parámetros iniciales los cuales fueron: turbidez con el equipo turbidímetro calibrado, temperatura, pH, alcalinidad del agua y conductividad eléctrica con el equipo multiparámetros calibrado.
3. Se calculó la dosis de coagulante que se debe aplicar a cada jarra usando la ecuación de correlación de masas.
4. Se llenó las 06 jarras (2000 ml) con agua cruda recogida.
5. Se colocó las paletas deflectoras dentro de las jarras, la cual se ajustó exactamente en el centro del recipiente evitando el choque con las paredes de las jarras.
6. Se utilizó una pipeta para añadir las cantidades del coagulante a cada vasito en las jarras. Luego, se extrajo el contenido del recipiente con una jeringa hipodérmica, succionando hasta la última gota.
7. Se colocó la jeringa con la cantidad de coagulante calculada frente a la jarra correspondiente.

8. Después, se encendió el equipo y se programó las memorias de acuerdo con los parámetros ideales ya establecidos anteriormente:
- ⇒ Homogenización Memoria1 (M1) = 100PM; tiempo = 60 seg.
 - ⇒ Mezcla rápida Memoria 2 (M2) = 300PM; tiempo = 60 seg.
 - ⇒ Floculación Memoria 3 (M3) = 40PM; tiempo = 15 min.
 - ⇒ Sedimentación Memoria 4 (M4) = 0 RPM; tiempo = 15 min.
9. Se inició la operación del instrumento de jarras, usando el coagulante y/o ayudante al mismo tiempo y de inmediato en cada una de las jarras. Para garantizar que la solución se difunda de manera más rápida, aplicamos el coagulante en el lugar con mayor turbulencia.
10. Al iniciar el proceso de floculación, se observó y registró el tiempo de conformación de flócs en el Formato de laboratorio elaborada previamente.
11. Justo antes de que finalice el proceso de floculación, se observó el tamaño de los flóculos formados. Este es el momento en el que se clasificaron los flocs y registraron de acuerdo al Índice de Wilcomb.
12. Cuando el equipo haya finalizado con la simulación de los procesos, el equipo se apaga automáticamente. Luego, se colocan los tomadores de muestras, se cebaron los sifones, se aseguró el extremo del sifón con una liga y se dejó sedimentar el agua durante un período 15 minutos.
13. Después de pasado el tiempo de sedimentación, se desecharon los 10 ml de muestra y se toman muestras de aproximadamente 30 ml de todas las jarras.
14. Se midieron los parámetros finales los cuales son: turbidez residual, ph, alcalinidad y aluminio residual.
15. Los resultados se registraron de forma experimental en el laboratorio. La dosis ideal se elige como aquella que produce la menor cantidad de turbidez.

16. Se procesaron los datos en el programa Excel, graficando la curva de turbidez residual vs dosis, observando el punto más bajo de la curva, siendo un indicador de dosis óptima.

3.4.2.9. Procedimiento estadístico.

El procedimiento estadístico consistió en:

Primero: Se evaluaron mediante el historial de mediciones de turbiedad, los niveles más frecuentes de turbiedad, para aplicar dosis precisas en diferentes casos presentados.

Segundo: Se preparó las dosis dentro del rango óptimo tanto del sulfato de aluminio como de la solución combinada del Sulfato de Aluminio con el Polímero Cationico

Tercero: Se Realizó las pruebas de jarras (equipo calibrado) teniendo en cuenta que las muestras de agua fueron seleccionadas de manera aleatoria en el Punto de Muestreo de agua cruda de la PTAP N° 1 – Chiclayo

Cuarto: Se realizó 5 repeticiones en cada ensayo de Jarras

Quinto: Se registró los datos en la ficha de campo. **Ver Anexo E**

Sexto: Se realizó la sistematización, tabulación y prueba estadística

Séptimo: Se realizó la prueba ANOVA

Octavo: Se aplicó la prueba Turkey para determinar la eficiencia en la mejor dosis de Sulfato de Aluminio (puro) o de Sulfato de Aluminio con Polímero Cationico (Combinado)

Noveno: Se obtuvo las dosificaciones óptimas y eficientes del coagulante más efectivo.

Séptimo: Se obtuvieron los resultados y las conclusiones del experimento

3.4.3. Etapa final de gabinete

Los resultados alcanzados en las etapas inicial y de experimentación fueron clasificados, organizados en tablas y representados a través de gráficos. El análisis y la interpretación se llevaron a cabo con estadística descriptiva, para establecer los índices de dosificación, y con estadística inferencial, para hacer el contraste de hipótesis usando el programa SPSS. Por último, se explicaron los resultados de las variables investigadas.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Prueba de normalidad de datos

Tabla 7.

Prueba de normalidad de datos

	<u>Kolmogorov-Smirnov^a</u>		
	Estadístico	gl	Sig.
Sulfato de Aluminio - Solución pura	,174	330	,190
Sulfato de Aluminio + Polímero Catiónico - Solución Combinada	,152	330	,127

La prueba de normalidad indica que de los 330 datos observados a diferente nivel de turbiedad y al aplicar el estadístico Kolmogorov-Smirnov se obtuvo que los datos presentaron una distribución normal.

4.2. Evaluación de los niveles de turbiedad históricas medidas para obtener la turbidez más frecuente.

Tabla 8.

Histórico de niveles de turbiedad medidos en PTAP-Chiclayo.

Año	Nivel de Turbiedad	
	Mínimo	Máximo
2021	3.50	180.5
2022	3.70	200.3
2023	4.90	210.0
2024	3.90	197.6
Promedio Anual	4.00	197.1

Los niveles de turbiedad promedio desde el 2021 hasta el 2024 alcanzan el rango de 4.00 NTU como valor mínimo estando este valor bajo el límite máximo permisible y por ende no se dosifica coagulantes por lo tanto se escogió valores frecuentes mínimos que van de 10 - 20 NTU y el valor de 197.1 NTU como valor máximo, por lo tanto, estos

datos nos indican que debemos ensayar las dosificaciones para encontrar la más eficiente con los valores más frecuentes de turbiedad.

4.3. Prueba de hipótesis

H_0 = El sulfato de aluminio y del polímero catiónico no logra remover más del 80% los valores de turbiedad del agua en la PTAP N° 1, Provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024

H_1 = El sulfato de aluminio y el polímero catiónico logra remover más del 80% los valores de turbiedad del agua en la PTAP N° 1, Provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024.

4.3.1. Prueba de ANOVA

Tabla 9.

Prueba de ANOVA en los niveles de turbiedad más altos usando sulfato de aluminio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	25,567	5	5,113	2856,638	,000
Dentro de grupos	,043	24	,002		
Total	25,610	29			

Nota: Sistematizado en el SE SPSS

Como se puede observar el valor de significancia para un valor de ingreso a la PTAP de 197 NTU, en dosificaciones de un rango entre 30mg/L y 35mg/L se encontró que existe evidencia suficiente para sostener que el sulfato de aluminio reduce considerablemente los índices de Turbiedad en la PTAP – Chiclayo, en valores superiores al 80% aceptándose de este modo la hipótesis alterna de investigación ya que el nivel de significancia 0.00 es menor a 0.05 ($0.00 < 0.05$), es decir que a un nivel de confianza del 95%, se confirma que el sulfato de aluminio y del polímero catiónico lograron remover

más del 80% los valores de turbiedad del agua en la Planta de Tratamiento de Agua Potable N° 1, Provincia de Chiclayo, Lambayeque - 2024

Tabla 10.

Tamaño del efecto.

		Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95%	
			Inferior	Superior
Niveles de turbidez NTU	Eta cuadrado	,998	,996	,999
	Epsilon cuadrado	,998	,995	,998
	Omega cuadrado	,998	,995	,998
	efecto fijo			
	Omega cuadrado	,990	,975	,992
	efecto aleatorio			

a. Eta cuadrado y Epsilon cuadrado se estiman basándose en el modelo de efecto fijo.

Nota: Sistematizado en software estadístico SPSS.

Para observar los valores de los niveles de turbiedad se calculó el tamaño o magnitud del efecto comprobándose mediante estos valores lo cercano o lejano de los promedios de los grupos ajustados a la varianza, esta magnitud está dentro del intervalo de confianza establecido al 95%; el valor observado es Eta cuadrado que alcanzó al 0,998; esto significa que la investigación realizada presentó un efecto es significativo y muy importante debido al el valor obtenido (0,998) estadísticamente.

4.3.2. Prueba de comparación múltiple para el coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: Tukey

Para las pruebas específicas que se realiza estadísticamente y determinar dentro del rango de dosificaciones y el nivel de turbiedad y demostrar si existe o no diferencias estadísticas significativas entre los grupos comparados a un nivel de significación de 0.05, la comparación se realiza mediante la prueba Tukey que compara los subconjuntos y verifica si sus medias son significativamente distintas. A continuación, se presentará una seria de tablas que muestras las diferentes dosificaciones con cada nivel de turbiedad, estos nos brindarán un indicador de la eficiencia de coagulante en el agua de esas condiciones:

Tabla 11.*Prueba de rango múltiple Tukey para 17.9 NTU.*

HSD Tukey ^a Dosificaciones de Sulfato de Aluminio		Subconjunto para alfa = 0.05					
	N	1	2	3	4	5	6
11 Mg/L	5	4,0680					
12 Mg/L	5		5,8020				
10 Mg/L	5			7,0280			
9 Mg/L	5				10,8880		
8 Mg/L	5					12,5000	
7 Mg/L	5						13,8980
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: Según la prueba estadística Tukey existe una relación inversa entre la dosificación y la turbiedad a mayor dosificación menor turbidez, a cada incremento o decremento de la dosis genera diferencias estadísticas importantes las cuales son importantes en el aspecto operativo de la planta, sin embargo la dosificación óptima desde el aspecto técnico es de 11 mg/L que alcanzo a reducir de 17.9NTU a 4.068NTU, sugiriendo una mayor eficiencia en el tratamiento de la disminución de la turbidez a un nivel de confianza del 95%

Tabla 12.*Prueba de rango múltiple Tukey para 25.7 NTU.*

HSD Tukey/ Dosificaciones de Sulfato de Aluminio		Subconjunto para alfa = 0.05					
	N	1	2	3	4	5	6
11 Mg/L	5	2,8880				2,8880	
13 Mg/L	5	3,3020				3,3020	
15 Mg/L	5		4,2620				4,2620
9 Mg/L	5			7,5940			
7 Mg/L	5				10,9300		
5 Mg/L	5				11,0540		
Sig.		,192	1,000	1,000	,977	,192	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey se mantiene la relación inversa ente la dosificación y la turbiedad, a partir de 9mg/l la turbiedad se incrementa, las dosificaciones de 11 y 13Mg/l no presenta diferencias estadísticas, de igual modo entre 7 y 9Mg/l , sin embargo entre 15 Mg/l y 11 y 13Mg/l se observó diferencias significativas las cuales en este rango de dosificaciones son las consideradas óptimas, por otro lado, la dosificación de 15Mg/l alcanzó una media de 4.26NTU y dosificaciones en los rangos de 5 a 9Mg/l no son eficientes para la reducción de los índices de turbiedad

Tabla 13.

Prueba de rango múltiple Tukey para 38.8 NTU

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05					
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4	5	6
13 Mg/L	5	2,4900					
14 Mg/L	5		3,4600				
15 Mg/L	5			3,7260			
12 Mg/L	5				5,4980		
11 Mg/L	5					7,6120	
10 Mg/L	5						10,1100
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, donde se observó que entre la dosis de 13 a 15 Mg/l son las dosis óptimas y de mayor eficiencia, en el nivel de turbiedad de 38.8NTU. Por otro lado, dosificaciones inferiores a 12Mg/l no reduce considerablemente los niveles de turbiedad, teniendo en cuenta que cada dosis tiene un efecto diferenciado.

Tabla 14.*Prueba de rango múltiple Tukey para 52.9 NTU.*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio		Subconjunto para alfa = 0.05				
	N	1	2	3	4	5
18 Mg/L	5	3,3280				
19 Mg/L	5		4,4660			
20 Mg/L	5		4,5080			
17 Mg/L	5			5,2760		
16 Mg/L	5				6,7900	
15 Mg/L	5					7,4420
Sig.		1,000	,949	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, donde se observó que se mantiene la relación inversa entre dosis y turbidez, además la dosis más óptima es de 18 Mg/l, se observa además que las dosis de 19 y 20 Mg/l no presenta diferencias estadísticas, y la menos eficiente es en la dosificación de 15mg/L.

Tabla 15.*Prueba de rango múltiple Tukey para 68.2 NTU*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio		Subconjunto para alfa = 0.05					
	N	1	2	3	4	5	6
18 Mg/L	5	4,2680					
19 Mg/L	5		5,0360				
20 Mg/L	5			5,4060			
17 Mg/L	5				6,4900		
16 Mg/L	5					8,0160	
15 Mg/L	5						9,7600
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, donde se observó que se mantiene la relación inversa entre dosis y turbidez, además la dosis óptima y más eficaz es de 18 Mg/l, alcanzando una turbiedad de 4.26NTU, significativamente mucho menor en comparación de las demás.

Tabla 16.

Prueba de rango múltiple Tukey para 89.13 NTU

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05				
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4	5
23 Mg/L	5	4,9700				
24 Mg/L	5		6,9660			
25 Mg/L	5		7,3020			
22 Mg/L	5			11,2280		
21 Mg/L	5				16,5420	
20 Mg/L	5					20,7720
Sig.		1,000	,132	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, donde se observó que se mantiene la relación inversa entre dosis y turbidez, además la dosificación óptima en este rango fue la de 23Mg/l, siendo el umbral de eficiencia las dosis de 24 y 25Mg/l donde ya no se muestra diferencias significativas, por lo tanto, dosis de más de 23Mg/l no mejora significativamente dosis menores a 22Mg/l la turbiedad se ve incrementada alcanzando un pico de 20.77NTU.

Tabla 17.*Prueba de rango múltiple Tukey para 102.6 NTU*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
26 Mg/L	5	4,9700				
28 Mg/L	5		6,9660			
30 Mg/L	5		7,3020			
24 Mg/L	5			11,2280		
22 Mg/L	5				16,5420	
20 Mg/L	5					20,7720
Sig.		1,000	,132	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, donde la dosis con mayor eficiencia es la de 26Mg/l que alcanzó 4.97NTU estadísticamente distinta dentro del grupo, las dosis entre 28 y 30Mg/l no presentaron diferencias en dosis bajas de 20 a 24Mg/l el rendimiento se ve disminuido, siendo la de 20Mg/l la peor.

Tabla 18.*Prueba de rango múltiple Tukey para 118.7 NTU.*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
28 Mg/L	5	4,8420					
30 Mg/L	5		6,3580				
32 Mg/L	5			7,1700			
26 Mg/L	5				8,0840		
24 Mg/L	5					9,2040	
22 Mg/L	5						16,4520
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, en dosis de 30 a 32Mg/l empeora la turbiedad de manera ligera, lo que indica la saturación de los procesos de coagulación, del mismo modo en dosis muy bajas en el

rango de 22 a 26Mg/l, donde se muestran valores muy alto de turbiedad y la dosis más óptima es la de 28Mg/l que obtiene el valor más bajo dentro del rango de 4.8NTU.

Tabla 19.

Prueba de rango múltiple Tukey para 137.12 NTU

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05			
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4
30 Mg/L	5	3,9600			
34 Mg/L	5		5,2340		
32 Mg/L	5		5,5480		
28 Mg/L	5			6,5020	
26 Mg/L	5			6,7960	
24 Mg/L	5				10,4000
Sig.		1,000	,772	,816	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, la dosificación óptima lo obtenemos en 30Mg/l que alcanza un valor de 3.96NTU de turbiedad, los rangos medios de 32 y 34Mg/l son valores que, si mejoran los resultados pero que no son los óptimos, las dosis de 26 y 28Mg/l no presenta diferencias estadísticas aumentando los niveles de turbiedad y el rendimiento menos favorable se encontró en 24Mg/L que alcanzó 10.4 NTU.

Tabla 20.

Prueba de rango múltiple Tukey para 156.6 NTU

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05					
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4	5	6
29 Mg/L	5	5,2700					
30 Mg/L	5		6,0040				
31 Mg/L	5			6,6160			
28 Mg/L	5				6,9180		
27 Mg/L	5					7,6240	
26 Mg/L	5						8,9400
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se evidenció que la dosificación óptima que genera mayor eficiencia fue la de 29Mg/l que alcanzó 5.27NTU, para las dosis de 28 a 30Mg/l presento una eficiencia intermedia mostrándose una diferencia significativa entre estas dosis y en dosis bajas de 26 y 27Mg/l los valores de turbiedad son más altas alcanzando 8.9 y 7.6NTU.

Tabla 21.

Prueba de rango múltiple Tukey para 197.1 NTU

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05				
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4	5
32 Mg/L	5	5,1020				
33 Mg/L	5		6,2440			
31 Mg/L	5			6,7700		
34 Mg/L	5			6,8200		
35 Mg/L	5				7,1420	
30 Mg/L	5					8,1620
Sig.		1,000	1,000	,444	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se muestra que la dosificación de 32Mg/l es la más óptima dando una eficiencia en esta dosificación con la menor turbiedad de 5.1 NTU; también existe una eficiencia media en las dosis de 33, 31 y 34Mg/l que alcanzan niveles de turbiedad mayores pero moderadas y en estas dos últimas se muestra un comportamiento similar; por otro lado en niveles de turbiedad de 30 y 35Mg/l alcanzan valores altos de turbiedad con estas dosificaciones es decir son las menos eficientes, por tanto el rango óptimo es el cercano a 32 Mg/L.

4.3.3. Prueba de comparación múltiple para el coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ combinado con Polímero Catiónico: Tukey

Tabla 22.

Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 18.56 NTU

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05		
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3
8 + 0.14 Mg/L	5	1,1320		
8 + 0.16 Mg/L	5	1,4960		
8 + 0.12 Mg/L	5		2,7640	
8 + 0.18 Mg/L	5		2,8380	
8 + 0.20 Mg/L	5		3,2540	
8 + 0.10 Mg/L	5			4,8780
Sig.		,250	,056	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homog.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se muestra que existe homogeneidad en los siguientes grupos 8+ 0.14Mg/l y 8+16Mg/l, así como en los grupos 8+0.12Mg/l, 8 +0.18Mg/l y 8+0.20Mg/l, según estos resultados la combinación más óptima de los grupos es la de 8 Mg/l de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ combinado con 0.14Mg de polímero catiónico, si aumentamos el polímero sobre 0.16Mg/l no se muestra mejora en los niveles de turbiedad llegando a ser un gasto del químico innecesaria en dosis por debajo de 0.10Mg/l no cumple con el estándar que se necesita.

Tabla 23.

Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 27.88 NTU

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05					
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4	5	6
9 + 0.14 Mg/L	5	1,0360					
9 + 0.16 Mg/L	5		1,8260				
9 + 0.18 Mg/L	5			2,1260			
9 + 0.20 Mg/L	5				2,4420		
9 + 0.12 Mg/L	5					2,8420	
9 + 0.10 Mg/L	5						3,4040
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se muestra que la combinación óptima es la de 9Mg/l de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en combinación con 0.14Mg/l de polímero catiónico generando un nivel de turbiedad mejor que en todos los casos del rango evaluado alcanzando un 1.04NTU, dosis menores a 0.14 son insuficientes para el proceso y dosis mayores no mejoraron los niveles de turbiedad, incrementar la dosis de 8 a 9 si se mantiene el polímero reduce muy ligeramente los niveles de turbiedad.

Tabla 24.

Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 36.2 NTU

HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
11 + 0.14 Mg/L	5	,7560					
11 + 0.16 Mg/L	5		2,4420				
11 + 0.12 Mg/L	5			3,0580			
11 + 0,18 Mg/L	5				3,7220		
11 + 0,20 Mg/L	5					4,1900	
11 + 0.10 Mg/L	5						4,9860
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se muestra que la combinación óptima es de 11Mg/l de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y 0.14Mg/l de polímero catiónico alcanzando un nivel de turbiedad de 0.75 con un valor de ingreso de 36.2NTU, siendo por lo tanto la combinación óptima, en los demás casos se muestra niveles de turbiedad menos eficientes.

Tabla 25.*Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 55.63 NTU*

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05					
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4	5	6
15 + 0.16 Mg/L	5	,8260					
15 + 0.14 Mg/L	5		1,3360				
15 + 0.18 Mg/L	5			2,2520			
15 + 0.20 Mg/L	5				3,2540		
15 + 0.12 Mg/L	5					3,4700	
15 + 0.10 Mg/L	5						4,5200
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística, se muestra, la dosificación más óptima es la que combina 15Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.16Mg/l alcanzando un valor de 0.826NTU, debiéndose evitar dosificaciones de 0.1 y 0.12Mg/l ya que presentan turbiedad elevada con las combinaciones de Sulfato de Aluminio.

Tabla 26.*Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 72 NTU*

HSD Tukey ^a		Subconjunto para alfa = 0.05				
Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	1	2	3	4	5
16 + 0.18 Mg/L	5	,8720				
16 + 0.16 Mg/L	5		1,6640			
16 + 0.14 Mg/L	5			2,2000		
16 + 0.20 Mg/L	5			2,4480		
16 + 0.12 Mg/L	5				3,2880	
16 + 0.10 Mg/L	5					5,3920
Sig.		1,000	1,000	,361	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se observó que la dosis óptima es la que combina 16Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.18Mg/l de polímero catiónico, los cuales alcanzó un nivel de turbiedad de 0.87NTU con un ingreso de 72NTU reduciéndose considerablemente. Además, las dosificaciones

de combinación de 0.10 y 0.12Mg/l no son recomendables debido a que no controlan adecuadamente la turbiedad

Tabla 27.

Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 87.60 NTU

HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
20 + 0.16 Mg/L	5	.5140				
20 + 0.18 Mg/L	5		.9920			
20 + 0.14 Mg/L	5		1.0920			
20 + 0.20 Mg/L	5			2.4660		
20 + 0.12 Mg/L	5				3.4900	
20 + 0.10 Mg/L	5					4.3760
Sig.		1.000	.053	1.000	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se observó que la dosis óptima es la que combinó 20Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.16Mg/l de Polímero catiónico alcanzando un nivel mínimo de turbiedad de 0.51NTU el más bajo registrado en este rango, por otro lado se observó que las dosis de 0.14 y 0.18Mg/l no presentan diferencias estadísticamente distintas, por lo tanto son menos efectiva que la solución previa, y las soluciones de 0.10 y 0.12Mg/l son no recomendables o ineficientes.

Tabla 28.*Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 100.14 NTU*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio		Subconjunto para alfa = 0.05					
	N	1	2	3	4	5	6
22 + 0.16 Mg/L	5	1,1900					
22 + 0.18 Mg/L	5		2,5340				
22 + 0.20 Mg/L	5			2,8740			
22 + 0.14 Mg/L	5				4,2060		
22 + 0.12 Mg/L	5					6,5360	
22 + 0.10 Mg/L	5						8,1640
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se observó que la dosis óptima es la que combinó 22Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.16Mg/l de Polímero catiónico alcanzando un nivel mínimo de turbiedad de 1.19NTU, siendo la turbiedad de ingreso de 100.14NTU. Por otro lado, se debe evitar las dosificaciones de 0.10 y 0.12mg/l de polímero catiónico ya que los niveles de turbiedad no disminuyen.

Tabla 29.*Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 120.30 NTU*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio		Subconjunto para alfa = 0.05					
	N	1	2	3	4	5	6
24 + 0.18 Mg/L	5	,9000					
24 + 0.20 Mg/L	5		1,2240				
24 + 0.22 Mg/L	5			2,2600			
24 + 0.16 Mg/L	5				3,8920		
24 + 0.14 Mg/L	5					5,0680	
24 + 0.12 Mg/L	5						7,0060
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se observó que la combinación óptima de tratamiento es la de 24Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.18Mg/l de Polímero catiónico alcanzando un nivel mínimo de turbiedad de 0.90NTU, siendo la turbiedad de ingreso de 120.30NTU. Por otro lado, las combinaciones de 0.12 y 0.14Mg/l no genera un efecto significativo, tampoco de evidencia que a dosis de 0.14 y 0.16Mg/l se detecte mejores resultados en la reducción de la turbiedad.

Tabla 30.

Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 132.74 NTU

HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
26 + 0.18 Mg/L	5	.7180				
26 + 0.16 Mg/L	5		1.0960			
26 + 0.20 Mg/L	5			1.9860		
26 + 0.22 Mg/L	5			2.0380		
26 + 0.14 Mg/L	5				3.0620	
26 + 0.12 Mg/L	5					4.4960
Sig.		1.000	1.000	.252	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, se observó que la combinación óptima de tratamiento es la de 26Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.18Mg/l de Polímero catiónico alcanzando un nivel mínimo de turbiedad de 0.718 NTU, siendo la turbiedad de ingreso de 132.74 NTU. Por otro lado, las combinaciones inferiores a 0.16Mg/l no genera una eficiencia, tampoco hay evidencia que a dosis de 0.12 y 0.14 Mg/l se mejore los resultados ya que alcanza 4.49 NTU.

Tabla 31.*Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 160.42 NTU*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
27 + 0,18 Mg/L	5	1,1620					
27 + 0,19 Mg/L	5		1,9300				
27 + 0,20 Mg/L	5			2,1420			
27 + 0,17 Mg/L	5				3,2240		
27 + 0,16 Mg/L	5					4,5520	
27 + 0,15 Mg/L	5						5,1860
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, que cada combinación es estadísticamente distinta, por lo que evaluando la combinación óptima de tratamiento es la de 27Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.18Mg/l de Polímero catiónico alcanzando un nivel mínimo de turbiedad de 1.16NTU, siendo la turbiedad de ingreso de 160.42NTU. Además, se observa que a dosis no baja a valores menores a 1NTU lo que sugiere una eficiencia limitada en relación al costo del coagulante, si la dosis de polímero disminuye por debajo de 0.18Mg/l no se ve efecto significativo.

Tabla 32.*Prueba de rango múltiple Tukey de dosis combinada a 202.74 NTU*HSD Tukey^a

Dosificaciones de Sulfato de Aluminio	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
30 + 0,19 Mg/L	5	1,9920				
30 + 0,20 Mg/L	5		2,2460			
30 + 0,18 Mg/L	5		2,2660			
30 + 0,17 Mg/L	5			3,4440		
30 + 0,15 Mg/L	5				4,2880	
30 + 0,16 Mg/L	5					4,4860
Sig.		1,000	,951	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Interpretación: A un nivel de confianza del 95% y según la prueba estadística Tukey, que cada combinación es estadísticamente distinta, por lo que evaluando la combinación óptima de tratamiento es la de 30Mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ con 0.19Mg/l de Polímero catiónico alcanzando un nivel mínimo de turbiedad de 1.19NTU, siendo la turbiedad de ingreso de 202.74NTU. Además, se observa que las dosificaciones de 0.18 y 0.20mg/l de polímero catiónico también son efectivas, pero no son las óptimas, por otro lado, las dosis de 0.15 y 0.16mg/L no presentan un efecto en la disminución de la turbiedad avanzando valores superiores a 4NTU fuera del estándar de agua potable.

4.4. Determinación de Dosificación Óptima.

La dosificación óptima depende de las condiciones del agua cruda, se evaluaron diferentes condiciones de ingreso de agua cruda mediante el test de jarras con el fin de analizar los efectos del Sulfato de Aluminio y del Polímero catiónico dentro de un rango de dosis y con diferente nivel de turbiedad, hasta obtener un nivel óptimo de dosificación, este nivel óptimo encontrado disminuye el peligro asociado con la salud de las personas y hace uso racional de los insumos mejorando la calidad del agua para consumo humano y favoreciendo a los recursos administrados por la empresa.

Tabla 33.*Resultados de dosis óptima de soluciones de sulfato de aluminio.*

TURBIEDAD (N.T.U.)	Rango evaluado (mg/L)	Dosis óptima (mg/L)	Turbidez más baja (NTU)	Observaciones
17.9	7–12	11 mg/L	4.068	Superior a otras dosis del rango
25.7	9–15	11 mg/L	2.888	Coincidente con análisis anterior
38.8	13–20	13 mg/L	2.490	Muy efectiva, incluso mejor que 15 mg/L
52.9	15–20	18 mg/L	3.328	Dosis eficaz sin excesos
68.2	15–20	18 mg/L	4.268	Consistente con la anterior
89.13	20–25	23 mg/L	3.01	Máxima eficiencia en ese grupo
102.6	24–30	26 mg/L	4.97	Punto de eficiencia en ese bloque
118.7	26–32	28 mg/L	4.842	Eficiencia más estable
137.12	30–34	30 mg/L	3.96	Notablemente eficaz
156.6	26–31	29 mg/L	5.27	Mejor que 30 o 28 mg/L en ese bloque
197.1	30–35	32 mg/L	5.102	Mejor rendimiento de ese bloque

Del cuadro previo se puede evidenciar que la eficiencia del sulfato de aluminio depende de manera directa de las condiciones del agua cruda de ingreso y el rango de dosificación aplicada, siendo las dosificaciones óptimas entre 11 y 32 mg/l, los subconjuntos que fueron homogéneos mediante la prueba estadística nos ayudan a observar diferencias estadísticas, indicándonos que no todas las dosificaciones son de

manera similar o igualmente eficientes, por otro lado la dosificación de 30mg/L mostro un comportamiento muy eficiente en los bloques analizado, por lo tanto la eficiencia de las dosis en forma general está entre 28 y 32Mg/L seguidamente entre 18 y 23Mg/l como rangos muy eficaces en el tratamiento, no se debe usar dosificaciones por debajo de 15Mg/l no tampoco superiores a 33Mg/l a fin de maximizar la eficiencia y el uso racional del coagulante.

Además, se observa una correlación directa entre la turbiedad del agua cruda y la dosis óptima de coagulante requerida. Conforme se incrementa la turbiedad inicial, crece también el volumen de producto químico que se necesita para lograr una clarificación efectiva. Este comportamiento es coherente con la teoría de coagulación-floculación, que indica que una mayor carga de sólidos suspendidos requiere más coagulante para desestabilizar las partículas y formar flóculos eficaces.

Aunque la dosis óptima tiende a incrementarse con la turbiedad inicial, la eficiencia del proceso, es decir, la turbidez residual alcanzada no sigue una relación lineal. Por ejemplo: La mejor turbidez final 2.49 NTU se logró con agua cruda de 38.8 NTU aplicando 13 mg/L. En cambio, a 197.1 NTU, incluso con 32 mg/L de coagulante, la turbidez final fue de 5.102 NTU, superior a otros valores intermedios.

Esto indica que, si bien aumentar la dosis permite mantener el proceso de clarificación dentro de niveles aceptables, hay un límite en la eficiencia alcanzable solo aumentando la dosis, probablemente debido a la saturación de la capacidad del coagulante o a características físicas del agua.

Tabla 34.*Resultados de dosis óptima de soluciones combinadas*

TURBIEDAD (N.T.U.)	Sulfato de Aluminio (mg/L)	Rango evaluado (mg/L)	Polímero Óptimo (mg/L)	Turbidez mínima (NTU)	Observaciones
18.56	8	0.10-0.20	0.14	1.1320	Punto de eficiencia combinado
27.88	9	0.10-0.20	0.14	1.0360	Máxima eficiencia posible
36.2	11	0.10-0.20	0.14	0.7560	Punto óptimo
55.63	15	0.10-0.20	0.16	0.8260	Punto óptimo
72.00	16	0.10-0.20	0.18	0.8720	Valor óptimo combinado
87.60	20	0.10-0.20	0.16	0.5140	Eficiencia máxima en la dosis óptima
100.14	22	0.10-0.20	0.16	1.1900	Eficiencia combinada
120.30	24	0.12-0.22	0.18	0.9000	Mejor eficiencia que la anterior
132.74	26	0.12-0.22	0.18	0.7180	Eficiencia notable con los valores previos
160.42	27	0.15-0.20	0.18	1.1620	Punto óptimo adecuado
202.74	30	0.15-0.20	0.19	1.9920	Mayor rendimiento en el bloque

Como se observa en el cuadro, que la eficiencia en la disminución de la turbiedad no necesariamente depende de manera directa y lineal al incremento de la dosis del coagulante con su apoyo o polímero catiónico, en las pruebas realizadas el mejor resultado alcanzado es con el tratamiento de 20 y 0.16Mg/l con una eficiencia de remoción de turbiedad de 0.514NTU esto indica un equilibrio entre la dosis y el polímero catiónico para una remoción óptima, por otro lado si se incrementa los niveles de sulfato

de aluminio se muestra una sobresaturación coloidal lo cual se evidencia en las dosis de 30Mg/l no siendo efectivos en el tratamiento.

Además, existe una clara relación proporcional entre la turbiedad del agua y la dosis necesaria de coagulante, pero la adición del polímero permite alcanzar niveles de eficiencia significativamente mayores.

Las dosis óptimas de polímero catiónico se mantuvieron en rangos muy estrechos, lo que facilita su dosificación y control operativo.

La combinación de ambos productos logra turbideces finales consistentemente bajas, incluso en condiciones severas de agua cruda.

4.5. Comparación de las dosificaciones de sulfato de aluminio en solución pura y de sulfato de aluminio combinado con el Polímero catiónico

Al realizar la toma de muestras de turbiedad, no se encontró valores similares en días diferentes, (Ejemplo: 17.9 NTU evaluado para solución pura y 18.56 NTU evaluado para solución combinada) estos valores siendo próximo configuran la siguiente tabla.

Tabla 35.

Comparación de dosificaciones de Sulfato de Aluminio y Combinado con Polímero Catiónico

TURBIEDAD (N.T.U.)	Rango evaluado (mg/L)	Dosis óptima (mg/L)	Turbidez más baja (NTU)	TURBIEDAD (N.T.U.)	Rango evaluado (mg/L)	Sulfato de Aluminio (mg/L)	Polímero Óptimo (mg/L)	Turbidez mínima (NTU)	Observaciones
17.9	7–12	11 mg/L	4.068	18.56	0.10-0.20	8	0.14	1.132	Valor óptimo de eficiencia en el rango
25.7	9–15	11 mg/L	2.888	27.88	0.10-0.20	9	0.14	1.036	Eficiencia en la combinación óptima
38.8	13–20	13 mg/L	2.49	36.2	0.10-0.20	11	0.14	0.756	Máxima eficiencia a mayor turbiedad comparada
52.9	15–20	18 mg/L	3.328	55.63	0.10-0.20	15	0.16	0.826	Dosis adecuada para el nivel de NTU
68.2	15–20	18 mg/L	4.268	72	0.10-0.20	16	0.18	0.872	Coincidente con la turbiedad anterior
89.13	20–25	23 mg/L	4.97	87.6	0.10-0.20	20	0.16	0.514	Máxima eficiencia en este grupo

102.6	24–30	26 mg/L	4.97	100.14	0.10-0.20	22	0.16	1.19	Efectiva solo en este grupo
118.7	26–32	28 mg/L	4.842	120.3	0.12-0.22	24	0.18	0.9	Muy efectiva y optima teniendo valores NTU elevados
137.12	30–34	30 mg/L	3.96	132.74	0.12-0.22	26	0.18	0.718	Notablemente eficaz
156.6	26–31	29 mg/L	5.27	160.42	0.15-0.20	27	0.18	1.162	Mayor eficiencia en el bloque
197.1	30–35	32 mg/L	5.102	202.74	0.15-0.20	30	0.19	1.992	Mejor rendimiento en este bloque

En la tabla previa se tiene que los valores de turbiedad son diferentes por cada día que se tomó la muestra, además en el rango indicado se observó eficiencias tanto del Sulfato de Aluminio en solución pura en las dosificaciones indicadas dentro del rango de dosificaciones del ensayo de jarras; por otro lado; usando el polímero catiónico combinado con el sulfato de aluminio presenta mejores resultados como solución combinada dentro del rango de niveles de turbiedad probadas.

4.6. Discusión de Resultados

Comparando los resultados de la investigación actual con los resultados obtenidos en otras sobre las mismas variables de estudio que se encuentran en los antecedentes de investigación se demostró que es fundamental tener un control de las dosificaciones según los índices de turbiedad del agua cruda de ingreso, todos los estudios coinciden que la prueba de jarras es un método para determinar la dosificación óptima sin embargo las dosificaciones no pueden darse solo por experiencia del operados sino por los resultados de cada ensayo realizado. En este sentido investigaciones como la de Dota, J. y Ulloa, J (2023) sostuvieron que la dosificación con el coagulante químico sulfato de aluminio tiene un efecto positivo en la reducción de la turbiedad, esto puede ser comprobado en condiciones de alto nivel de turbiedad que alcanzan niveles superiores a 100NTU; por otro lado, Chiavola, A. et al. (2023) quien realizó un análisis en un rango bajo de 2 a 24NTU indico que el coagulante sulfato de aluminio es altamente efeciente alcanzando una efectividad del 90%, en nuestro caso y en ese rango solo con sulfato de aluminio se obtuvo con un ingreso de 89NTU con una dosis de 23Mg/l alcanzo un valor de 3.01NTU reduciendo considerablemente los niveles de turbiedad alcanzando una efectividad del 96.6%, estos valores comparados con los resultados obtenidos de la investigación de Tahraoui, H. et. al. (2024), coinciden en el porcentaje de efectividad respecto al nivel de turbiedad de ingreso donde en el estudio realizado en temporada lluviosa alcanzó una efectividad del 98%, Por otro lado, investigaciones como la de Garzón, W. (2021) que compara la efectividad de coagulantes naturales y químicos, el coagulante químico mejora significativamente los resultados de la turbiedad en más del 7% respecto del coagulante natural.

En relación con los antecedentes nacionales, se tuvo la investigación de Medina quien utilizando la misma metodología y ensayo que el presente estudio realizo pruebas

con componentes químicos y los niveles de turbiedad obteniendo resultados favorables en la disminución de estos niveles. Asimismo, la investigación realizada por Carlo, A. y Sánchez, S. (2023) que buscó realizar un diseño experimental en base a coagulante químico y una velocidad de agitación de este que varía entre rangos, estos datos son muy parecidos a la velocidad de agitación del estudio, obteniendo conclusiones que indican que los niveles de turbiedad disminuyeron en más del 70% con una concentración de 20Mg/l, en nuestro caso la remoción de la turbiedad alcanzó más del 90%.

De los resultados obtenidos tanto del sulfato de aluminio como único elemento químico utilizado para reducir la turbiedad como también el sulfato de aluminio con el ayudante del coagulante polímero catiónico se obtuvo que existe una relación directa entre la dosificación administrada y la reducción de la turbiedad, en el caso del sulfato de aluminio las dosificaciones óptimas fueron las que alcanzaron menor nivel de NTU comparada con el mismo nivel de turbiedad antes del ensayo, esto no significa que al incrementar la dosis va ir mejorando necesariamente la eficiencia del coagulante. Por otro lado, al usar el sulfato de aluminio con el polímero catiónico, las dosis deben ser controlada puesto que se determinó que la dosificación de 20Mg/l de sulfato de aluminio con 0.16Mg/l de polímero catiónico es la que más eficiente es, el aumento de estas dosificaciones no mejora con significativamente la turbiedad, además de que no es recomendable el uso de combinaciones inferiores a 0.14 mg/l.

El presente estudio demuestra que el polímero catiónico es altamente eficiente en la remoción de turbiedad, incluso en niveles bajos, lo cual contrasta con los resultados de Meregildo (2018), quien reportó baja efectividad en esos rangos. Se logró reducir la turbiedad a menos de 1.2 NTU con dosis mínimas del polímero (0.14–0.19 mg/L), evidenciando un tratamiento más eficiente y con menor uso de sulfato de aluminio. Esto confirma que, si se dosifica de manera apropiada, el polímero logra un mejoramiento

significativo en la calidad del agua y optimiza el proceso de coagulación. Además, es una alternativa más sostenible para tratar aguas turbias.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Se logró determinar la dosificación óptima combinada de coagulantes sulfato de aluminio y polímero catiónico para las diferentes turbiedades de ingreso a la PTAP N° 1 - Chiclayo, Lambayeque, concluyendo que una turbiedad de 18.56 NTU la dosis óptima es de 8mg/L + 0.14 mg/L; para 27.88 NTU la dosis óptima es de 9mg/L + 0.14 mg/L; para 36.2 NTU (11mg/L + 0.14 mg/L); para 55.63 NTU (15mg/L + 0.16 mg/L); para 72.00 NTU (16mg/L + 0.18 mg/L); para 87.60NTU (20mg/L + 0.16 mg/L); para 100.14 NTU (22mg/L + 0.16 mg/L); para 120.30 NTU (24mg/L + 0.18mg/L); para 132.74 NTU (26mg/L + 0.18 mg/L); para 160.42 NTU (27mg/L + 0.18 mg/L) y 202.74NTU de (30mg/L + 0.19 mg/L).
2. Se caracterizó la PTAP N° 1 - Chiclayo, Lambayeque, concluyendo que cuenta con una infraestructura operativa adecuada para procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. Sin embargo, se evidenciaron oportunidades de mejora en el control de procesos y en la automatización del monitoreo de parámetros de calidad del agua, especialmente en lo referente a la turbiedad
3. Del historial de mediciones de turbiedad más frecuentes de la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo se obtuvo la siguiente secuencia de niveles de turbidez 17.9NTU; 25.7NTU; 38.8NTU; 52.9NTU; 68.2NTU; 89.13NTU; 102.6NTU; 118.7NTU; 137.12NTU; 156.6NTU; 197.1NTU; así como 18.56NTU; 27.88NTU; 36.2NTU; 55.63NTU; 72.00NTU; 87.60NTU; 100.14NTU; 120.30NTU; 132.74NTU; 160.42NTU y 202.74NTU.
4. Se consiguió analizar la eliminación de turbidez mediante la utilización de distintas dosis del coagulante químico sulfato de aluminio en el rango de dosificación entre

de 7 mg/L hasta 35 mg/L, concluyendo que en el rango de 7-12mg/L a 17.9NTU la dosis óptima fue de 11mg/L; en el rango 9-15mg/L a 25.7NTU la dosis óptima es de 11mg/L, en el rango de 13-20 a 38.8 NTU la dosis óptima es de 13mg/L, en el rango de 15-20mg/L a 52.9 NTU y 68.2 la dosis optima es 18mg/L, en el rango 20-25mg/L a 89.13NTU la dosis óptima es de 23mg/L, en el rango 24-30mg/L a 102.6NTU la dosis óptima es 26mg/L, en el rango 26-32 mg/L a 118.7NTU la dosis óptima es 28 mg/L, en el rango 30-34 mg/L a 137.12NTU la dosis óptima es 30 mg/L, en el rango entre 26-31 mg/L a 156.6NTU la dosis óptima fue de 29 mg/L, finalmente en el rango de 30-35 mg/L a 197.1NTU fue de 32mg/L.

5. Se logró evaluar la remoción de la turbiedad aplicando diferentes dosis de coagulante químico sulfato de aluminio en un rango de 8mg/L a 30mg/L; y combinada con polímero catiónico en el rango de 0.10 mg/L hasta 0.20 mg/L con un rango de turbiedad que va desde 18.56NTU hasta 202.74NTU se tiene que la dosis de 20mg/L de Sulfato de Aluminio combinada con 0.16mg/L es la solución más óptima de todas las combinaciones utilizadas en la remoción de la turbiedad más frecuentes de la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024.
6. Al comparar la eficiencia de las dosificaciones del sulfato de aluminio en solución pura y del sulfato de aluminio combinado con polímero catiónico en la remoción de la turbiedad del agua en la PTAP N° 1, de la provincia de Chiclayo, Lambayeque – 2024, se observó que tanto el sulfato de aluminio como la combinación de este con el polímero catiónico la dosificación es tomada en funcional al nivel de turbiedad del agua de ingreso de la planta, donde no siempre a dosis pequeñas o elevadas se tiene la misma eficiencia en la remoción de la turbiedad.

5.2.Recomendaciones

- a) A los operadores y personal de laboratorio de la Planta, ajustar siempre las dosificaciones de cada coagulante o ayudante de coagulante según las condiciones del agua cruda
- b) A los operadores técnicos de la Planta: durante las temporadas lluviosas en la sierra, es necesario controlar adecuadamente las dosificaciones, tomando en consideración los resultados del estudio actual para ofrecer una mejora en la eficiencia química y económica.
- c) A los directivos y personal de planta usar siempre el ensayo de jarras y el modelo estadístico aplicado para obtener un tratamiento que genere la mayor eficiencia.

CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALVARADO, C., PÉREZ, H. y SABA, C. *Evaluación del uso del policloruro de aluminio en conjunto con sulfato de aluminio en el proceso de coagulación de una planta de potabilización de agua en el estado Carabobo. Ingeniería y Sociedad*. Venezuela: Carabobo, 2022. 10(1). pp.35-46. ISSN 1856- 352X
<https://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaYSociedad/a10n1/art03.pdf>.
- AQUAE FUNDACIÓN (2025). *Características del agua potable y como se obtiene*.
https://www.fundacionaquae.org/wiki/caracteristicas-agua-potable/?utm_source=chatgpt.com
- ARIAS, F. *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Venezuela: Ed. Episteme, 2006. 146p. ISBN: 980-07-8529-9.
<https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- BANCO MUNDIAL (2023). *Gestión de los recursos hídricos en el mundo*.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/waterresourcesmanagement>
- BAEZA, E. *Regulaciones sobre turbiedad de agua y medidas que toman las empresas sanitarias para abordar problema*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Chile, 2024. /BN 2 (9). 1-9.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/36394/1/Informe_turbiedad_de_agua_F.pdf
- BAGHVAND, A., et. al. *Optimización del proceso de coagulación para aguas de baja y alta turbidez utilizando sales de aluminio y hierro. American Journal of Environmental Sciences*. Iran: Tehran. 6 (5). pp. 442-448. ISSN 1553-345.
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113227661>
- BARRENECHEA, A. (2021). *Coagulación*. Cap 4. Ed. Limusa.
http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1_tomo1_cap4.pdf
- CARLO, A. y SANCHEZ, S. “*Optimización de la dosis de coagulante para el tratamiento de agua potable del Centro Poblado Chicama*”. Tesis Ingeniería Química. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2023. Disponible en:

<https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/380bcce3-b258-4e44-9af5-55f611a1d080/content>

CAHUANA, J. y MEZA, C. “*Análisis de la influencia de los coagulantes sulfato de aluminio y cloruro férrico en la remoción de turbidez de las aguas del río Shullcas*”. Tesis Ingeniería Ambiental. Huancayo: Universidad Continental, 2024. Disponible en:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14500/12/IV_FIN_107_TE_Cahuana_Meza_2024.pdf

CHIAVOLA, A. et. al. “*A combined experimental-modeling approach for turbidity removal optimization in a coagulation–flocculation unit of a drinking water treatment plant*”. 2023, vol. 130, p30, ISSN 0959-1524. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2023.103068>

CABRERA, X., FLEITES, M., y CONTRERAS, A. *Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil "desembarco del granma" a escala de laboratorio*. Tecnología Química. Santiago de Cuba, 2009. (3), pp. 64-73. ISSN: 0041-8420.

<https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>

CHULLUNCUY, N. C. *Tratamiento de agua para consumo humano*. Ingeniería Industrial. Perú: Lima, 2011. 29(029), 153-170. ISSN 1025-9929.

<https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>

CODJO, E., et.al. *On the use of post-hoc tests in environmental and biological sciences: A critical review*. *A critical review Heliyon*, 10(3). ISSN 2405-8440

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25131>.

DE VARGAS, L. (2020). *Criterio para la selección de los procesos y de los parámetros óptimos de las unidades*.

http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo2/ma1_tomo2_cap11.pdf

DOTA, J. E. y ULLOA, J. G. “*Diseño de un sistema automático de monitoreo y dosificación líquida de sulfato de aluminio tipo A para el agua cruda en la planta*

de agua Patamarca San Andrés". Tesis Ingeniería Mecatronica. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2023. Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25922>

DIGESA (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf>

EPSEL (2023). *Ciclo operacional de agua potable*.

<https://www.epsel.com.pe/sue/PortalAguaPotable>

FERNÁNDEZ, A. "*Optimización de los procesos de coagulación y floculación con sulfato de aluminio tipo A para mejorar la calidad de agua en una PTAP región norte del Perú*". Tesis Ingeniería Industrial. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32500/TESIS%20COMPLETA%20Luz%20Fernandez%20PDF%20PARCIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GARZÓN, W. "*Estudio sobre la combinación de mezclas naturales y químicas para el proceso de coagulación/floculación en la remoción de la turbidez del agua desde una perspectiva química en el tratamiento del agua*". Tesis Ingeniería Química. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44813/Wgarzonmu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ, R. Y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación científica*.

Mexico: Ed. McGrawHill, 2014. 634 p. ISBN: 978-1-4562-2396-0

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

HURTADO, R. "*Agua potable y saneamiento en el Perú*". En: ISARRA, L. (ed). Friedrich Ebert. Perú: Lima, 2023. p.30.

<https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/20508.pdf>

KATRIVESIS, F. et. al. *Revisiting of coagulation-flocculation processes in the production of potable water. Journal of Water Process Engineering*. 27 (3). pp. 193-204. ISSN 2214-7144.

<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.12.007>

LETTERMAN, R., y PERO, R. *Contaminantes en polielectrolitos utilizados en el agua*
Contaminantes en polielectrolitos utilizados en el tratamiento del agua. Journal
Article AWWA. 82 (11). pp. 87-97. ISSN 15518833

<https://www.jstor.org/stable/41293077>

LORENZO, Y., *Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación.*
ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Cuba: La Habana, 2006. (2),
pp. 10-17. ISSN: 0138-6204.

<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>

MEDINA, T. “*Evaluación de los coagulantes sulfato de aluminio tipo A y policloruro de*
aluminio para reducir la turbiedad del agua de procesos para una planta piloto de
flotación”. Tesis Ingeniería Química. Arequipa: Universidad Nacional de San
Agustín, 2021. Disponible en:

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/29e4ec3a-7156-475f-b9f6-bbc94d77d5a8/content>

MEREJILDO, A. “*Dosificaciones de polímero catiónico en los presedimentadores para*
disminuir altas turbiedades caso captación – rio ronquillo – Cajamarca. Tesis
Ingeniería Civil, Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. 2021.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2550>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE CHILE (2013). *El agua recursos vital*.
[https://basica.mineduc.cl/wp-](https://basica.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/25/2016/06/Elaguarecursovital.pdf)
[content/uploads/sites/25/2016/06/Elaguarecursovital.pdf](https://basica.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/25/2016/06/Elaguarecursovital.pdf)

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL (2022). *Agua, Saneamiento*
básico y gestión integral de residuos generados en la atención en salud y otras
actividades.

[https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/ab-](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/ab-ece-agua-saneamiento.pdf)
[ece-agua-saneamiento.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/ab-ece-agua-saneamiento.pdf)

MINISTERIO DE SALUD (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo*
humano: D.S. N°0.31-2010-SA.

<https://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>

MARTÍNEZ, M., et. al. *Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal*. Revista UIS Ingenierías. Colombia. 2020. 19 (1). pp. 15-24. ISSN 2145 – 8456.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7152687.pdf>

MARCÓ, L., Azario, R., Metzler, C. & García, M. *La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales*. Hid Sanid Ambient. Uruguay: Concepción, 2004. 4 (7). 72-82. ISSN 2123 – 1569

[https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82(2004).pdf)

MONTANER, E. (2020). *La situación actual y los problemas existentes y previsibles*.

https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2_Libro_blanco_del_agua.pdf

ÑAUPAS, H., et. al. *Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de tesis*. Colombia: Ed. Ediciones de la U., 2013. 537 p. ISBN 978-958-762-188-4

<http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2021). *Guías para la calidad del agua potable*.

https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4624/ANA0003122_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2024). *Guía para la calidad del agua de consumo humano: pequeños sistemas de abastecimiento de agua - Resumen de orientación*.

https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/water-safety-and-quality/water-safety-planning/sanitary-inspection-packages/24_who_smallsystems_a4_spanish_wr.pdf?sfvrsn=4f003870_9&download=true

ORELLANA, J. (2005). *Tratamiento de las aguas*.

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf

PÉREZ, I. F. “*Optimización de la dosificación de sulfato de aluminio en el tratamiento de agua potable del distrito de Vilcacoto*” Tesis Ingeniería Química. Huancayo: Universidad Nacional del Centro el Perú, 2015. Disponible en:

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4549>

PÉREZ, F. (2020). *Abastecimiento de aguas: decantación y flotación*. https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6021/mod_resource/content/1/Tema_07_DE_CANTACION_Y_FLOTACION.pdf

RASINGER, S. (2020). *La investigación cuantitativa en lingüística*. Ed. Akai

ROMERO, C., et al. *Síntesis de un polímero inorgánico de aluminio y su uso para clarificación de agua*. *Revista Ingeniería*. Venezuela: Carabobo, 2007. 14(3), pp. 16-23. ISSN: 1316-6832

<https://www.redalyc.org/pdf/707/70711260003.pdf>

RIVAS, S., MENÉS, G. y RÓMULO, A. (2017). *Tratamiento por coagulación – floculación a efluente de la empresa del Niquel Comandante Enernesto Che Guevara*. *Tecnología Química*. Santiago de Cuba, 2017. 37 (2) pp. 195-205. ISSN: 0041-8420

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445551175003>

SALAS, J., et al. *Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual*. *Nutr Hosp*. España: Madrid, 2020. 37(5) pp. 1072-1086. ISSN 1699-5198.

<https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v37n5/0212-1611-nh-37-5-1072.pdf>

SALAMANCA, E. *Tratamiento de aguas para el consumo humano*. *Módulo arquitectura*. Colombia: Manizales, 2014. 17(1). pp. 29-48. ISSN 2389-7732

<https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/download/1527/3555/26152>

TRIPATHY, T. Flocculación: Una nueva forma de tratar las aguas residuales. Journal of Physical Sciences. India: West-Bengal, 2006, 10. pp. 93-127. ISSN 0972-8791

https://www.researchgate.net/publication/284044586_Flocculation_A_New_Way_to_Treat_the_Waste_Water

TAHRAOUI, Hichem, et al. “Evaluación de la eficacia del tratamiento de coagulación-floculación con sulfato de aluminio en una fuente de agua superficial contaminada: un estudio de un año de duración”. *Water*. 2024, vol. 2, pp. 11-13. ISSN: 2073-4441.

<https://doi.org/10.3390/w16030400>

VARGAS, L. *Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Manual I. teoría Tomo I. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente(CEPIS)*. Perú: Lima, 2004. Pp 7-10.

http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1_tomo1_indice.pdf

WILSON, J. “*Synthesis, properties and analysis of polydadmac for water purification*”. Tesis (PhD). University of Stellenbosch. Sudáfrica, 2008.

<https://core.ac.uk/reader/37347050>

ANEXOS

ANEXO A: Panel Fotográfico.

ANEXO B: Resultados usando sulfato de aluminio y combinada con polímero catiónico.

ANEXO C: Histórico de Turbidez de PTAP N° 01.

ANEXO D: Certificados de Calibración de equipos de laboratorio.

ANEXO E: Formato de prueba de jarras.

ANEXO F: Pruebas de Jarras.

ANEXO G: Consolidado de Prueba de Jarras.

ANEXO H: Plano de Ubicación de Captación Lagunas Boro I y Boro II.

ANEXO I: Plano de Ubicación de PTAP N° 1 – Chiclayo.

ANEXO J: Plano PTAP N° 1 – Chiclayo.

ANEXO K: Plano de Obra de Reparto PTAP N° 1 – Chiclayo.

ANEXO A: Panel Fotográfico.

Figura 14.

Recolección de muestra de agua cruda del punto de monitoreo.



Figura 15.

Laboratorio de Control de Calidad EPSEL S.A.



Figura 16.

Recojo de sulfato de aluminio y polímero.



Figura 17.

Pesaje de insumos quimicos en balanza analítica.



Figura 18.

Disolución de sulfato de aluminio en plancha de calentamiento y agitación.

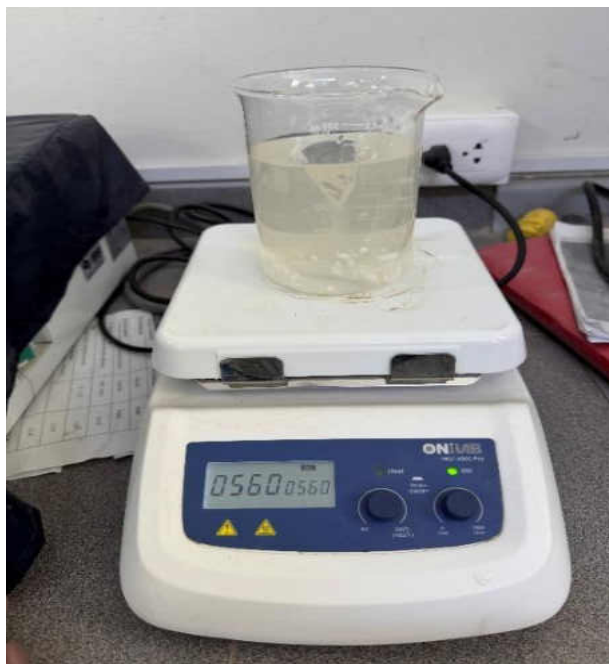


Figura 19.

Enrase de fiola con agua ultra pura.

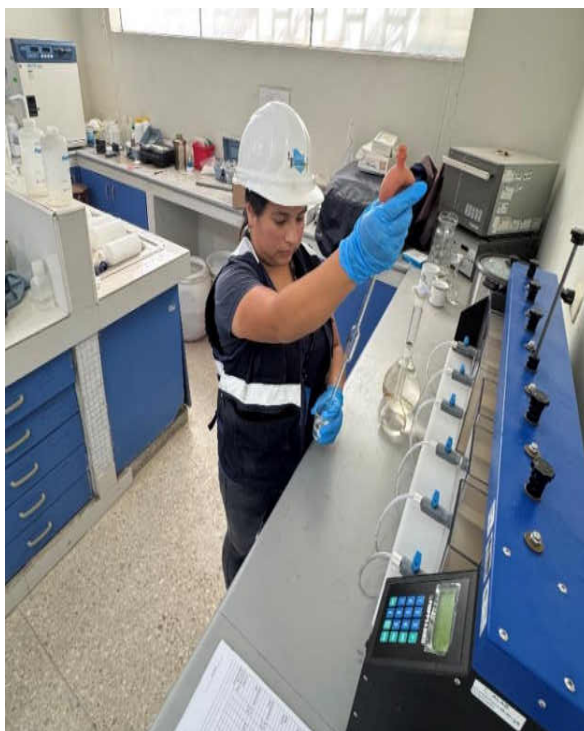


Figura 20.

Equipo de prueba de jarras.

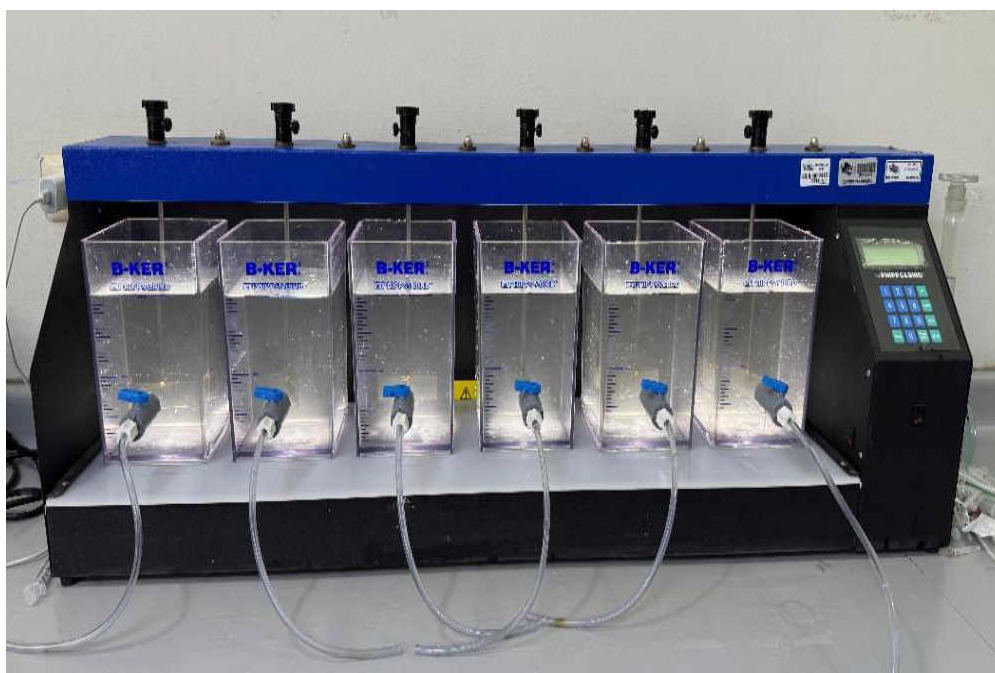


Figura 21.

Homogenización de muestra de agua cruda.



Figura 22.

Medición de parámetro iniciales.



Figura 23.

Succión de coagulante con jeringa hipodérmica.



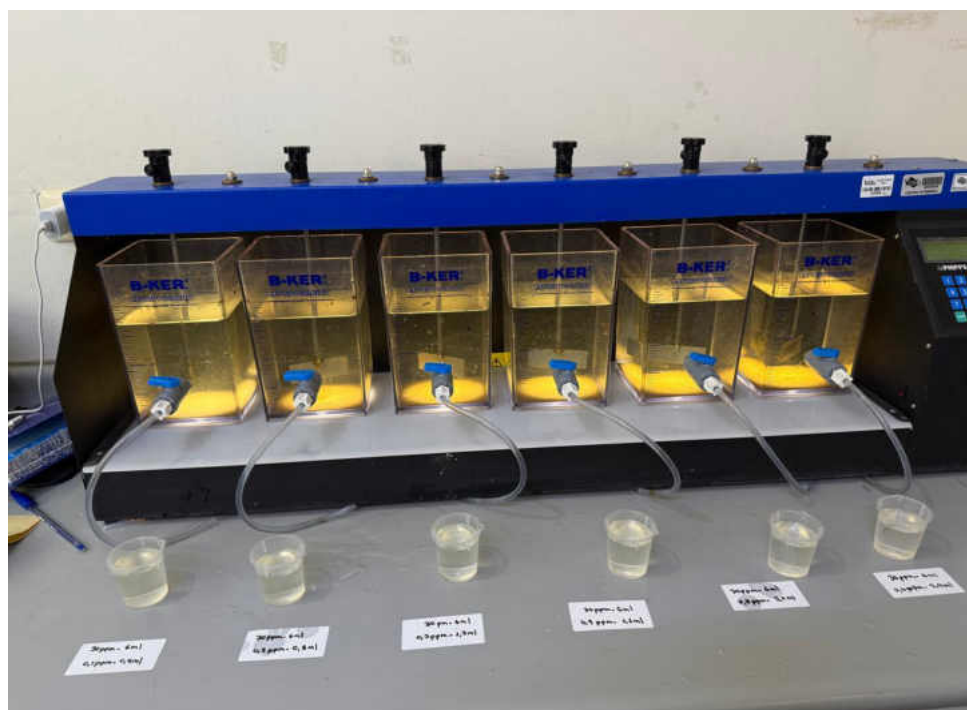
Figura 24.

Ejecución de pruebas de jarras.



Figura 25.

Toma de muestras de terminado el proceso.



ANEXO B: Resultados usando sulfato
de aluminio y combinada con polímero
catiónico

RESULTADOS USANDO SULFATO DE ALUMINIO

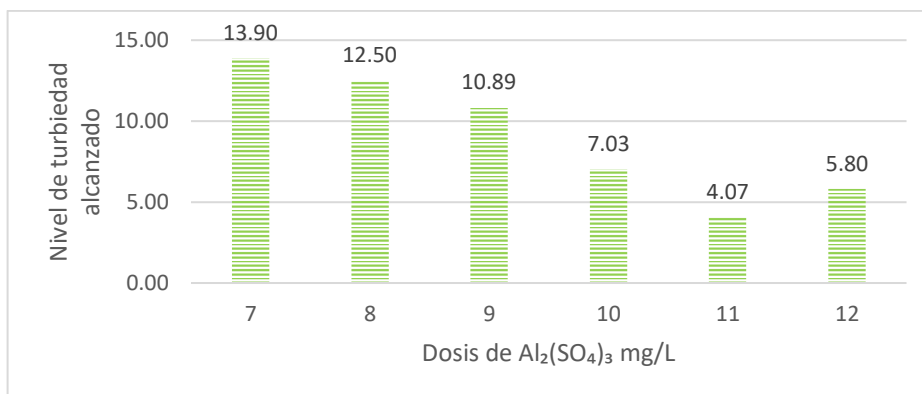
Tabla 36.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 17.9 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	7	8	9	10	11	12
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	14.2	12.2	10.39	7.25	4.25	6.25
2	13.9	12.7	11.46	6.87	4.22	6.54
3	13.72	12.61	10.87	6.92	4.28	5.12
4	13.56	12.57	10.42	7.18	4.03	5.98
5	14.11	12.42	11.3	6.92	3.56	5.12

Figura 26.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 17.9 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 11 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbiedad de 17.9 NTU de ingreso se reduce en promedio a un valor de 4.07 NTU después de la dosificación como coagulante reductor de turbiedad.

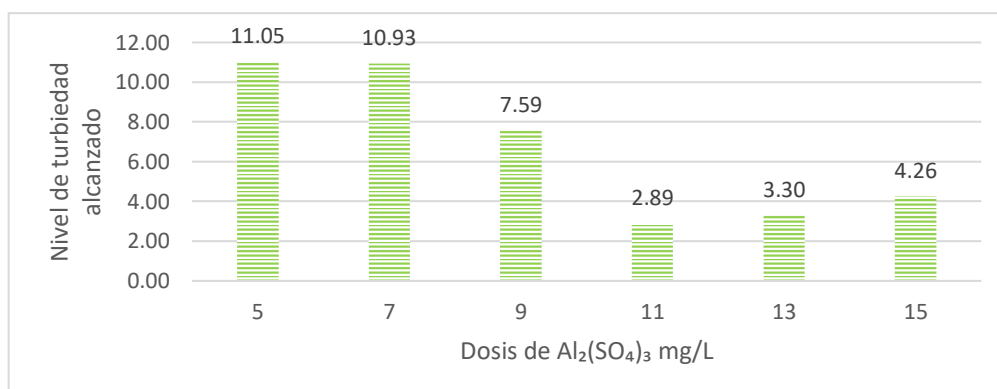
Tabla 37.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 25.7 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	5	7	9	11	13	15
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	11.25	10.98	7.58	2.93	3.28	4.5
2	10.9	10.47	7.69	2.46	3.57	3.99
3	11.12	10.81	7.42	3.03	3.33	4.2
4	11.03	11.77	7.57	3.02	2.92	4.36
5	10.97	10.62	7.71	3	3.41	4.26

Figura 27.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 25.7 NTU.



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 11 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de 25.7 NTU de ingreso se reduce en promedio a un valor de 2.89 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez.

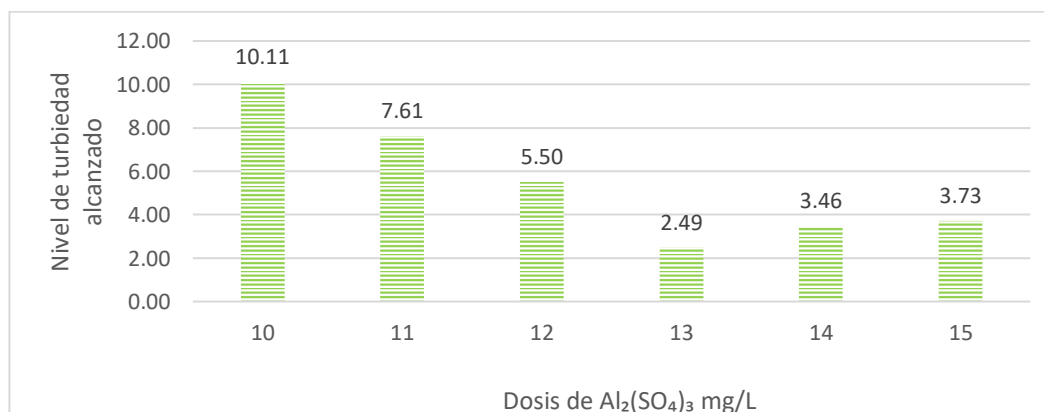
Tabla 38.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 38.8 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	10	11	12	13	14	15
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	10.25	7.63	5.51	2.54	3.47	3.85
2	9.98	7.54	5.47	2.38	3.52	3.68
3	10.12	7.7	5.62	2.61	3.54	3.77
4	10.07	7.58	5.31	2.42	3.34	3.72
5	10.13	7.61	5.58	2.5	3.43	3.61

Figura 28.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 38.8 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 13 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 38.8 NTU, se reduce en promedio a un valor de 2.49 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez.

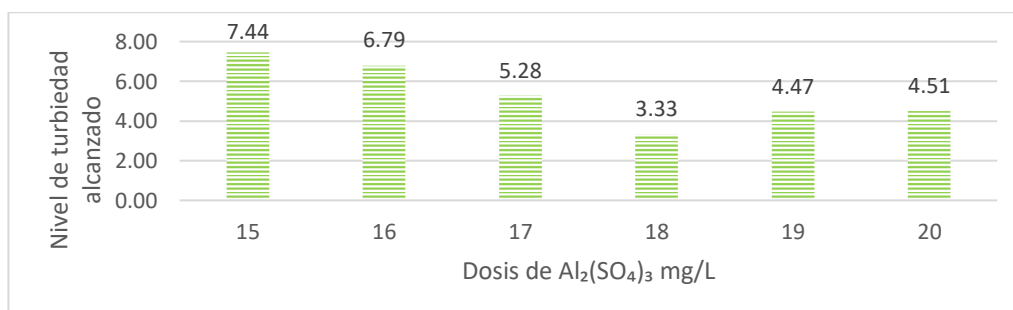
Tabla 39.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 52.9 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	15	16	17	18	19	20
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	7.5	6.89	5.2	3.22	4.55	4.53
2	7.32	6.71	5.34	3.47	4.41	4.49
3	7.47	6.73	5.39	3.36	4.5	4.46
4	7.39	6.8	5.18	3.29	4.47	4.55
5	7.53	6.82	5.27	3.3	4.4	4.51

Figura 29.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 52.9 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 18 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 52.9 NTU, se reduce en promedio a un valor de 3.33 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez.

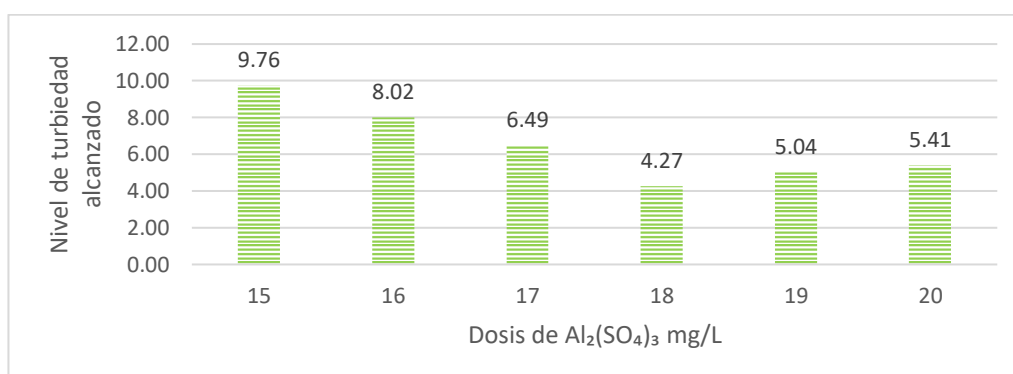
Tabla 40.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 68.2 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	15	16	17	18	19	20
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	9.70	8.10	6.50	4.32	5.12	5.56
2	9.87	7.96	6.36	4.27	5.01	5.36
3	9.69	7.90	6.47	4.20	5.08	5.24
4	9.74	8.12	6.52	4.31	4.98	5.47
5	9.80	8.00	6.60	4.24	4.99	5.40

Figura 30.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 68.2 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 18 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 68.2 NTU, se reduce en promedio a un valor de 4.27 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez.

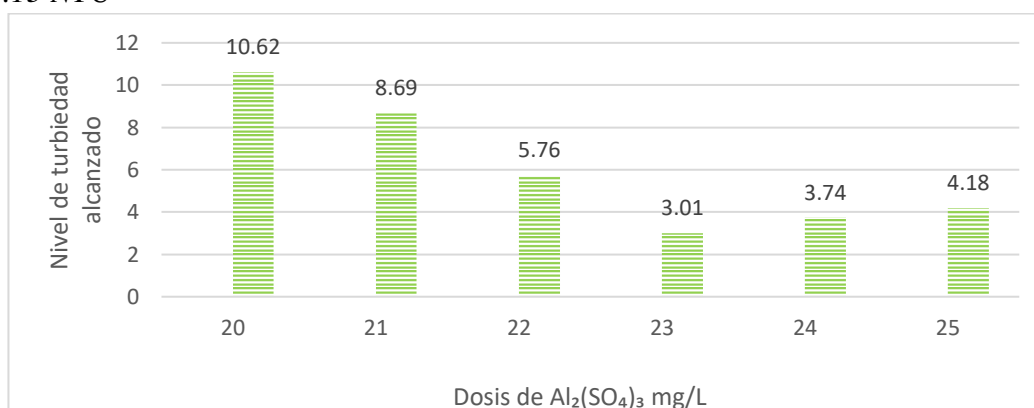
Tabla 41.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 89.13 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm) / (mg/L)					
	20	21	22	23	24	25
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	10.65	8.74	5.84	3.02	3.80	4.26
2	10.60	8.64	5.69	2.96	3.71	4.14
3	10.59	8.70	5.72	2.99	3.77	4.10
4	10.62	8.67	5.80	3.00	3.70	4.19
5	10.66	8.72	5.77	3.08	3.74	4.21

Figura 31.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 89.13 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 23 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 89.13 NTU, se reduce en promedio a un valor de 3.01 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez.

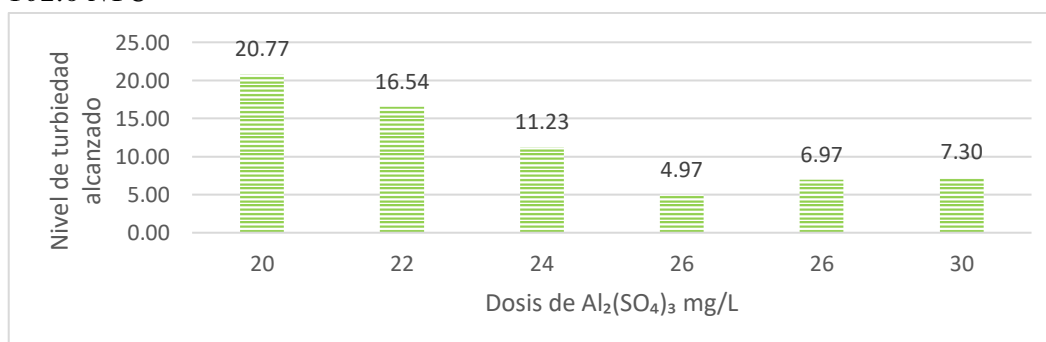
Tabla 42.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 102.6 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	20	22	24	26	26	30
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	20.40	16.70	11.30	5.02	7.00	7.25
2	21.23	16.48	11.21	5.00	7.05	7.36
3	20.17	16.32	11.20	4.98	6.91	7.28
4	21.06	16.67	11.14	4.95	6.89	7.32
5	21.00	16.54	11.29	4.90	6.98	7.30

Figura 32.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 102.6 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 25 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 102.6 NTU, se reduce en promedio a un valor de 4.97 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez.

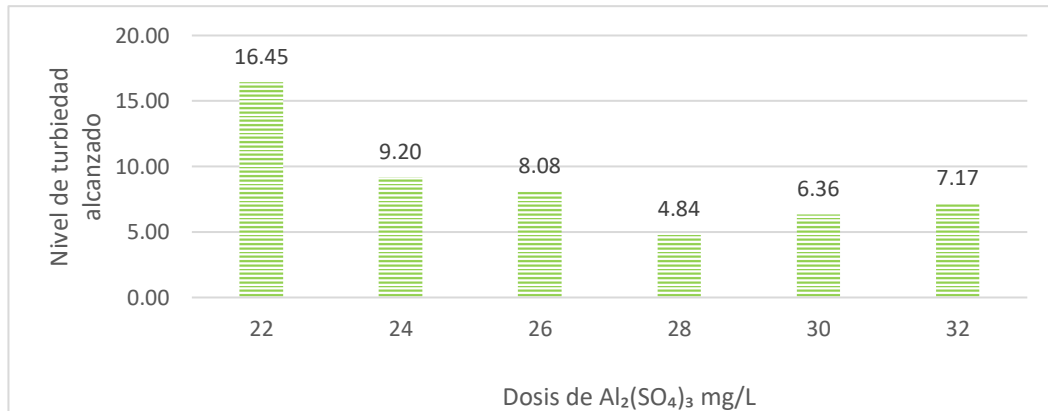
Tabla 43.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 118.7 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	22	24	26	28	30	32
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	16.56	9.21	8.13	4.90	6.40	7.15
2	16.31	9.18	8.01	4.78	6.37	7.18
3	16.47	9.24	8.00	4.84	6.33	7.20
4	16.50	9.19	8.17	4.89	6.30	7.17
5	16.42	9.20	8.11	4.80	6.39	7.15

Figura 33.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 118.7 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 28 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 118.7 NTU, se reduce en promedio a un valor de 4.84 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez.

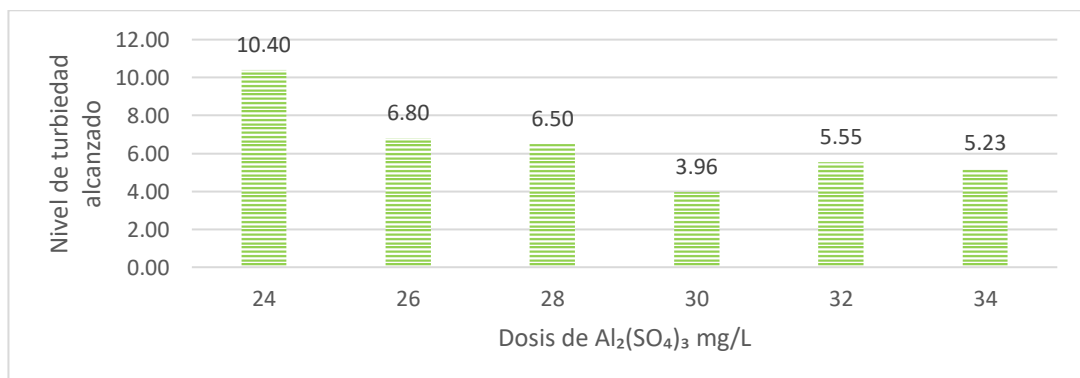
Tabla 44.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 137.12 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	24	26	28	30	32	34
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	10.47	7.24	6.54	4.03	5.66	5.29
2	10.30	7.21	6.48	4.00	5.42	5.13
3	10.39	5.17	6.51	3.88	5.57	5.26
4	10.40	7.16	6.46	3.97	5.61	5.30
5	10.44	7.20	6.52	3.92	5.48	5.19

Figura 34.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 137.12 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 30 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 137.12 NTU, se reduce en promedio a un valor de 3.96 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez

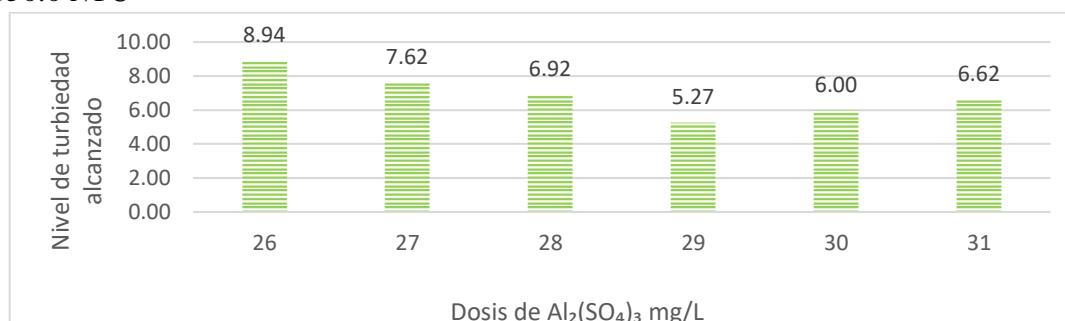
Tabla 45.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 156.6 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	26	27	28	29	30	31
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	8.98	7.64	6.90	5.30	6.02	6.65
2	8.92	7.60	6.94	5.28	6.00	6.59
3	8.96	7.58	6.89	5.25	5.98	6.60
4	8.90	7.62	6.96	5.23	5.94	6.63
5	8.94	7.68	6.90	5.29	6.08	6.61

Figura 35.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 156.6 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 29 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 156.6 NTU, se reduce en promedio a un valor de 5.27 NTU después de la dosificación, como coagulante reductor de turbidez

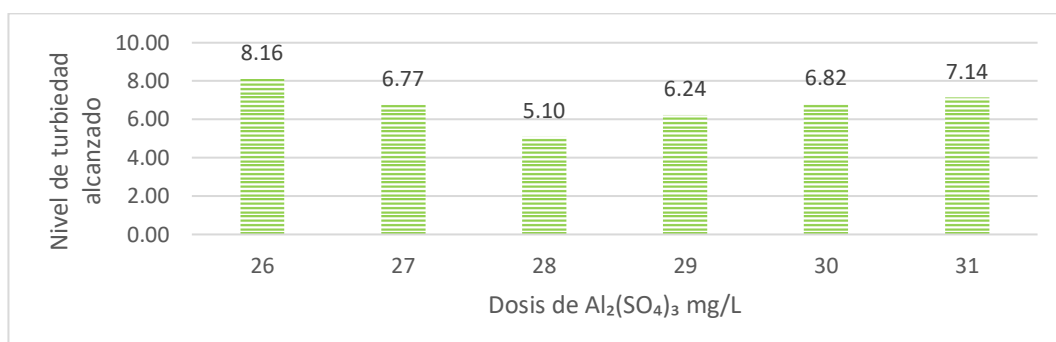
Tabla 46.

Nivel de turbiedad con dosificación de Sulfato de aluminio para un ingreso de 197.1 NTU.

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	30	31	32	33	34	35
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	8.20	6.78	5.11	6.24	6.80	7.13
2	8.17	6.72	5.18	6.20	6.87	7.19
3	8.11	6.81	5.02	6.28	6.79	7.15
4	8.19	6.74	5.14	6.21	6.84	7.10
5	8.14	6.80	5.06	6.29	6.80	7.14

Figura 36.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis de sulfato de aluminio a un nivel de ingreso de 197.1 NTU



Estos resultados muestran que, a un nivel de dosificación de 28 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ el valor de la turbidez de ingreso de 197.1 NTU, se reduce en promedio a un valor de 5.10 NTU después de la dosificación con sulfato de aluminio puro, como coagulante reductor de turbidez.

RESULTADOS USANDO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO
CATIONICO

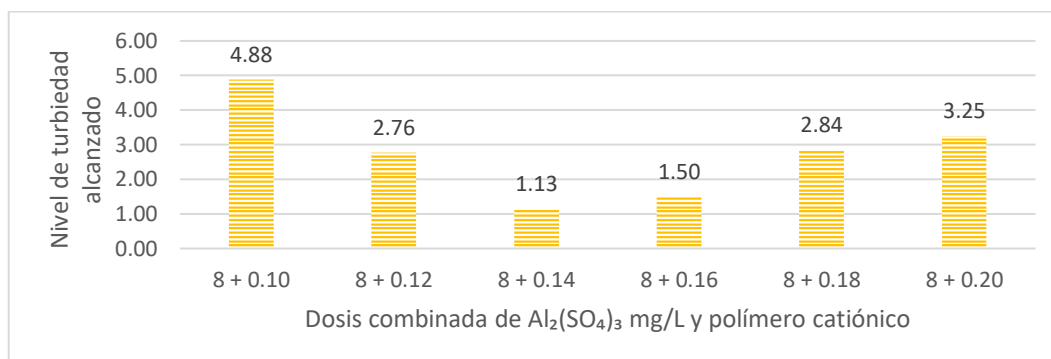
Tabla 47.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 18.56 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	8 + 0.10	8 + 0.12	8 + 0.14	8 + 0.16	8 + 0.18	8 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.56	2.58	0.86	1.33	2.79	3.25
2	5.05	2.67	1.67	1.20	2.46	3.17
3	4.87	2.81	0.97	1.48	2.87	3.02
4	4.91	3.02	1.11	1.45	3.26	3.61
5	5.00	2.74	1.05	2.02	2.81	3.22

Figura 37.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 18.56 NTU



Estos resultados muestran que al combinar dosificación de 8 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.1 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 18.56 NTU, se redujo en promedio a un valor de 1.50 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

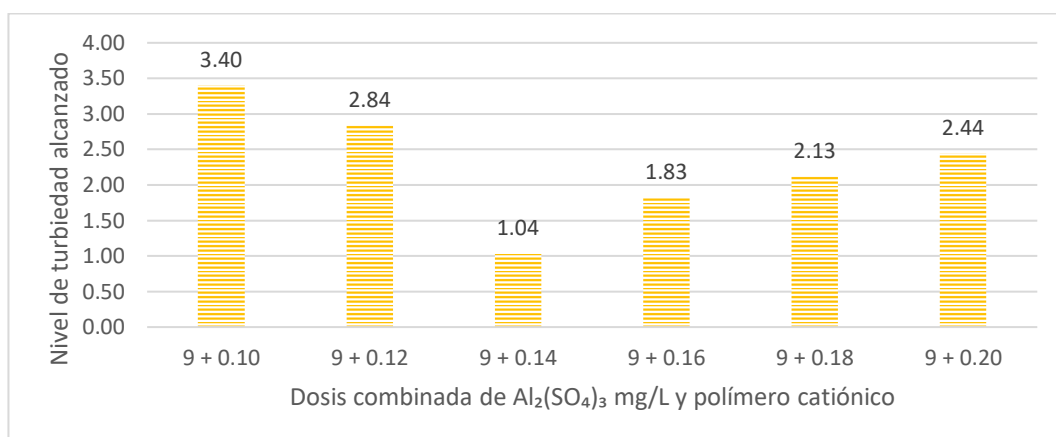
Tabla 48.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 27.88 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	9 + 0.10	9 + 0.12	9 + 0.14	9 + 0.16	9 + 0.18	9 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	3.68	2.98	1.05	1.89	2.06	2.52
2	3.12	2.67	0.92	1.92	2.17	2.34
3	3.44	2.88	1.09	1.77	2.21	2.38
4	3.21	2.71	1.14	1.81	2.18	2.47
5	3.57	2.97	0.98	1.74	2.01	2.50

Figura 38.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 27.88 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 9 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.14 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 27.88 NTU, se redujo en promedio a un valor de 1.04 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

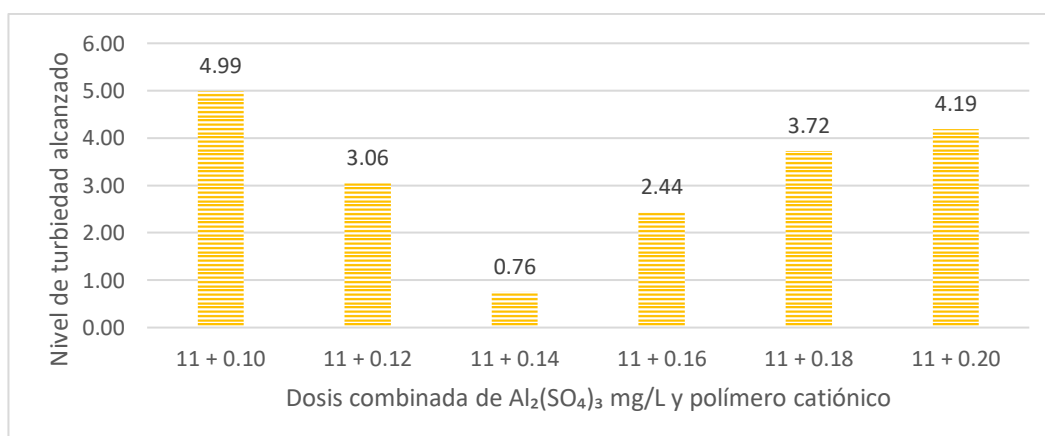
Tabla 49.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 36.2 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	11 + 0.10	11 + 0.12	11 + 0.14	11 + 0.16	11 + 0.18	11 + 0.20
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	4.86	3.12	0.76	2.46	3.80	4.23
2	5.12	3.07	0.67	2.33	3.71	4.17
3	5.04	2.96	0.81	2.57	3.62	4.26
4	4.99	3.00	0.74	2.40	3.79	4.09
5	4.92	3.14	0.80	2.45	3.69	4.20

Figura 39.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 36.2 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 11 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.14 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 36.2 NTU, se redujo en promedio a un valor de 0.76 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez.

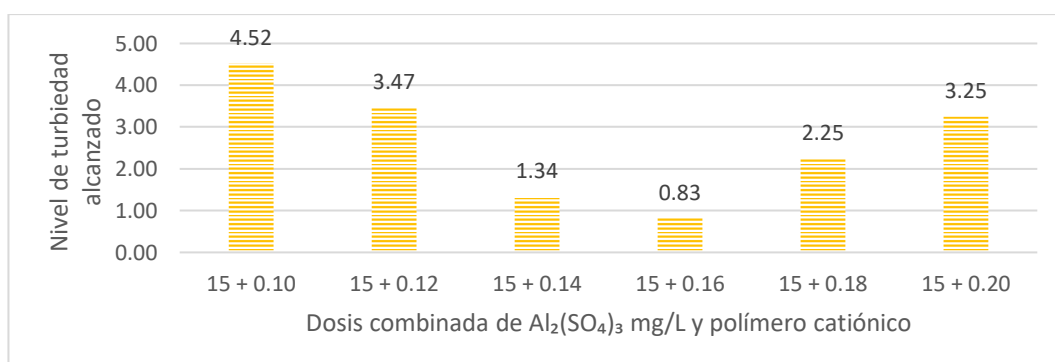
Tabla 50.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 55.63 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	15 + 0.10	15 + 0.12	15 + 0.14	15 + 0.16	15 + 0.18	15 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.56	3.52	1.33	0.86	2.20	3.25
2	4.49	3.48	1.28	0.79	2.28	3.17
3	4.52	3.36	1.30	0.82	2.31	3.28
4	4.46	3.49	1.36	0.81	2.25	3.30
5	4.57	3.50	1.41	0.85	2.22	3.27

Figura 40.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 55.63 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 15 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.14 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 55.63 NTU, se redujo en promedio a un valor de 0.83 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

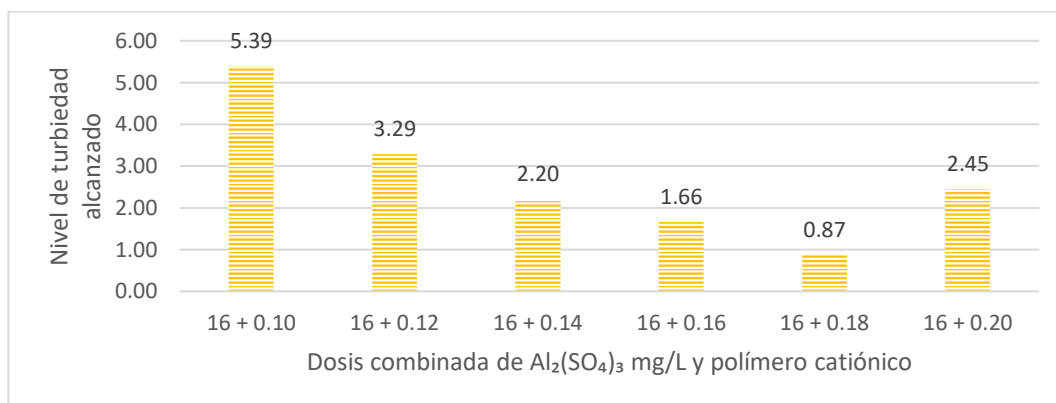
Tabla 51.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 72 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm) / (mg/L)					
	16 + 0.10	16 + 0.12	16 + 0.14	16 + 0.16	16 + 0.18	16 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	5.21	3.52	2.24	1.75	0.94	2.56
2	5.54	3.49	2.20	1.54	0.85	2.38
3	5.37	3.50	2.17	1.61	0.81	2.41
4	5.44	3.43	2.21	1.72	0.86	2.49
5	5.40	2.50	2.18	1.70	0.90	2.40

Figura 41.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 72 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 16 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.18 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 72 NTU, se redujo en promedio a un valor de 0.87 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

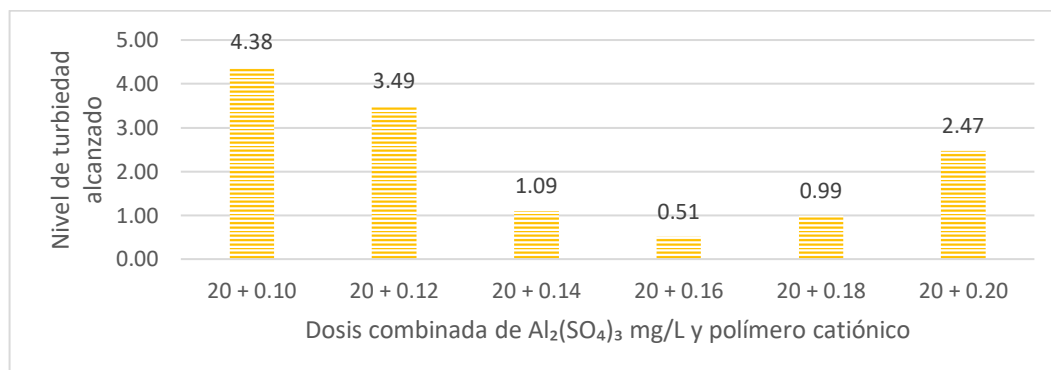
Tabla 52.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 87.6 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	20 + 0.10	20 + 0.12	20 + 0.14	20 + 0.16	20 + 0.18	20 + 0.20
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	4.40	3.52	1.10	0.52	0.94	2.56
2	4.32	3.50	1.14	0.49	0.96	2.38
3	4.30	3.47	1.09	0.50	1.01	2.47
4	4.47	3.45	1.01	0.55	1.07	2.50
5	4.39	3.51	1.12	0.51	0.98	2.42

Figura 42.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada un nivel de ingreso de 87.60 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 20 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.16 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue

de 87.60 NTU, se redujo en promedio a un valor de 0.51 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

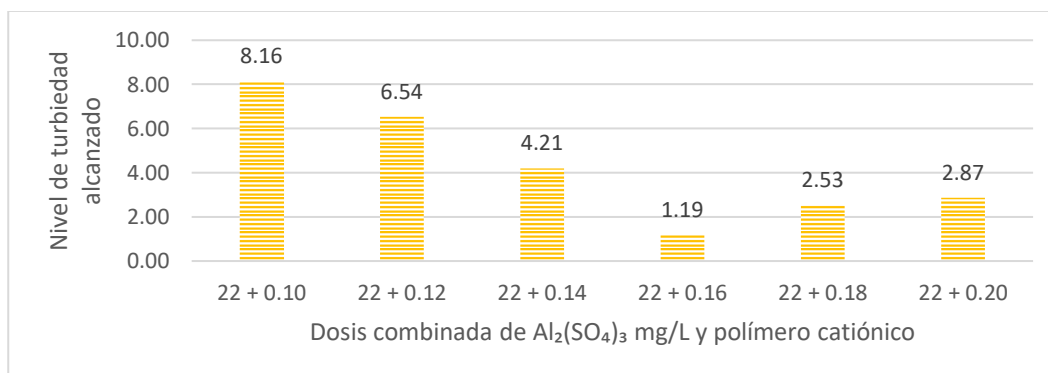
Tabla 53.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 100.14NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	22 + 0.10	22 + 0.12	22 + 0.14	22 + 0.16	22 + 0.18	22 + 0.20
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	8.20	6.51	4.20	1.16	2.56	2.89
2	8.14	6.50	4.18	1.22	2.49	2.92
3	8.17	6.47	4.20	1.19	2.50	2.90
4	8.20	6.62	4.24	1.20	2.54	2.86
5	8.11	6.58	4.21	1.18	2.58	2.80

Figura 43.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 100.14 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 22 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.16 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 100.14 NTU, se redujo en promedio a un valor de 1.19 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

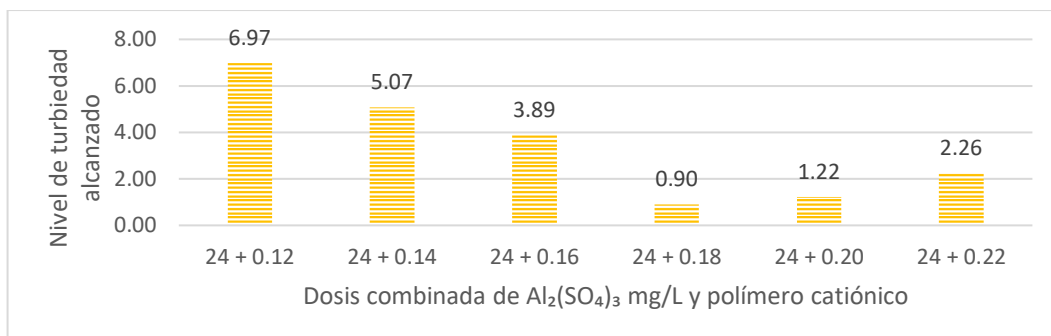
Tabla 54.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 120.13 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	24 + 0.12	24 + 0.14	24 + 0.16	24 + 0.18	24 + 0.20	24 + 0.22
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	7.02	5.12	3.98	0.98	1.25	2.26
2	7.00	5.08	3.87	0.84	1.20	2.30
3	6.97	5.10	3.82	0.92	1.26	2.28
4	6.92	5.04	3.91	0.90	1.21	2.22
5	6.94	5.00	3.88	0.86	1.20	2.24

Figura 44.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 120.13 NTU



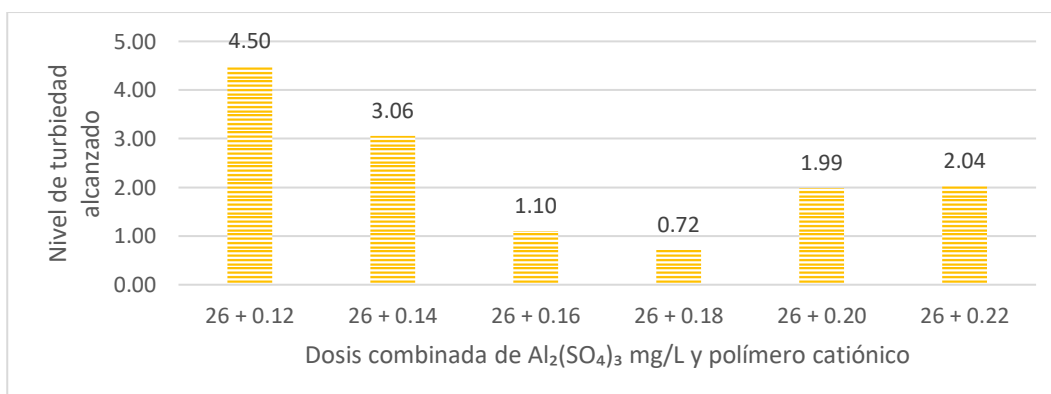
Estos resultados indican que al combinar dosificación de 24 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.18 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 120.13 NTU, se redujo en promedio a un valor de 0.90 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

Tabla 55. *Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 132.74 NTU.*

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm) / (mg/L)					
	26 + 0.12	26 + 0.14	26 + 0.16	26 + 0.18	26 + 0.20	26 + 0.22
TURBIDEZ RESIDUAL						
1	4.52	3.12	1.12	0.74	2.00	2.12
2	4.50	3.01	1.10	0.72	1.98	2.01
3	4.47	3.00	1.08	0.70	1.96	1.98
4	4.49	3.08	1.08	0.71	1.99	2.09
5	4.50	3.10	1.10	0.72	2.00	1.99

Figura 45.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 132.74 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 26 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.18 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue

de 132.74 NTU, se redujo en promedio a un valor de 0.72 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

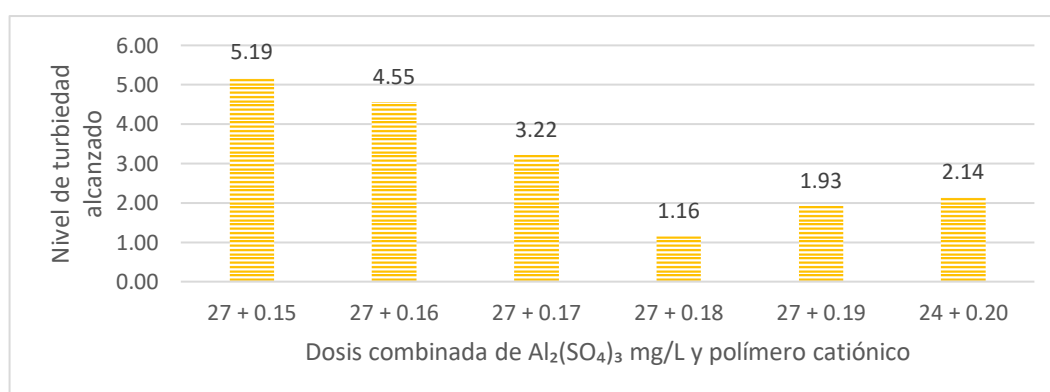
Tabla 56.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 160.42NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	27 + 0.15	27 + 0.16	27 + 0.17	27 + 0.18	27 + 0.19	24 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	5.20	4.56	3.20	1.12	1.89	2.12
2	5.17	4.50	3.24	1.15	1.90	2.10
3	5.15	4.52	3.28	1.18	1.92	2.18
4	5.22	4.58	3.19	1.20	1.98	2.11
5	5.19	4.60	3.21	1.16	1.96	2.20

Figura 46.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 160.42 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 27 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.18 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 160.42 NTU, se redujo en promedio a un valor de 1.16 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez

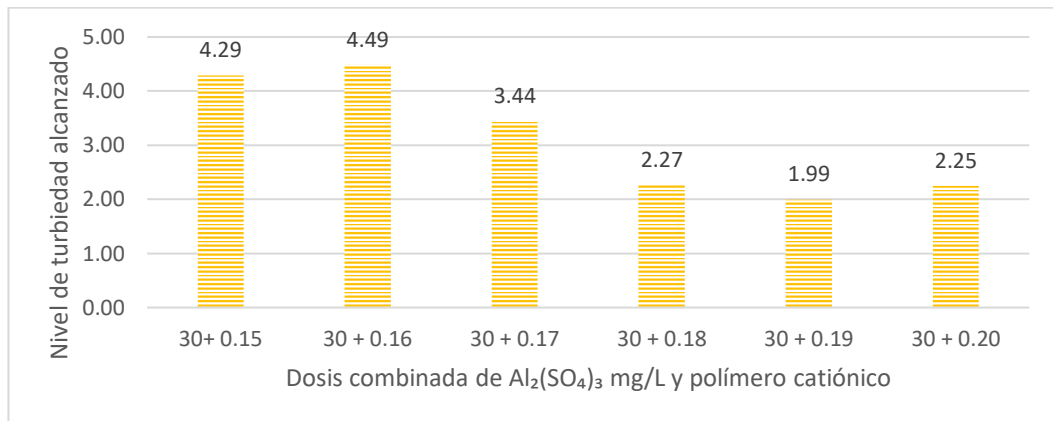
Tabla 57.

Nivel de turbiedad con dosificación combinada para un ingreso de 202.74 NTU.

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	30+ 0.15	30 + 0.16	30 + 0.17	30 + 0.18	30 + 0.19	30 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.30	4.48	3.45	2.25	1.98	2.23
2	4.28	4.52	3.40	2.23	1.94	2.26
3	4.25	4.44	3.47	2.31	1.96	2.28
4	4.32	4.50	3.49	2.24	2.00	2.25
5	4.29	4.49	3.41	2.30	2.08	2.21

Figura 47.

Promedio del nivel de turbiedad con dosis combinada a un nivel de ingreso de 202.74 NTU



Estos resultados indican que al combinar dosificación de 30 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con 0.19 mg/L de ayudante polímero catiónico cuando el valor de la turbidez de ingreso fue de 202.74 NTU, se redujo en promedio a un valor de 1.99 NTU después de la dosificación combinada, como coagulantes reductores de turbidez.

**ANEXO C: Histórico de Turbidez de
PTAP N° 1.**

EPSEL S.A
SUB GERENCIA DE PRODUCCION DE AGUA POTABLE
DEPARTAMENTO DE PLANTA CHICLAYO

PLANTA DE TRATAMIENTO N° 1 - CHICLAYO												
HISTORICO DE TURBIDEZ 2021												
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DIA	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.
1	30.20	6.79	5.39	167.90	23.65	14.35	14.00	8.15	5.10	5.10	29.75	14.50
2	25.89	8.03	5.39	180.50	23.54	15.55	15.55	7.97	6.54	3.99	28.35	19.25
3	27.00	8.33	7.59	173.00	34.80	13.50	19.90	7.49	7.49	7.49	29.50	20.90
4	27.21	6.88	6.88	160.58	28.80	12.20	12.20	6.04	5.14	4.49	29.75	16.55
5	24.56	6.88	9.43	102.00	24.45	13.20	15.90	7.05	7.05	4.65	23.75	23.75
6	30.21	10.56	5.67	92.64	30.85	12.80	12.40	7.38	5.94	5.94	23.75	12.01
7	45.26	12.89	4.65	72.48	11.45	14.90	11.95	6.70	6.86	9.23	9.23	12.50
8	50.26	10.52	19.30	65.70	18.10	25.90	9.80	8.10	9.80	19.60	24.50	24.50
9	60.00	8.63	16.00	57.00	19.85	22.25	14.10	7.15	6.86	51.75	21.05	15.25
10	60.26	7.70	20.30	45.60	20.50	25.85	11.15	7.85	11.06	11.06	20.00	12.56
11	65.21	6.41	32.10	32.10	22.59	29.50	8.13	6.94	12.60	57.55	13.50	12.05
12	40.21	6.49	32.10	32.10	15.90	33.30	12.95	7.59	7.59	60.40	12.70	12.70
13	38.00	4.75	31.10	31.10	14.55	30.00	12.75	8.72	10.70	10.70	10.70	13.85
14	35.20	4.84	28.95	28.95	15.45	44.70	13.75	9.25	8.86	46.55	11.20	17.55
15	20.42	4.91	24.05	24.05	17.85	29.75	11.07	9.01	9.33	9.33	8.82	14.80
16	10.25	4.62	22.65	22.65	19.35	35.65	12.75	7.48	6.88	6.88	8.16	14.60
17	8.52	5.00	20.70	20.70	10.95	30.75	12.50	8.06	8.07	8.07	8.08	13.35
18	7.80	4.94	25.50	18.00	24.75	27.50	10.50	6.73	10.11	15.70	7.35	13.00
19	5.49	6.00	30.20	16.54	19.40	30.35	9.90	6.22	6.22	36.00	9.05	13.15
20	5.29	4.76	45.00	12.20	24.65	30.01	8.02	5.93	7.50	34.85	7.71	20.65
21	5.06	4.53	50.15	10.20	25.85	19.50	8.02	6.40	10.84	10.84	10.84	26.95
22	5.55	5.62	42.00	10.50	21.85	17.05	8.18	7.11	6.05	37.30	9.36	44.00
23	4.52	6.68	68.24	9.71	34.15	13.90	7.55	6.25	5.68	31.50	7.74	40.75
24	3.50	5.02	84.00	10.00	17.10	12.10	8.93	5.78	4.93	4.93	7.90	32.55
25	4.20	6.41	75.74	15.20	13.80	12.85	12.85	6.13	9.05	31.50	7.82	33.00
26	4.60	4.84	65.21	9.33	14.20	11.56	10.40	5.03	5.03	31.40	7.75	30.70
27	5.24	4.94	82.40	10.20	12.20	10.10	8.47	4.50	6.46	28.50	7.62	23.90
28	9.32	5.00	100.50	8.39	10.15	11.25	11.25	4.99	6.89	22.00	8.70	20.75
29	8.46		120.54	8.40	8.33	21.05	10.13	5.29	6.09	22.60	10.05	17.05
30	9.50		140.87	8.40	40.65	21.05	8.75	5.23	3.79	30.65	12.31	16.50
31	8.68				12.60		8.10	4.20		4.20		15.65
PROMEDIO	22.12	6.53	40.75	48.54	20.40	21.41	11.35	6.80	7.48	21.44	14.23	19.98
MINIMO	3.50	4.53	4.65	8.39	8.33	10.10	7.55	4.20	3.79	3.99	7.35	12.01
MAXIMO	65.21	12.89	140.87	180.50	40.65	44.70	19.90	9.25	12.60	60.40	29.75	44.00

EPSEL S.A
SUB GERENCIA DE PRODUCCION DE AGUA POTABLE
DEPARTAMENTO DE PLANTA CHICLAYO

PLANTA DE TRATAMIENTO N° 1 - CHICLAYO												
HISTORICO DE TURBIDEZ 2022												
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DIA	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.
1	16.60	10.56	35.75	91.85	15.80	8.75	9.40	5.80	6.40	8.09	6.04	6.01
2	14.40	11.30	42.95	96.95	10.50	8.58	8.73	6.55	6.98	6.82	4.97	4.66
3	20.56	10.00	38.35	94.75	11.40	9.24	6.54	7.54	5.67	5.95	6.58	4.85
4	25.65	10.00	102.75	120.63	10.10	9.10	6.79	5.82	6.03	6.20	6.08	7.65
5	30.58	10.00	121.50	145.84	10.60	8.19	6.99	6.33	6.38	6.65	6.54	5.42
6	40.00	12.05	145.00	138.00	9.29	9.05	7.99	6.58	7.73	6.28	6.51	6.41
7	46.10	11.75	108.00	152.80	15.40	6.98	6.70	6.41	9.31	6.08	5.44	5.01
8	50.26	10.52	94.05	160.23	20.50	7.74	6.61	7.22	7.08	6.12	4.29	5.54
9	60.25	11.00	69.55	178.00	18.20	9.63	6.69	5.24	6.55	7.74	6.08	5.97
10	45.65	12.00	64.15	183.00	14.60	10.20	9.33	5.66	5.53	7.00	5.06	7.24
11	30.54	14.65	52.20	200.30	14.40	8.22	7.46	5.87	6.43	6.02	6.89	6.00
12	20.58	13.35	44.35	160.25	11.60	6.82	8.75	5.23	5.80	6.35	6.28	6.54
13	21.32	28.45	36.60	125.60	12.40	10.80	9.49	6.25	6.22	5.76	5.99	6.16
14	16.80	20.55	29.75	100.58	18.10	13.11	8.08	6.45	6.31	6.92	4.61	6.88
15	14.80	33.15	25.50	67.00	26.30	10.70	7.76	5.82	6.69	7.03	4.29	6.39
16	6.87	25.75	26.10	37.95	20.80	10.10	7.58	5.66	7.01	6.50	4.34	5.70
17	6.65	25.30	25.85	31.55	18.20	9.14	5.76	5.47	7.33	6.24	4.37	7.72
18	9.23	22.00	22.00	25.55	15.90	8.27	6.48	5.64	5.94	5.68	4.74	5.98
19	7.51	26.00	20.90	22.65	21.00	13.80	7.74	4.58	7.39	7.03	4.50	5.81
20	7.70	20.00	22.40	18.55	20.80	10.11	7.29	6.55	6.26	7.38	4.42	7.51
21	7.75	23.95	27.50	18.00	14.38	8.37	7.68	6.58	7.15	5.77	4.98	7.25
22	7.00	18.75	30.10	16.18	14.00	8.25	7.53	6.47	6.73	6.92	3.70	7.16
23	7.89	15.75	37.95	18.35	12.40	8.63	6.42	6.84	6.98	6.48	6.71	6.72
24	6.50	18.25	40.50	18.60	11.40	8.77	5.83	6.53	8.16	5.22	3.99	8.76
25	8.49	16.25	52.30	12.95	10.30	7.58	6.42	6.55	6.85	7.99	5.18	7.03
26	8.14	18.00	63.40	13.80	11.00	7.62	8.83	5.89	7.18	6.82	4.89	5.08
27	8.00	15.62	65.05	12.00	9.17	7.33	7.85	5.78	5.90	8.36	4.69	7.42
28	9.27	29.15	69.65	13.40	9.56	7.52	5.74	5.66	5.94	7.53	6.01	7.20
29	11.50		60.15	13.95	10.90	7.85	6.39	5.47	7.67	7.21	5.98	8.18
30	15.95		78.45	12.25	8.13	7.60	9.16	4.62	7.80	6.23	5.98	7.82
31	9.81		75.15		8.43		6.77	4.66		6.28		7.56
PROMEDIO	19.11	17.65	55.74	76.72	14.05	8.94	7.44	5.99	6.78	6.67	5.34	6.57
MINIMO	6.50	10.00	20.90	12.00	8.13	6.82	5.74	4.58	5.53	5.22	3.70	4.66
MAXIMO	60.25	33.15	145.00	200.30	26.30	13.80	9.49	7.54	9.31	8.36	6.89	8.76

EPSEL S.A
SUB GERENCIA DE PRODUCCION DE AGUA POTABLE
DEPARTAMENTO DE PLANTA CHICLAYO

PLANTA DE TRATAMIENTO N° 1 - CHICLAYO												
HISTORICO DE TURBIDEZ 2023												
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DIA	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.
1	7.98	12.10	46.80	25.00	70.50	31.90	8.84	8.27	10.00	7.89	11.90	15.20
2	8.00	12.42	37.30	25.40	46.00	33.40	12.40	7.79	8.63	8.18	12.70	16.40
3	8.00	10.23	22.90	24.10	37.50	37.10	9.57	8.54	8.81	10.90	12.00	14.40
4	7.45	8.32	19.00	25.20	29.40	24.90	9.88	10.10	10.60	9.08	13.20	10.40
5	7.98	8.00	16.60	27.20	28.60	34.50	13.30	10.78	8.37	7.48	12.60	7.88
6	9.00	8.00	18.80	22.20	33.30	33.10	16.10	11.60	7.84	9.26	11.70	6.51
7	7.44	8.00	26.40	31.10	29.80	27.20	15.10	12.10	7.49	9.49	8.87	7.88
8	7.06	9.85	35.40	32.10	24.80	29.10	14.20	10.95	10.90	8.38	9.48	9.18
9	7.46	10.78	55.70	25.80	25.20	23.70	17.30	8.47	8.76	12.80	11.20	9.59
10	8.00	12.95	85.30	24.00	25.50	18.30	18.50	7.71	8.46	22.10	11.60	8.64
11	7.00	10.00	93.00	17.40	15.90	21.10	17.40	8.63	7.81	27.80	10.10	7.45
12	7.13	9.00	81.70	17.20	13.20	12.90	16.60	8.10	7.88	27.40	6.11	7.44
13	7.09	10.57	100.56	12.60	17.30	11.20	14.40	10.15	7.48	24.80	8.78	6.06
14	12.15	11.56	126.00	12.40	18.90	13.80	15.20	9.72	8.45	24.10	9.43	7.29
15	15.85	12.00	158.00	17.10	20.80	12.70	14.20	8.19	8.10	23.90	9.51	8.81
16	15.12	14.75	155.00	21.00	22.90	16.10	15.60	8.55	8.35	23.80	13.80	9.27
17	12.80	21.90	18.69	24.40	20.00	20.20	10.50	12.20	7.87	37.00	25.30	9.91
18	12.40	28.60	200.00	33.40	18.20	18.80	12.90	12.00	7.33	28.40	27.10	30.20
19	13.00	32.80	204.58	32.20	18.60	20.90	12.60	11.07	7.40	29.50	24.30	49.60
20	11.42	40.52	210.00	34.40	14.20	13.00	12.50	9.96	7.53	22.90	23.10	44.20
21	10.82	31.50	199.87	26.80	10.20	9.18	10.30	10.40	6.44	17.50	21.70	42.00
22	8.88	27.60	150.00	31.20	12.80	8.95	11.80	9.95	6.25	14.60	20.20	26.80
23	21.62	25.30	121.10	30.90	13.40	10.80	12.60	11.61	6.67	11.70	17.90	21.70
24	24.40	29.20	80.00	28.40	14.60	10.30	10.60	11.02	4.90	13.60	16.70	22.50
25	30.25	72.10	45.56	29.70	16.30	9.61	10.80	12.10	5.56	12.00	15.70	28.30
26	20.70	58.10	29.40	30.10	20.60	14.30	9.20	9.86	5.45	12.20	14.20	62.80
27	14.50	56.40	24.90	28.40	19.30	14.80	10.80	8.70	6.28	21.90	11.60	107.00
28	14.90	49.70	21.20	55.60	18.20	15.20	9.46	9.18	6.24	19.50	8.49	110.00
29	13.95		27.40	50.50	35.20	13.60	8.00	7.69	7.89	18.70	11.10	90.50
30	11.25		27.80	34.00	36.70	11.40	10.40	6.95	7.61	15.80	8.66	81.10
31	12.07		14.80		36.60		9.08	9.99		15.90		78.10
PROMEDIO	12.12	22.94	79.15	27.66	24.66	19.07	12.58	9.75	7.71	17.70	13.97	30.87
MINIMO	7.00	8.00	14.80	12.40	10.20	8.95	8.00	6.95	4.90	7.48	6.11	6.06
MAXIMO	30.25	72.10	210.00	55.60	70.50	37.10	18.50	12.20	10.90	37.00	27.10	110.00

EPSEL S.A
SUB GERENCIA DE PRODUCCION DE AGUA POTABLE
DEPARTAMENTO DE PLANTA CHICLAYO

PLANTA DE TRATAMIENTO N° 1 - CHICLAYO												
HISTORICO DE TURBIDEZ 2024												
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DIA	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.	TURB.
1	75.33	15.00	11.30	8.49	40.10	11.50	10.10	8.51	4.80	5.53	18.00	11.27
2	90.25	13.00	20.20	9.55	30.10	13.40	7.34	7.64	5.03	5.98	17.60	12.33
3	120.64	25.20	39.70	8.15	37.90	11.10	8.44	9.17	5.52	6.14	17.90	12.00
4	159.00	38.40	31.30	12.40	34.80	10.60	7.19	7.30	6.50	6.06	18.10	12.00
5	180.52	60.80	24.60	17.00	39.70	8.84	7.74	9.51	6.39	6.79	18.40	13.40
6	197.60	49.00	17.90	14.10	27.75	7.75	13.20	7.92	5.90	6.80	17.60	10.45
7	187.00	39.70	15.20	12.40	37.35	7.36	10.10	6.10	6.13	5.25	18.10	13.18
8	172.65	29.00	14.80	16.20	29.33	8.49	11.50	6.54	6.70	3.90	18.00	12.10
9	140.00	42.30	20.70	12.95	18.85	7.97	9.87	6.12	6.57	5.17	18.80	10.40
10	114.70	32.10	19.50	13.50	18.45	10.60	9.35	7.73	7.71	5.95	18.20	11.00
11	65.89	31.60	14.40	12.80	16.18	9.93	11.20	6.40	6.16	6.60	20.00	10.00
12	44.20	36.40	12.90	13.90	15.20	11.20	10.70	7.11	5.97	5.06	18.90	13.65
13	53.94	34.60	15.60	12.70	10.43	11.90	7.89	5.65	6.79	4.52	21.80	10.00
14	47.90	27.60	12.56	11.00	11.22	12.90	9.54	6.71	7.28	7.13	23.10	10.89
15	51.65	15.80	13.50	9.28	8.82	10.00	8.09	6.39	7.00	8.04	23.70	10.00
16	47.58	15.60	12.00	10.70	9.03	9.28	7.79	7.99	6.48	5.57	22.20	11.95
17	45.45	19.10	11.30	9.63	11.34	10.60	6.49	6.10	6.05	4.74	22.40	10.00
18	36.73	15.40	11.90	8.88	23.60	10.90	6.87	6.45	6.80	4.64	23.90	11.56
19	30.83	12.80	9.45	7.23	22.80	10.50	8.06	6.43	7.13	5.03	23.70	10.85
20	29.83	10.60	10.00	8.66	18.85	10.80	10.10	5.99	7.92	5.04	17.50	15.55
21	23.60	10.00	8.79	7.92	14.08	10.90	9.20	4.73	7.14	6.43	17.60	10.70
22	21.75	10.00	10.00	7.34	14.08	12.10	10.70	5.31	7.72	6.86	26.60	11.50
23	14.28	12.30	10.00	9.16	17.25	12.20	7.64	6.77	8.02	6.64	14.80	12.95
24	10.73	21.50	9.65	12.37	15.78	9.58	8.20	8.29	8.08	5.95	18.90	12.30
25	13.49	22.50	9.38	11.99	15.25	12.80	6.27	7.41	5.92	5.61	25.70	12.00
26	11.88	16.70	9.32	14.25	10.20	17.50	4.88	7.64	6.86	5.03	12.20	11.60
27	13.48	13.90	8.24	13.60	11.45	19.20	6.52	6.98	4.91	6.43	11.80	12.40
28	13.15	10.70	11.20	13.70	8.94	17.00	5.46	7.22	4.94	6.53	12.40	15.90
29	11.80	11.56	9.94	24.30	9.20	10.70	5.08	5.89	5.10	6.90	12.80	25.00
30	12.56		12.56	35.00	9.99	9.98	6.75	6.13	5.80	8.65	12.40	24.60
31	15.60		10.00		10.98		5.52	5.63		9.17		21.00
PROMEDIO	66.26	23.90	14.45	12.64	19.32	11.25	8.32	6.89	6.44	6.07	18.77	12.98
MINIMO	10.73	10.00	8.24	7.23	8.82	7.36	4.88	4.73	4.80	3.90	11.80	10.00
MAXIMO	197.60	60.80	39.70	35.00	40.10	19.20	13.20	9.51	8.08	9.17	26.60	25.00

**ANEXO D: Certificados de
Calibración de equipos de laboratorio.**

INFORME DE VERIFICACIÓN N° IVO-0070-2024

N° Id: 0100006222
Página 1 de 2

Expediente : 002350

1. Información del cliente para la emisión

Nombre o Razón social : EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE S.A. - EPSEL S.A.

Dirección : AV. SAENZ PEÑA NRO. 1860 URB. LATINA LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ

2. Instrumento verificado : TURBIDÍMETRO

Marca : HACH

Modelo : TL2350

Serie : 2019050C0102

Procedencia : China

(*) Código de identificación : 00005203

Intervalo de Indicación : 0 NTU a 10000 NTU

Resolución : 0,001 NTU; 0,1 NTU; 1 NTU

Ubicación : No indica

3. Lugar de verificación : Laboratorio de óptica de ALAB E.I.R.L.

4. Fecha de verificación y emisión

Fecha de verificación : 2024-12-06

Fecha de emisión : 2024-12-06

5. Procedimiento de verificación

La verificación se realizó por comparación de la indicación del equipo contra los valores nominales de materiales de referencia certificados tomando como referencia el MVAL-LAB-12: Procedimiento para la Calibración de Turbidímetros, Rev. 00:2021 ALAB E.I.R.L.

6. Trazabilidad

Producto	Marca	N° Lote	Expiración
0,1 NTU	HACH	A1029	Mayo 2025
20 NTU	SUPELCO	LRAD3337	Diciembre 2024
200 NTU	HACH	A1091	Julio 2025
1000 NTU	SUPELCO	LRAD4027	Enero 2025
4000 NTU	SUPELCO	LRAD4147	Enero 2025
7500 NTU	HACH	A1092	Julio 2025

7. Condiciones de verificación

	Inicial	Final
Temperatura ambiental	: 25,4 % H.R.	25,5 % H.R.
Humedad relativa	: 64,6 % H.R.	63,7 % H.R.



Luis Alberto Pompilla Bardón
Responsable del Laboratorio de Óptica

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129

8. Resultados de la verificación

Valor de Referencia (NTU)	Lectura Promedio del Equipo (NTU)	Error (NTU)	Incertidumbre (NTU)	Tolerancia (NTU)
0,04	0,131	0,091	0,01	0,1
20,0	20,4	0,4	0,5	2
205,0	202	-3,0	3	20
1025,0	1005	-20,0	16	100
4072,0	4073	1,0	66	400
7674,8	7598	-76,8	130	750

Valor de referencia = Lectura Promedio del equipo - Error

9. Observaciones

Se colocó en el instrumento una etiqueta de verificación

Los resultados corresponden al promedio de 5 mediciones.

Los resultados son emitidos para la temperatura de referencia de 25 °C .

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

(*) Código patrimonial del cliente

10. Conclusiones

El equipo se encuentra en estado operativo

El valor absoluto del error promedio encontrado del equipo es menor que la tolerancia del valor de referencia. Por lo tanto se concluye que el equipo pasa con éxito la verificación.

(FIN DEL DOCUMENTO)

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CL-IMP-LA-0201- 2024

Expediente N° : 2350

Fecha de Emisión : 2024-11-19

OTI N° : 925-2024

1. DATOS GENERALES

Cliente EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - EPSEL S.A.

Dirección AV. SAENZ PEÑA NRO. 1860 URB. LATINA LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ

Fecha de Ingreso 2024-11-19

2. EQUIPO

Nombre de Equipo PRUEBA DE JARRAS

Marca PHIPS & BIRD

Modelo 7790-900B

N° de Serie 216121126

Código NI

Rango 5 - 300 RPM

DIV.DE ESCALA NI

DIV.DE VERIFICACION NI

3. LUGAR DE MANTENIMIENTO

Laboratorio de control de calidad - Área de Físicoquímica

4. FECHA DE MANTENIMIENTO

2024-11-19

5. INSPECCIÓN INICIAL

Verificación de la mesa de trabajo
Verificación de voltaje de tomacorriente
Inspección física del equipo y accesorios
Se realiza prueba funcionamiento inicial

6. DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se realiza desmontaje de carcasa y accesorios
Se realiza revisión y limpieza del sistemas de engranaje
Se realiza revisión y limpieza de las jarras
Se realiza revisión y limpieza del sistema eléctrico
Se realiza revisión y limpieza de la tarjeta principal
Se realiza revisión y limpieza de las tarjetas de los led de iluminación
Se realiza revisión y limpieza de la pantalla display
Se realiza montaje de carcasa y accesorios
Se realiza pruebas de funcionamiento de forma satisfactoria

7. OBSERVACIONES

Equipo presentaba mucho polvo en la cubierta protectora

* SEDE PRINCIPAL

Av. Simón Bolívar N° 1877
Barrionuevo - Chiclayo
Tel: 051 977 815 100
Cel: 977 815 100

* SEDE ANCONA

C/OSIP BELLINI 602, O.L.A.S.
CHICLAYO
Tel: 051 977 815 100
Cel: 977 815 100

* SEDE PUNTA

14th. Miraflores Mo. O.L.A.S.
Chiclayo - PUNTA
Tel: 051 977 815 100
Cel: 977 815 100

* SEDE TILIAJILLO

14th. Sur de Tarma Mo. A.L.L.M.
San Francisco / Tarma
Tel: 051 977 815 100
Cel: 977 815 100

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CL-IMP-LA-0201- 2024

Expediente N° : 2350

Fecha de Emisión : 2024-11-19

OTI N° : 925-2024

8. CONCLUSIONES

El equipo se encuentra operativo

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar limpieza del equipo de forma periódica



José Chanta Aliaga

Técnico de Soporte



Jhano Peña

Responsable de Área

10. IMÁGENES



vista frontal



etiqueta de fabrica



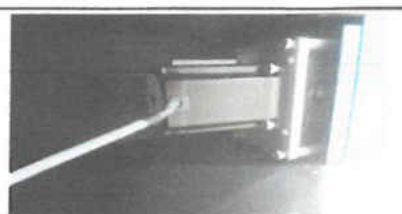
desmontaje de paletas



tarjeta de control



pantalla display



motor

ANEXO E: Formato de prueba de jarras.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha:

AGUA CRUDA			DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				
Turbiedad: NTU			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN	
Temperatura: °C			Tiempo: seg.				Volumen de Jarras		Tiempo total : min			Tiempo: min	
Conductividad : µS/cm			Velocidad: RPM				2,000 ml		Velocidad: RPM			Velocidad: RPM	
J A R R A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1													
2													
3													
4													
5													
6													

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

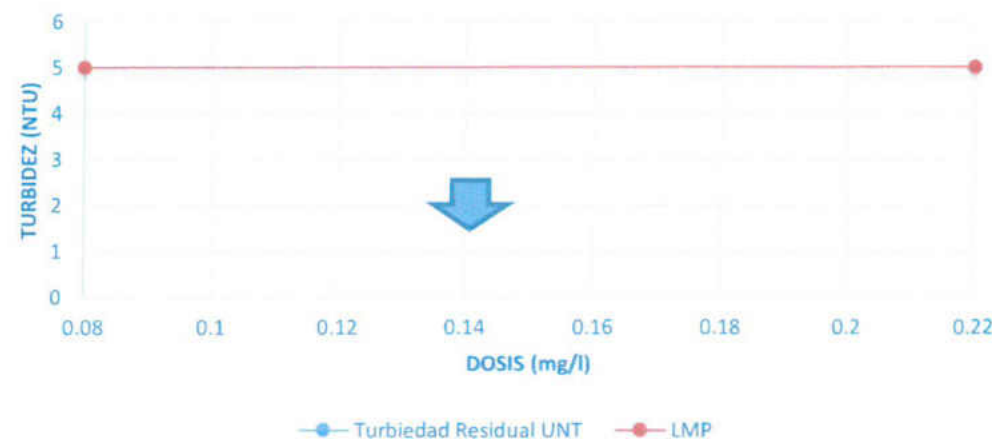
Dosis óptima:

NOTA.-

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l						
DOSIS Poli. mg/l.						
TURB. RESID.						
TURB INICIAL						
% REMOCION						

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



ANEXO F: Pruebas de Jarras.



DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 09/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA						
			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN			
			Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)			Indice de Wilcomb	Tiempo total : Velocidad:	15 40 min RPM	Tiempo: Velocidad:	15 0 min RPM		
Turbiedad:	17.9	NTU													
Temperatura:	25.8	°C													
Conductividad :	356	µS/cm													
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.24	115		1.4				30	4	8.22	15	14.2		0.158	
2	8.24	115		1.6				30	4	8.13	15	12.2		0.155	
3	8.24	115		1.8				28	4	8.06	15	10.39		0.161	
4	8.24	115		2				20	6	7.97	12	7.25		0.172	
5	8.24	115		2.2				20	6	7.90	12	4.25		0.171	
6	8.24	115		2.4				20	6	7.80	12	6.25		0.172	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C

Dosis óptima: 11 mg/L de Sulfato de Aluminio.

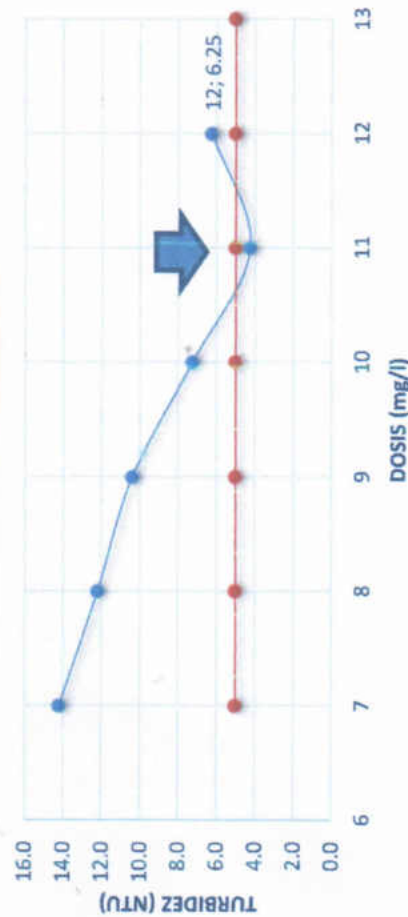
NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.25 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	7	8	9	10	11	12
TURB. RESID.	14.2	12.2	10.39	7.25	4.25	6.25
TURB INICIAL	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
% REMOCION	21%	32%	42%	59%	76%	65%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis



● Turbiedad Residual UNT ● LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 09/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	Temperatura:	Conductividad :	pH	Alcal. Total mg/l	MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml	FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
					Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ (mg/l)	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)		Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
J	17.9 NTU	25.8 °C	8.24	115	7	1.4			30	4	8.26	15	13.9		
A			8.24	115	8	1.6			30	4	8.03	15	12.7		0.155
R			8.24	115	9	1.8			30	4	7.99	15	11.46		0.16
R			8.24	115	10	2			20	6	7.95	12	6.87		0.158
A			8.24	115	11	2.2			20	6	7.86	12	4.22		0.172
1			8.24	115	12	2.4			20	6	7.79	12	6.54		0.173
2			8.24	115											
3			8.24	115											
4			8.24	115											
5			8.24	115											
6			8.24	115											

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



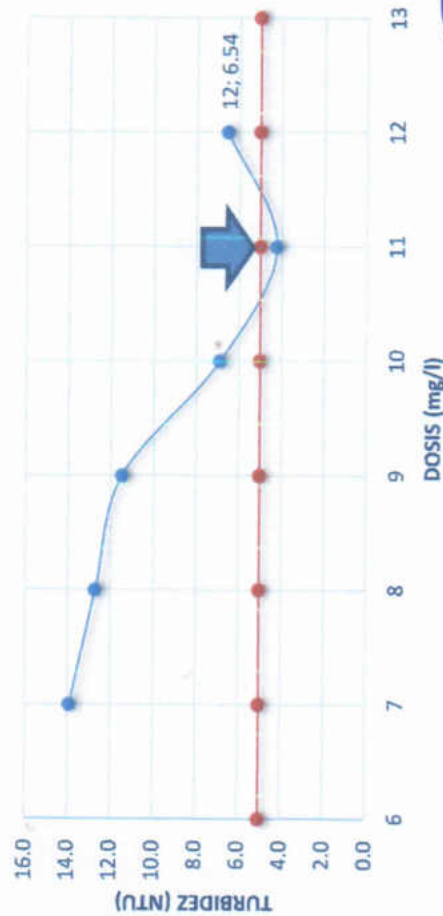
Dosis óptima: 11 mg/L de Sulfato de Aluminio.

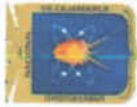
NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.22 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	7	8	9	10	11	12
TURB. RESID.	13.9	12.7	11.46	6.87	4.22	6.54
TURB INICIAL	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
% REMOCION	22%	29%	36%	62%	76%	63%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Privada"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Bordó I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 09/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	17.9	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.8	°C	Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Velocidad:	15	min	Velocidad:	15	min
Conductividad:	356	µS/cm	Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40	RPM		0	RPM
J														
A														
R														
R														
A														
1	8.24	115	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	1.4		Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)		Indice de Wilcomb	pH	15	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
2	8.24	115		1.6				4	8.40	15	13.2		0.15	
3	8.24	115		1.8				4	8.17	15	12.61		0.148	
4	8.24	115		2				4	8.02	15	10.87		0.152	
5	8.24	115		2.2				6	7.93	15	6.92		0.155	
6	8.24	115		2.4				6	7.86	15	4.28		0.156	
	8.24	115						6	7.81	15	5.12		0.161	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



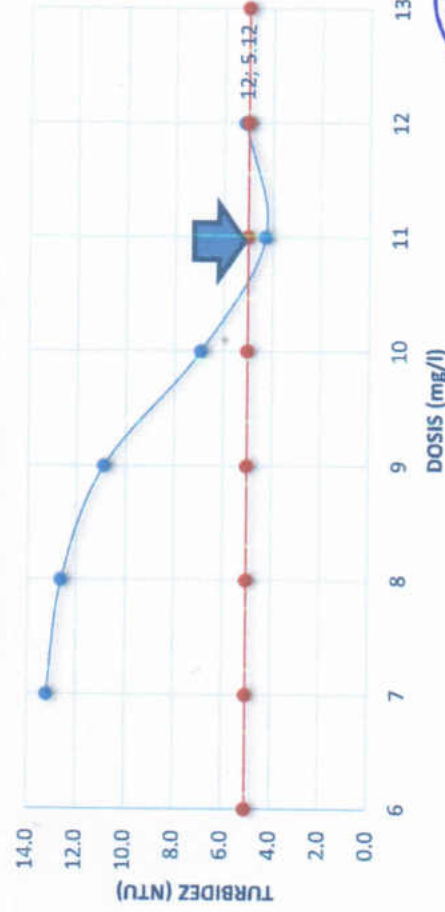
Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.28 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	7	8	9	10	11	12
TURB. RESID.	13.2	12.61	10.87	6.92	4.28	5.12
TURB INICIAL	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
% REMOCION	26%	30%	39%	61%	76%	71%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 10/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l					OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA							
Turbiedad:		17.9	NTU		MEZCLA RAPIDA					FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN				
Temperatura:		25.8	°C		Tiempo:		60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		15		15	
Conductividad :		356	µS/cm		Velocidad:		300	RPM		2.000 ml		Velocidad:		40		0	
J	A		pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l			
R	R	A			1	2	3	4	5						6		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



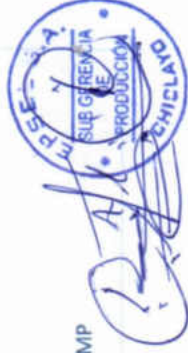
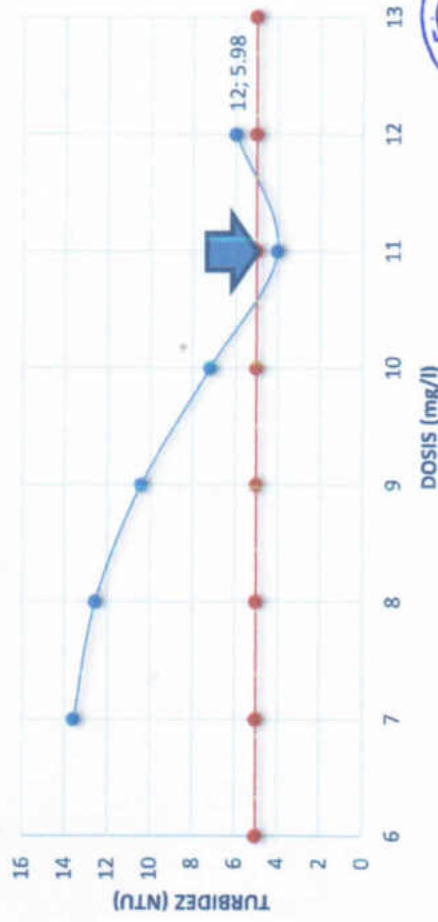
Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.03 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	7	8	9	10	11	12
TURB. RESID.	13.56	12.57	10.42	7.18	4.03	5.98
TURB INICIAL	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
% REMOCION	24%	30%	42%	60%	77%	67%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha: 10/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad: 17.9 NTU			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura: 25.8 °C			Tiempo: 60 seg.						Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min			
Conductividad : 356 µS/cm			Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 40 RPM		Velocidad: 0 RPM			
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1	8.24		115	7	1.4			30	4	8.16	15	14.11		0.15
2	8.24		115	8	1.6			30	4	8.05	15	12.74		0.148
3	8.24		115	9	1.8			30	4	7.76	15	9.50		0.152
4	8.24		115	10	2			20	6	7.75	15	6.92		0.155
5	8.24		115	11	2.2			20	6	7.62	15	3.56		0.156
6	8.24		115	12	2.4			20	6	7.60	15	5.12		0.161

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



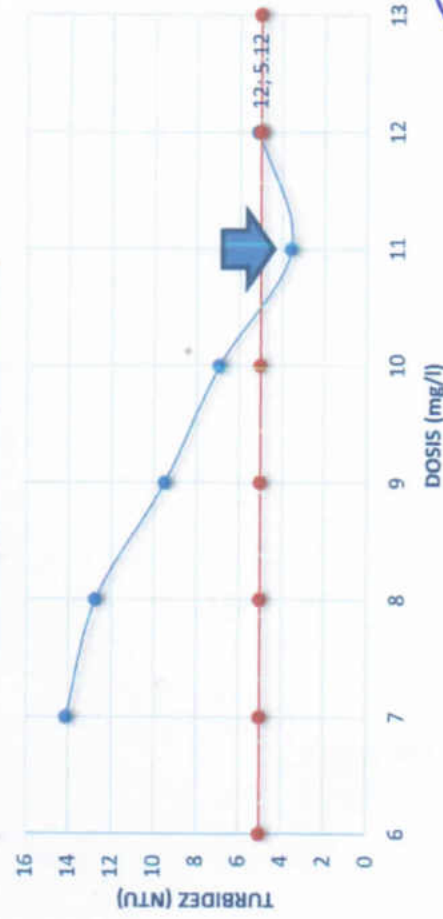
Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.56 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	7	8	9	10	11	12
TURB. RESID.	14.11	12.74	9.5	6.92	3.56	5.12
TURB INICIAL	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
% REMOCION	21%	29%	47%	61%	80%	71%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA			REPETICION 1						OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA					Fecha: 13/12/2024	
Turbiedad: 18.56 NTU			DOSIFICACION mg/l									FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN			
Temperatura: 25 °C			MEZCLA RAPIDA						Volumen de Jarras 2,000 ml			Tiempo total : 15 min			Tiempo: 15 min			
Conductividad : 396 µS/cm			Tiempo: 60 seg. RPM 300						Velocidad:			Velocidad: 40 RPM			Velocidad: 0 RPM			
J	A	R	R	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1					8.11		8	1.6	0.1	0.4	10	6	8.02	15	4.56		0.15	
2					8.11		8	1.6	0.12	0.48	10	6	7.89	15	2.58		0.145	
3					8.11		8	1.6	0.14	0.56	10	6	7.78	15	0.86		0.15	
4					8.11		8	1.6	0.16	0.64	10	6	7.58	15	1.33		0.156	
5					8.11		8	1.6	0.18	0.72	10	6	7.55	15	2.79		0.165	
6					8.11		8	1.6	0.2	0.8	10	6	7.56	15	3.25		0.166	

Fecha: 13/12/2024

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

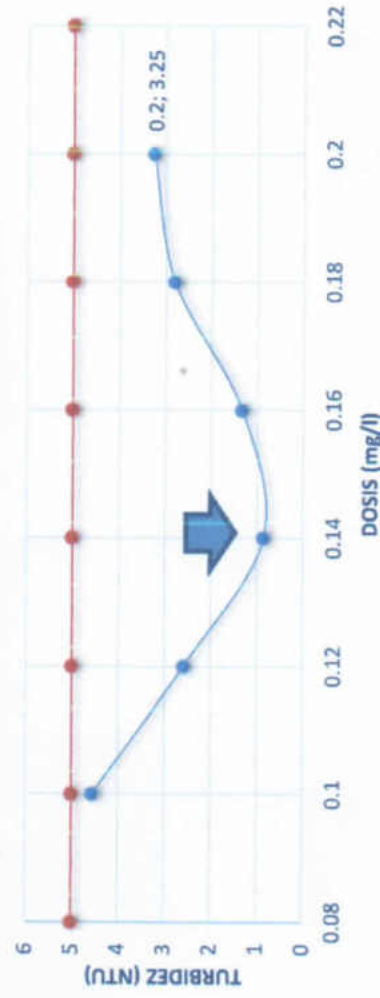
Dosis óptima: 8 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 8 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.86 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	8	8	8	8	8	8
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.56	2.58	0.86	1.33	2.79	3.25
TURB INICIAL	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
% REMOCION	75%	86%	95%	93%	85%	82%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	18.56	NTU		MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Tiempo total:		15	min		15	min	
Conductividad:	396	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		Velocidad:		40	RPM		Velocidad:	0	RPM
J	A	R	R	A	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Flocculación mg/l	Ayudante Flocculación Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo Formación del Floc seg.	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1					8.11	8	1.6	0.10	0.4	6	10	5.05		0.15	
2					8.11	8	1.6	0.12	0.48	6	10	2.67		0.152	
3					8.11	8	1.6	0.14	0.56	8	10	1.67		0.153	
4					8.11	8	1.6	0.16	0.64	8	10	1.20		0.156	
5					8.11	8	1.6	0.18	0.72	6	15	2.46		0.165	
6					8.11	8	1.6	0.20	0.8	6	15	3.17		0.158	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



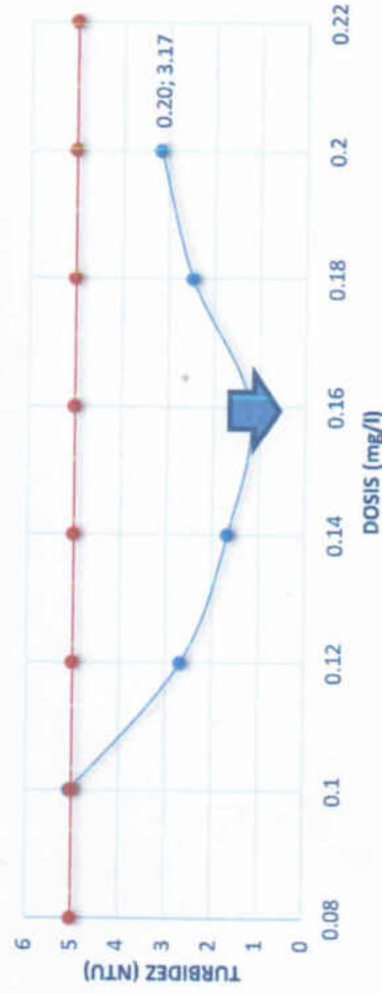
Dosis óptima: 3 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 8 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.20 NTU

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	8	8	8	8	8	8
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5.05	2.67	1.67	1.2	2.46	3.17
TURB INICIAL	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
% REMOCION	73%	86%	91%	94%	87%	83%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promotor"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

AGUA CRUDA			DOSIFICACION mg/l					OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					Fecha: 14/12/2024				
			MEZCLA RAPIDA							FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN						
Turbiedad:	18.56	NTU	Tiempo:		60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	Tiempo:		15	min				
Temperatura:	25	°C	Velocidad:		300	RPM		2.000 ml		40	RPM	Velocidad:		0	RPM				
Conductividad :	396	µS/cm																	
J	A R R A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l					
1				8	1.6	0.1	0.4	10							6	7.85	15	4.87	0.142
2				8	1.6	0.12	0.48	10							6	7.75	15	2.81	0.155
3				8	1.6	0.14	0.56	10							8	7.62	12	0.97	0.153
4				8	1.6	0.16	0.64	10							8	7.65	12	1.48	0.158
5		8.11		8	1.6	0.18	0.72	10	6	7.59	15	2.87		0.154					
6		8.11		8	1.6	0.2	0.8	10	6	7.54	15	3.02		0.153					

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

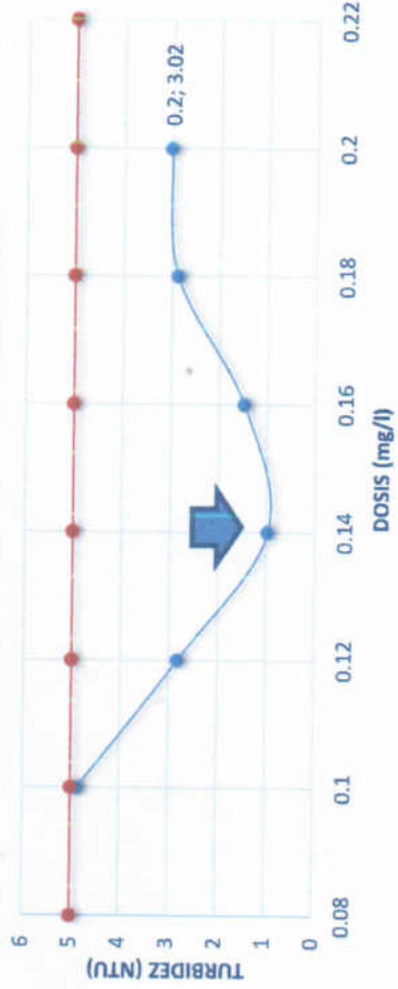
Dosis óptima: 3 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 8 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.97 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	8	8	8	8	8	8
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.87	2.81	0.97	1.48	2.87	3.02
TURB INICIAL	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
% REMOCION	74%	85%	95%	92%	85%	84%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Nuestro es de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	18.56	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		15	
Conductividad :	396	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		RPM		0	
J								Indice de Wilcomb		pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	
A								Tiempo de Formación del Floc seg.							
R								Ayudante Floculación Vol (ml)							
R								Ayudante Floculación mg/l							
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)							
1	8.11			8	1.6	0.1	0.4	10	6	7.85	15	5.00			Coagulante Residual mg/l
2	8.11			8	1.6	0.12	0.48	10	6	7.75	15	2.74			0.155
3	8.11			8	1.6	0.14	0.56	10	8	7.62	12	1.05			0.152
4	8.11			8	1.6	0.16	0.64	10	8	7.65	12	2.02			0.156
5	8.11			8	1.6	0.18	0.72	15	6	7.59	15	2.81			0.152
6	8.11			8	1.6	0.2	0.8	15	6	7.54	15	3.22			0.154

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



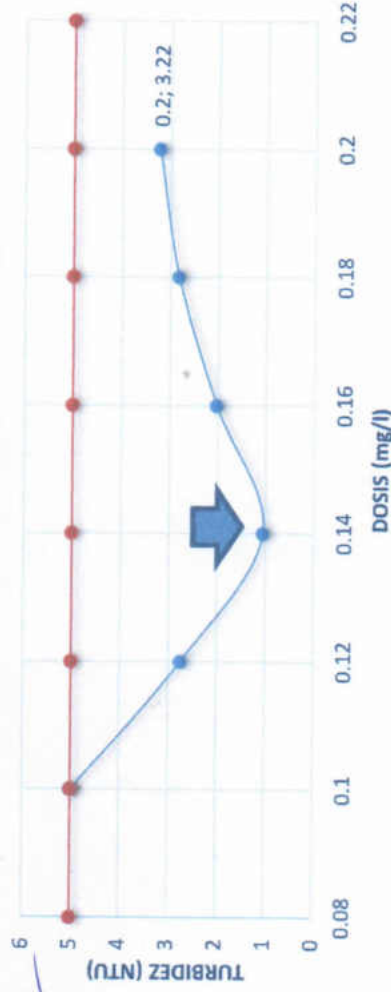
Dosis óptima: 8 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 8mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.05 NTU

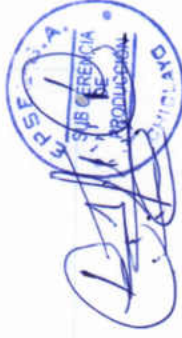
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	8	8	8	8	8	8
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5	2.74	1.05	2.02	2.81	3.22
TURB INICIAL	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
% REMOCION	73%	85%	94%	89%	85%	83%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



— Turbiedad Residual UNT — LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 19/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	25.7	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.3	°C	Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras	Indice de Wilcomb	Velocidad:	15	min	Velocidad:	15	min
Conductividad:	288	µS/cm	Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40	RPM		0	RPM
J			Coagulante Sulfato Al A12(SO4)2	mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)3	Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero	Ayudante Floculación Polimero	Vol (ml)	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)
A	8.14	115	5	1						8.10	15	11.25		0.145
2	8.14	115	7	1.4						8.06	15	10.98		0.152
3	8.14	115	9	1.8						7.99	15	7.58		0.159
4	8.14	115	11	2.2						7.95	15	2.93		0.166
5	8.14	115	13	2.6						7.85	15	3.28		0.177
6	8.14	115	15	3						7.69	15	4.5		0.172

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C

Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

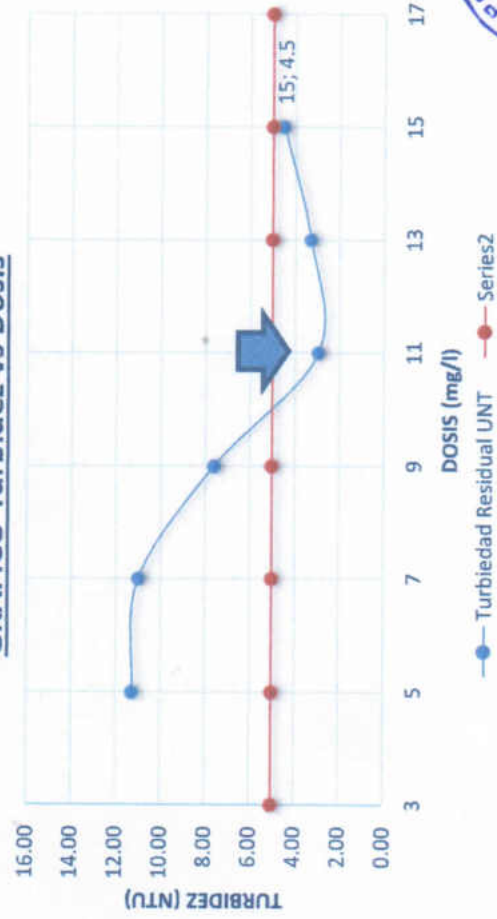
NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.93 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	5	7	9	11	13	15
TURB. RESID.	11.25	10.98	7.58	2.93	3.28	4.5
TURB INICIAL	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7
% REMOCION	56%	57%	71%	89%	87%	82%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Nuestro Alma de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 19/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	25.7	NTU	MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	pH	FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN	
			Tiempo: 60 seg.	300 RPM	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)					Tiempo total : 15 min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
Temperatura:	25.3	°C	Velocidad:								Velocidad: 40 RPM				15 min
Conductividad :	288	µS/cm													0 RPM
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.14	115	5	1			25	4	8.00	15	10.90				0.155
2	8.14	115	7	1.4			25	4	7.86	15	10.47				0.16
3	8.14	115	9	1.8			20	4	7.64	15	7.69				0.158
4	8.14	115	11	2.2			15	6	7.65	15	2.46				0.162
5	8.14	115	13	2.6			15	6	7.62	15	3.57				0.173
6	8.14	115	15	3			15	6	7.60	15	3.99				0.174

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C

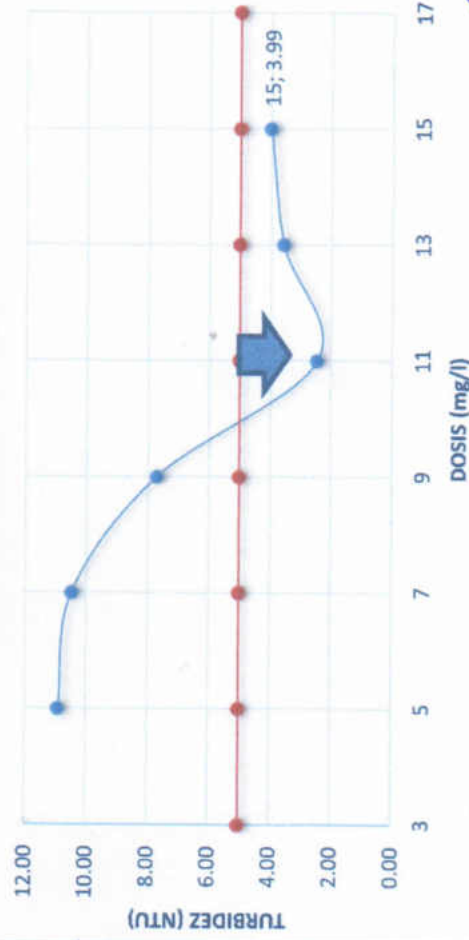
Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.46 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	5	7	9	11	13	15
TURB. RESID.	10.9	10.47	7.69	2.46	3.57	3.99
TURB INICIAL	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7
% REMOCION	58%	59%	70%	90%	86%	84%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 19/12/2024

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					Fecha: 19/12/2024	
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN			
Turbiedad:		25.7 NTU		Tiempo: 60 seg.		RPM		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min				
Temperatura:		25.3 °C		300 RPM						Velocidad:		40 RPM		Velocidad: 0 RPM		
Conductividad :		288 µS/cm														
J	A	R	R	A	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1					8.14	5	1			4	25	7.89	15	11.1		0.149
2					8.14	7	1.4			4	25	7.72	15	10.81		0.155
3					8.14	9	1.8			4	20	7.65	15	7.42		0.152
4					8.14	11	2.2			6	20	7.62	12	3.03		0.165
5					8.14	13	2.6			6	15	7.59	12	3.33		0.172
6					8.14	15	3			6	15	7.56	15	4.20		0.176

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

.....

Temperatura del Agua 25°C



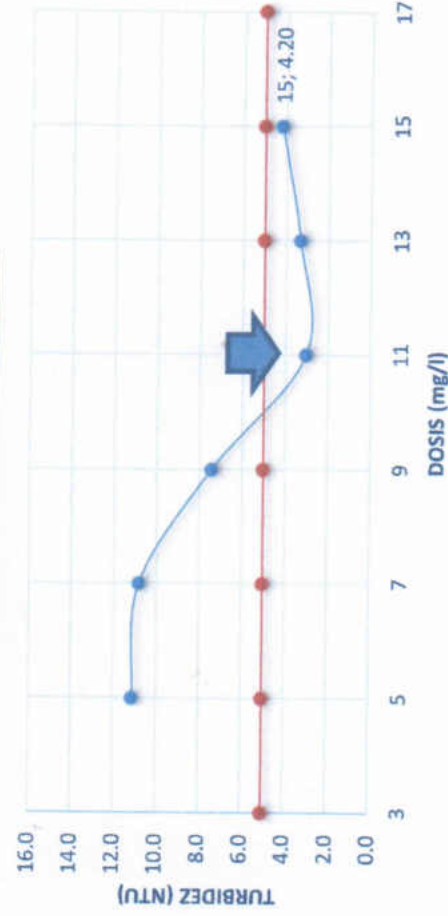
Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.03 NTU.

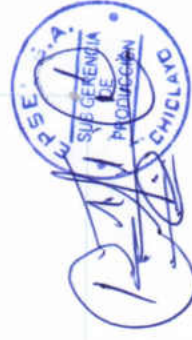
REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	5	7	9	11	13	15
TURB. RESID.	11.12	10.81	7.42	3.03	3.33	4.2
TURB INICIAL	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7
% REMOCION	57%	58%	71%	88%	87%	84%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



● Turbiedad Residual UNT ● LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 19/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA					
			MEZCLA RAPIDA							FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Turbiedad:	25.7	NTU													
Temperatura:	25.3	°C													
Conductividad :	288	µS/cm													
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₂ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	Volumen de Jarras 2,000 ml	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1	8.14		115	5	1			4	25		8.02	15	11.03		0.152
2	8.14		115	7	1.4			4	25		7.85	15	11.77		0.155
3	8.14		115	9	1.8			4	25		7.62	15	7.57		0.156
4	8.14		115	11	2.2			6	20		7.59	12	3.02		0.162
5	8.14		115	13	2.6			6	15		7.55	12	2.92		0.171
6	8.14		115	15	3			6	20		7.53	15	4.36		0.175

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



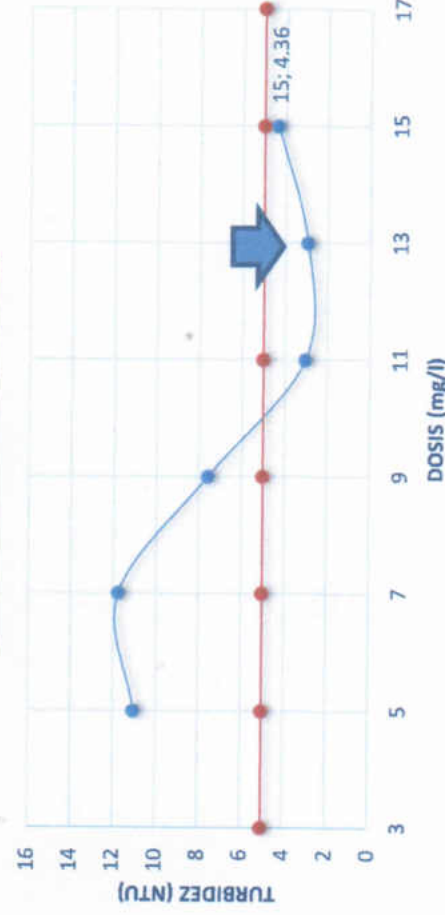
Dosis óptima: 13 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 13 mg/L., se logra un agua decantada menor 2.92 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	5	7	9	11	13	15
TURB. RESID.	11.03	11.77	7.57	3.02	2.92	4.36
TURB INICIAL	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7
% REMOCION	57%	54%	71%	88%	89%	83%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Núcleo de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha: 20/12/2024

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad:	25.7	NTU	Tiempo:		60	seg.	Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Temperatura:	25.3	°C	Velocidad:		300	RPM	2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
Conductividad :	288	µS/cm												
J														
A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb		pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
R														
R														
A														
1			8.14	115	5	1		30	4	8.11	15	10.97		0.15
2	8.14	115	7	1.4		25	4	8.05	15	10.62		0.155		
3	8.14	115	9	1.8		25	4	7.76	15	7.71		0.152		
4	8.14	115	11	2.2		20	6	7.65	15	3.00		0.166		
5	8.14	115	13	2.6		20	6	7.59	15	3.41		0.173		
6	8.14	115	15	3		20	6	7.53	15	4.26		0.177		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



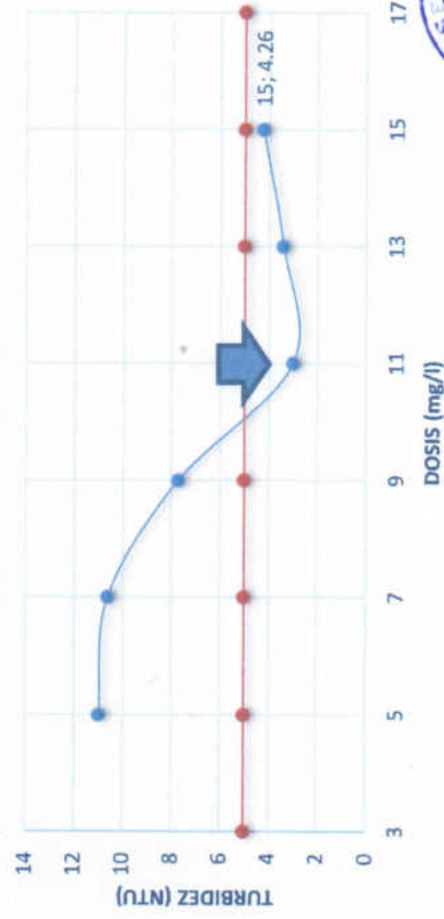
Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA - Con la dosis de 11 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.00 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	5	7	9	11	13	15
TURB. RESID.	10.97	10.62	7.71	3	3.41	4.26
TURB INICIAL	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7
% REMOCION	57%	59%	70%	88%	87%	83%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Rlo Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	27.88	NTU	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN	
											Tiempo total : Velocidad:	15 min RPM	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
JARRA	1	8.13			9	1.8	0.1	0.4	10	6	8.05	15	3.68		
	2	8.13			9	1.8	0.12	0.48	10	6	7.86	15	2.98		
	3	8.13			9	1.8	0.14	0.56	10	8	7.75	12	1.05		0.155
	4	8.13			9	1.8	0.16	0.64	10	8	7.68	12	1.89		0.156
	5	8.13			9	1.8	0.18	0.72	15	6	7.63	15	2.06		0.158
	6	8.13			9	1.8	0.2	0.8	15	6	7.59	15	2.52		0.161

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

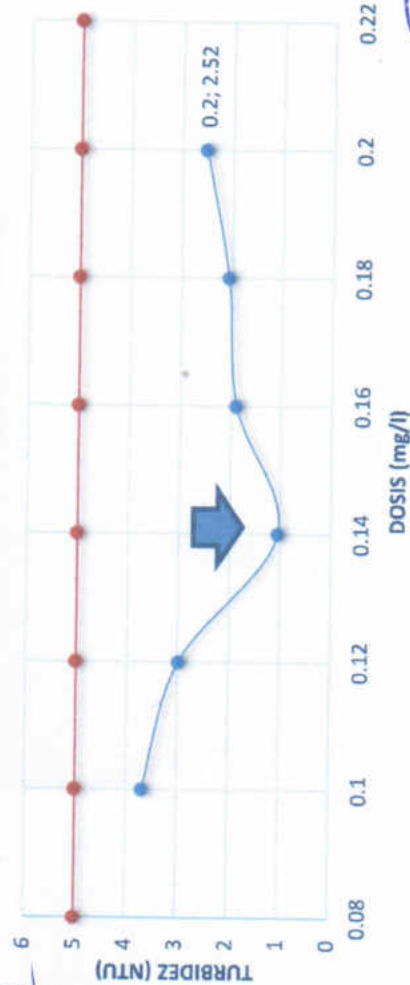
Dosis óptima: 9 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 9 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.05 NTU

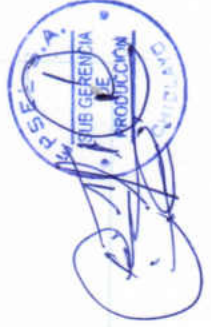
REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	9	9	9	9	9	9
DOSIS Pol. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	3.68	2.98	1.05	1.89	2.06	2.52
TURB INICIAL	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88
% REMOCION	87%	89%	96%	93%	93%	91%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	27.88	NTU		MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.5	°C		60	300			seg. RPM		15	40		15	15	
Conductividad :	266	µS/cm		Velocidad:				Tiempo: 9		pH			Tiempo: 15		
J								Coagulante Sulfato Al mg/l		Indice de Wilcomb			Velocidad: 0		
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Tiempo de Formación del Floc seg.			RPM		
R								Ayudante Floculación mg/l		Ayudante Floculación Vol (ml)			Turbiedad Residual UNT		
R								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Coagulante Sulfato Al mg/l			Color Residual U.C.		
A								Coagulante Sulfato Al mg/l		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)			Coagulante Residual mg/l		
1	8.13			9	1.8	0.1	0.4	10	6	10	15	3.12	0.15		
2	8.13			9	1.8	0.12	0.48	10	6	10	15	2.67	0.152		
3	8.13			9	1.8	0.14	0.56	10	8	10	12	0.92	0.153		
4	8.13			9	1.8	0.16	0.64	10	8	10	12	1.92	0.156		
5	8.13			9	1.8	0.18	0.72	10	6	10	15	2.17	0.165		
6	8.13			9	1.8	0.2	0.8	10	6	10	15	2.34	0.158		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.
Sulfato de Aluminio al 1 % W/V
Polimero Cationico al 0.5% W/V

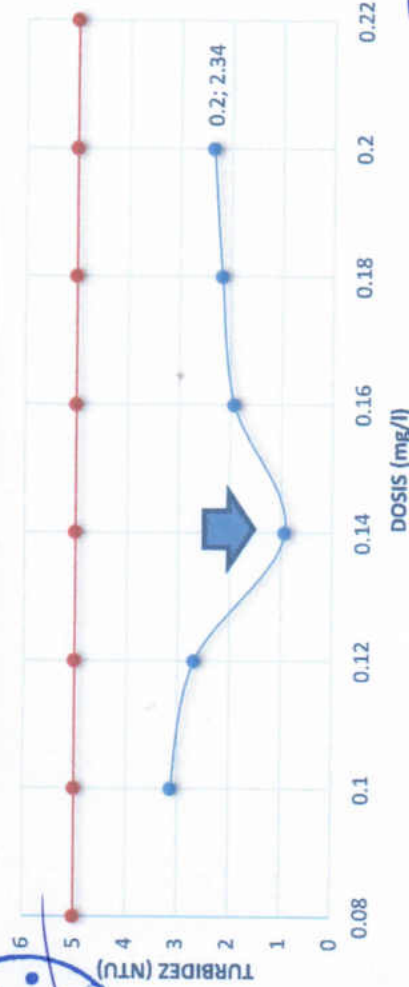
Dosis óptima: 9 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 9 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.92 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	9	9	9	9	9	9
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	3.12	2.67	0.92	1.92	2.17	2.34
TURB INICIAL	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88
% REMOCION	89%	90%	97%	93%	92%	92%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promueve"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Rto Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 25/12/2024

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	27.88	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.5	°C		60	300			Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total :	15	Tiempo:	15		
Conductividad :	266	µS/cm		Velocidad:						Velocidad:	40	Velocidad:	0		
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.13			9	1.8	0.1	0.4	12	6	7.99	15	3.44			
2	8.13			9	1.8	0.12	0.48	12	6	7.78	15	2.88			
3	8.13			9	1.8	0.14	0.56	12	8	7.61	12	1.09			
4	8.13			9	1.8	0.16	0.64	12	8	7.59	12	1.77			
5	8.13			9	1.8	0.18	0.72	12	8	7.52	15	2.21			
6	8.13			9	1.8	0.2	0.8	12	6	7.50	15	2.38			

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

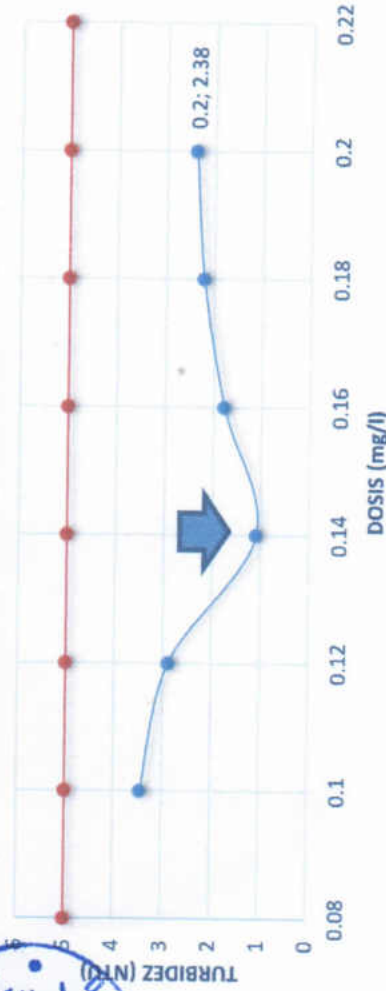
Dosis óptima: 9 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 9 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.09 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	9	9	9	9	9	9
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	3.44	2.88	1.09	1.77	2.21	2.38
TURB INICIAL	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88
% REMOCION	88%	90%	96%	94%	92%	91%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

CHICLAYO
SIS GERENCIA
DE PRODUCCION

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	27.88	NTU		MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.5	°C		Tiempo:	60	seg.		Tiempo total:		15	min		15	min	
Conductividad:	266	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		Velocidad:		40	RPM		Velocidad:	0	RPM
J				Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l		
A	8.13			9	1.8	0.1	0.4	6	8.01	15	3.21				
R	8.13			9	1.8	0.12	0.48	6	7.86	15	2.71				
R	8.13			9	1.8	0.14	0.56	8	7.75	12	1.14				
A	8.13			9	1.8	0.16	0.64	8	7.61	12	1.81				
1	8.13			9	1.8	0.18	0.72	6	7.58	15	2.18				
2	8.13			9	1.8	0.2	0.8	6	7.55	15	2.47				
3	8.13			9	1.8	0.14	0.56	8	7.75	12	1.14			0.155	
4	8.13			9	1.8	0.16	0.64	8	7.61	12	1.81			0.153	
5	8.13			9	1.8	0.18	0.72	6	7.58	15	2.18			0.154	
6	8.13			9	1.8	0.2	0.8	6	7.55	15	2.47			0.155	

OTRAS OBSERVACIONES:

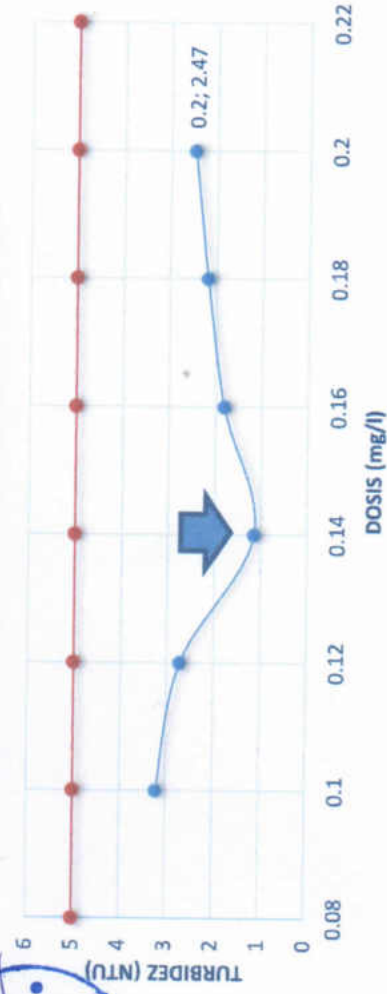
Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

Dosis óptima: 9mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



NOTA.- Con dosis de 9 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.14 NTU

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	9	9	9	9	9	9
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	3.21	2.71	1.14	1.81	2.18	2.47
TURB INICIAL	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88
% REMOCION	88%	90%	96%	94%	92%	91%

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	27.88	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.5	°C		60	seg.			Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		15	
Conductividad :	266	µS/cm		300	RPM			2,000 ml		Velocidad:		RPM		0	
J								Indice de Wilcomb		pH		Turbiedad Residual		Color Residual U.C.	
A								Tiempo de Formación del Floc seg.				UNT		mg/l	
R								Ayudante Floculación Vol (ml)							
R								mg/l							
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)							
1	8.13			9	1.8	0.1	0.4	10	6	7.98	15	3.57		0.155	
2	8.13			9	1.8	0.12	0.48	10	6	7.70	15	2.97		0.152	
3	8.13			9	1.8	0.14	0.56	10	8	7.65	12	0.98		0.151	
4	8.13			9	1.8	0.16	0.64	10	8	7.61	12	1.74		0.156	
5	8.13			9	1.8	0.18	0.72	15	6	7.58	15	2.01		0.155	
6	8.13			9	1.8	0.2	0.8	15	6	7.53	15	2.50		0.154	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

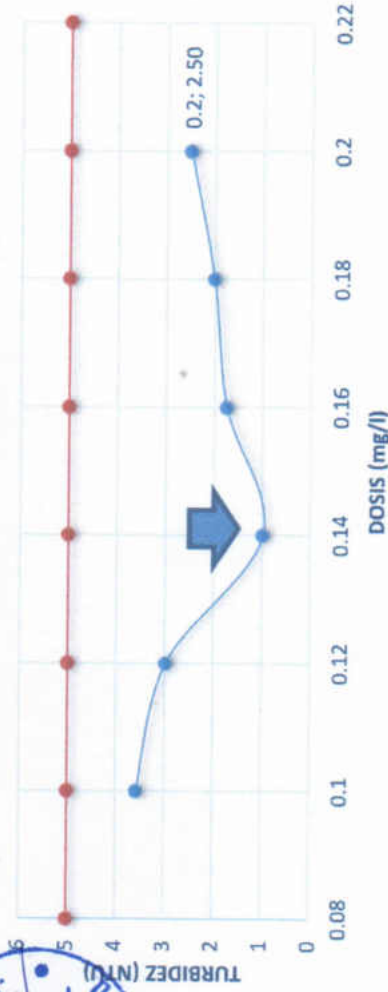
Dosis óptima: 9 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 9 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.98 NTU

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	9	9	9	9	9	9
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	3.57	2.97	0.98	1.74	2.01	2.5
TURB INICIAL	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88	27.88
% REMOCION	87%	89%	96%	94%	93%	91%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l					OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA						Fecha: 02/01/2025	
				MEZCLA RAPIDA							FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN				
Turbiedad:		38.8		NTU								Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min				
Temperatura:		24.8		°C				60 seg.		Volumen de Jarras 2,000 ml		40 RPM		Velocidad: 0 RPM				
Conductividad :		254		µS/cm				300 RPM										
J	A	R	R	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)	
1					7.89	122	10	2			25	4	7.77	15	10.25		0.15	
2					7.89	122	11	2.2			25	4	7.68	15	7.63		0.152	
3					7.89	122	12	2.4			20	4	7.62	15	5.51		0.161	
4					7.89	122	13	2.6			20	6	7.55	15	2.54		0.166	
5					7.89	122	14	2.8			15	6	7.52	15	3.47		0.177	
6					7.89	122	15	3			15	6	7.50	15	3.85		0.178	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C

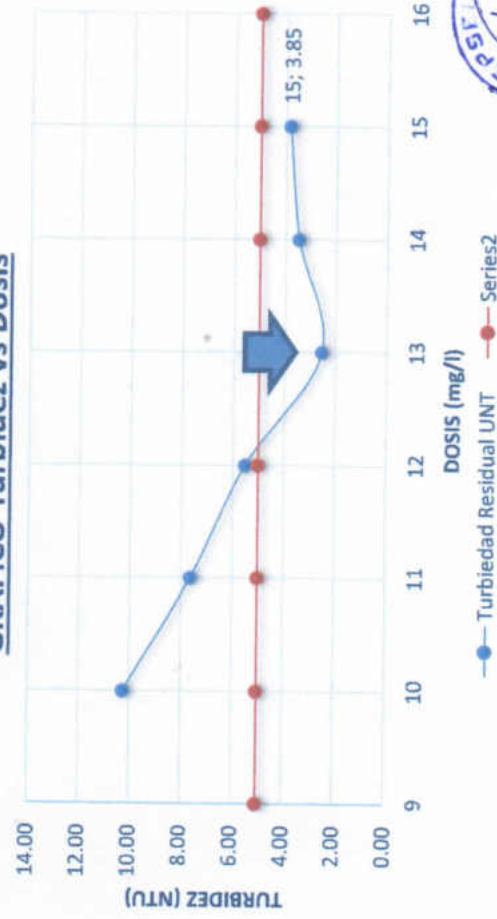
Dosis óptima: 13 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 13 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.54 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	10	11	12	13	14	15
TURB. RESID.	10.25	7.63	5.51	2.54	3.47	3.85
TURB INICIAL	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8
% REMOCION	74%	80%	86%	93%	91%	90%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 02/01/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					Fecha: 02/01/2025	
Turbiedad: 38.8 NTU Temperatura: 24.8 °C Conductividad : 254 µS/cm				MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN			
				Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 (mg/l)	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)			Índice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Tiempo: 15 min Velocidad: 0 RPM	
J	pH	Alcal. Total mg/l	1	7.89	122	2			25	4	7.80	15	9.98		Coagulante Residual mg/l	
A			2	7.89	122	2.2			25	4	7.72	15	7.54			
R			3	7.89	122	2.4			20	4	7.65	15	5.47			
R			4	7.89	122	2.6			15	6	7.58	15	2.38	0.166		
A			5	7.89	122	2.8			15	6	7.52	15	3.52	0.173		
			6	7.89	122	3			15	6	7.51	15	3.68	0.179		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C

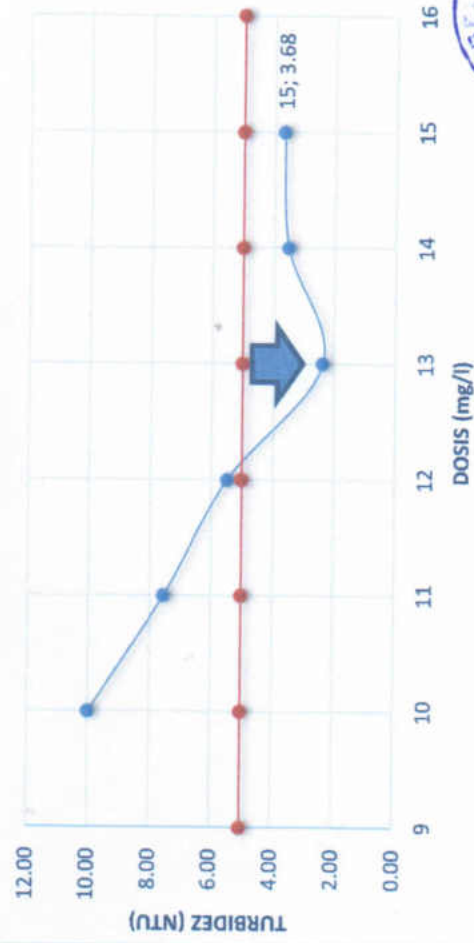
Dosis óptima: 13 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 13 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.38 NTU.

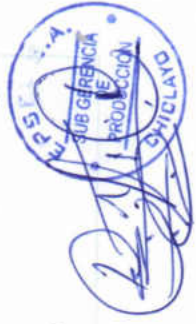
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

	1	2	3	4	5	6
N° JARRAS						
DOSIS - mg/L	10	11	12	13	14	15
TURB. RESID.	9.98	7.54	5.47	2.38	3.52	3.68
TURB INICIAL	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8
% REMOCION	74%	81%	86%	94%	91%	91%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad: 38.8 NTU			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura: 24.8 °C			Tiempo: 60 seg.		300 RPM		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total: 15 min		Tiempo: 15 min		Velocidad: 0 RPM	
Conductividad: 254 µS/cm			Velocidad:						Velocidad:					
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1	2	7.89	122	10	2			4	7.74	15	10.1		0.155	
2	3	7.89	122	11	2.2			4	7.62	15	7.7		0.159	
3	4	7.89	122	12	2.4			4	7.59	15	5.62		0.168	
4	5	7.89	122	13	2.6			6	7.55	15	2.61		0.17	
5	6	7.89	122	14	2.8			6	7.52	15	3.54		0.175	
6		7.89	122	15	3			6	7.51	15	3.77		0.177	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



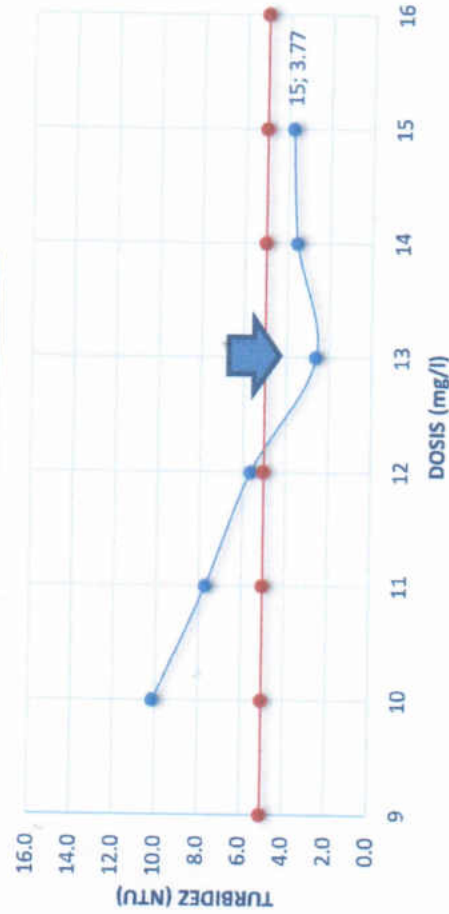
Dosis óptima: 13 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 13 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.61 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	10	11	12	13	14	15
TURB. RESID.	10.12	7.7	5.62	2.61	3.54	3.77
TURB INICIAL	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8
% REMOCION	74%	80%	86%	93%	91%	90%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	38.8	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	24.8	°C	60	seg.			Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	254	µS/cm	300	RPM			2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
JARRAS	A R R A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1	7.89	122	10	2				25	4		15	10.07		0.152
2	7.89	122	11	2.2				25	4		15	7.58		0.159
3	7.89	122	12	2.4				25	4		15	5.31		0.161
4	7.89	122	13	2.6				20	6		12	2.42		0.162
5	7.89	122	14	2.8				15	6		12	3.34		0.171
6	7.89	122	15	3				20	6		15	3.72		0.175

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



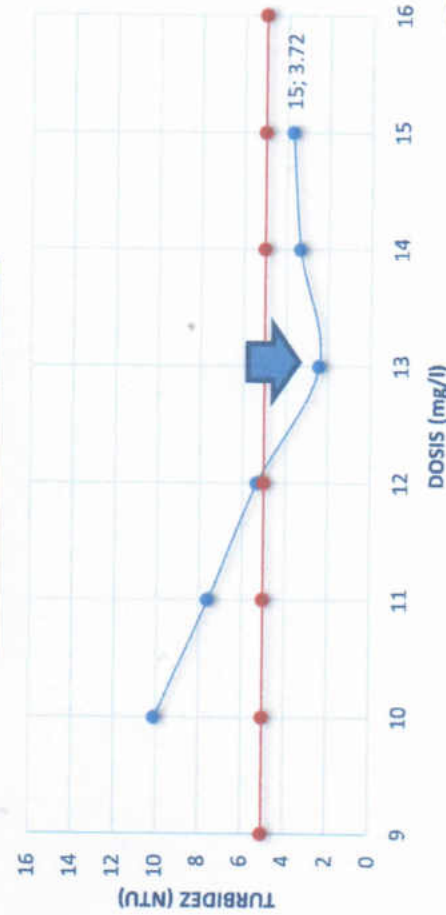
Dosis óptima: 13 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 13 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.42 NTU.

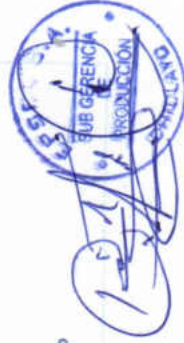
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	10	11	12	13	14	15
TURB. RESID.	10.07	7.58	5.31	2.42	3.34	3.72
TURB INICIAL	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8
% REMOCION	74%	80%	86%	94%	91%	90%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruviana"

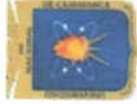
DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				Fecha: 02/01/2025	
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN				SEDIMENTACIÓN	
Turbiedad:	38.8	NTU		Tiempo: 60 seg.		RPM		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min			
Temperatura:	24.8	°C		Velocidad: 300						Velocidad: 40		Velocidad: 0		RPM	
Conductividad :	254	µS/cm													
J	A R R A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1				10	2		4	30	4	15	10.13	0.15			
2				11	2.2		4	25	4	15	7.61	0.153			
3				12	2.4		4	25	4	15	5.58	0.152			
4				13	2.6		6	20	6	15	2.50	0.163			
5				14	2.8		6	20	6	15	3.43	0.176			
6				15	3			6	20		15	3.61		0.176	



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promueve"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	36.2	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.1	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		15 min		15 min	
Conductividad :	266	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		40 RPM		0 RPM	
J				Coagulante Sulfato Al mg/l		Ayudante Floculación mg/l		Tiempo de Formación del Floc seg.		pH		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
A				Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Ayudante Floculación Vol (ml)		Indice de Wilcomb						Color Residual U.C.	
R	8.35	140		11		0.1		10		8.15		15		0.159	
R	8.35	140		11		0.12		10		8.02		15		0.158	
A	8.35	140		11		0.14		10		7.75		12		0.16	
1				11		0.16		10		7.62		12		0.161	
2				11		0.18		12		7.60		15		0.161	
3				11		0.2		12		7.58		15		0.16	
4				2.2		0.4		10				4.86			
5				2.2		0.48		10				3.12			
6				2.2		0.56		10				0.76			

OTRAS OBSERVACIONES:

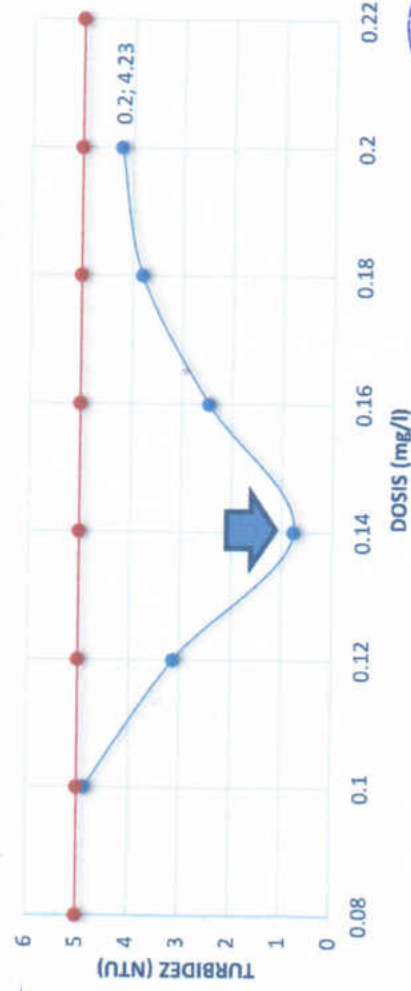
Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

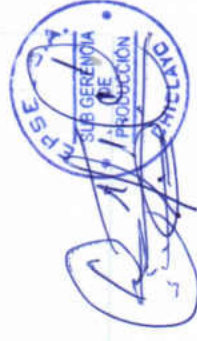
Polimero Cationico al 0.5% W/V

Dosis óptima: 11 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT ● LMP



NOTA.- Con dosis de 11 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.76 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	11	11	11	11	11	11
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.86	3.12	0.76	2.46	3.8	4.23
TURB INICIAL	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
% REMOCION	87%	91%	98%	93%	90%	88%



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	36.2	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.1	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		min		Tiempo:	
Conductividad :	266	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		RPM		Velocidad:	
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.35	140		Coagulante Sulfato Al mg/l	2.2	0.1	0.4								
2	8.35	140			2.2	0.12	0.48								
3	8.35	140			2.2	0.14	0.56								
4	8.35	140			2.2	0.16	0.64								
5	8.35	140			2.2	0.18	0.72								
6	8.35	140			2.2	0.2	0.8								

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

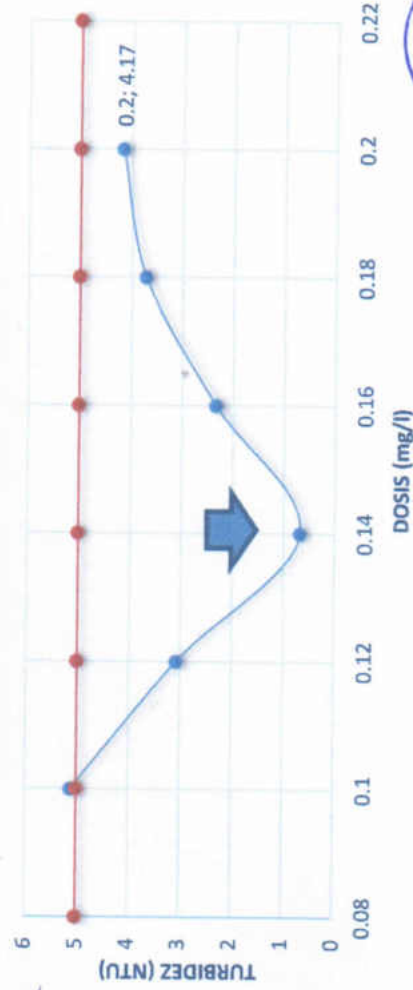
Dosis óptima: 11 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 11 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.67 NTU

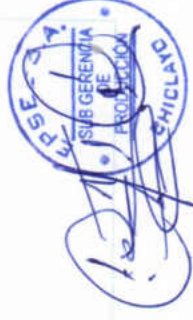
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	11	11	11	11	11	11
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5.12	3.07	0.67	2.33	3.71	4.17
TURB INICIAL	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
% REMOCION	86%	92%	98%	94%	90%	88%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 06/01/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
JARRA	pH	Alcal. Total mg/l	MEZCLA RAPIDA			Ayudante Floculación Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN	
			Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Coagulante Sulfato Al mg/l					Velocidad: 60 seg. RPM	Tiempo total: 15 min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1	8.35	140	11	2.2	0.1	0.4		10	6	8.00	15	5.04		0.158
2	8.35	140	11	2.2	0.12	0.48		10	6	8.02	15	2.96		0.159
3	8.35	140	11	2.2	0.14	0.56		10	8	7.81	12	0.81		0.162
4	8.35	140	11	2.2	0.16	0.64		12	8	7.76	12	2.57		0.164
5	8.35	140	11	2.2	0.18	0.72		12	6	7.66	15	3.62		0.65
6	8.35	140	11	2.2	0.2	0.8		12	6	7.62	15	4.26		0.164

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

Dosis óptima: 11 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

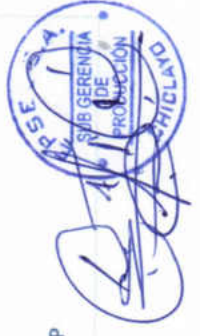
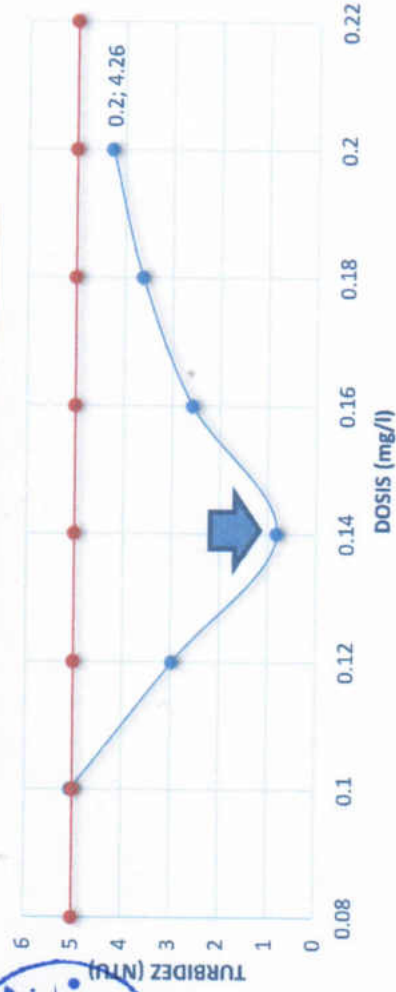
NOTA.- Con dosis de 11 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.81 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	11	11	11	11	11	11
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5.04	2.96	0.81	2.57	3.62	4.26
TURB INICIAL	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
% REMOCION	86%	92%	98%	93%	90%	88%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	36.2	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.1	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	15	min		
Conductividad:	266	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	0	RPM		
J				Coagulante Sulfato Al mg/l				Indice de Wilcomb		pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
A								Vol (ml)							
R															
R															
A															
1	8.35	140		11	2.2	0.1	0.4	10	6	8.14	15	4.99			0.16
2	8.35	140		11	2.2	0.12	0.48	10	6	8.02	15	3			0.162
3	8.35	140		11	2.2	0.14	0.56	10	8	7.81	12	0.74			0.161
4	8.35	140		11	2.2	0.16	0.64	10	8	7.72	12	2.4			0.165
5	8.35	140		11	2.2	0.18	0.72	12	6	7.68	15	3.79			0.164
6	8.35	140		11	2.2	0.2	0.8	15	6	7.63	15	4.09			0.163

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

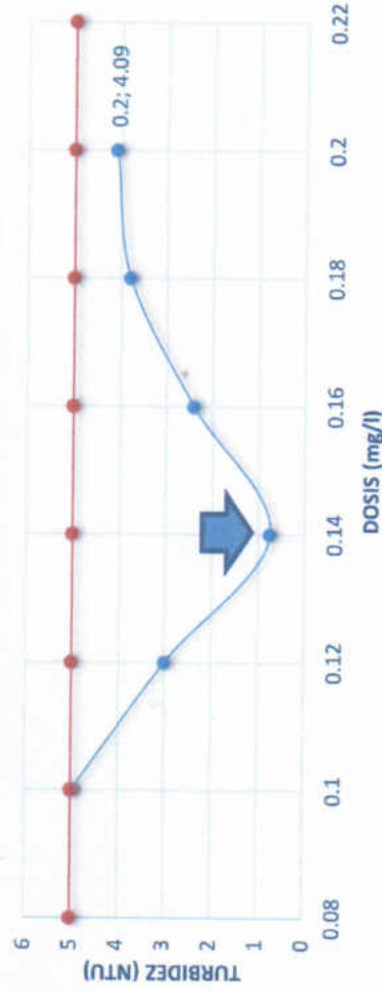
Dosis óptima: 11mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 11 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.74 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	11	11	11	11	11	11
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.99	3	0.74	2.4	3.79	4.09
TURB INICIAL	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
% REMOCION	86%	92%	98%	93%	90%	89%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	36.2	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.1	°C		60	seg.			Volumen de Jarras 2,000 ml		15	min	15	min	15	min
Conductividad:	266	µS/cm		300	RPM			Indice de Wilcomb		40	RPM	40	RPM	0	RPM
JARRA	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
				11	2.2	0.1	0.4	10	6						
				11	2.2	0.12	0.48	10	6						
				11	2.2	0.14	0.56	10	8						
				11	2.2	0.16	0.64	10	8						
				11	2.2	0.18	0.72	13	6						
JARRA	A	pH	Alcal. Total mg/l	11	2.2	0.2	0.8	13	6	7.67	15	4.20		0.161	
				11	2.2	0.2	0.8	13	6	7.67	15	4.20		0.161	
				11	2.2	0.2	0.8	13	6	7.67	15	4.20		0.161	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.
Sulfato de Aluminio al 1 % W/V
Polimero Cationico al 0.5% W/V

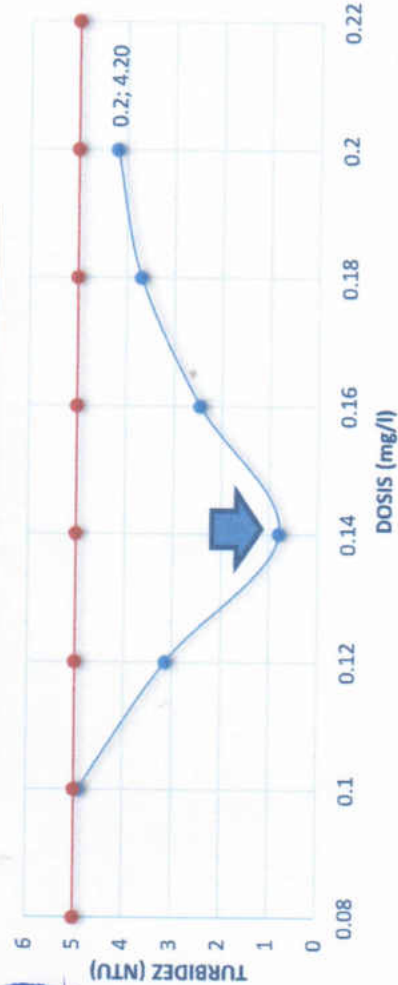
Dosis óptima: 11 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.14 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 11 mg/L + 0.14 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.8 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	11	11	11	11	11	11
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.92	3.14	0.8	2.45	3.69	4.2
TURB INICIAL	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
% REMOCION	86%	91%	98%	93%	90%	88%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	52.9	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		min	
Conductividad :	300	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		RPM		0	
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)	
1	8.01		144	15	3			25	4	7.92	15	7.50		0.162	
2	8.01		144	16	3.2			25	4	7.74	15	6.89		0.163	
3	8.01		144	17	3.4			20	4	7.62	15	5.2		0.165	
4	8.01		144	18	3.6			20	6	7.56	15	3.22		0.171	
5	8.01		144	19	3.8			15	6	7.52	15	4.55		0.175	
6	8.01		144	20	4			15	6	7.50	15	4.53		0.179	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

.....

Temperatura del Agua 25°C



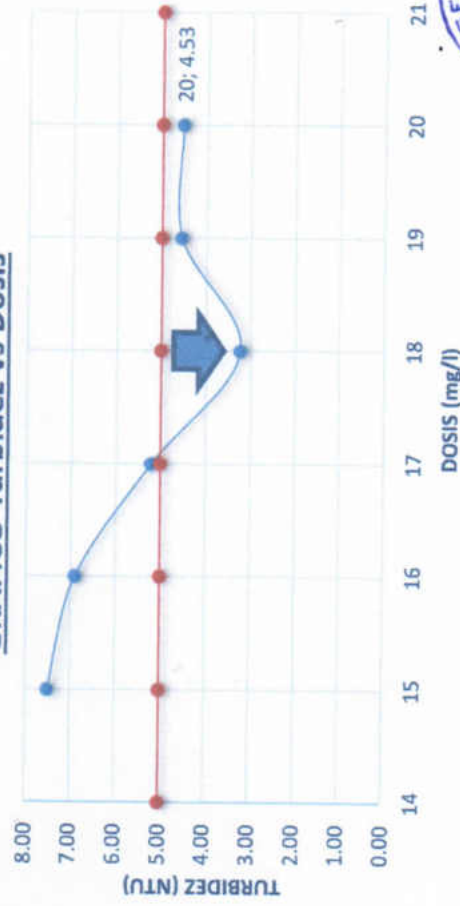
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.22 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	7.5	6.89	5.2	3.22	4.55	4.53
TURB INICIAL	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9
% REMOCION	86%	87%	90%	94%	91%	91%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— Series2





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 14/01/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	52.9	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		15 min		15 min	
Conductividad :	300	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		40 RPM		0 RPM	
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.01	144	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ (mg/l)	Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero (mg/l)	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
2	8.01	144		15	3			25	4	7.98	15	7.32		0.16	
3	8.01	144		16	3.2			25	4	7.87	15	6.71		0.165	
4	8.01	144		17	3.4			20	4	7.72	15	5.34		0.168	
5	8.01	144		18	3.6			15	6	7.65	15	3.47		0.173	
6	8.01	144		19	3.8			15	6	7.62	15	4.41		0.173	
6	8.01	144		20	4			15	6	7.60	15	4.49		0.18	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



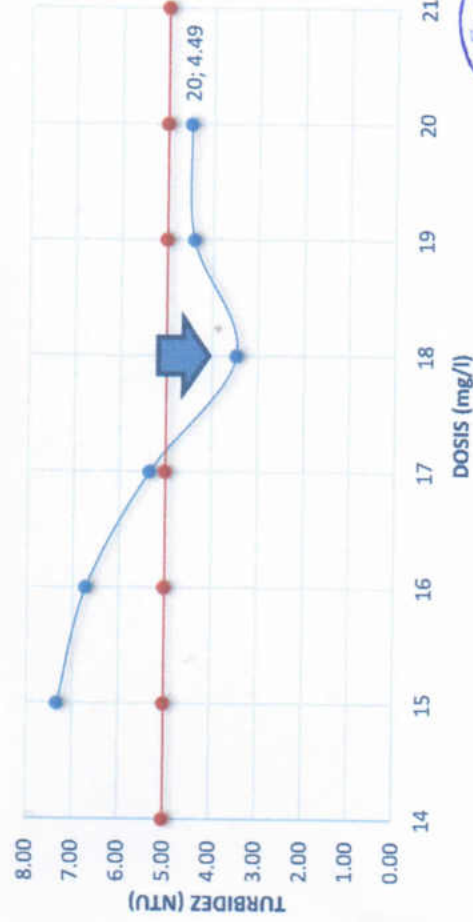
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.47 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	7.32	6.71	5.34	3.47	4.41	4.49
TURB INICIAL	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9
% REMOCION	86%	87%	90%	93%	92%	92%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



Legend: ● Turbiedad Residual UNT — LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	52.9	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		15	
Conductividad :	300	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		40		0	
J				Coagulante Sulfato Al		Ayudante Floculación Polímero		Indice de Wilcomb		pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	
A				mg/l		(mg/l)		seg.				(min)		mg/l	
R				Vol (ml)		Vol (ml)		25		7.94		15		0.162	
R				3.2				25		7.81		15		0.166	
A				3.4				20		7.76		15		0.17	
1	8.01	144		3.6				20		7.68		15		0.17	
2	8.01	144		3.8				15		7.62		15		0.175	
3	8.01	144		4				15		7.59		15		0.177	
4	8.01	144													
5	8.01	144													
6	8.01	144													

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



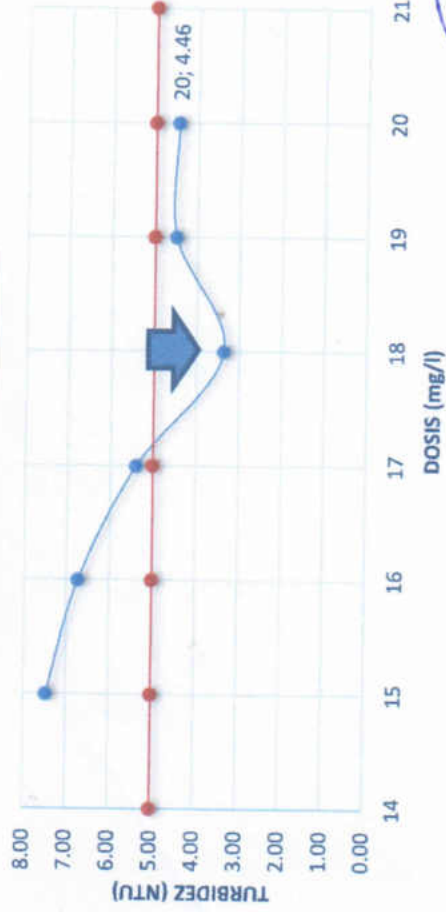
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.36 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	7.47	6.73	5.39	3.36	4.5	4.46
TURB INICIAL	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9
% REMOCION	86%	87%	90%	94%	91%	92%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				
			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad: 52.9 NTU													
Temperatura: 25 °C													
Conductividad: 300 µS/cm													
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	Tiempo total: 15 min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1	8.01	144	144	15	3			25	4	8.00	7.39		0.16
2	8.01	144	144	16	3.2			25	4	7.85	6.8		0.159
3	8.01	144	144	17	3.4			25	4	7.74	5.18		0.161
4	8.01	144	144	18	3.6			20	6	7.75	3.29		0.165
5	8.01	144	144	19	3.8			15	6	7.68	4.47		0.171
6	8.01	144	144	20	4			20	6	7.62	4.55		0.175

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C

Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

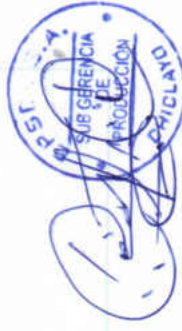
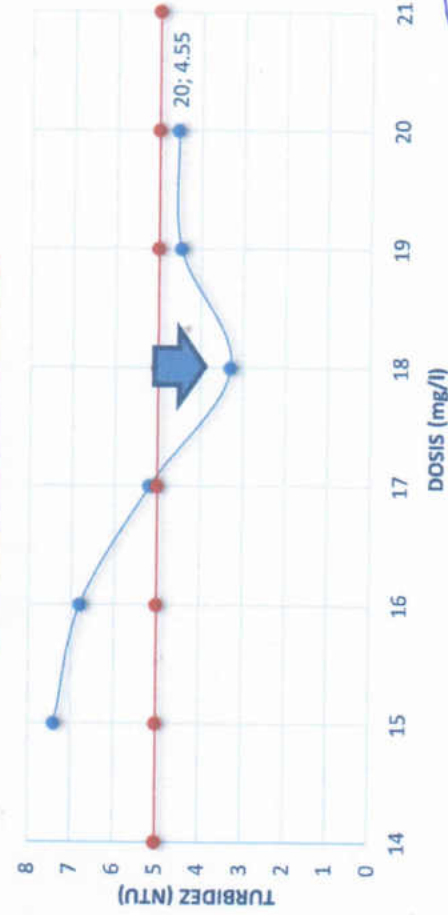
NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.29 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	7.39	6.8	5.18	3.29	4.47	4.55
TURB INICIAL	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9
% REMOCION	86%	87%	90%	94%	92%	91%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Promueve"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	52.9	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Velocidad:	15	Velocidad:	15		
Conductividad:	300	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40		0		
J				Coagulante	Al ₂ (SO ₄) ₃	Vol (ml)		Tiempo de Formación del Floc		pH		Turbiedad Residual		Coagulante Residual	
A				mg/l				seg.				UNT		mg/l	
1	8.01	144		15	3			30		7.95		15		0.165	
2	8.01	144		16	3.2			25		7.84		15		0.165	
3	8.01	144		17	3.4			25		7.79		15		0.166	
4	8.01	144		18	3.6			20		7.68		15		0.168	
5	8.01	144		19	3.8			20		7.63		15		0.173	
6	8.01	144		20	4			20		7.58		15		0.176	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



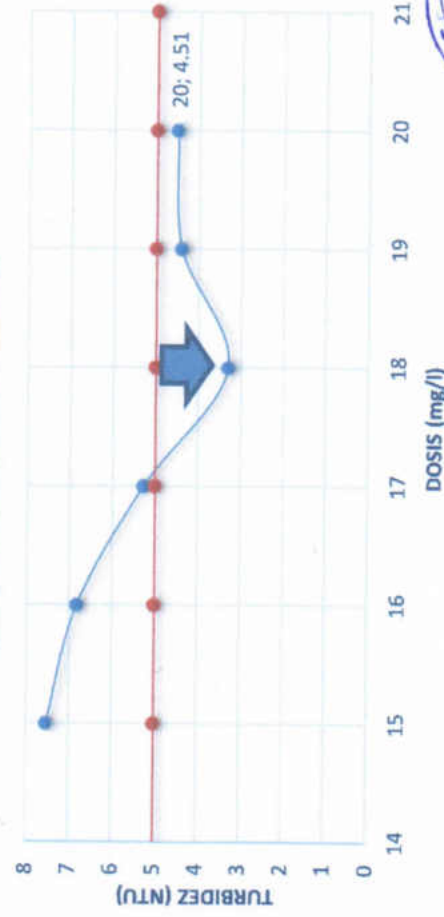
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.30 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	7.53	6.82	5.27	3.3	4.4	4.51
TURB INICIAL	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9
% REMOCION	86%	87%	90%	94%	92%	91%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	55.63	NTU		MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.2	°C		Coagulante:		Ayudante:		Tiempo de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		Velocidad:	
Conductividad :	240	µS/cm		Sulfato Al	mg/l	Floculación	Vol (ml)	Velocidad:		pH		RPM		0 RPM	
J								Indice de Wilcomb				min		15 min	
A								Tiempo de Formación del Floc				seg.		Turbiedad Residual UNT	
1	8.17	144		15	0.1	0.4	0.4	6		8.02		15		4.56	
2	8.17	144		15	0.12	0.48	0.48	6		7.89		15		3.52	
3	8.17	144		15	0.14	0.56	0.56	8		7.78		12		1.33	
4	8.17	144		15	0.16	0.64	0.64	8		7.65		12		0.86	
5	8.17	144		15	0.18	0.72	0.72	6		7.68		15		2.2	
6	8.17	144		15	0.2	0.8	0.8	6		7.59		15		3.25	
														0.166	
														0.167	
														0.167	
														0.168	
														0.169	
														0.167	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

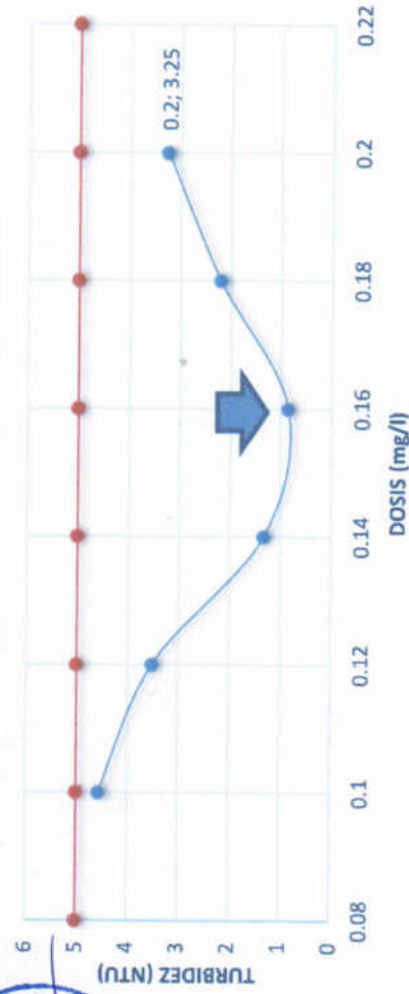
Dosis óptima: 15 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 15 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.86 NTU

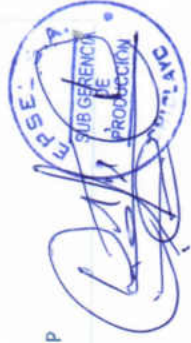
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	15	15	15	15	15	15
DOSIS Pol. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.56	3.52	1.33	0.86	2.2	3.25
TURB INICIAL	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63
% REMOCION	92%	94%	98%	98%	96%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT ● LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	55.63	NTU		MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.2	°C		Tiempo:	60	seg.		Indice de Wilcomb		Tiempo total :		Tiempo:		15 min	
Conductividad :	240	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		Tiempo de Formación del Floc seg.		Velocidad:		40 RPM		0 RPM	
J	A	R	R	A	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1					144	15	3	0.1	0.4	8.02	15	4.49		0.165	
2					144	15	3	0.12	0.48	7.89	15	3.48		0.166	
3					144	15	3	0.14	0.56	7.75	12	1.28		0.164	
4					144	15	3	0.16	0.64	7.68	12	0.79		0.166	
5					144	15	3	0.18	0.72	7.60	15	2.28		0.168	
6					144	15	3	0.2	0.8	7.54	15	3.17		0.171	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

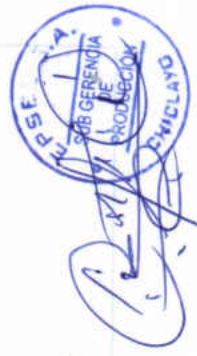
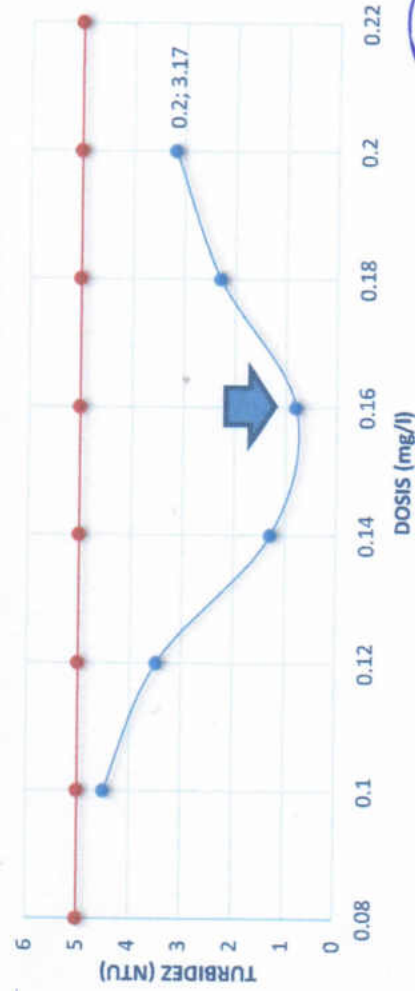
Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



Dosis óptima: 15 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



NOTA.- Con dosis de 15 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.79 NTU

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	15	15	15	15	15	15
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.49	3.48	1.28	0.79	2.28	3.17
TURB INICIAL	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63
% REMOCION	92%	94%	98%	99%	96%	94%

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	55.63	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.2	°C		60	seg.					15	min	15	min		
Conductividad :	240	µS/cm		300	RPM					40	RPM	0	RPM		
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.17	144		15	3	0.1	0.4	6	10	8.06	15	4.52		0.164	
2	8.17	144		15	3	0.12	0.48	6	10	7.89	15	3.36		0.165	
3	8.17	144		15	3	0.14	0.56	8	10	7.75	12	1.3		0.162	
4	8.17	144		15	3	0.16	0.64	8	12	7.69	12	0.82		0.164	
5	8.17	144		15	3	0.18	0.72	6	12	7.64	15	2.31		0.165	
6	8.17	144		15	3	0.2	0.8	6	12	7.58	15	3.28		0.168	

Fecha: 17/01/2025

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

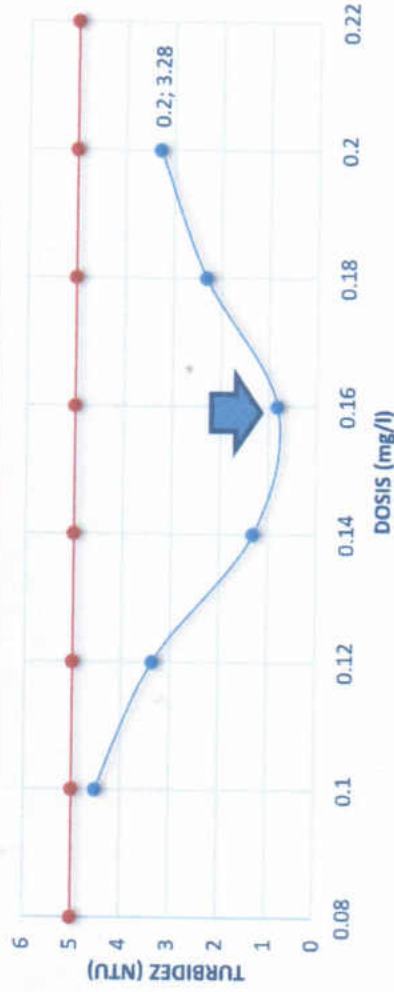
Dosis óptima: 15 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA. - Con dosis de 15 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.82 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	15	15	15	15	15	15
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.52	3.36	1.3	0.82	2.31	3.28
TURB INICIAL	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63
% REMOCION	92%	94%	98%	99%	96%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT — LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Fuente de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 18/01/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	55.63	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.2	°C		60	300					15	40		15	0	
Conductividad:	240	µS/cm		Velocidad:						Velocidad:			Velocidad:		
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.17	144		15	3	0.1	0.4	10	6						
2	8.17	144		15	3	0.12	0.48	10	6						
3	8.17	144		15	3	0.14	0.56	10	8						
4	8.17	144		15	3	0.16	0.64	10	8						
5	8.17	144		15	3	0.18	0.72	12	6						
6	8.17	144		15	3	0.2	0.8	15	6						

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

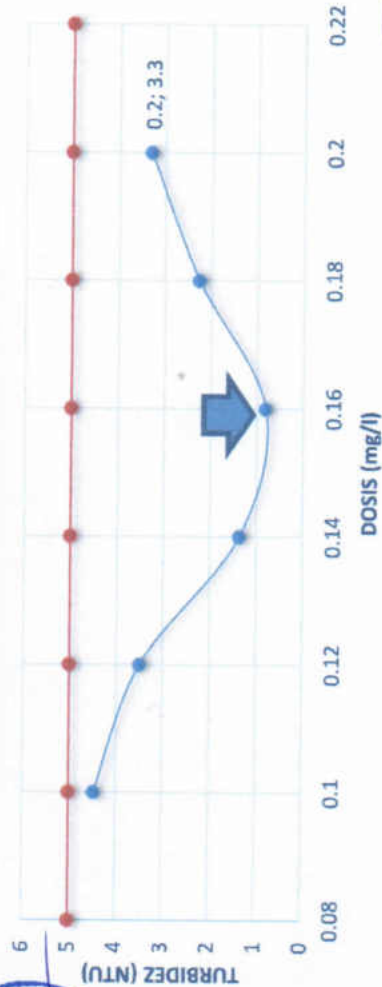
Dosis óptima: 15 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 15 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.81 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Nº JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	15	15	15	15	15	15
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.46	3.49	1.36	0.81	2.25	3.3
TURB INICIAL	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63
% REMOCION	92%	94%	98%	99%	96%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA						Fecha: 18/01/2025	
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN				
Turbiedad:		55.63	NTU	Tiempo:		60	seg.	Volumen de Jarras		Tiempo total :		15	min	Tiempo:		15	min
Temperatura:		25.2	°C	Velocidad:		300	RPM	2,000 ml		Velocidad:		40	RPM	Velocidad:		0	RPM
Conductividad :		240	µS/cm														
J																	
A																	
R																	
R																	
A																	
1	8.17	144		15		3	0.1	10	6	8.06	15	4.57					
2	8.17	144		15		3	0.12	10	6	8.00	15	3.5					
3	8.17	144		15		3	0.14	10	8	7.84	12	1.41					
4	8.17	144		15		3	0.16	10	8	7.72	12	0.85					
5	8.17	144		15		3	0.18	13	6	7.65	15	2.22					
6	8.17	144		15		3	0.2	13	6	7.61	15	3.27					

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Polimero Cationico al 0.5% W/V

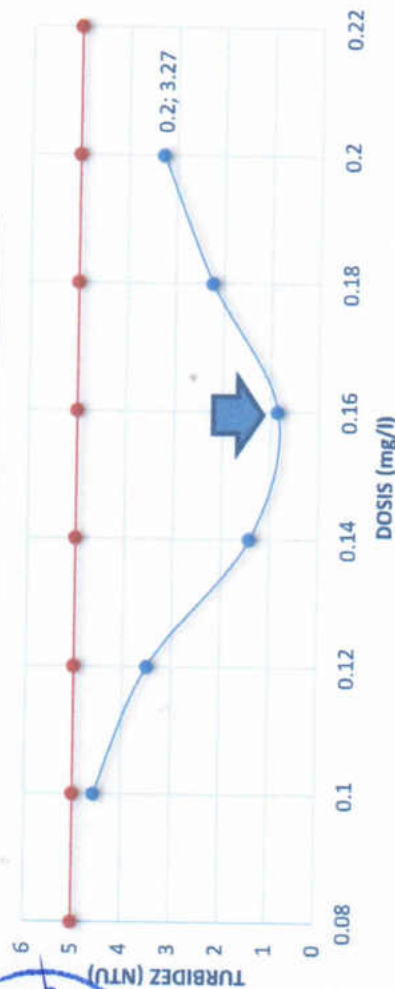
Dosis óptima: 15 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 15 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.85 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	15	15	15	15	15	15
DOSIS Pol. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.57	3.5	1.41	0.85	2.22	3.27
TURB INICIAL	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63
% REMOCION	92%	94%	97%	98%	96%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

Fuente: Rio Chancay - Laguna Boró I.

REPETICIÓN 1

Fecha: 23/01/2025

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Aqua 25°C

Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

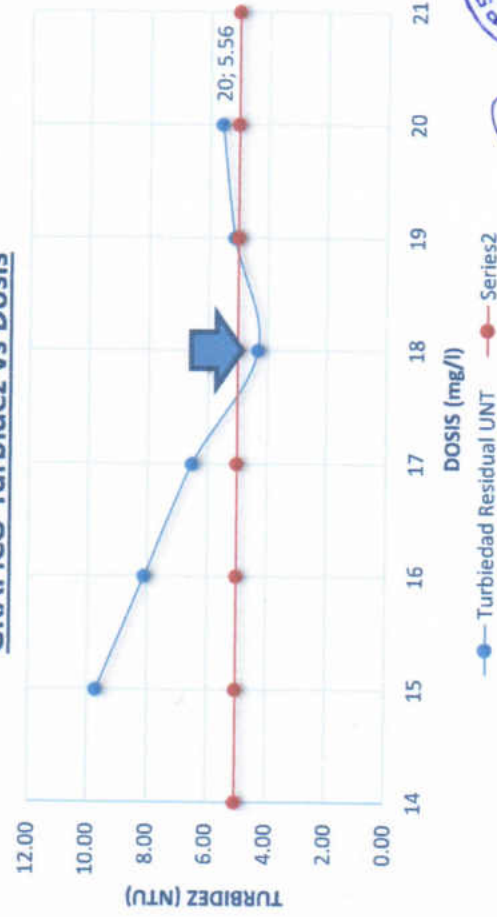
NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.32 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

Nº JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	9.7	8.1	6.5	4.32	5.12	5.56
TURB INICIAL	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
% REMOCION	86%	88%	90%	94%	92%	92%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 23/01/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:		68.2 NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:		26 °C		Tiempo:		60 seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		15 min		Tiempo:	
Conductividad :		266 µS/cm		Velocidad:		300 RPM		2,000 ml		Velocidad:		40 RPM		Velocidad:	
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)2 (mg/l)	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero (mg/l)	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1	7.90		122	15	3			25	4	7.85	15	9.87		0.166	
2	7.90		122	16	3.2			25	4	7.75	15	7.98		0.165	
3	7.90		122	17	3.4			20	4	7.69	15	6.36		0.168	
4	7.90		122	18	3.6			15	6	7.61	15	4.27		0.172	
5	7.90		122	19	3.8			15	6	7.59	15	5.01		0.173	
6	7.90		122	20	4			15	6	7.55	15	5.36		0.177	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



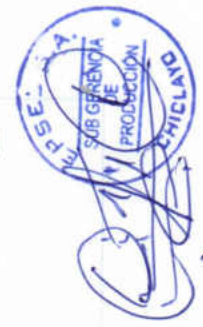
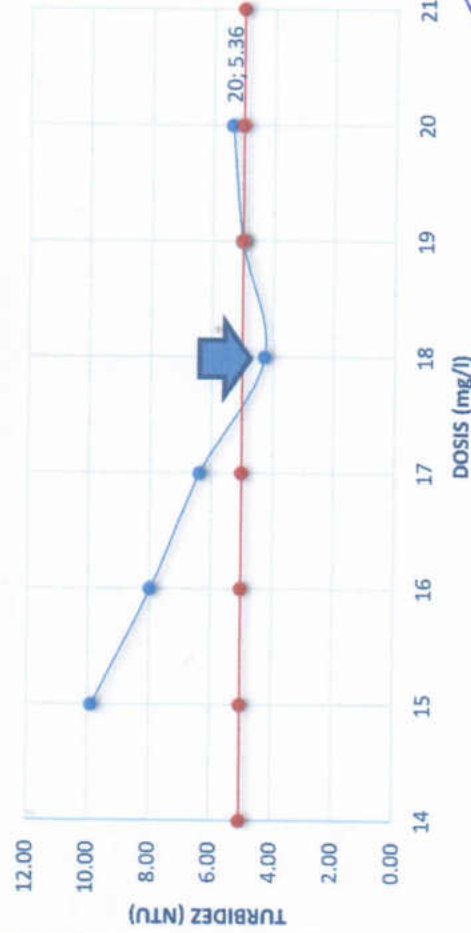
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L. se logra un agua decantada menor 4.27 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	9.87	7.96	6.36	4.27	5.01	5.36
TURB INICIAL	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
% REMOCION	86%	88%	91%	94%	93%	92%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Hechos de la Universidad Proveen"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 23/01/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	68.2	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	26	°C	Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	266	µS/cm	Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
J			Coagulante Sulfato Al Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l		Ayudante Floculación Polimero (mg/l)		Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
A														
1	7.90	122	15	3			25	4	7.84	15	9.69		0.162	
2	7.90	122	16	3.2			25	4	7.79	15	7.9		0.166	
3	7.90	122	17	3.4			20	4	7.69	15	6.47		0.17	
4	7.90	122	18	3.6			20	6	7.62	15	4.2		0.17	
5	7.90	122	19	3.8			15	6	7.56	15	5.08		0.175	
6	7.90	122	20	4			15	6	7.50	15	5.24		0.177	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



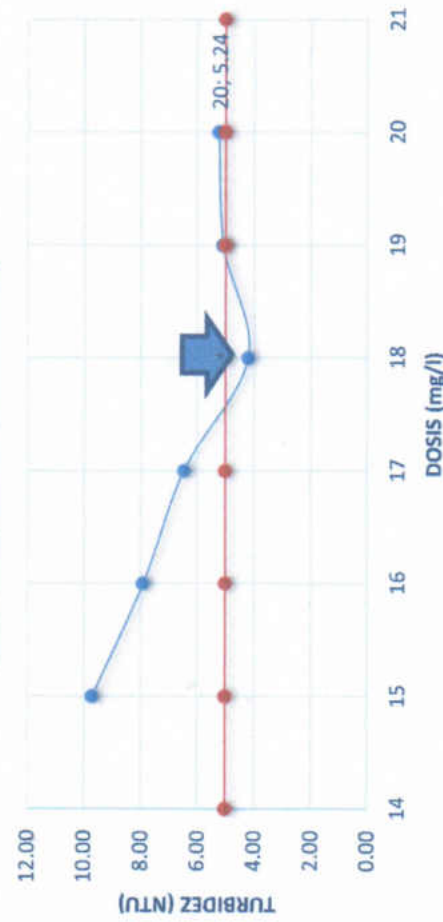
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.2 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	9.69	7.9	6.47	4.2	5.08	5.24
TURB INICIAL	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
% REMOCION	86%	88%	91%	94%	93%	92%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 24/01/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad:	68.2	NTU	Tiempo:		60	seg.	Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Temperatura:	26	°C	Velocidad:		300	RPM	2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
Conductividad :	266	µS/cm												
J			Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Índice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l		
A		Alcal. Total mg/l												
R		pH												
R														
A														
1	7.90	122	15		3	4	25	7.84	15	9.74		0.16		
2	7.90	122	16		3.2	4	25	7.74	15	8.12		0.159		
3	7.90	122	17		3.4	4	25	7.68	15	6.52		0.163		
4	7.90	122	18		3.6	6	20	7.62	12	4.31		0.165		
5	7.90	122	19		3.8	6	15	7.58	12	4.98		0.171		
6	7.90	122	20		4	6	20	7.52	15	5.47		0.175		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



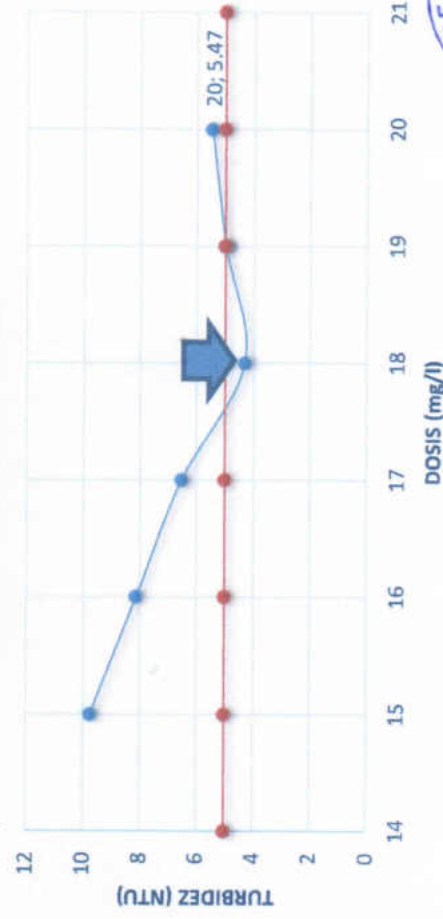
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L., se logra un agua decantada menor 4.31 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	9.74	8.12	6.52	4.31	4.98	5.47
TURB INICIAL	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
% REMOCION	86%	88%	90%	94%	93%	92%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					Fecha: 24/01/2025		
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN				
Turbiedad:		68.2 NTU		Tiempo: 60 seg.		60 RPM		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min					
Temperatura:		26 °C		Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 40 RPM		Velocidad: 0 RPM					
Conductividad :		266 µS/cm															
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l			
1				15	3			30	4	7.84	15	9.8		0.165			
2				16	3.2			25	4	7.74	15	8		0.166			
3				17	3.4			25	4	7.69	15	6.60		0.168			
4				18	3.6			20	6	7.62	15	4.24		0.168			
5				19	3.8			20	6	7.57	15	4.99		0.173			
6		20	4			20	6	7.52	15	5.4		0.175					

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



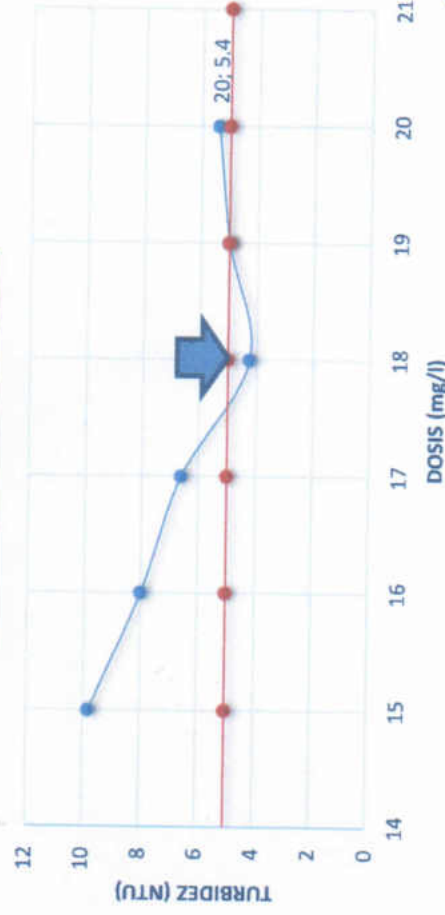
Dosis óptima: 18 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 18 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.24 NTU.

REMOCION DE TURBIDEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	15	16	17	18	19	20
TURB. RESID.	9.8	8	6.6	4.24	4.99	5.4
TURB INICIAL	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
% REMOCION	86%	88%	90%	94%	93%	92%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huaco de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				Fecha: 27/01/2025	
				MEZCLA RAPIDA											
Turbiedad:	72	NTU		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.3	°C		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min		Velocidad: 0 RPM	
Conductividad :	200	µS/cm								pH		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
J								Indice de Wilcomb							
A								Tiempo de Formación del Floc seg.		Tiempo Sedimen. min		Color Residual U.C.			
R								Ayudante Floculación Vol (ml)							
R								Coagulante Sulfato Al mg/l							
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)							
1	7.99	155		16	3.2	0.1	0.4	10		7.84		5.21		0.166	
2	7.99	155		16	3.2	0.12	0.48	10		7.80		3.52		0.165	
3	7.99	155		16	3.2	0.14	0.56	10		7.72		2.24		0.167	
4	7.99	155		16	3.2	0.16	0.64	10		7.70		1.75		0.168	
5	7.99	155		16	3.2	0.18	0.72	12		7.64		0.94		0.167	
6	7.99	155		16	3.2	0.2	0.8	12		7.62		2.56		0.166	



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Principal"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	72	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.3	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	Tiempo:	15		
Conductividad :	200	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:	40	Velocidad:	0		
J															
A															
R															
R															
A															
1	7.99	155		Coagulante Sulfato Al mg/l	16		Ayudante Floculación Vol (ml)	0.4	Indice de Wilcomb						
2	7.99	155						10							
3	7.99	155						10							
4	7.99	155						10							
5	7.99	155						10							
6	7.99	155						12							

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

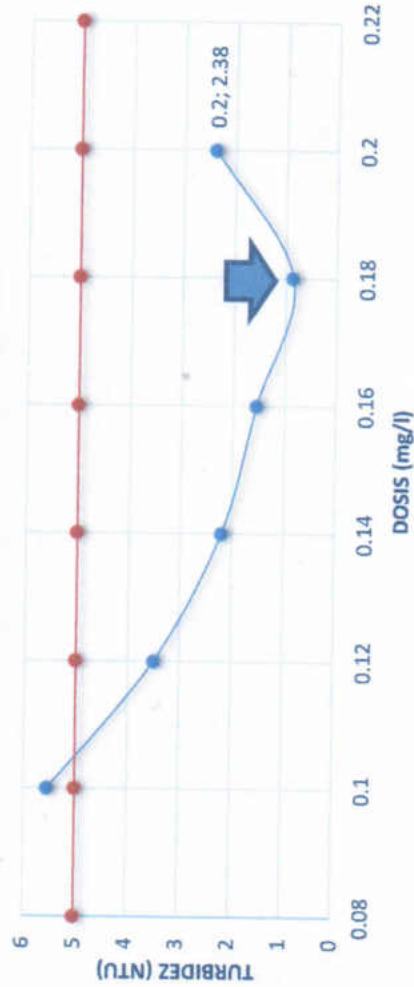
Dosis óptima: 16 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 16 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.85 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	16	16	16	16	16	16
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5.54	3.49	2.2	1.54	0.85	2.38
TURB INICIAL	72	72	72	72	72	72
% REMOCION	92%	95%	97%	98%	99%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promove"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	72	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.3	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	0	15	min	
Conductividad :	200	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	0	Velocidad:		
J								Indice de Wilcomb							
A								Tiempo de Formación del Floc							
R								Ayudante Floculación							
R								mg/l							
A								Coagulante Sulfato Al							
								Vol (ml)							
1	7.99	155		16	3.2	0.1	0.4	10		6	15	5.37	0.164		
2	7.99	155		16	3.2	0.12	0.48	10		6	15	3.5	0.165		
3	7.99	155		16	3.2	0.14	0.56	10		8	12	2.17	0.166		
4	7.99	155		16	3.2	0.16	0.64	12		8	12	1.61	0.168		
5	7.99	155		16	3.2	0.18	0.72	12		6	15	0.81	0.169		
6	7.99	155		16	3.2	0.2	0.8	12		6	15	2.41	0.17		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

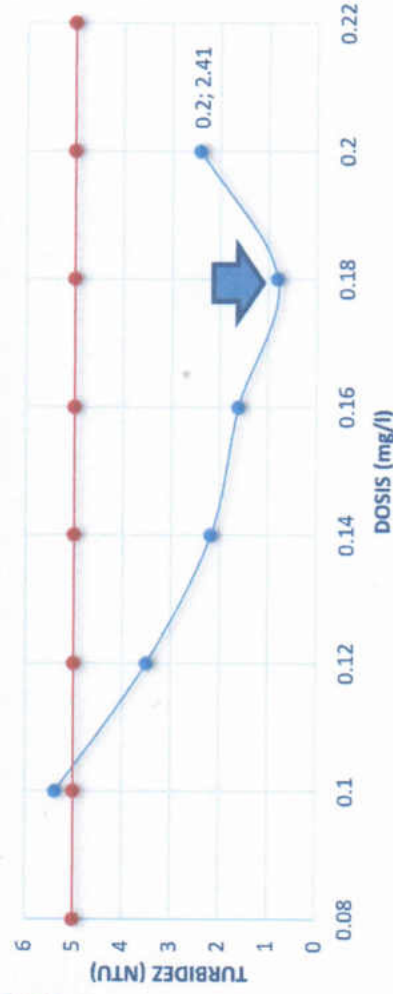
Dosis óptima: 16 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 16 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.81 NTU

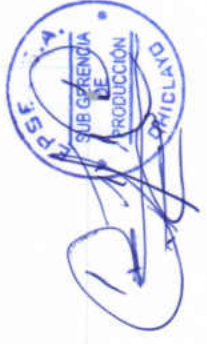
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	16	16	16	16	16	16
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5.37	3.5	2.17	1.61	0.81	2.41
TURB INICIAL	72	72	72	72	72	72
% REMOCION	93%	95%	97%	98%	99%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promotor"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	72	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.3	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Velocidad:	15	min	15	min	
Conductividad:	200	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40	RPM	0	RPM	
J															
A															
R															
R															
A															
1	7.99	155		Coagulante Sulfato Al mg/l	3.2	0.1	0.4	Tiempo de Formación del Floc seg.				Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
2	7.99	155			3.2	0.12	0.48	Indice de Wilcomb				Color Residual U.C.			
3	7.99	155			3.2	0.14	0.56								
4	7.99	155			3.2	0.16	0.64								
5	7.99	155			3.2	0.18	0.72								
6	7.99	155			3.2	0.2	0.8								

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



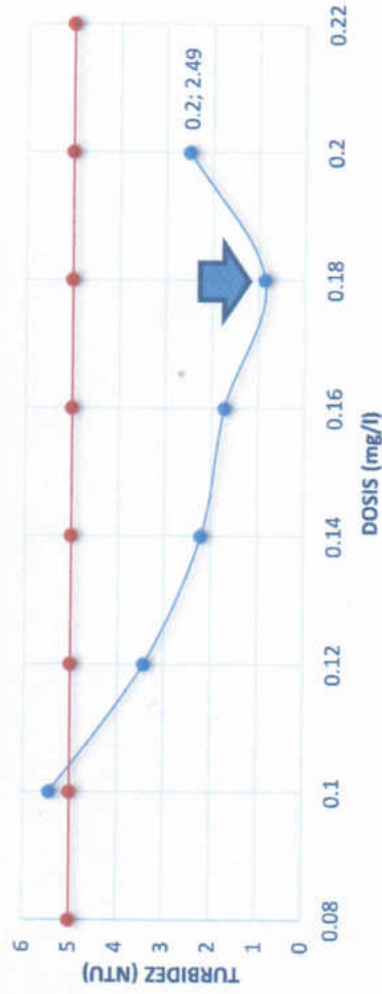
Dosis óptima: 16 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 16 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.86 NTU

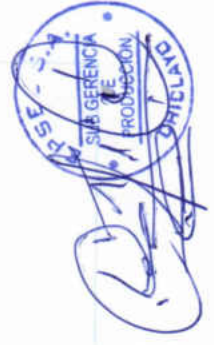
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	16	16	16	16	16	16
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5.44	3.43	2.21	1.72	0.86	2.49
TURB INICIAL	72	72	72	72	72	72
% REMOCION	92%	95%	97%	98%	99%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promotor"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	72	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.3	°C		60	seg.			Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min			
Conductividad :	200	µS/cm		300	RPM					Velocidad: 40 RPM		Velocidad: 0 RPM			
J															
A															
R															
R															
A															
1	7.90	122		15	3	0.1	0.4	10		6		5.40		0.162	
2	7.90	122		16	3.2	0.12	0.48	10		6		2.5		0.166	
3	7.90	122		17	3.4	0.14	0.56	10		8		2.18		0.165	
4	7.90	122		18	3.6	0.16	0.64	10		8		1.7		0.167	
5	7.90	122		19	3.8	0.18	0.72	13		6		0.9		0.166	
6	7.90	122		20	4	0.2	0.8	13		6		2.40		0.168	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

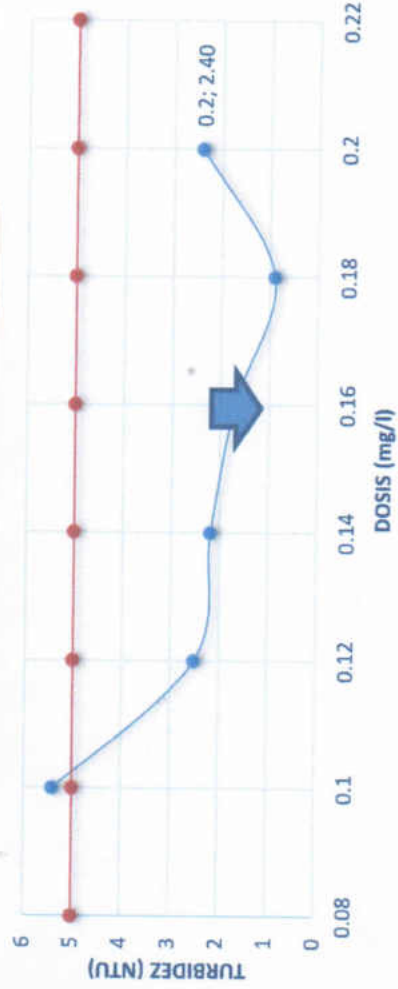
Dosis óptima: 18 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 18 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.90 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	15	16	17	18	19	20
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	5.4	2.5	2.18	1.7	0.9	2.4
TURB INICIAL	72	72	72	72	72	72
% REMOCION	93%	97%	97%	98%	99%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 01/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	89.13	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.2	°C	Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras	Indice de Wilcomb	Velocidad:	15	min	15	min	
Conductividad :	387	µS/cm	Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40	RPM	0	RPM	
J			Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l		Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)		Formación del Floc seg.		pH	15	UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)	
A		Alcal. Total mg/l	20	4		20			7.88	15	5.84		0.166	
1	8.05	226	21	4.2		15	4		7.95	15	8.74		0.164	
2	8.05	226	22	4.4		12	6		7.74	15	3.02		0.168	
3	8.05	226	23	4.6		10	6		7.70	15	3.8		0.171	
4	8.05	226	24	4.8		10	6		7.68	15	4.26		0.175	
5	8.05	226	25	5		10	6							
6	8.05	226												

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



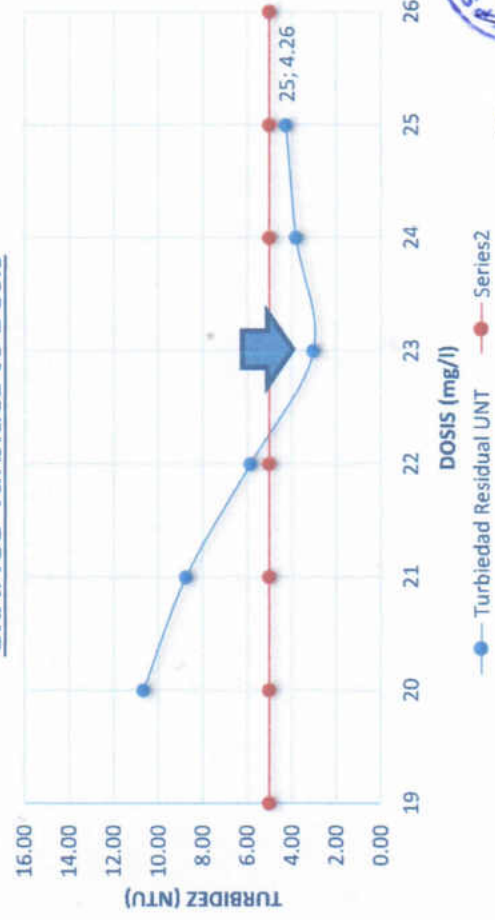
Dosis óptima: 23 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 23 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.02 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	21	22	23	24	25
TURB. RESID.	10.65	8.74	5.84	3.02	3.8	4.26
TURB INICIAL	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13
% REMOCION	88%	90%	93%	97%	96%	95%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 01/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	Temperatura:	Conductividad :	MEZCLA RAPIDA			Tiempo: 60 seg.	Velocidad: 300 RPM	Volumen de Jarras 2,000 ml	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	pH	FLOCULACIÓN			Coagulante Residual mg/l
			Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₂ (mg/l)	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)						Tiempo total : 15 min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	
J	89.13	NTU													
A	25.2	°C													
R	387	µS/cm													
R															
A															
1	8.05	226	20	4				30	4	30	8.02	15	10.80		0.167
2	8.05	226	21	4.2				30	4	30	7.98	15	8.64		0.166
3	8.05	226	22	4.4				20	4	20	7.85	15	5.69		0.168
4	8.05	226	23	4.6				15	6	15	7.80	15	2.96		0.171
5	8.05	226	24	4.8				15	6	15	7.71	15	3.71		0.169
6	8.05	226	25	5				15	6	15	7.68	15	4.14		0.172

OTRAS OBSERVACIONES:

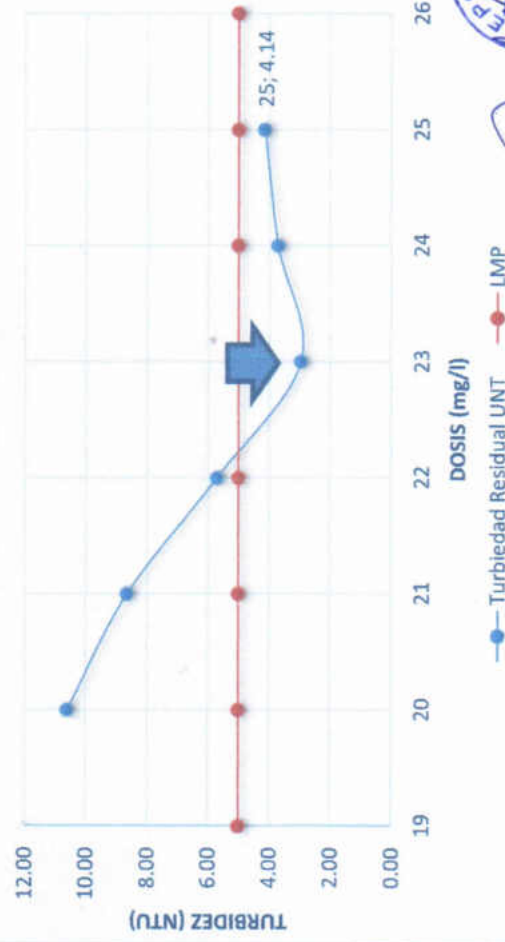
Orden de aplicación de los productos químicos.
Sulfato de Aluminio al 1 % W/W
.....
Temperatura del Agua 25°C



Dosis óptima: 23 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 23 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.96 NTU.

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	21	22	23	24	25
TURB. RESID.	10.6	8.64	5.69	2.96	3.71	4.14
TURB INICIAL	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13
% REMOCION	88%	90%	94%	97%	96%	95%





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 01/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	89.13	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.2	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		15	
Conductividad :	387	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		40		0	
J				Coagulante		Ayudante		Indice de		pH		Turbiedad		Color	
A				Sulfato Al		Floculación		Wilcomb				Residual		Residual	
R				Al ₂ (SO ₄) ₂		Polimero		Tiempo de				U.C.		mg/l	
R				mg/l		(mg/l)		Formación							
A				Vol (ml)		Vol (ml)		del Floc							
1	8.05	226		4				seg.		7.98		10.6		0.163	
2	8.05	226		4.2				35		7.88		8.70		0.165	
3	8.05	226		4.4				20		7.75		5.72		0.167	
4	8.05	226		4.6				15	6	7.79		2.99		0.169	
5	8.05	226		4.8				15	6	7.68		3.77		0.17	
6	8.05	226		5				15	6	7.64		4.10		0.172	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



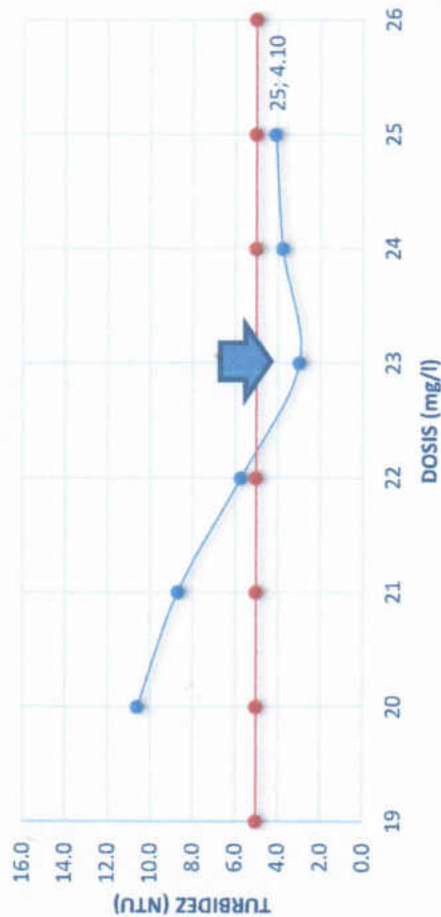
Dosis óptima: 23 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 23 mg/L, se logra un agua decantada menor 2.99 NTU.

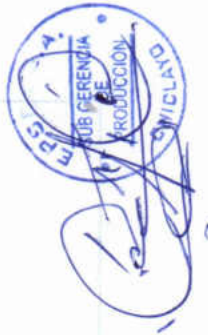
REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	21	22	23	24	25
TURB. RESID.	10.59	8.7	5.72	2.99	3.77	4.1
TURB INICIAL	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13
% REMOCION	88%	90%	94%	97%	96%	95%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 03/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	89.13	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.2	°C	Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras	Indice de Wilcomb	Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	387	µS/cm	Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
J			Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.		pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1	8.05	226	20	4			30	4	8.02	15	10.62		0.162	
2	8.05	226	21	4.2			25	4	7.85	15	8.67		0.166	
3	8.05	226	22	4.4			25	4	7.62	15	5.8		0.168	
4	8.05	226	23	4.6			20	6	7.59	12	3		0.17	
5	8.05	226	24	4.8			15	6	7.55	12	3.7		0.171	
6	8.05	226	25	5			20	6	7.53	15	4.19		0.175	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C

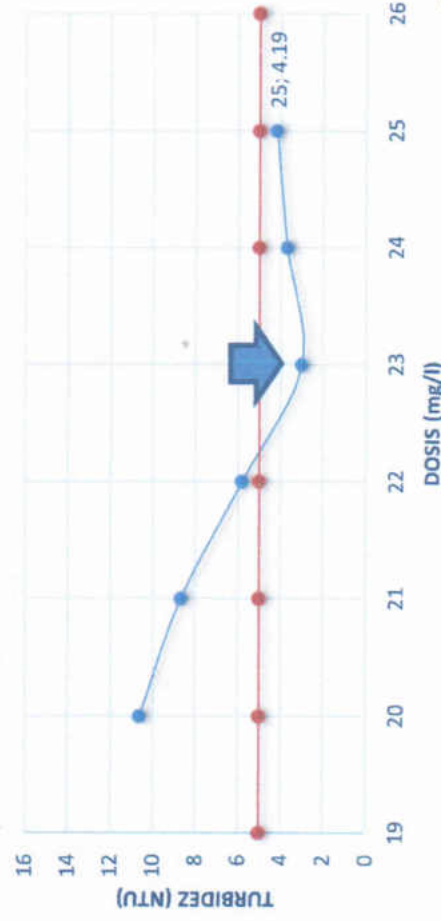
Dosis óptima: 23 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 23 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.00NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	21	22	23	24	25
TURB. RESID.	10.62	8.67	5.8	3	3.7	4.19
TURB INICIAL	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13
% REMOCION	88%	90%	93%	97%	96%	95%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huachi de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha: 03/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA								
Turbiedad:		89.13	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN					
Temperatura:		25.2	°C	Tiempo:		60	seg.	Volumen de Jarras		Tiempo total :		15	min	Tiempo: 15 min				
Conductividad :		387	µS/cm	Velocidad:		300	RPM	2,000 ml		Velocidad:		40	RPM	0 RPM				
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l				
1				20	4			30	4						8.11	15	10.66	0.165
2				21	4.2			25	4						8.05	15	8.72	0.167
3				22	4.4			25	4						7.76	15	5.77	0.168
4				23	4.6			20	6						7.65	15	3.08	0.171
5		24	4.8			20	6	7.59	6		15	3.74		0.173				
6		25	5			20	6	7.53	6		15	4.21		0.177				

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

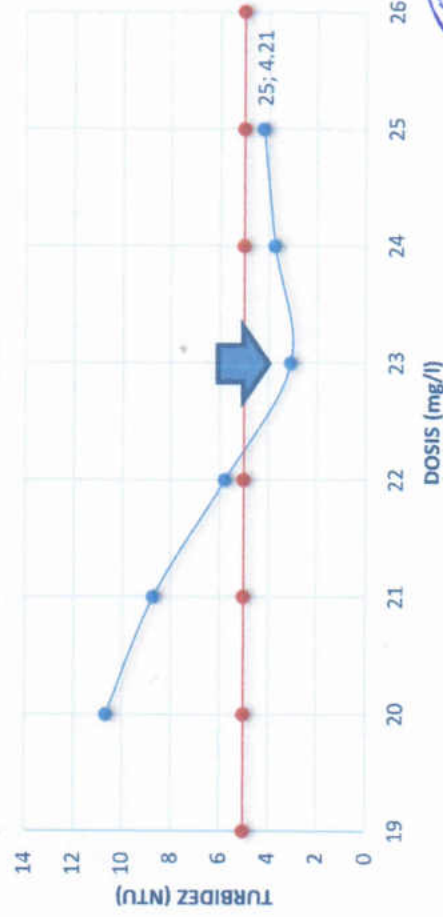
Temperatura del Agua 25°C



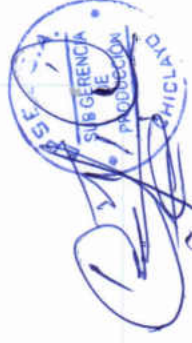
Dosis óptima: 23 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA - Con la dosis de 23 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.08 NTU.

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	21	22	23	24	25
TURB. RESID.	10.66	8.72	5.77	3.08	3.74	4.21
TURB INICIAL	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13	89.13
% REMOCION	88%	90%	94%	97%	96%	95%



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 03/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	87.6	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.0	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Velocidad:	15	min	15	min	
Conductividad:	211	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40	RPM	0	RPM	
J				Coagulante Sulfato Al mg/l	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)		Indice de Wilcomb		pH	15	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
A	8.00	Alcal. Total mg/l		20	0.1	0.4		10		7.94	15	4.4		0.16	
2	8.00			20	0.12	0.48		10		7.86	15	3.52		0.162	
3	8.00			20	0.14	0.56		10		7.75	12	1.1		0.161	
4	8.00			20	0.16	0.64		10		7.68	12	0.52		0.162	
5	8.00			20	0.18	0.72		10		7.63	15	0.94		0.158	
6	8.00			20	0.2	0.8		10		7.58	15	2.56		0.161	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

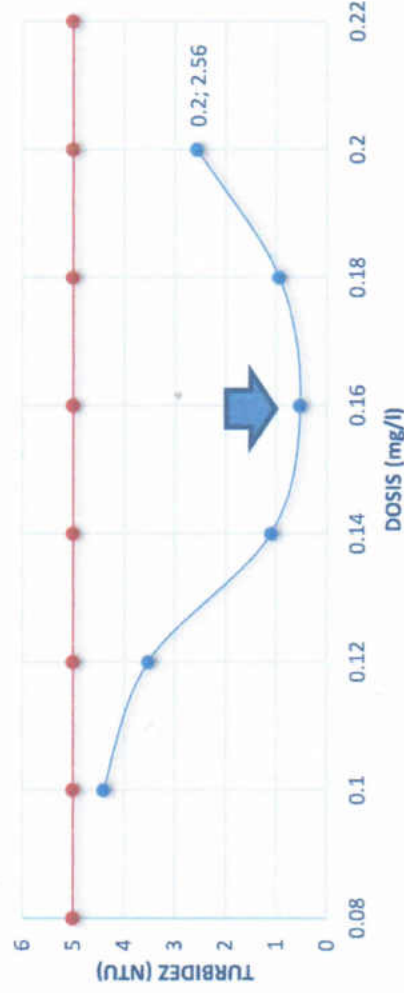
Dosis óptima: 20 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 20 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.52 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

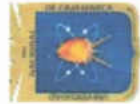
N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	20	20	20	20	20	20
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.4	3.52	1.1	0.52	0.94	2.56
TURB INICIAL	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
% REMOCION	95%	96%	99%	99%	99%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

RECEBIDA
DIRECCIÓN DE
PROTECCIÓN
AMBIENTAL



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huaco de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 03/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES				AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	87.6	NTU		MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml				FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25	°C		60	seg.			Indice de Wilcomb				Tiempo total : 15 min			Tiempo: 15 min		
Conductividad :	211	µS/cm		300	RPM			2,000 ml				Velocidad: 40 RPM			Velocidad: 0 RPM		
J								Tiempo de Formación del Floc seg.				pH			Turbiedad Residual UNT		
A								Ayudante Floculación Vol (ml)				Tiempo Sedimen. min			Color Residual U.C.		
R								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
R								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
1	8.00			4	0.1	0.4		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
2	8.00			4	0.12	0.48		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
3	8.00			4	0.14	0.56		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
4	8.00			4	0.16	0.64		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
5	8.00			4	0.18	0.72		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		
6	8.00			4	0.2	0.8		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)				Coagulante Sulfato Al mg/l			Coagulante Residual mg/l		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

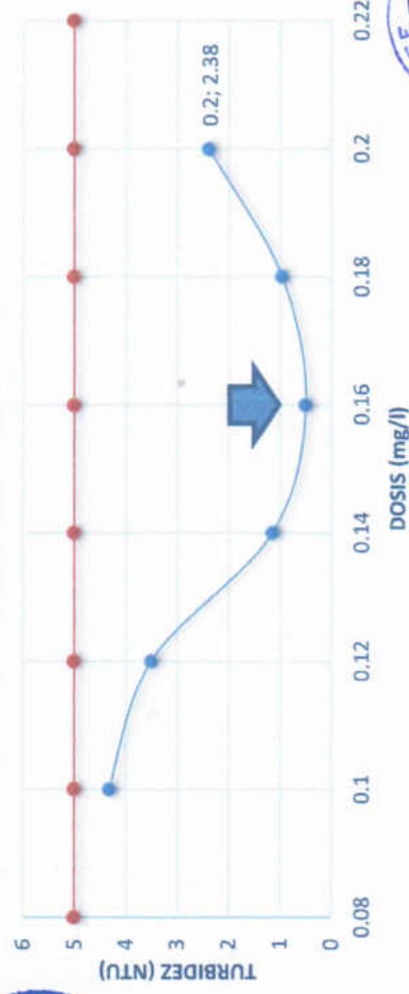
Dosis óptima: 20 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 20 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.49 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	20	20	20	20	20	20
DOSIS Pol. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.32	3.5	1.14	0.49	0.96	2.38
TURB INICIAL	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
% REMOCION	95%	96%	99%	99%	99%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promove"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 03/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	87.6	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras	2,000 ml	Tiempo total :	15	Tiempo:	15		
Conductividad :	211	µS/cm		Velocidad:	300	RPM				Velocidad:	40	Velocidad:	0		
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.00			Coagulante Sulfato Al mg/l	20	4	0.1	Tiempo de Formación del Floc seg.	12	Indice de Wilcomb	6	Turbiedad Residual UNT	4.3	Color Residual U.C.	0.162
2	8.00				20	4	0.12		12		6		3.47		0.162
3	8.00				20	4	0.14		12		8		1.09		0.161
4	8.00				20	4	0.16		12		8		0.5		0.162
5	8.00				20	4	0.18		12		8		1.01		0.163
6	8.00				20	4	0.2		12		6		2.47		0.16

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

Dosis óptima: 20 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

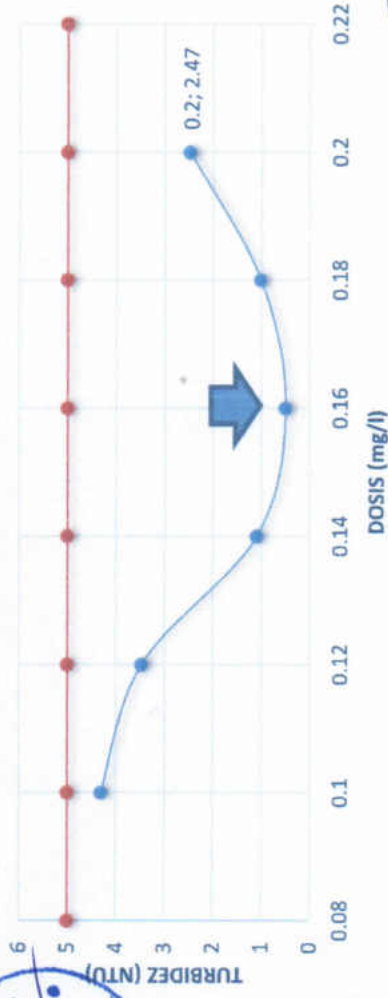
NOTA.- Con dosis de 20 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.50 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	20	20	20	20	20	20
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.3	3.47	1.09	0.5	1.01	2.47
TURB INICIAL	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
% REMOCION	95%	96%	99%	99%	99%	97%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 04/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	87.6	NTU		MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25	°C		60	seg.			Indice de Wilcomb		Tiempo total :		Tiempo:		15 min	
Conductividad :	211	µS/cm		300	RPM			Formación del Floc seg.		Velocidad:		RPM		0 RPM	
J								Tiempo de Sedimen. min		pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	
A								Ayudante Floclación Vol (ml)		Indice de Wilcomb		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
R								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
R								Coagulante Sulfato Al mg/l		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
A								Coagulante Sulfato Al mg/l		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
1	8.00			4	0.1	0.4		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
2	8.00			4	0.12	0.48		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
3	8.00			4	0.14	0.56		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
4	8.00			4	0.16	0.64		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
5	8.00			4	0.18	0.72		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
6	8.00			4	0.2	0.8		Coagulante Sulfato Al Vol (ml)		Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

Dosis óptima: 20 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

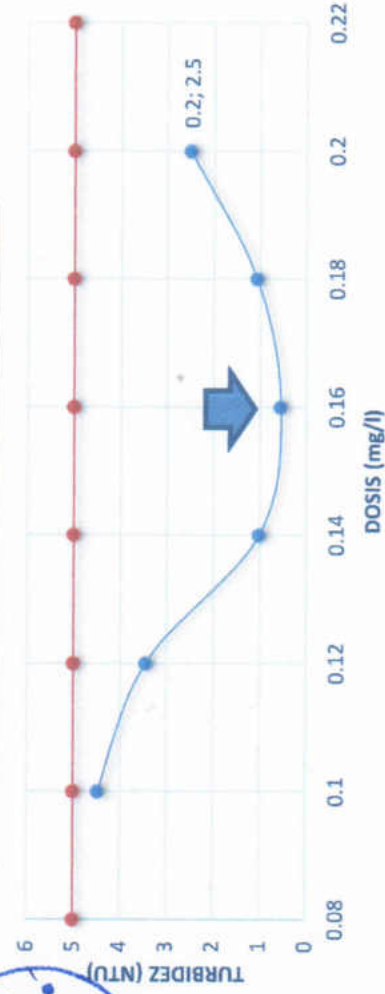
NOTA.- Con dosis de 20 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.55 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	20	20	20	20	20	20
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.47	3.45	1.01	0.55	1.07	2.5
TURB INICIAL	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
% REMOCION	95%	96%	99%	99%	99%	97%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha: 04/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	87.6	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	211	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad :	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
J				Coagulante Sulfato Al mg/l				Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
A															
1	8.00			20	4	0.1	0.4	10	6	7.96	15	4.39		0.162	
2	8.00			20	4	0.12	0.48	10	6	7.85	15	3.51		0.165	
3	8.00			20	4	0.14	0.56	10	8	0.72	12	1.12		0.161	
4	8.00			20	4	0.16	0.64	10	8	7.62	12	0.51		0.161	
5	8.00			20	4	0.18	0.72	15	6	7.59	15	0.98		0.163	
6	8.00			20	4	0.2	0.8	15	6	7.53	15	2.42		0.162	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

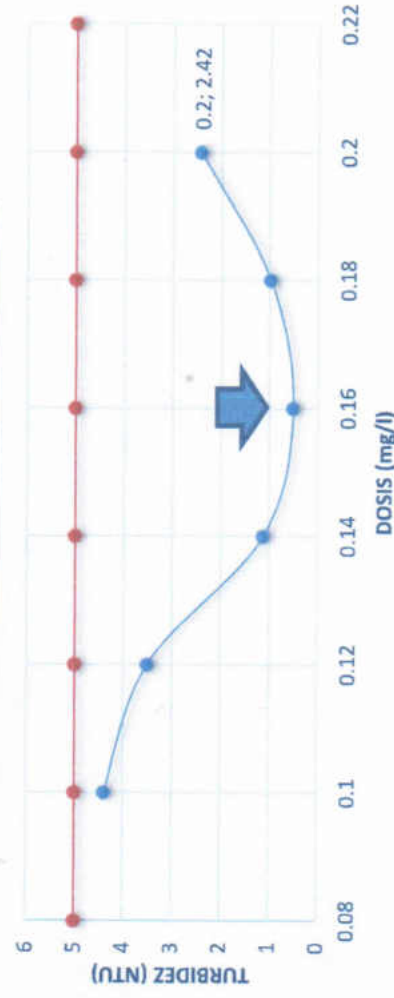
Dosis óptima: 20 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 20 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.51 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	20	20	20	20	20	20
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	4.39	3.51	1.12	0.51	0.98	2.42
TURB INICIAL	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
% REMOCION	95%	96%	99%	99%	99%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 07/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l					OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA						
				MEZCLA RAPIDA							FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN			
Turbiedad:		102.6		NTU								Tiempo total :		15		min	
Temperatura:		25.7		°C		60		seg.		Volumen de Jarras		Velocidad:		40		RPM	
Conductividad :		351		µS/cm		300		RPM		2,000 ml						Tiempo:	
J	A	R	R	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)
1					7.90	321	20	4			30	4	7.85	15	20.40		0.167
2					7.90	321	22	4.4			18	4	7.80	15	16.7		0.166
3					7.90	321	24	4.8			15	6	7.75	15	11.3		0.171
4					7.90	321	26	5.2			10	6	7.71	15	5.02		0.173
5					7.90	321	28	5.6			10	6	7.70	15	7.00		0.176
6					7.90	321	30	6			10	6	7.68	15	7.25		0.181

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



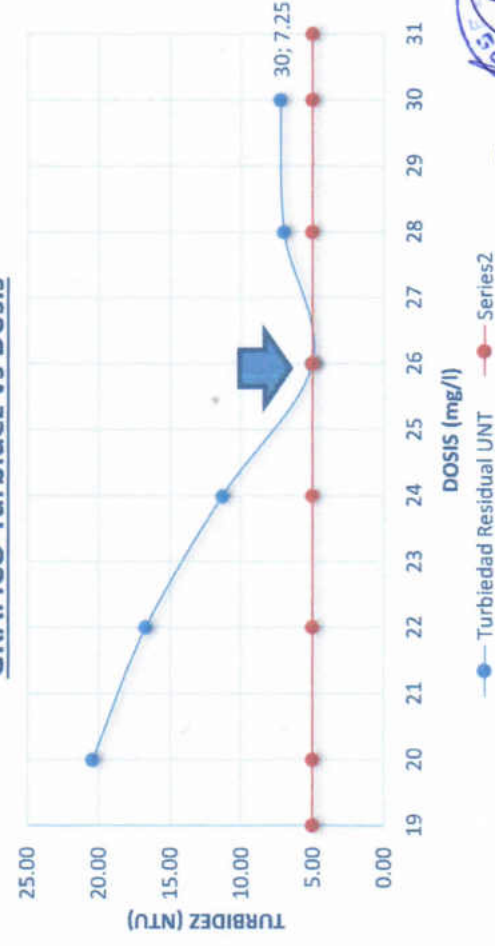
Dosis óptima: 26 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 26 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.02 NTU.

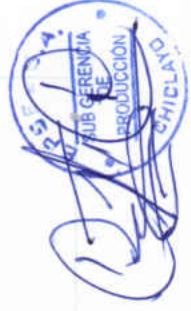
REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	22	24	26	28	30
TURB. RESID.	20.4	16.7	11.3	5.02	7	7.25
TURB INICIAL	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6
% REMOCION	80%	84%	89%	95%	93%	93%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— Series2



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 07/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA					
			MEZCLA RAPIDA							FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad: 102.6 NTU															
Temperatura: 25.7 °C															
Conductividad: 351 µS/cm															
J	A	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₂ (mg/l)	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	Volumen de Jarras 2,000 ml	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1	7.90	321	20	4			4	30		7.90	15	21.23			0.167
2	7.90	321	22	4.4			4	25		7.82	15	16.48			0.166
3	7.90	321	24	4.8			4	20		7.75	15	11.21			0.168
4	7.90	321	26	5.2			6	15		7.72	15	5.00			0.175
5	7.90	321	28	5.6			6	15		7.67	15	7.05			0.182
6	7.90	321	30	6			6	15		7.58	15	7.36			0.186

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.
Sulfato de Aluminio al 1 % W/V
.....
Temperatura del Agua 25°C



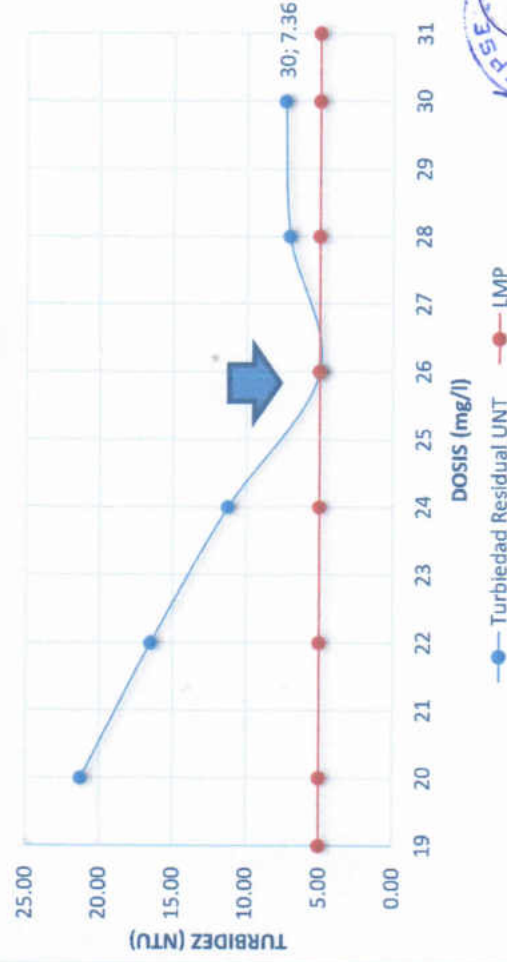
Dosis óptima: 26 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 26 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.00 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	22	24	26	28	30
TURB. RESID.	21.23	16.48	11.21	5	7.05	7.36
TURB INICIAL	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6
% REMOCION	79%	84%	89%	95%	93%	93%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 07/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	102.6	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.7	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		15 min	
Conductividad :	351	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		RPM		0 RPM	
J															
A		Alcal.		Coagulante		Ayudante									
R	pH	Total		Sulfato Al		Floculación									
R		mg/l		Al ₂ (SO ₄) ₃		Polimero									
A				mg/l		Vol (ml)									
1	7.90	321		20	4										
2	7.90	321		22	4.4										
3	7.90	321		24	4.8										
4	7.90	321		26	5.2										
5	7.90	321		28	5.6										
6	7.90	321		30	6										

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C

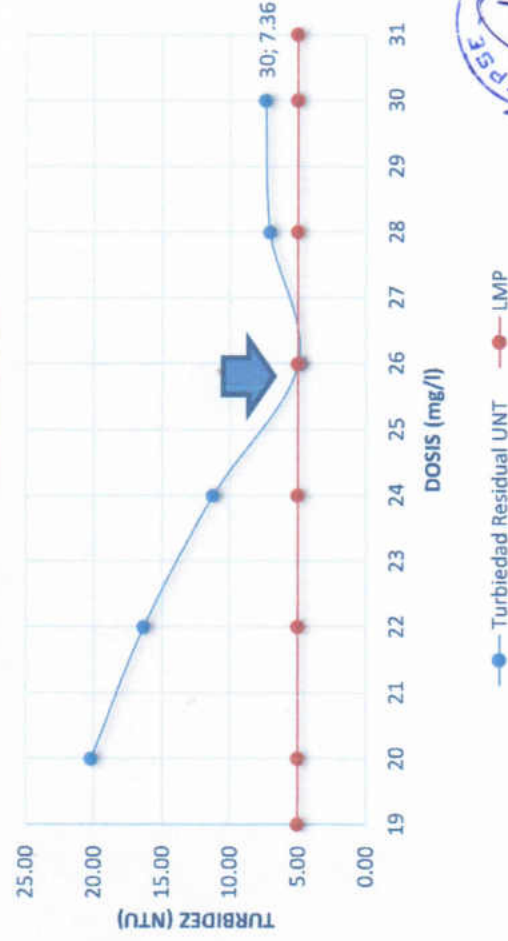
Dosis óptima: 26 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 26 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.98 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	22	24	26	28	30
TURB. RESID.	20.17	16.32	11.21	4.98	7.05	7.36
TURB INICIAL	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6
% REMOCION	80%	84%	89%	95%	93%	93%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 08/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad: 102.6 NTU			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura: 25.7 °C			Tiempo: 60 seg.		300 RPM				Tiempo total: 15 min		15 min	15 min		
Conductividad: 351 µS/cm			Velocidad:						Velocidad: 40 RPM		Velocidad: 0 RPM		0 RPM	
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l		
1	7.90		321	20	4			4	30	7.91	21.06		0.168	
2	7.90		321	22	4.4			4	25	7.84	16.67		0.171	
3	7.90		321	24	4.8			4	25	7.74	11.14		0.172	
4	7.90		321	26	5.2			6	20	7.72	4.95		0.178	
5	7.90		321	28	5.6			6	15	7.68	6.89		0.182	
6	7.90		321	30	6			6	20	7.62	7.32		0.182	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



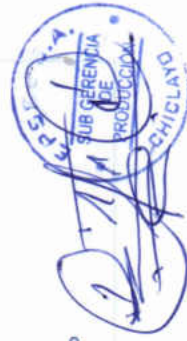
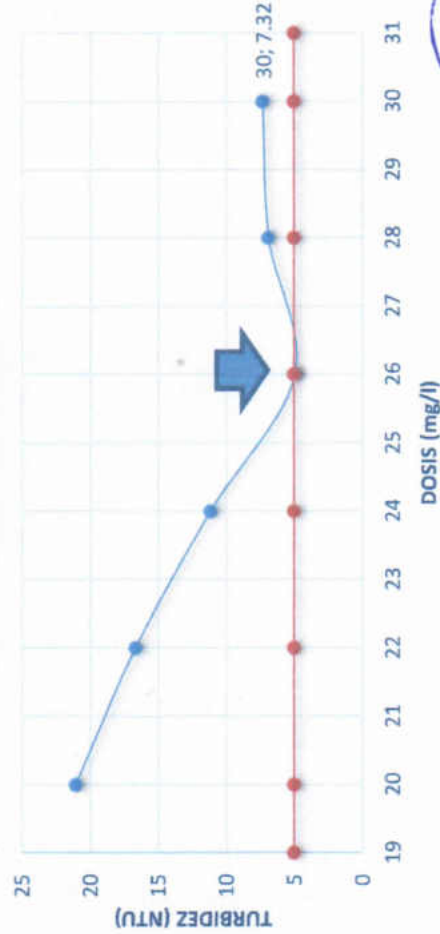
Dosis óptima: 26 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 26 mg/L., se logra un agua decantada menor 4.95 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	22	24	26	28	30
TURB. RESID.	21.06	16.67	11.14	4.95	6.89	7.32
TURB INICIAL	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6
% REMOCION	79%	84%	89%	95%	93%	93%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha: 08/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	Temperatura:	Conductividad :	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	FLOCULACIÓN			Coagulante Residual mg/l
											Tiempo total :	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.
J	102.6	NTU												
A	25.7	°C												
R	351	µS/cm												
R														
A														
1	7.90	321			20	4			30	4	7.92	15	21.00	0.168
2	7.90	321			22	4.4			20	4	7.82	15	16.54	0.17
3	7.90	321			24	4.8			20	4	7.74	15	11.29	0.175
4	7.90	321			26	5.2			20	6	7.70	15	4.90	0.179
5	7.90	321			28	5.6			20	6	7.65	15	6.98	0.18
6	7.90	321			30	6			20	6	7.59	15	7.30	0.182

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



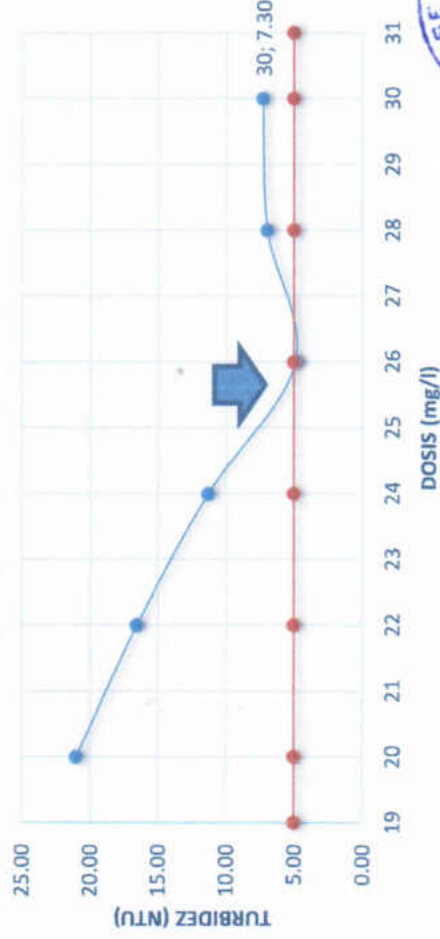
Dosis óptima: 26 mg/L de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 26 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.9 NTU.

REMOCION DE TURBIDEZ CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	20	22	24	26	28	30
TURB. RESID.	21	16.54	11.29	4.9	6.98	7.3
TURB INICIAL	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6	102.6
% REMOCION	80%	84%	89%	95%	93%	93%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huaco de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 11/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad: 100.14 NTU				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura: 25.5 °C				Tiempo: 60 seg.		Ayudante Floculación		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min		Velocidad: 0 RPM	
Conductividad : 300 µS/cm				Velocidad: 300 RPM		Vol (ml)		Índice de Wilcomb		pH		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
J	A	R	R	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.						
1					22	4.4	0.1	0.4	10	6	7.94	15	8.2		0.169
2					22	4.4	0.12	0.48	10	6	7.86	15	6.51		0.171
3					22	4.4	0.14	0.56	10	8	7.75	15	4.2		0.170
4					22	4.4	0.16	0.64	10	8	7.68	15	1.16		0.172
5					22	4.4	0.18	0.72	10	8	7.63	15	2.56		0.172
6					22	4.4	0.2	0.8	10	6	7.58	15	2.89		0.171

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



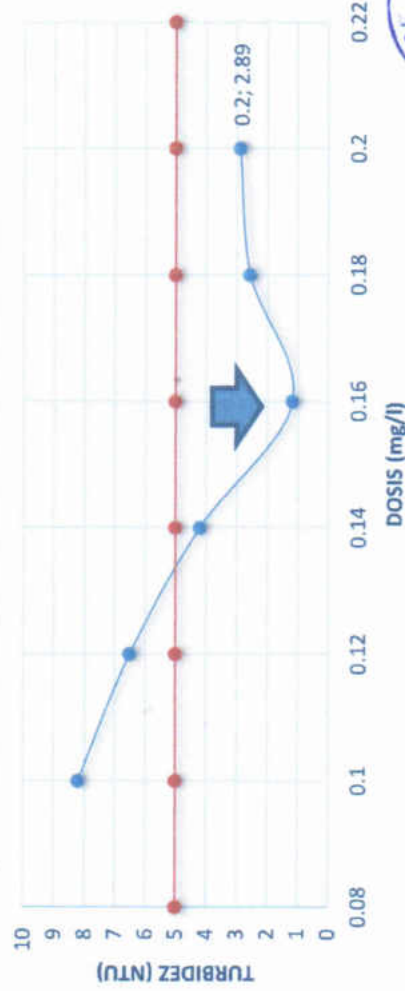
Dosis óptima: 22 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 22 mg/L. + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.16 NTU

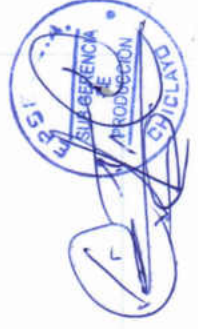
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	22	22	22	22	22	22
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	8.2	6.51	4.2	1.16	2.56	2.89
TURB INICIAL	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14
% REMOCION	92%	93%	96%	99%	97%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 11/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad:	100.14	NTU		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Temperatura:	25.5	°C		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
Conductividad :	300	µS/cm													
J				Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
A			Alcal. Total mg/l												
R	pH														
R															
A															
1	8.19			22	4.4	0.1	0.4	10	6	8.10	15	8.14		0.169	
2	8.19			22	4.4	0.12	0.48	10	6	8.02	15	6.5		0.172	
3	8.19			22	4.4	0.14	0.56	10	8	7.89	15	4.18		0.170	
4	8.19			22	4.4	0.16	0.64	10	8	7.82	15	1.22		0.171	
5	8.19			22	4.4	0.18	0.72	10	8	7.76	15	2.49		0.172	
6	8.19			22	4.4	0.2	0.8	10	6	7.78	15	2.92		0.171	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.
Sulfato de Aluminio al 1 % W/V
Polimero Cationico al 0.5% W/V

Dosis óptima: 22 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

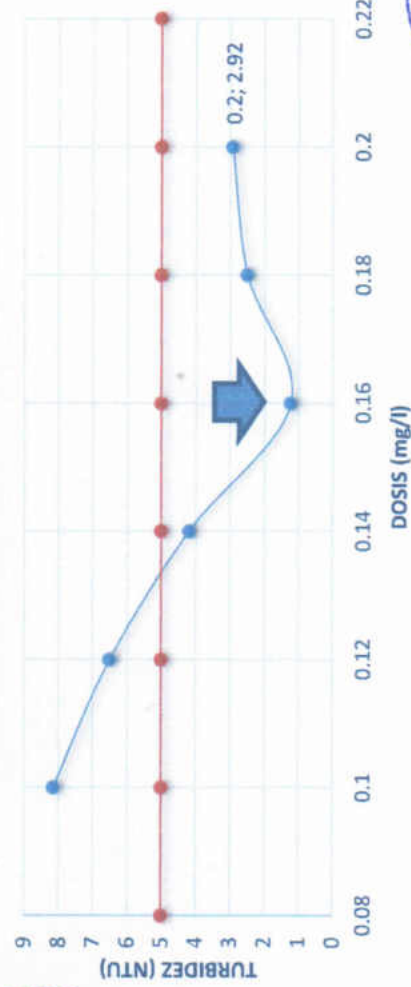
NOTA.- Con dosis de 22 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.22 NTU

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

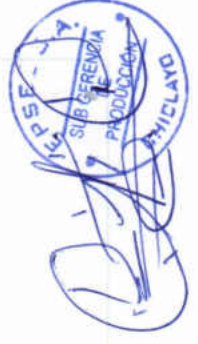
N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	22	22	22	22	22	22
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	8.14	6.5	4.18	1.22	2.49	2.92
TURB INICIAL	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14
% REMOCION	92%	94%	96%	99%	98%	97%



GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT — LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huaco de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha:

11/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	100.14	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.5	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras	2,000 ml	Tiempo total :	15	Tiempo:	15		
Conductividad :	300	µS/cm		Velocidad:	300	RPM				Velocidad:	40	Velocidad:	0		
J				Coagulante Sulfato Al mg/l				Tiempo de Formación del Floc seg.		pH		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l	
A															
1	8.19			4.4	0.1	0.4		12	6	8.12	15	8.17		0.171	
2	8.19			4.4	0.12	0.48		12	6	7.99	15	6.47		0.169	
3	8.19			4.4	0.14	0.56		12	8	7.87	15	4.2		0.171	
4	8.19			4.4	0.16	0.64		12	8	7.85	15	1.19		0.170	
5	8.19			4.4	0.18	0.72		12	8	7.77	15	2.5		0.170	
6	8.19			4.4	0.2	0.8		12	6	7.73	15	2.9		0.171	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

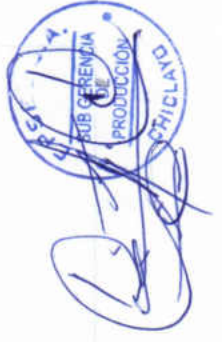
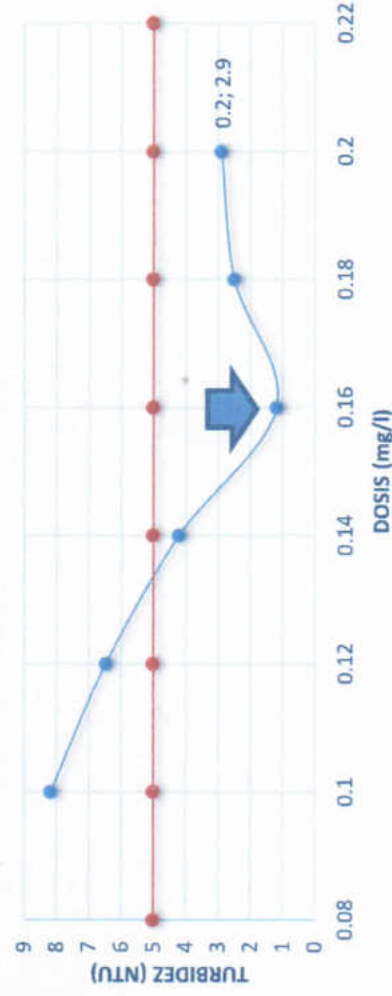
Dosis óptima: 22 mg/L, de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 22 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.19 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	22	22	22	22	22	22
DOSIS Poli. mg/l.	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	8.17	6.47	4.2	1.19	2.5	2.9
TURB INICIAL	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14
% REMOCION	92%	94%	96%	99%	98%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 12/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	100.14	NTU	MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml	Indice de Wilcomb	Tiempo total : 15 min	FLOCULACION	Tiempo Sedimen. 40 min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
			60 seg.	300 RPM	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)								
Coagulante Sulfato Al mg/l	22	22	4.4	0.1	0.12	0.48	10	6	8.00	8.2	0.169			
Alcal. Total mg/l	22	22	4.4	0.12	0.14	0.56	10	6	7.98	6.62	0.168			
pH	8.19	22	4.4	0.14	0.16	0.72	10	8	7.85	4.24	0.171			
1	8.19	22	4.4	0.16	0.18	0.8	10	8	7.79	1.2	0.17			
2	8.19	22	4.4	0.18	0.2		15	6	7.75	2.54	0.172			
3	8.19	22	4.4	0.2			15	6	7.76	2.86	0.172			

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.
Sulfato de Aluminio al 1 % W/V
Polimero Cationico al 0.5% W/V



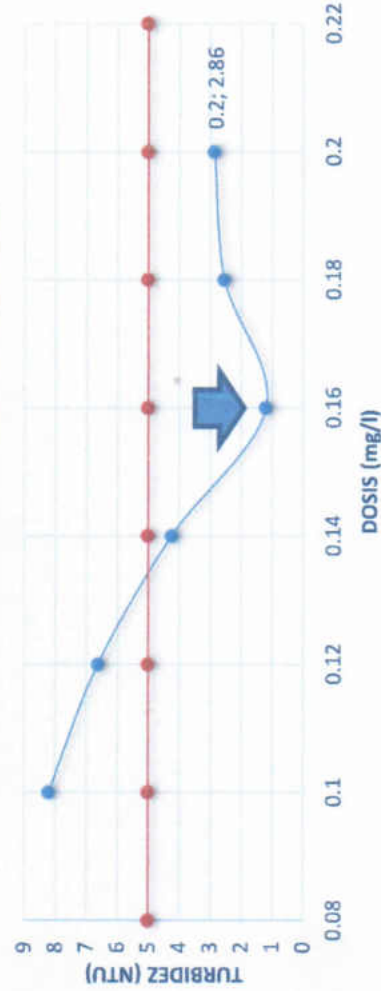
Dosis óptima: 22 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 22 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.20 NTU

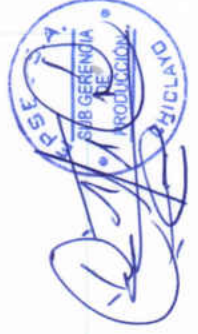
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	22	22	22	22	22	22
DOSIS Poli. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	8.2	6.62	4.24	1.2	2.54	2.86
TURB INICIAL	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14
% REMOCION	92%	93%	96%	99%	97%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT ● LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Promove"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha:

12/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	100.14	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	25.5	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	15	min		
Conductividad :	300	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	Velocidad:		0	RPM
J								Indice de Wilcomb							
A								Tiempo de Formación del Floc seg.							
R								Ayudante Floculación Vol (ml)							
R								Ayudante Floculación mg/l							
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)							
1	8.19			22	4.4	0.1	0.4		6	10	8.15	15	8.11		0.169
2	8.19			22	4.4	0.12	0.48		6	10	8.00	15	6.58		0.169
3	8.19			22	4.4	0.14	0.56		8	10	7.97	12	4.21		0.168
4	8.19			22	4.4	0.16	0.64		8	10	7.86	12	1.18		0.170
5	8.19			22	4.4	0.18	0.72		6	15	7.74	15	2.58		0.171
6	8.19			22	4.4	0.2	0.8		6	15	7.70	15	2.80		0.170

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

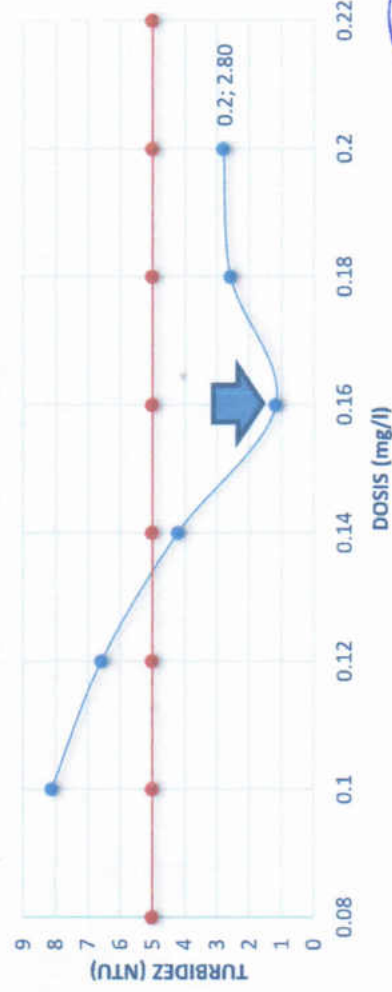
Dosis óptima: 22 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.16 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 22 mg/L + 0.16 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.18 NTU

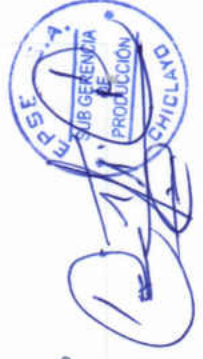
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	22	22	22	22	22	22
DOSIS Pol. mg/l	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
TURB. RESID.	8.11	6.58	4.21	1.18	2.58	2.8
TURB INICIAL	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14	100.14
% REMOCION	92%	93%	96%	99%	97%	97%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente: Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 17/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	118.7	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.3	°C		60	seg.			Volumen de Jarras		2,000	ml	Indice de Wilcomb	Tiempo total :	15	min
Conductividad :	421	µS/cm		300	RPM			Velocidad:		40	RPM	pH	Velocidad:	0	RPM
J															
A	pH	Alcal. Total	mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃	mg/l	Ayudante Floculación Polímero	Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc	seg.				Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)
1	7.98	255		22	4.4			30		2			16.56		0.169
2	7.98	255		24	4.8			18		4			9.21		0.170
3	7.98	255		26	5.2			15		6			8.13		0.171
4	7.98	255		28	5.6			10		6			4.90		0.175
5	7.98	255		30	6			10		6			6.40		0.180
6	7.98	255		32	6.4			10		6			7.15		0.186

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



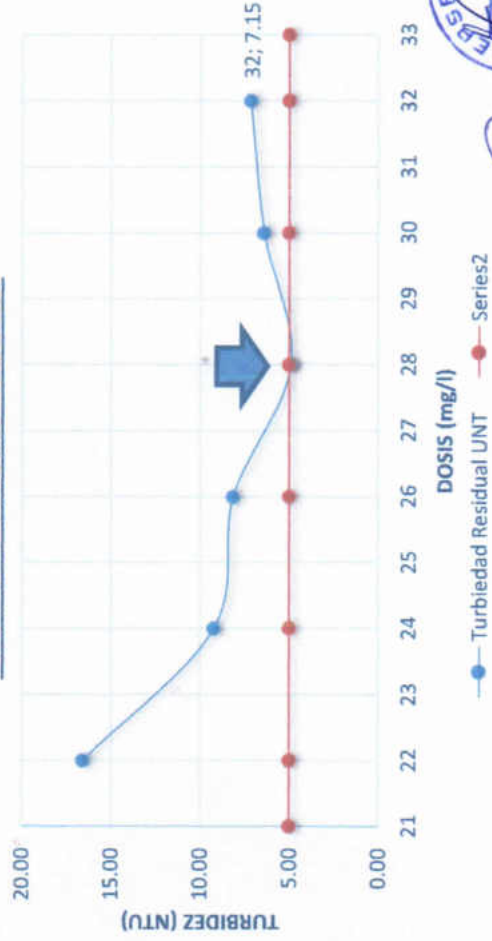
Dosis óptima: 28 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 28 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.9 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	22	24	26	28	30	32
TURB. RESID.	16.56	9.21	8.13	4.9	6.4	7.15
TURB INICIAL	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7
% REMOCION	86%	92%	93%	96%	95%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 17/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA							
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN				
Turbiedad:				118.7 NTU						Tiempo total :			Tiempo:				
Temperatura:				25.3 °C				seg.		Volumen de Jarras			Velocidad:				
Conductividad :				421 µS/cm				60 RPM		2,000 ml			15 min				
				300 RPM									0 RPM				
J	A	R	R	A	Alcal. Total mg/l	pH	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₂ (mg/l)	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero (mg/l)	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1					255	7.98	22	4.4			2	30	7.92	15	16.31		0.169
2					255	7.98	24	4.8			4	25	7.89	15	9.18		0.168
3					255	7.98	26	5.2			4	20	7.79	15	8.01		0.170
4					255	7.98	28	5.6			6	15	7.75	15	4.78		0.177
5					255	7.98	30	6			6	15	7.69	15	6.37		0.182
6					255	7.98	32	6.4			6	15	7.62	15	7.18		0.188



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				Fecha: 17/02/2025	
Turbiedad:		118.7	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:		25.3	°C	Tiempo: Velocidad:		60 300	seg. RPM	Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min 40 RPM		Tiempo: 15 min Velocidad: 0 RPM			
Conductividad :		421	µS/cm												
J	A			Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A2(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al A2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero (mg/l)	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1		7.98	255		22	4.4			30	2	7.96	15	16.47		0.169
2		7.98	255		24	4.8			20	4	7.90	15	9.24		0.171
3		7.98	255		26	5.2			20	4	7.82	15	8.00		0.175
4		7.98	255		28	5.6			15	6	7.77	15	4.84		0.178
5		7.98	255		30	6			15	6	7.68	15	6.33		0.182
6		7.98	255		32	6.4			15	6	7.62	15	7.20		0.186

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



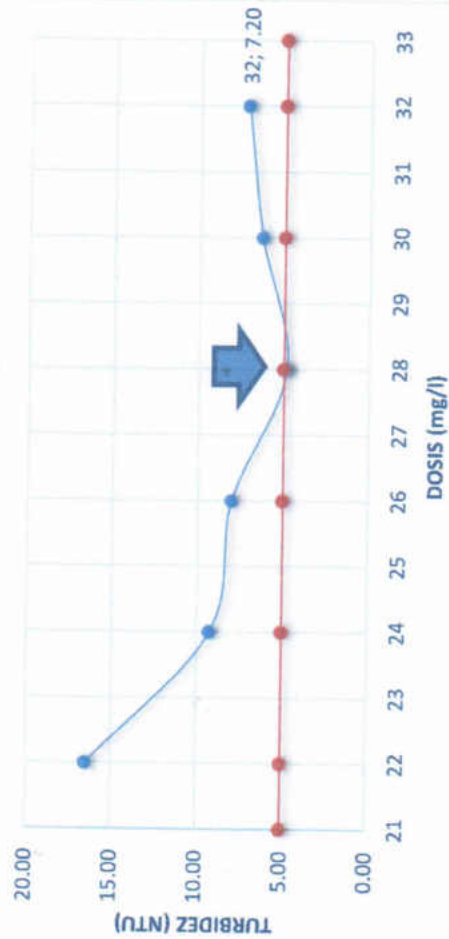
Dosis óptima: 28 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 28 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.84 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	22	24	26	28	30	32
TURB. RESID.	16.47	9.24	8	4.84	6.33	7.2
TURB INICIAL	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7
% REMOCION	86%	92%	93%	96%	95%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



● Turbiedad Residual UNT ● LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 18/02/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l					OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA						
Turbiedad:			MEZCLA RAPIDA							FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:			Tiempo:		60		seg.		Volumen de Jarras		15		Tiempo:		15	
Conductividad :			Velocidad:		300		RPM		2,000 ml		40		Velocidad:		0	
J	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A ₂ (SO ₄) ₂ mg/l	Coagulante Sulfato Al A ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l		
1	7.98		255	22	4.4			30	2	7.91	15	16.50		0.169		
2	7.98		255	24	4.8			25	4	7.84	15	9.19		0.171		
3	7.98		255	26	5.2			20	4	7.79	15	8.17		0.172		
4	7.98		255	28	5.6			20	6	7.74	12	4.89		0.178		
5	7.98		255	30	6			15	6	7.69	12	6.30		0.182		
6	7.98		255	32	6.4			20	6	7.63	15	7.17		0.182		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



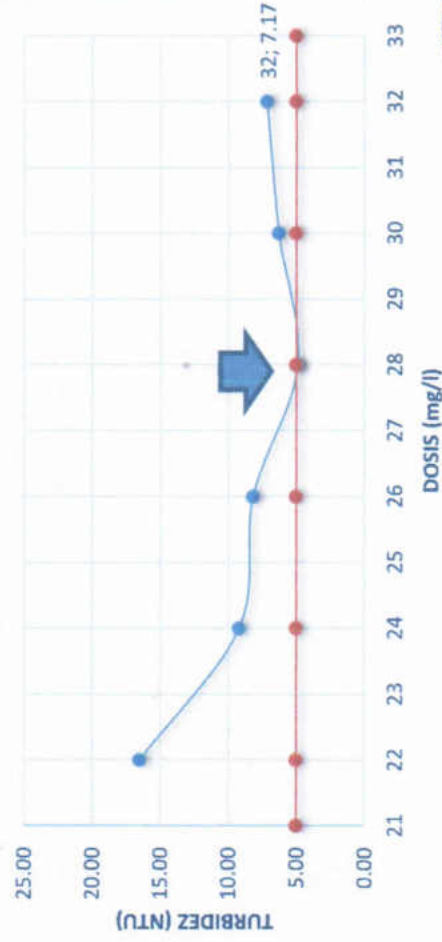
Dosis óptima: 28 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 28 mg/L., se logra un agua decantada menor 4.89 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	22	24	26	28	30	32
TURB. RESID.	16.5	9.19	8.17	4.89	6.3	7.17
TURB INICIAL	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7
% REMOCION	86%	92%	93%	96%	95%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:		118.7	NTU	Tiempo:		60	seg.	Volumen de Jarras		FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:		25.3	°C	Velocidad:		300	RPM	2,000 ml		Tiempo total :		Tiempo:			
Conductividad :		421	µS/cm							Velocidad:		Velocidad:			
J				Coagulante				Tiempo de Formación del Floc		pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
A				Sulfato Al				Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)							
R				Al2(SO4)2											
R				mg/l											
A															
1	7.98	255		22	4.4			30	2		15	16.42			0.168
2	7.98	255		24	4.8			20	4		15	9.2			0.170
3	7.98	255		26	5.2			20	4		15	8.11			0.175
4	7.98	255		28	5.6			20	6		15	4.80			0.179
5	7.98	255		30	6			20	6		15	6.39			0.180
6	7.98	255		32	6.4			20	6		15	7.15			0.182

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



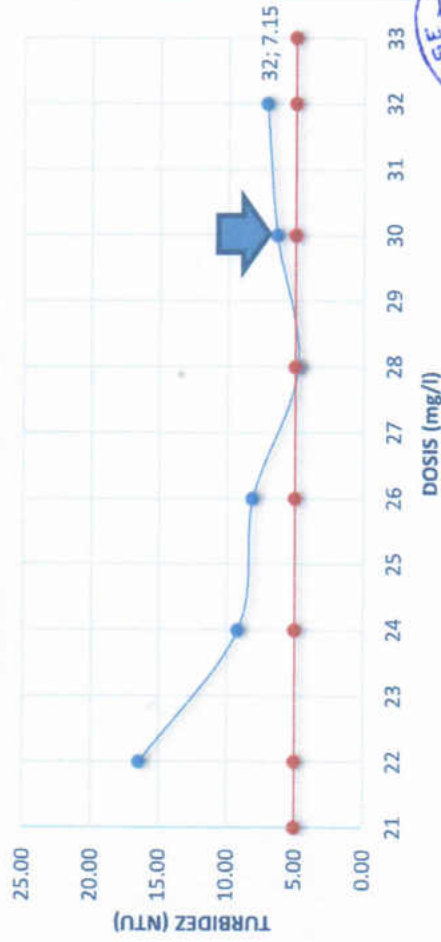
Dosis óptima: 28 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 28 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.80 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	22	24	26	28	30	32
TURB. RESID.	16.42	9.2	8.11	4.8	6.39	7.15
TURB INICIAL	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7
% REMOCION	86%	92%	93%	96%	95%	94%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promueve"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 20/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	120.3	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	26.0	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		min		Tiempo:	
Conductividad :	287	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		40		Velocidad:	
J										pH		min		15	
A								Indice de Wilcomb				Turbiedad Residual		Color Residual U.C.	
R								Tiempo de Formación del Floc seg.				UNT		mg/l	
R								Ayudante Floculación Vol (ml)							
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)							
1	7.97			24	4.8	0.12	0.48	10	6	7.80	15	7.02			0.17
2	7.97			24	4.8	0.14	0.56	10	6	7.75	15	5.12			0.171
3	7.97			24	4.8	0.16	0.64	10	8	7.69	15	3.98			0.170
4	7.97			24	4.8	0.18	0.72	10	8	7.65	15	0.98			0.172
5	7.97			24	4.8	0.2	0.8	10	8	7.61	15	1.25			0.172
6	7.97			24	4.8	0.22	0.88	10	6	7.57	15	2.26			0.171

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



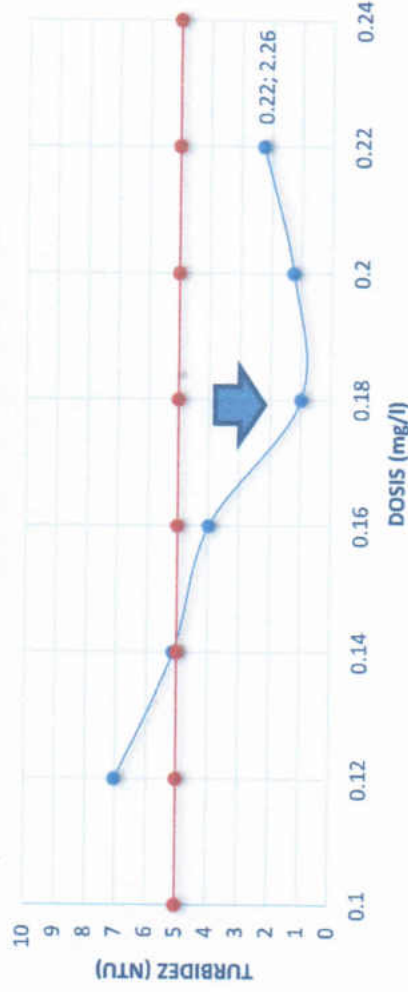
Dosis óptima: 24mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 24 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.98 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	24	24	24	24	24	24
DOSIS Poli. mg/l.	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	7.02	5.12	3.98	0.98	1.25	2.26
TURB INICIAL	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3
% REMOCION	94%	96%	97%	99%	99%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Promotor"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Bord I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 20/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				
Turbiedad:	120.3	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	26	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		
Conductividad :	287	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		RPM		15 min
J														0 RPM
A														
R														
R														
A														
1														
2														
3														
4														
5														
6														

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

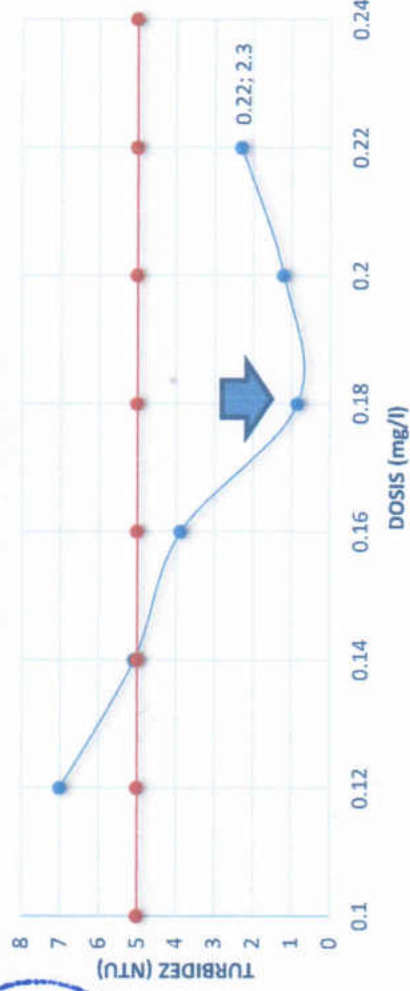
Dosis óptima: 24mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 24 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.84 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	24	24	24	24	24	24
DOSIS Poli. mg/l	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	7	5.08	3.87	0.84	1.2	2.3
TURB INICIAL	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3
% REMOCION	94%	96%	97%	99%	89%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT ● LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 20/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	120.3	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	26	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	15	min	15	min
Conductividad :	287	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	40	RPM	0	RPM
J															
A															
R															
R															
A															
1	7.97			24	4.8	0.12	0.48	12	6	7.87	15	6.97	Color Residual U.C.	0.169	Coagulante Residual mg/l
2	7.97			24	4.8	0.14	0.56	12	6	7.80	15	5.10		0.171	
3	7.97			24	4.8	0.16	0.64	12	8	7.71	15	3.82		0.171	
4	7.97			24	4.8	0.18	0.72	12	8	7.69	15	0.92		0.172	
5	7.97			24	4.8	0.2	0.8	12	8	7.65	15	1.26		0.171	
6	7.97			24	4.8	0.22	0.88	12	6	7.57	15	2.28		0.170	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



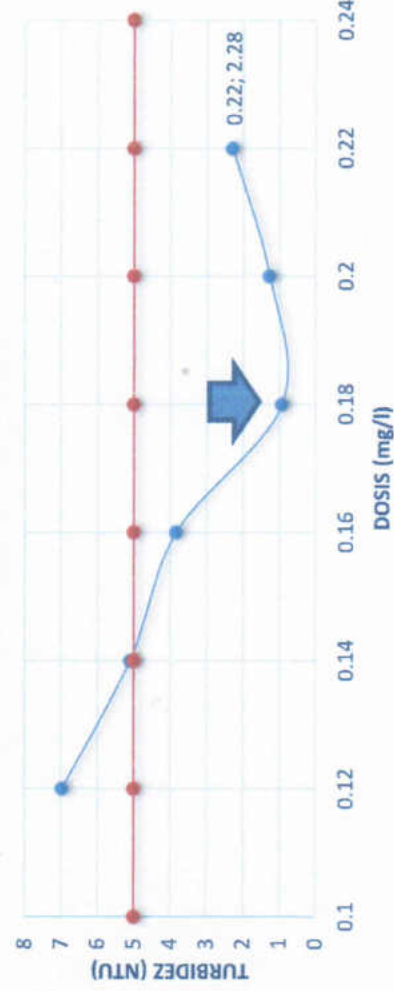
Dosis óptima: 24mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 24 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.92 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	24	24	24	24	24	24
DOSIS Poli. mg/l.	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	6.97	5.1	3.82	0.92	1.26	2.28
TURB INICIAL	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3
% REMOCION	94%	96%	97%	99%	99%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



CHICLAYO
SUB GERENCIA DE PRODUCCION



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promotor"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 21/02/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	120.3	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	26	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	287	µS/cm		Velocidad:	300	RPM				Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
J								Indice de Wilcomb		pH			Color Residual U.C.		
A								Tiempo de Formación del Floc seg.					Turbiedad Residual UNT		
A								Ayudante Floculación Vol (ml)					Coagulante Residual mg/l		
								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)							
								Coagulante Sulfato Al mg/l							
1	7.97			24	4.8	0.12	0.48	10	6	7.95	15	6.92			0.171
2	7.97			24	4.8	0.14	0.56	10	6	7.84	15	5.04			0.170
3	7.97			24	4.8	0.16	0.64	10	8	7.72	15	3.91			0.171
4	7.97			24	4.8	0.18	0.72	10	8	7.68	15	0.9			0.170
5	7.97			24	4.8	0.2	0.8	15	6	7.60	15	1.21			0.172
6	7.97			24	4.8	0.22	0.88	15	6	7.59	15	2.22			0.172

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

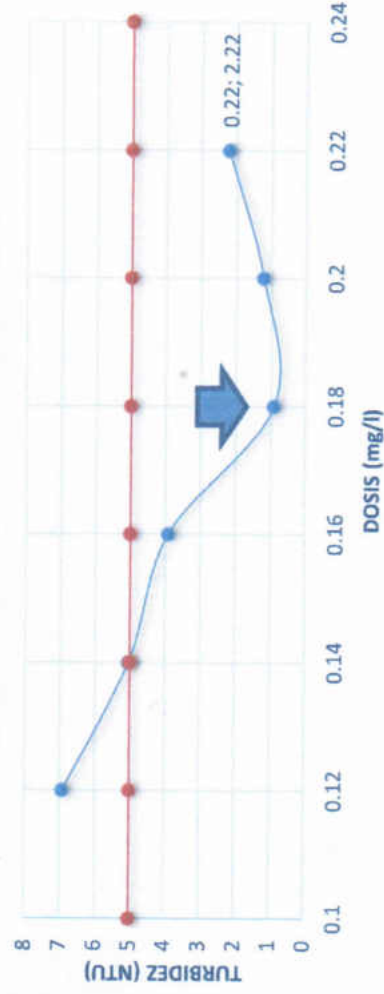
Dosis óptima: 24mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 24 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.90 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	24	24	24	24	24	24
DOSIS Poli. mg/l	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	6.92	5.04	3.91	0.9	1.21	2.22
TURB INICIAL	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3
% REMOCION	94%	96%	97%	99%	99%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	120.3	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	26	°C		60	seg.			Volumen de Jarras 2,000 ml		15	min		15	min	
Conductividad:	287	µS/cm		300	RPM			Tiempo total : 40		40	RPM		Velocidad:		
JARRA	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
1		7.97		24	4.8	0.12	0.48	10	6	7.89	15	6.94		0.171	
2		7.97		24	4.8	0.14	0.56	10	6	7.79	15	5.00		0.169	
3		7.97		24	4.8	0.16	0.64	10	8	7.75	15	3.88		0.168	
4		7.97		24	4.8	0.18	0.72	10	8	7.71	15	0.86		0.170	
5		7.97		24	4.8	0.2	0.8	15	6	7.65	15	1.2		0.171	
6		7.97		24	4.8	0.22	0.88	15	6	7.58	15	2.24		0.172	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

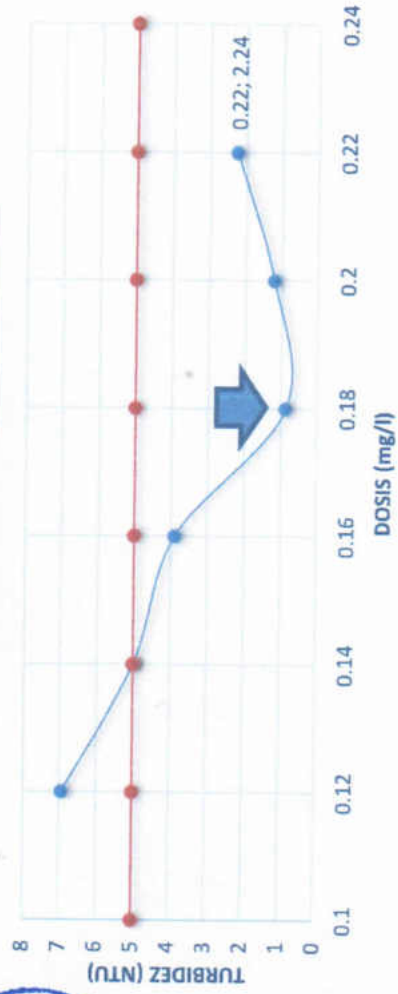
Dosis óptima: 24mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 24 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.86 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	24	24	24	24	24	24
DOSIS Poli. mg/l	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	6.94	5	3.88	0.86	1.2	2.24
TURB INICIAL	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3	120.3
% REMOCION	94%	96%	97%	99%	99%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Promove"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	137.12	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	24.2	°C	Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Velocidad:	15	min	Velocidad:	15	min
Conductividad:	377	µS/cm	Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40	RPM		0	RPM
J														
A														
R														
R														
A														
1	8.09	236	Coagulante Sulfato Al	Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero	Ayudante Floculación Polímero	Indice de Wilcomb		pH	15	Turbiedad Residual U.C.	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)	
2	8.09	236	24	4.8			2		8.00	15	10.47		0.172	
3	8.09	236	26	5.2			4		7.94	15	7.24		0.178	
4	8.09	236	28	5.6			6		7.84	15	6.54		0.182	
5	8.09	236	30	6			15		7.79	15	4.03		0.189	
6	8.09	236	32	6.4			15		7.69	15	5.66		0.192	
6	8.09	236	34	6.8			15		7.65	15	5.29		0.198	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



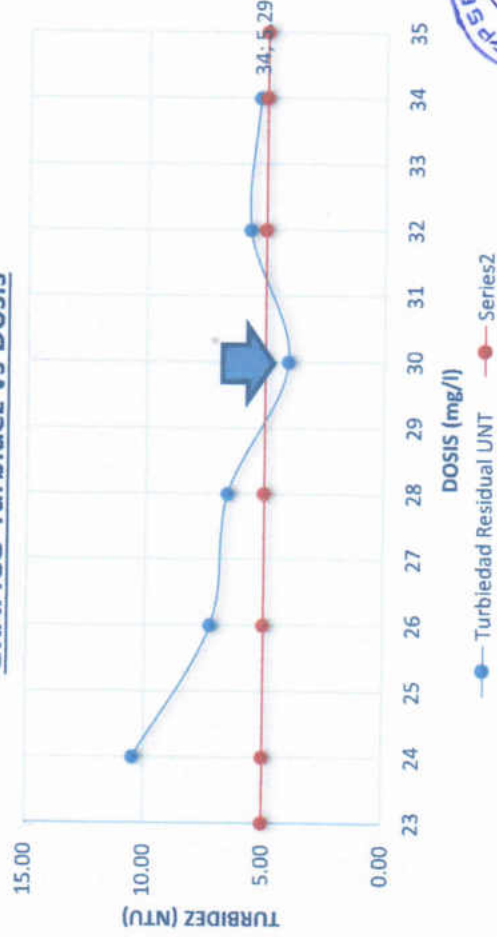
Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.03 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	24	26	28	30	32	34
TURB. RESID.	10.47	7.24	6.54	4.03	5.66	5.29
TURB INICIAL	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12
% REMOCION	92%	95%	95%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Núcleo de la Universidad Privada"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 03/03/2025

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l					OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					Fecha: 03/03/2025
			MEZCLA RAPIDA							FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad:	137.12	NTU	Tiempo: 60 seg.		RPM			Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min			
Temperatura:	24.2	°C	Velocidad: 300							Velocidad: 40 RPM		Velocidad: 0 RPM			
Conductividad :	377	µS/cm	Coagulante Sulfato Al A2(SO4)2 (mg/l)		Coagulante Sulfato Al A2(SO4)3 Vol (ml)		Ayudante Floculación Polímero (mg/l)		Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)		pH		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.09	236	24		4.8				30		7.98		10.30		0.173
2	8.09	236	26		5.2				20		7.92		7.21		0.179
3	8.09	236	28		5.6				20		7.85		6.48		0.182
4	8.09	236	30		6				15		7.75		4.00		0.189
5	8.09	236	32		6.4				15		7.65		5.42		0.192
6	8.09	236	34		6.8				15		7.60		5.13		0.195

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



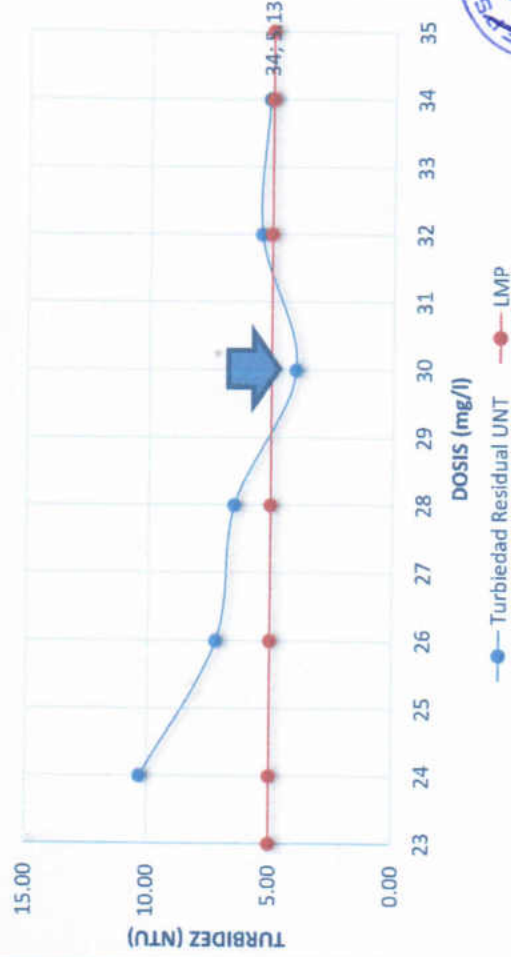
Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 4.00 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	24	26	28	30	32	34
TURB. RESID.	10.3	7.21	6.48	4	5.42	5.13
TURB INICIAL	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12
% REMOCION	92%	95%	95%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



DOSIS (mg/l)

—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

DOSIS (mg/l)

—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

DOSIS (mg/l)

—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Hechos de la Universidad Promueven"

DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N°01

REPETICIÓN 3

Fecha: 03/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES				AGUA SEDIMENTADA					
				MEZCLA RAPIDA													
Turbiedad: 137.12 NTU				Tiempo: 60 seg.				Volumen de Jarras 2,000 ml									
Temperatura: 24.2 °C				Velocidad: 300 RPM													
Conductividad: 377 µS/cm																	
J	A	R	R	A	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al Al ₂ (SO ₄) ₂ mg/l	Coagulante Sulfato Al Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
												Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min			
												Velocidad: 40 RPM		Velocidad: 0 RPM			
												pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	
												Tiempo Sedimen. (min)				Coagulante Residual mg/l	
												seg.					
1	8.09	236	236	236	236	24	24	4.8			2	30	7.94	15	10.39		0.173
2	8.09	236	236	236	236	26	26	5.2			4	20	7.90	15	7.17		0.177
3	8.09	236	236	236	236	28	28	5.6			4	20	7.84	15	6.51		0.185
4	8.09	236	236	236	236	30	30	6			6	15	7.74	15	3.88		0.189
5	8.09	236	236	236	236	32	32	6.4			6	15	7.69	15	5.57		0.191
6	8.09	236	236	236	236	34	34	6.8			6	15	7.62	15	5.26		0.196

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



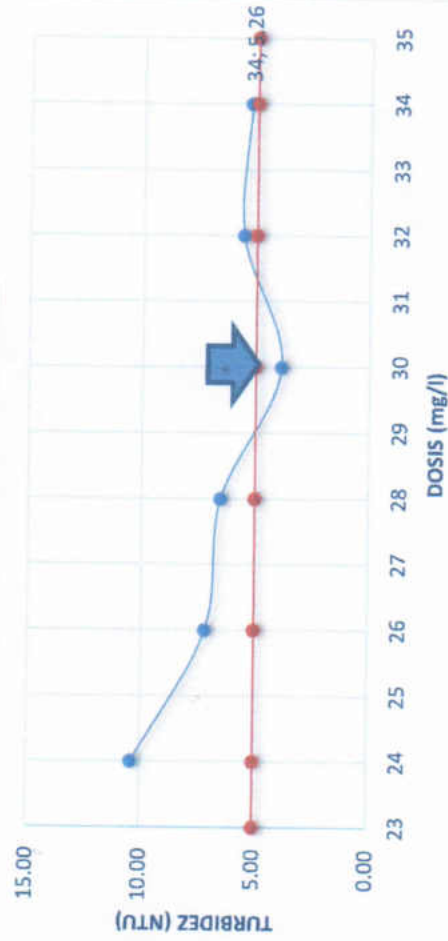
Dosis óptima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.88 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	24	26	28	30	32	34
TURB. RESID.	10.39	7.17	6.51	3.88	5.57	5.26
TURB INICIAL	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12
% REMOCION	92%	95%	95%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 04/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad:	137.12	NTU		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Temperatura:	24.2	°C		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
Conductividad :	377	µS/cm													
J				Coagulante	Ayudante	Ayudante		Tiempo de		pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
A		Alcal. Total mg/l		Sulfato Al	Floculación Polímero mg/l	Floculación Polímero Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Formación del Floc seg.							
R															
R															
A															
1	8.09	236		24	4.8			30	2	7.98	15	10.40		0.172	
2	8.09	236		26	5.2			25	4	7.91	15	7.16		0.179	
3	8.09	236		28	5.6			20	4	7.85	15	6.46		0.180	
4	8.09	236		30	6.0			20	6	7.77	12	3.97		0.186	
5	8.09	236		32	6.4			15	6	7.65	12	5.61		0.192	
6	8.09	236		34	6.8			20	6	7.60	15	5.30		0.196	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

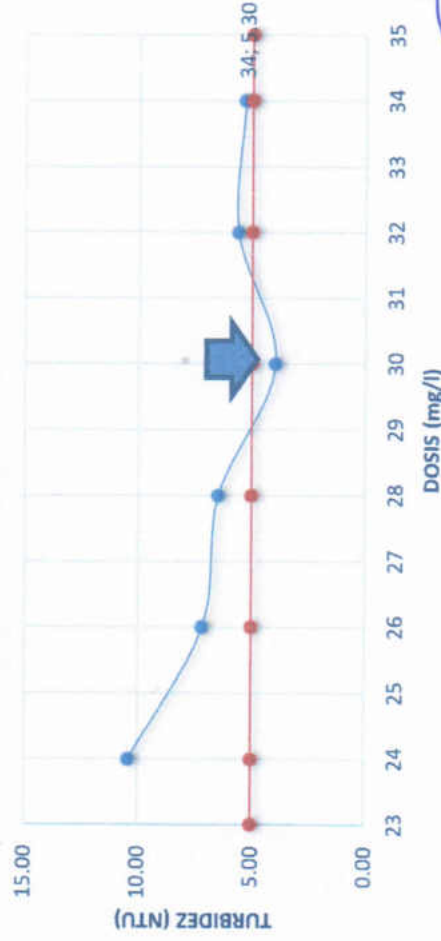
Temperatura del Agua 25°C



Dosis óptima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.97 NTU.

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	24	26	28	30	32	34
TURB. RESID.	10.4	7.16	6.46	3.97	5.61	5.3
TURB INICIAL	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12
% REMOCION	92%	95%	95%	97%	96%	96%



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				Fecha: 04/03/2025					
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN						
Turbiedad:		137.12 NTU		Tiempo: 60 seg.		RPM		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min		RPM					
Temperatura:		24.2 °C		Velocidad: 300						Velocidad: 40		Velocidad: 0		RPM					
Conductividad :		377 µS/cm																	
J	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l		Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)		Ayudante Floculación Polimero mg/l		Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)		Tiempo de Formación del Floc seg.		Indice de Wilcomb		pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
A																			
R																			
R																			
A																			
1																			
2	8.09	236	24	4.8					30	2	8.00	15	10.44				0.173		
3	8.09	236	26	5.2					20	4	7.98	15	7.20				0.179		
4	8.09	236	28	5.6					20	4	7.85	15	6.52				0.180		
5	8.09	236	30	6.0					20	6	7.79	15	3.92				0.187		
6	8.09	236	32	6.4					20	6	7.64	15	5.48				0.194		
6	8.09	236	34	6.8					20	6	7.59	15	5.19				0.196		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.
Sulfato de Aluminio al 1 % W/W
.....
Temperatura del Agua 25°C



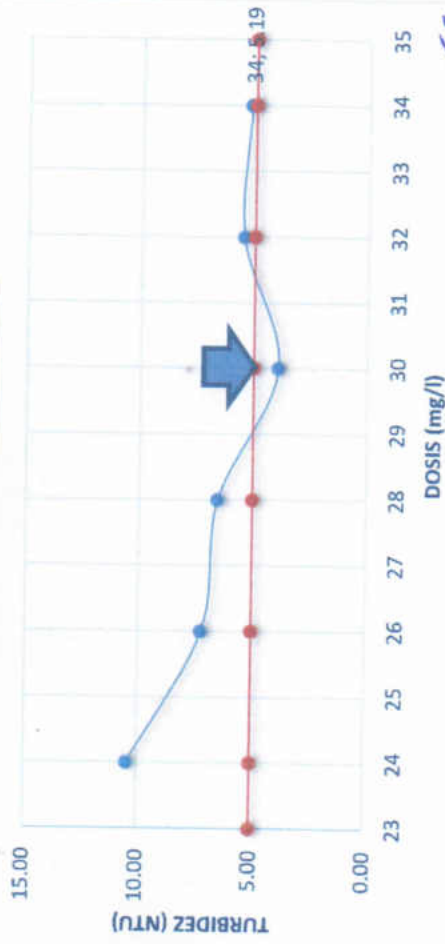
Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 3.92 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	24	26	28	30	32	34
TURB. RESID.	10.44	7.2	6.52	3.92	5.48	5.19
TURB INICIAL	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12	137.12
% REMOCION	92%	95%	95%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	132.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	24.3	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	15	min		
Conductividad :	388	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	0	RPM		
J				Coagulante Sulfato Al	mg/l			Indice de Wilcomb				Color Residual U.C.			
A				Coagulante Sulfato Al	Vol (ml)			Tiempo de Formación del Floc				Turbiedad Residual UNT			
R				Coagulante Sulfato Al	Vol (ml)			Ayudante Floculación				Tiempo Sedimen. min			
R				Coagulante Sulfato Al	mg/l			Ayudante Floculación				pH			
A				Coagulante Sulfato Al	mg/l			Vol (ml)				Coagulante Residual mg/l			
1	8.20			26	5.2	0.12	0.48	10	6	15	4.52	0.179			
2	8.20			26	5.2	0.14	0.56	10	6	15	3.12	0.178			
3	8.20			26	5.2	0.16	0.64	10	8	15	1.12	0.179			
4	8.20			26	5.2	0.18	0.72	10	8	15	0.74	0.177			
5	8.20			26	5.2	0.2	0.8	10	8	15	2	0.179			
6	8.20			26	5.2	0.22	0.88	10	6	15	2.12	0.178			

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



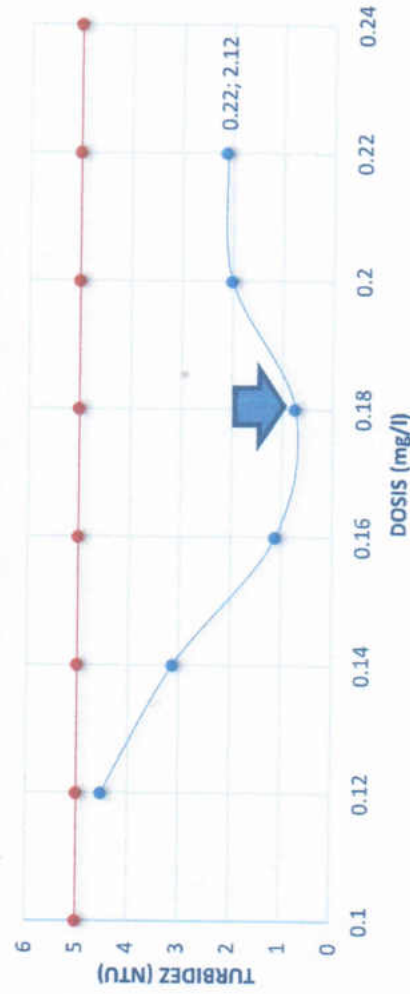
Dosis óptima: 26 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 26 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.74 NTU

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	26	26	26	26	26	26
DOSIS Poli. mg/l	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	4.52	3.12	1.12	0.74	2	2.12
TURB INICIAL	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74
% REMOCION	97%	98%	99%	99%	98%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT ● LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	132.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	24.3	°C		60	300					15	40	15	15	0	
Conductividad:	388	µS/cm		Velocidad:						Velocidad:		Velocidad:			
J										pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	
A										Indice de Wilcomb					
R										Formación del Floc seg.					
R										Ayudante Floculación Vol (ml)					
A										Ayudante Floculación mg/l					
1	8.20			26	5.2	0.12	0.48	10	6	10	15	8.12	4.5		0.178
2	8.20			26	5.2	0.14	0.56	10	6	10	15	7.98	3.01		0.178
3	8.20			26	5.2	0.16	0.64	10	8	10	15	7.84	1.1		0.177
4	8.20			26	5.2	0.18	0.72	10	8	10	15	7.79	0.72		0.179
5	8.20			26	5.2	0.20	0.8	10	8	10	15	7.72	1.98		0.178
6	8.20			26	5.2	0.22	0.88	10	6	10	15	7.69	2.01		0.179

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

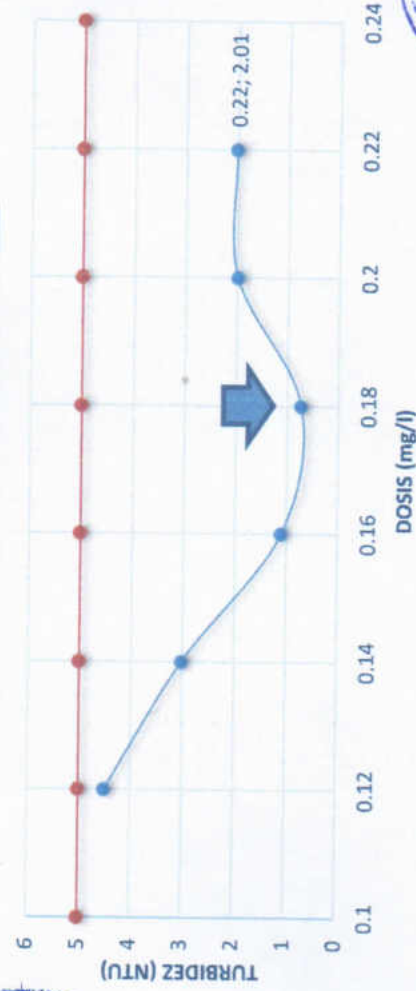
Dosis óptima: 26 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 26 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.72 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	26	26	26	26	26	26
DOSIS Poli. mg/l.	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	4.5	3.01	1.1	0.72	1.98	2.01
TURB INICIAL	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74
% REMOCION	97%	98%	99%	99%	99%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 07/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	132.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	24.3	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	15	min		
Conductividad :	388	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	0	RPM		
J				Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Indice de Wilcomb		pH	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l		
A	8.20			26	5.2	0.12	0.48	12		8.05	4.47		0.177		
1	8.20			26	5.2	0.14	0.56	12		7.99	3.00		0.178		
2	8.20			26	5.2	0.16	0.64	12		7.87	1.08		0.177		
3	8.20			26	5.2	0.18	0.72	12		7.77	0.70		0.179		
4	8.20			26	5.2	0.2	0.8	12		7.71	1.96		0.177		
5	8.20			26	5.2	0.22	0.88	12		7.69	1.98		0.178		
6	8.20			26	5.2			12							

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

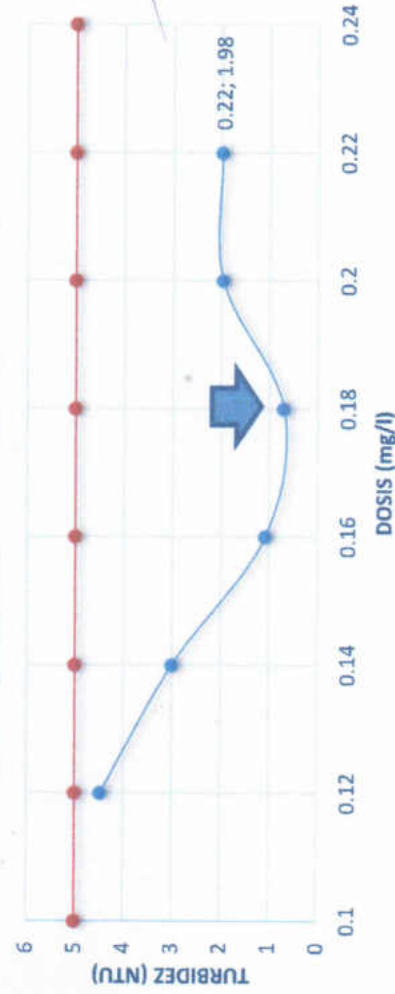
Dosis óptima: 26 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 26 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.70 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	26	26	26	26	26	26
DOSIS Poli. mg/l	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	4.47	3	1.08	0.7	1.96	1.98
TURB INICIAL	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74
% REMOCION	97%	98%	99%	99%	99%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA						Fecha: 08/03/2025	
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN				
Turbiedad:	132.74	NTU		Tiempo: 60 seg.		Ayudante Floculación Vol (ml)		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min		RPM 0 RPM			
Temperatura:	24.3	°C		Velocidad: 300 RPM		Coagulante Sulfato Al mg/l				pH		Turbiedad Residual UNT		Coagulante Residual mg/l			
Conductividad :	388	µS/cm				Coagulante Sulfato Al mg/l		Ayudante Floculación mg/l		Indice de Wilcomb		Color Residual U.C.					
J								Tiempo de Formación del Floc seg.									
A			Alcal. Total mg/l														
R			pH														
R																	
A																	
1	8.20			26		5.2		0.12		6		8.12		15			
2	8.20			26		5.2		0.14		6		8.01		15			
3	8.20			26		5.2		0.16		8		7.94		15			
4	8.20			26		5.2		0.18		8		7.87		15			
5	8.20			26		5.2		0.2		6		7.74		15			
6	8.20			26		5.2		0.22		6		7.70		15			

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



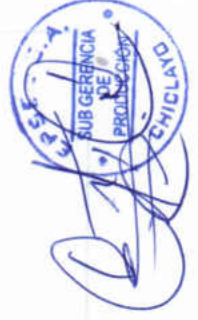
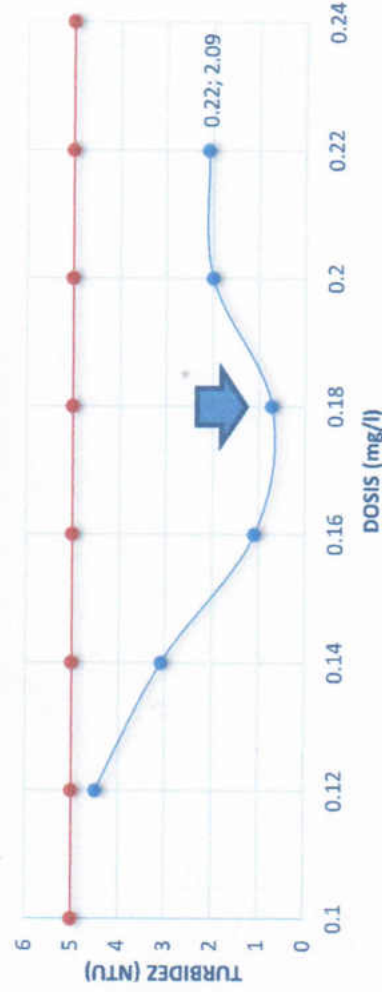
Dosis óptima: 26 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 26 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.71 NTU

REMOCION DE TURBIDEZ CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	26	26	26	26	26	26
DOSIS Poll. mg/l.	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	4.49	3.08	1.08	0.71	1.99	2.09
TURB INICIAL	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74
% REMOCION	97%	98%	99%	99%	99%	98%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Promove"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha: 08/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	132.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	24.3	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	388	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad :	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
J				Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
A															
1	8.20			26	5.2	0.12	0.48	10	6	8.17	15	4.50		0.177	
2	8.20			26	5.2	0.14	0.56	10	6	8.02	15	3.10		0.178	
3	8.20			26	5.2	0.16	0.64	10	8	7.92	15	1.1		0.177	
4	8.20			26	5.2	0.18	0.72	10	8	7.87	15	0.72		0.179	
5	8.20			26	5.2	0.20	0.8	15	6	7.77	15	2.00		0.179	
6	8.20			26	5.2	0.22	0.88	15	6	7.68	15	1.99		0.177	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

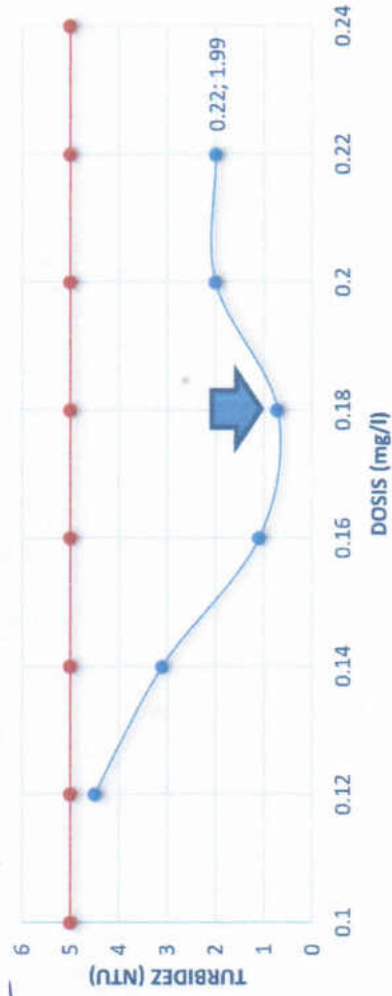
Dosis óptima: 26 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 26 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 0.72 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	26	26	26	26	26	26
DOSIS Poli. mg/l	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22
TURB. RESID.	4.5	3.1	1.1	0.72	2	1.99
TURB INICIAL	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74	132.74
% REMOCION	97%	98%	99%	99%	98%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Hecho en la Universidad Promoviendo"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente: Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	156.6	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	24.7	°C	Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Velocidad:	15	min	Velocidad:	15	min
Conductividad:	289	µS/cm	Velocidad:	300	RPM		2,000 ml			40	RPM		0	RPM
J	A R R A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l	Coagulante Sulfato Al Al ₂ (SO ₄) ₂ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual (mg/l)
1														
2														
3														
4														
5														
6														

Fecha: 12/03/2025

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



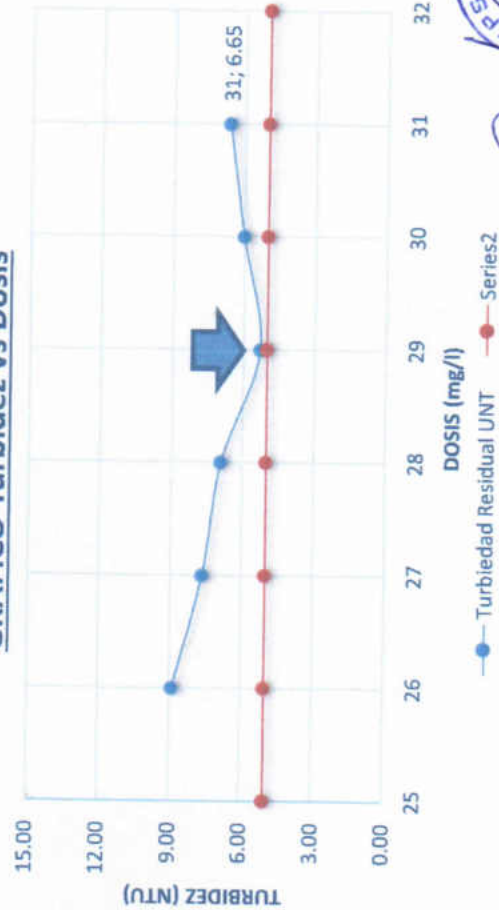
Dosis optima: 29 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 29 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.30 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	26	27	28	29	30	31
TURB. RESID.	8.89	7.64	6.9	5.3	6.02	6.65
TURB INICIAL	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6
% REMOCION	94%	95%	96%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente

Rio Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 12/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	156.6	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	24.7	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	289	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:	0	RPM
J															
A															
R															
R															
A															
1	7.95	314	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ (mg/l)	Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero (mg/l)	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
2	7.95	314		26	5.2			30	2	7.91	15	8.92		0.175	
3	7.95	314		27	5.4			20	4	7.84	15	7.60		0.178	
4	7.95	314		28	5.6			20	4	7.74	15	6.94		0.180	
5	7.95	314		29	5.8			15	6	7.65	15	5.28		0.185	
6	7.95	314		30	6			15	6	7.61	15	6.00		0.192	
	7.95	314		31	6.2			15	6	7.57	15	6.59		0.194	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



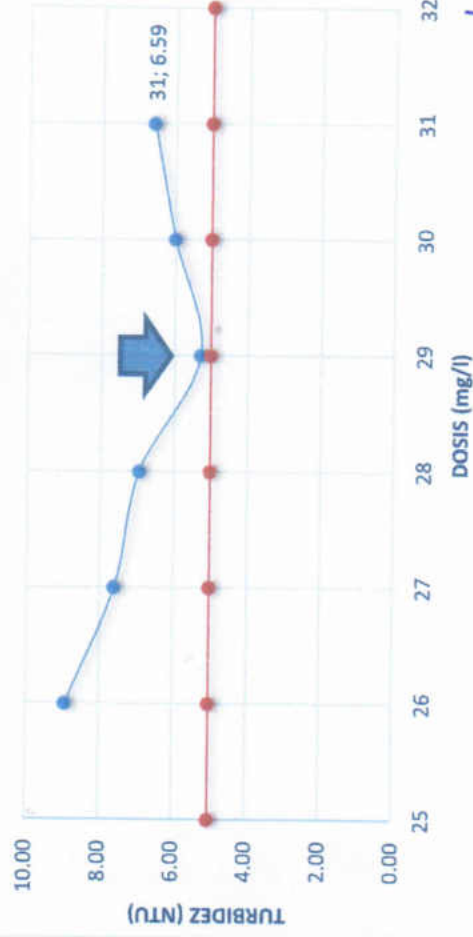
Dosis optima: 29 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 29 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.28 NTU.

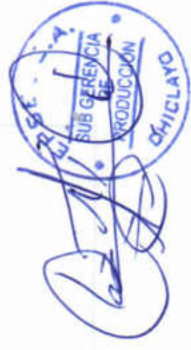
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	26	27	28	29	30	31
TURB. RESID.	8.92	7.6	6.94	5.28	6	6.59
TURB INICIAL	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6
% REMOCION	94%	95%	96%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 12/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES				AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	156.6	NTU		MEZCLA RAPIDA													
Temperatura:	24.7	°C		Tiempo:	60	seg.											
Conductividad:	289	µS/cm		Velocidad:	300	RPM											
J																	
A																	
R																	
R																	
A																	
1	7.95	314		Coagulante Sulfato Al mg/l	26			Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	5.2								
2	7.95	314			27				5.4								
3	7.95	314			28				5.6								
4	7.95	314			29				5.8								
5	7.95	314			30				6.0								
6	7.95	314			31				6.2								

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



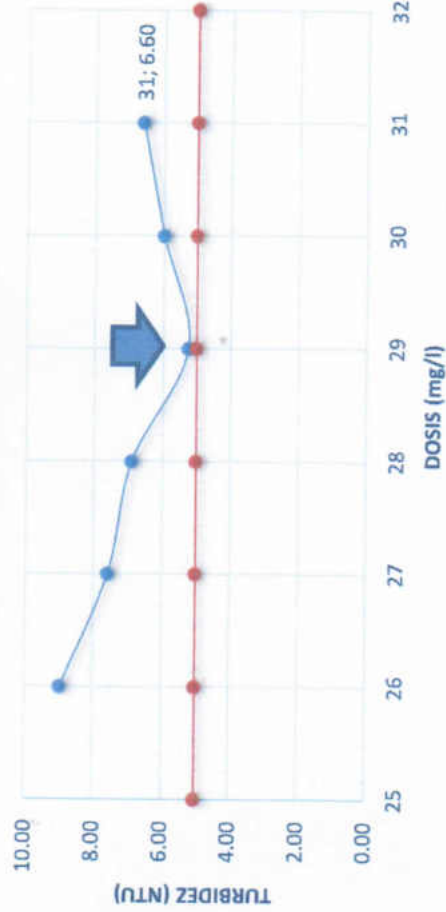
Dosis optima: 29 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 29 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.25 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	26	27	28	29	30	31
TURB. RESID.	8.96	7.58	6.89	5.25	5.98	6.6
TURB INICIAL	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6
% REMOCION	94%	95%	96%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	156.6	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	24.7	°C	60	300	seg.	RPM	Volumen de Jarras 2,000 ml		15	40	min	15	0	min
Conductividad:	289	µS/cm	Velocidad:						Velocidad:		RPM	Velocidad:		RPM
J														
A														
R														
R														
A														
1	7.95	314	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	5.2			Ayudante Floculación Polimero Val (ml)		30	2	Indice de Wilcomb			
2	7.95	314	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₂ mg/l	26	27	5.4			25	4				
3	7.95	314		28		5.6			20	4				
4	7.95	314		29		5.8			20	6				
5	7.95	314		30		6.0			15	6				
6	7.95	314		31		6.2			20	6				

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



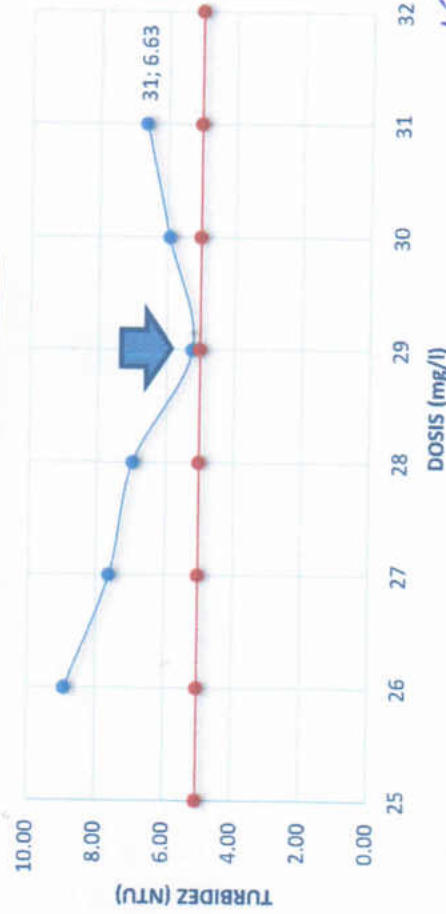
Dosis optima: 29 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 29 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.23 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	26	27	28	29	30	31
TURB. RESID.	8.9	7.62	6.96	5.23	5.94	6.63
TURB INICIAL	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6
% REMOCION	94%	95%	96%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



● Turbiedad Residual UNT ● LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				REPETICIÓN 5						OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				Fecha: 12/03/2025	
Turbiedad: 156.6 NTU				DOSIFICACIÓN mg/l						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN		Tiempo: 15 min Velocidad: 0 RPM			
Temperatura: 24.7 °C				MEZCLA RAPIDA													
Conductividad : 289 µS/cm				Tiempo: 60 seg.		300 RPM		Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min Velocidad: 40 RPM		Color Residual U.C.		Coagulante Residual mg/l			
J	A	R	R	A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al Al2(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero mg/l	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT		
1		7.95		314		314	26	5.2			30	2	7.90	15	8.94		0.177
2		7.95		314		314	27	5.4			20	4	7.85	15	7.68		0.179
3		7.95		314		314	28	5.6			20	4	7.79	15	6.90		0.180
4		7.95		314		314	29	5.8			20	6	7.71	15	5.29		0.187
5		7.95		314		314	30	6			20	6	7.69	15	6.08		0.194
6		7.95		314		314	31	6.2			20	6	7.62	15	6.61		0.196

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C

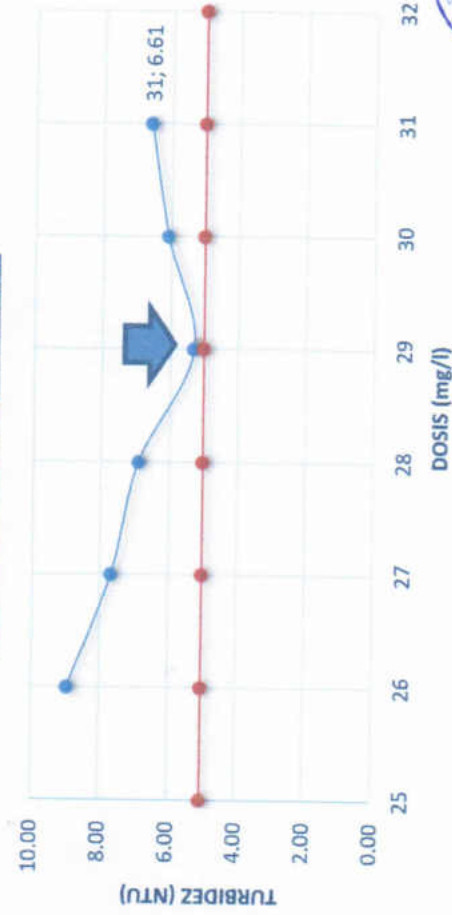
Dosis optima: 29 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 29 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.29 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	26	27	28	29	30	31
TURB. RESID.	8.94	7.68	6.9	5.29	6.08	6.61
TURB INICIAL	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6	156.6
% REMOCION	94%	95%	96%	97%	96%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

Rio Chancay - Laguna Boró I.

13/03/2025

OTRAS OBSERVACIONES:

Polimero Cationico al 0.5% W/W

NOTA. - Con dosis de 27 mg/L + 0.18 mg/L de polímero, se logra un agua decantada menor 1.12 NTU

Nº JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	27	27	27	27	27	27
DOSIS Poli. mg/l.	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	5.2	4.56	3.2	1.12	1.89	2.12
TURB INICIAL	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42
% REMOCION	97%	97%	98%	99%	99%	99%

JEFE OFICINA
CONTROL DE
CALIDAD





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente: Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	160.42	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.4	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		min		Tiempo:	
Conductividad :	300	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:		40		Velocidad:	
J								Indice de Wilcomb		pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	
A								Tiempo de Formación del Floc seg.							
R								Ayudante Floculación Vol (ml)							
R								Ayudante Floculación mg/l							
A								Coagulante Sulfato Al Vol (ml)							
1	7.97			27	5.4	0.15	0.6			7.92		15			
2	7.97			27	5.4	0.16	0.64			7.84		15			
3	7.97			27	5.4	0.17	0.68			7.74		15			
4	7.97			27	5.4	0.18	0.72			7.69		15			
5	7.97			27	5.4	0.19	0.76			7.64		15			
6	7.97			27	5.4	0.2	0.8			7.62		15			

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

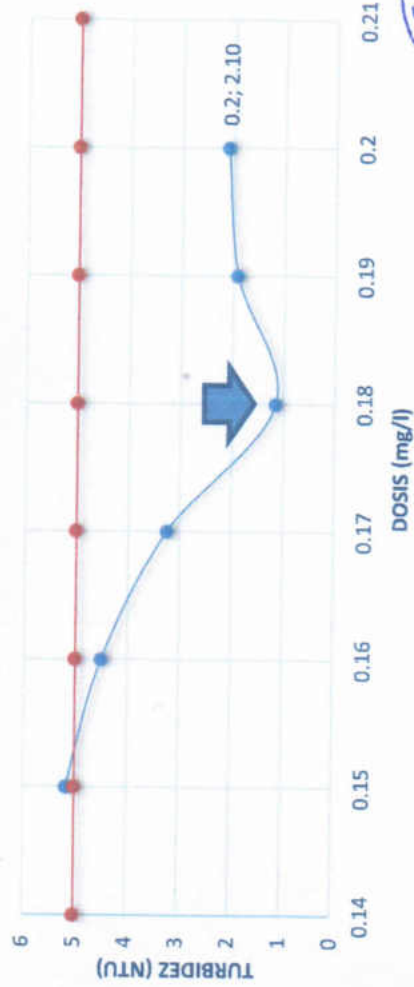
Dosis óptima: 27 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 27 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.15 NTU

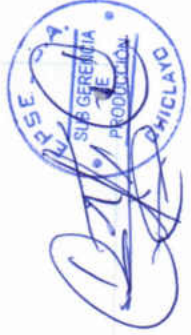
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	27	27	27	27	27	27
DOSIS Poli. mg/l.	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	5.17	4.5	3.24	1.15	1.9	2.1
TURB INICIAL	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42
% REMOCION	97%	97%	98%	99%	99%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promotor"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

REPETICIÓN 3										Fecha: 13/03/2025				
AGUA CRUDA			DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
			MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Turbiedad:	160.42	NTU	Tiempo:		60	seg.	Volumen de Jarras		15 min		Tiempo: 15 min			
Temperatura:	25.4	°C	Velocidad:		300	RPM	2,000 ml		40 RPM		Velocidad: 0 RPM			
Conductividad :	300	µS/cm												
J	A R R A	pH	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l
1				27	5.4	0.15	0.6	12	6					
2				27	5.4	0.16	0.64	12	6					
3				27	5.4	0.17	0.68	12	8					
4				27	5.4	0.18	0.72	12	8					
5				27	5.4	0.19	0.76	12	8					
6				27	5.4	0.2	0.8	12	6	7.59	15	2.18		0.180



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

Fecha: 13/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	160.42	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	25.4	°C		60	seg.			Volumen de Jarras 2,000 ml		15	min		15	min	
Conductividad :	300	µS/cm		300	RPM					40	RPM		0	RPM	
J															
A															
R															
R															
A															
1	7.97			27	5.4	0.15	0.6	10	6						
2	7.97			27	5.4	0.16	0.64	10	6						
3	7.97			27	5.4	0.17	0.68	10	8						
4	7.97			27	5.4	0.18	0.72	10	8						
5	7.97			27	5.4	0.19	0.76	15	6						
6	7.97			27	5.4	0.2	0.8	15	6						

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

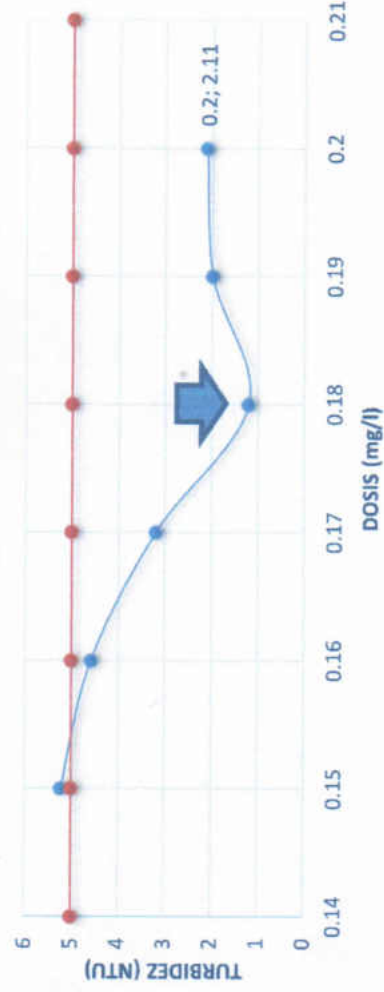
Dosis óptima: 27 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 27 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.20 NTU

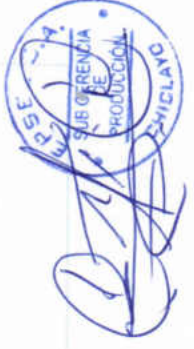
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	27	27	27	27	27	27
DOSIS Poli. mg/l.	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	5.22	4.58	3.19	1.2	1.98	2.11
TURB INICIAL	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42
% REMOCION	97%	97%	98%	99%	99%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				Fecha: 13/03/2025	
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Turbiedad:	160.42	NTU		Tiempo:		60	seg.	Volumen de Jarras		15		Tiempo:		15	
Temperatura:	25.4	°C		Velocidad:		300	RPM	2,000 ml		40		Velocidad:		0	
Conductividad :	300	µS/cm												RPM	
J															
A															
R	pH		Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
R															
A															
1	7.97			27	5.4	0.15	0.6	10	6	8.17	15	5.19		0.178	
2	7.97			27	5.4	0.16	0.64	10	6	8.02	15	4.60		0.179	
3	7.97			27	5.4	0.17	0.68	10	8	7.92	15	3.21		0.179	
4	7.97			27	5.4	0.18	0.72	10	8	7.87	15	1.16		0.179	
5	7.97			27	5.4	0.19	0.76	15	6	7.77	15	1.96		0.178	
6	7.97			27	5.4	0.2	0.8	15	6	7.68	15	2.20		0.179	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

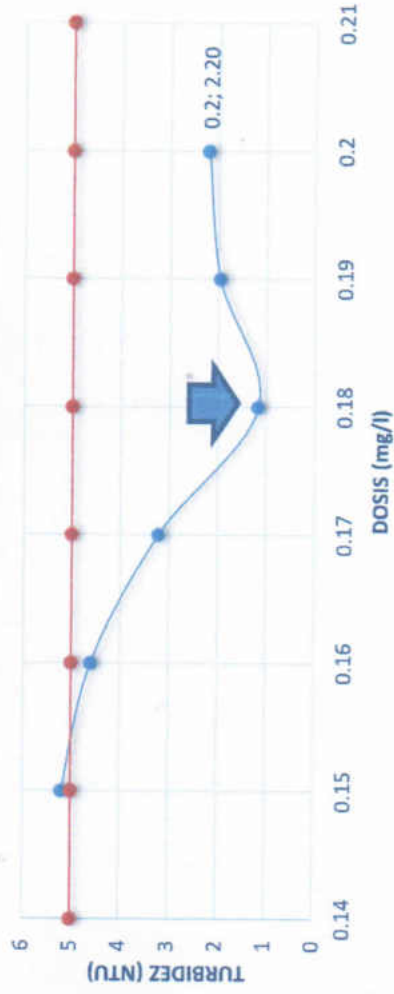
Dosis óptima: 27 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.18 mg/l de polimero

NOTA.- Con dosis de 27 mg/L + 0.18 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.16 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	27	27	27	27	27	27
DOSIS Poli. mg/l.	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	5.19	4.6	3.21	1.16	1.96	2.2
TURB INICIAL	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42	160.42
% REMOCION	97%	97%	98%	99%	99%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP

SE
SUB GERENCIA
E
PRODUCCION
CHICLAYO

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

Fecha: 17/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	197.1	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	23.5	°C		60	seg.			Volumen de Jarras 2,000 ml		15	min	15	min	15	min
Conductividad:	344	µS/cm		300	RPM					40	RPM	40	RPM	0	RPM
J															
A															
R															
R															
A															
1	8.06	289		Coagulante Sulfato Al mg/l	30	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	6	Tiempo Formación del Floc seg.	30	Indice de Wilcomb	6	pH	7.91	15	Coagulante Residual (mg/l)
2	8.06	289		31				20		6		7.84	15		0.191
3	8.06	289		32				20		6		7.74	15		0.196
4	8.06	289		33				15		6		7.65	15		0.198
5	8.06	289		34				15		6		7.61	15		0.201
6	8.06	289		35				15		6		7.57	15		0.202

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

.....

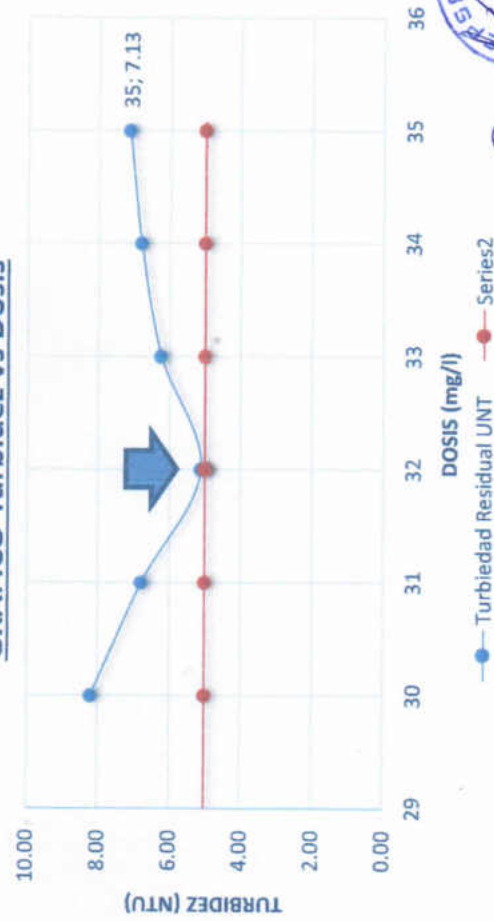
Temperatura del Agua 25°C



Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.11 NTU.

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	30	31	32	33	34	35
TURB. RESID.	8.2	6.78	5.11	6.24	6.8	7.13
TURB INICIAL	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1
% REMOCION	96%	97%	97%	97%	97%	96%



PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

Fecha: 17/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA						Fecha: 17/03/2025	
Turbiedad: 197.1 NTU Temperatura: 23.5 °C Conductividad : 344 µS/cm				MEZCLA RAPIDA				Volumen de Jarras 2,000 ml		FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN				
				Tiempo: 60 seg. Velocidad: 300 RPM	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo total : 15 min Velocidad: 40 RPM			Tiempo: 15 min Velocidad: 0 RPM							
J	A	R	R	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₂ (mg/l)	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ Vol (ml)	Ayudante Floculación Polímero (mg/l)	Ayudante Floculación Polímero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. (min)	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l		
1		8.06		289	30	6			30	6	7.89	15	8.17		0.19		
2		8.06		289	31	6.2			20	6	7.82	15	6.72		0.192		
3		8.06		289	32	6.4			20	6	7.71	15	5.18		0.194		
4		8.06		289	33	6.6			15	6	7.63	15	6.20		0.199		
5		8.06		289	34	6.8			15	6	7.60	15	6.87		0.212		
6		8.06		289	35	7			15	6	7.56	15	7.19		0.213		

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C

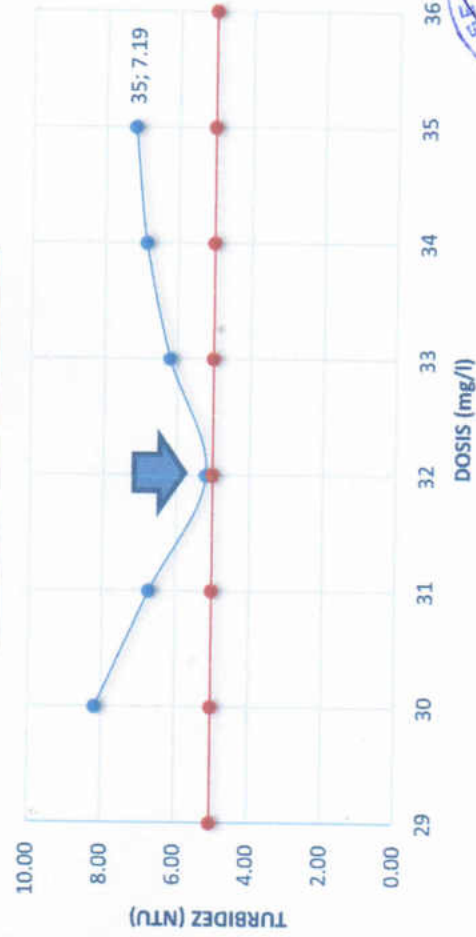
Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.18 NTU.

REMOCIÓN DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	30	31	32	33	34	35
TURB. RESID.	8.17	6.72	5.18	6.2	6.87	7.19
TURB INICIAL	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1
% REMOCION	96%	97%	97%	97%	97%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Nuestro es de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 17/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	197.1	NTU		MEZCLA RAPIDA							FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	23.5	°C		60	seg.											
Conductividad:	344	µS/cm		300	RPM											
J																
A																
R																
R																
A																
1	8.06	289		30												
2	8.06	289		31												
3	8.06	289		32												
4	8.06	289		33												
5	8.06	289		34												
6	8.06	289		35												

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



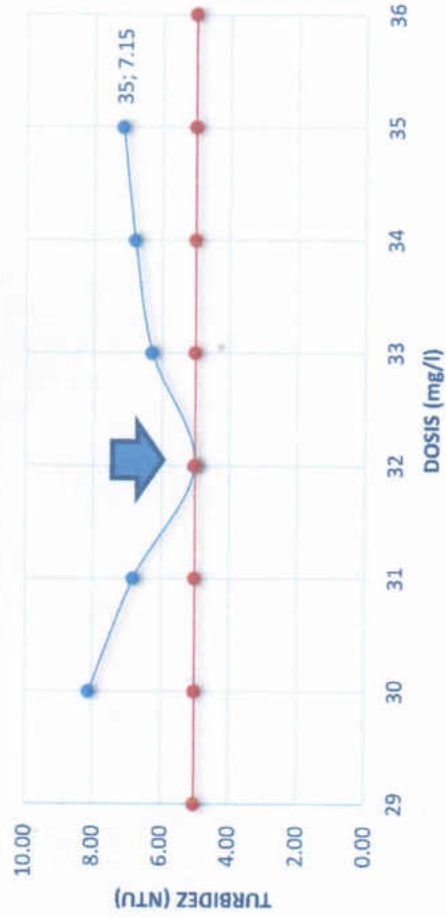
Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.02 NTU.

REMOCION DE TURBIDEZ CON EL SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	30	31	32	33	34	35
TURB. RESID.	8.11	6.81	5.02	6.28	6.79	7.15
TURB INICIAL	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1
% REMOCION	96%	97%	97%	97%	97%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huasi de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	197.1	NTU	MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	23.5	°C	Tiempo:		seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		15 min	
Conductividad :	344	µS/cm	Velocidad:		300 RPM		2,000 ml		Velocidad:		40 RPM		0 RPM	
J	A R R A	pH	Coagulante Sulfato Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/l		Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)		Tiempo de Formación del Floc seg.		pH		Turbiedad Residual UNT		Color Residual U.C.	
1			30		6		30		7.92		15		0.191	
2			31		6.2		25		7.85		15		0.192	
3			32		6.4		20		7.78		15		0.194	
4			33		6.6		20		7.67		12		0.197	
5			34		6.8		15		7.65		12		0.201	
6			35		7		20		7.61		15		0.204	

OTRAS OBSERVACIONES:

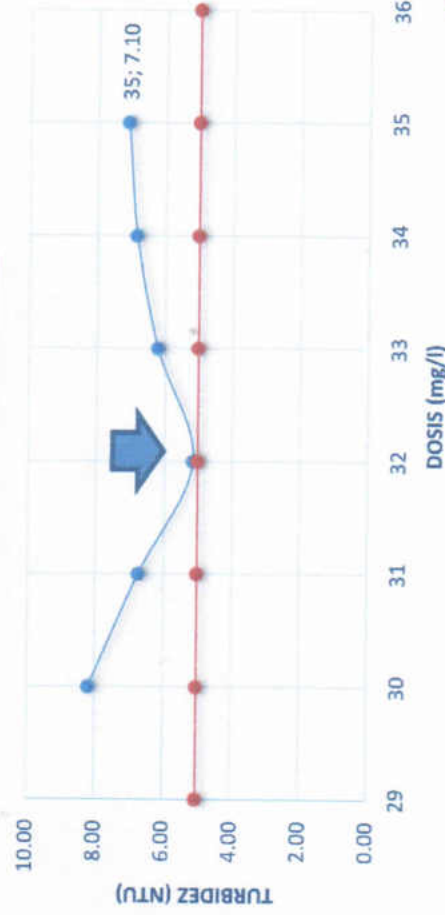
Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Temperatura del Agua 25°C



GRÁFICO Turbidez vs Dosis



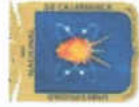
Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.14 NTU.

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	30	31	32	33	34	35
TURB. RESID.	8.19	6.74	5.14	6.21	6.84	7.1
TURB INICIAL	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1
% REMOCION	96%	97%	97%	97%	97%	96%

SUS GERENCIA
DE
PRODUCCION
CHICLAO



Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Hechos de la Universidad Proveen"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA DE INSUMO QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 5

Fecha: 17/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACIÓN mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
				MEZCLA RAPIDA						FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
Turbiedad: 197.1 NTU				Tiempo: 60 seg.				Volumen de Jarras 2,000 ml		Tiempo total : 15 min		Tiempo: 15 min		15 min	
Temperatura: 23.5 °C				Velocidad: 300 RPM						Velocidad: 40 RPM		RPM		0 RPM	
Conductividad : 344 µS/cm															
J	A	R	R	A	Alcal. Total mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)2 mg/l	Coagulante Sulfato Al A12(SO4)3 Vol (ml)	Ayudante Floculación Polimero mg/l	Ayudante Floculación Polimero Vol (ml)	Tiempo de Formación del Floc seg.	Indice de Wilcomb	pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.
1	8.06	289			289	30	6			30	4	7.90	15	8.14	0.191
2	8.06	289			289	31	6.2			20	4	7.85	15	6.80	0.194
3	8.06	289			289	32	6.4			20	4	7.75	15	5.06	0.195
4	8.06	289			289	33	6.6			20	6	7.71	15	6.29	0.200
5	8.06	289			289	34	6.8			20	6	7.65	15	6.8	0.204
6	8.06	289			289	35	7			20	6	7.59	15	7.14	0.202

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/W

Temperatura del Agua 25°C



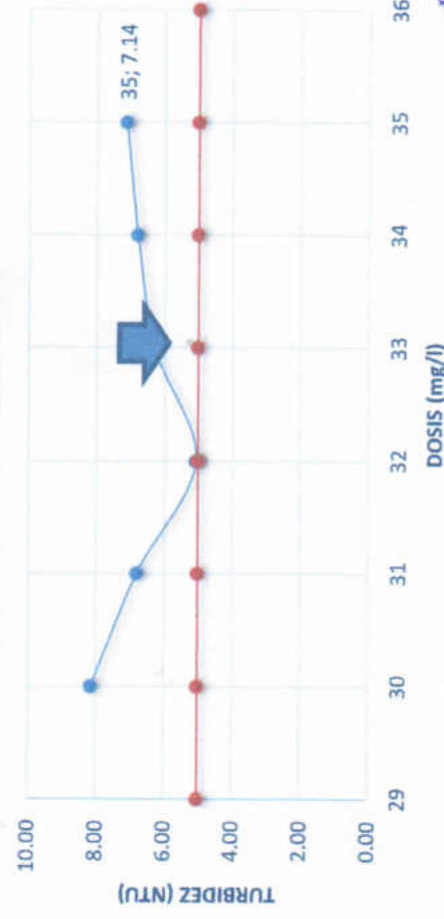
Dosis optima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio.

NOTA.- Con la dosis de 30 mg/L, se logra un agua decantada menor 5.06 NTU.

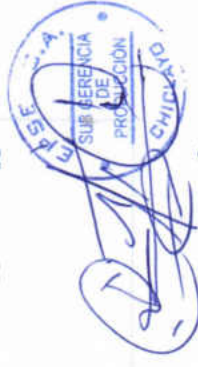
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMNIO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS - mg/L	30	31	32	33	34	35
TURB. RESID.	8.14	6.8	5.06	6.29	6.8	7.14
TURB INICIAL	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1	197.1
% REMOCION	96%	97%	97%	97%	97%	96%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Promotor"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 1

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	202.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	24.9	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	15	min		
Conductividad :	259	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	0	RPM		
J				Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Indice de Wilcomb		pH	Tiempo Sedimen. min	Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
A	7.92			30	6	0.15	0.6	10		7.84	15	4.30		0.189	
R	7.92			30	6	0.16	0.64	10		7.79	15	4.48		0.191	
R	7.92			30	6	0.17	0.68	10		7.70	15	3.45		0.190	
A	7.92			30	6	0.18	0.72	10		7.65	15	2.25		0.192	
1	7.92			30	6	0.19	0.76	10		7.62	15	1.98		0.19	
2	7.92			30	6	0.2	0.8	10		7.57	15	2.23		0.191	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

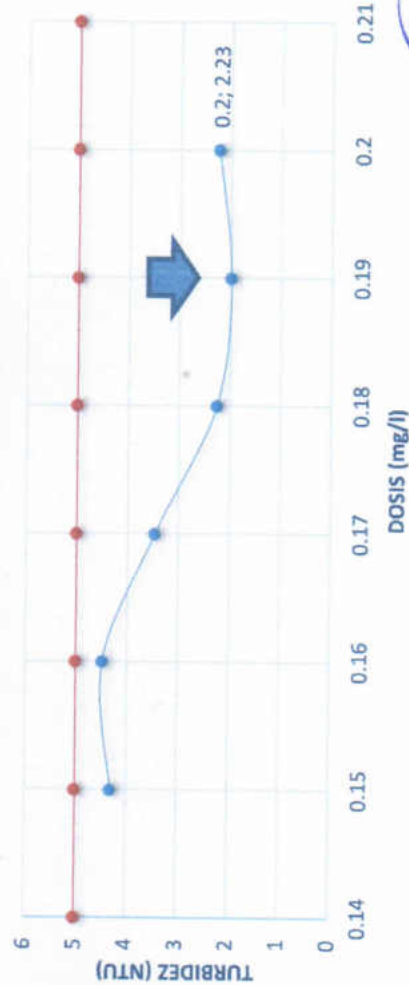
Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



Dosis óptima: 30 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.19 mg/l de polimero

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT — LMP



NOTA.- Con dosis de 30 mg/L + 0.19 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 1.98 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	30	30	30	30	30	30
DOSIS Poli. mg/l	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	4.3	4.48	3.45	2.25	1.98	2.23
TURB INICIAL	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74
% REMOCION	98%	98%	98%	99%	99%	99%



DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 2

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				
Turbiedad:	202.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	24.9	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		15	min	15	min	
Conductividad:	259	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		40	RPM	Velocidad:		0 RPM
J														
A														
R														
R														
A														
1	7.92			Coagulante Sulfato Al mg/l	Coagulante Sulfato Al Vol (ml)	Ayudante Floculación mg/l	Ayudante Floculación Vol (ml)	Indice de Wilcomb	Tiempo de Formación del Floc seg.		Turbiedad Residual UNT	Color Residual U.C.	Coagulante Residual mg/l	
2	7.92			30	6	0.15	0.6	6	10		4.28		0.19	
3	7.92			30	6	0.16	0.64	6	10		4.52		0.191	
4	7.92			30	6	0.17	0.68	8	10		3.4		0.192	
5	7.92			30	6	0.18	0.72	8	10		2.23		0.191	
6	7.92			30	6	0.19	0.76	8	10		1.94		0.19	
				30	6	0.2	0.8	6	10		2.26		0.191	

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V



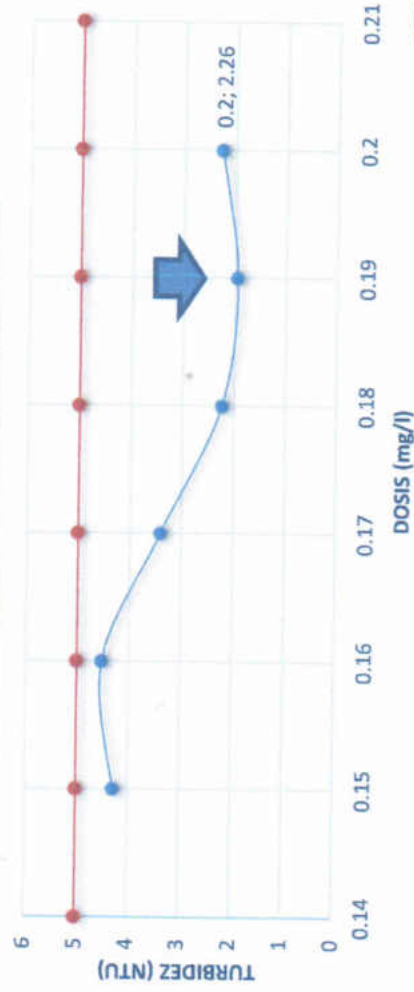
Dosis óptima: 30 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.19 mg/l de polímero

NOTA.- Con dosis de 30 mg/L + 0.19 mg/L de polímero, se logra un agua decantada menor 1.94 NTU

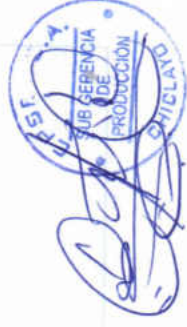
REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	30	30	30	30	30	30
DOSIS Poli. mg/l	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	4.28	4.52	3.4	2.23	1.94	2.26
TURB INICIAL	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74
% REMOCION	98%	98%	98%	99%	99%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



● Turbiedad Residual UNT ● LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huaco de la Universidad Peruviana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

Fuente Río Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 3

Fecha: 19/03/2025

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	202.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION			SEDIMENTACIÓN		
Temperatura:	24.9	°C		Tiempo:	60	seg.		Volumen de Jarras		Tiempo total :	15	min	Tiempo:	15	min
Conductividad :	259	µS/cm		Velocidad:	300	RPM		2,000 ml		Velocidad:	40	RPM	Velocidad:		0
J															
A															
R															
R															
A															
1	7.92			30	6	0.15	0.6	12	6	7.89	15	4.25	Color Residual U.C.		0.192
2	7.92			30	6	0.16	0.64	12	6	7.84	15	4.44			0.192
3	7.92			30	6	0.17	0.68	12	8	7.77	15	3.47			0.190
4	7.92			30	6	0.18	0.72	12	8	7.69	15	2.31			0.191
5	7.92			30	6	0.19	0.76	12	8	7.65	15	1.96			0.191
6	7.92			30	6	0.2	0.8	12	6	7.60	15	2.28			0.193

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

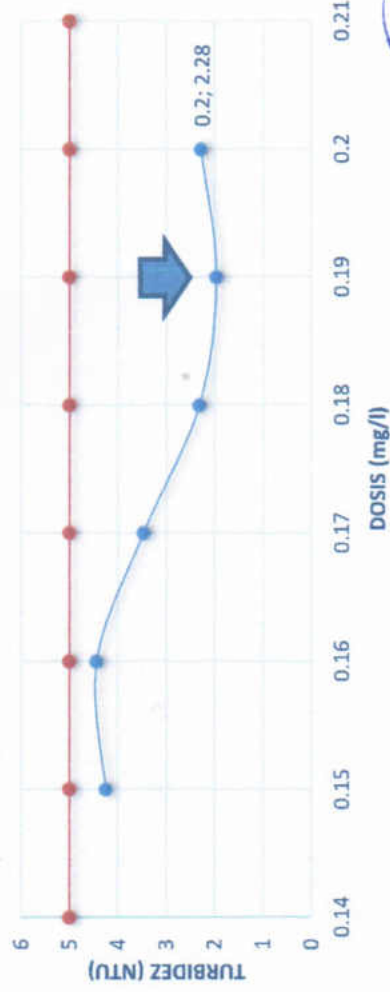
Dosis óptima: 30 mg/L. de Sulfato de Aluminio + 0.19 mg/l de polímero

NOTA.- Con dosis de 30 mg/L + 0.19 mg/L de polímero, se logra un agua decantada menor 1.96 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	30	30	30	30	30	30
DOSIS Poli. mg/l	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	4.25	4.44	3.47	2.31	1.96	2.28
TURB INICIAL	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74
% REMOCION	98%	98%	98%	99%	99%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP





Universidad
Nacional de
Cajamarca
"Huerto de la Universidad Peruana"

DETERMINACIÓN DE DOSIS OPTIMA COMBINADA DE INSUMOS QUIMICO SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO
Fuente Rfo Chancay - Laguna Boró I.

PRUEBA DE JARRAS-PTAP N° 01

REPETICIÓN 4

AGUA CRUDA				DOSIFICACION mg/l				OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA					
Turbiedad:	202.74	NTU		MEZCLA RAPIDA						FLOCULACION		SEDIMENTACIÓN			
Temperatura:	24.9	°C		60	seg.			Volumen de Jarras		Tiempo total :		Tiempo:		15	
Conductividad :	259	µS/cm		300	RPM			2,000 ml		Velocidad:		RPM		0	
										pH		Turbiedad Residual		Color Residual	
J								Indice de Wilcomb		min		UNT		U.C.	
A								Tiempo de Formación del Floc		seg.				mg/l	
1	7.92			30	0.15	0.6		10		10		15		4.32	0.191
2	7.92			30	0.16	0.64		10		10		15		4.50	0.192
3	7.92			30	0.17	0.68		10		10		15		3.49	0.190
4	7.92			30	0.18	0.72		10		10		15		2.24	0.192
5	7.92			30	0.19	0.76		15		15		15		2.00	0.191
6	7.92			30	0.2	0.8		15		15		15		2.25	0.192

OTRAS OBSERVACIONES:

Orden de aplicación de los productos químicos.

Sulfato de Aluminio al 1 % W/V

Polimero Cationico al 0.5% W/V

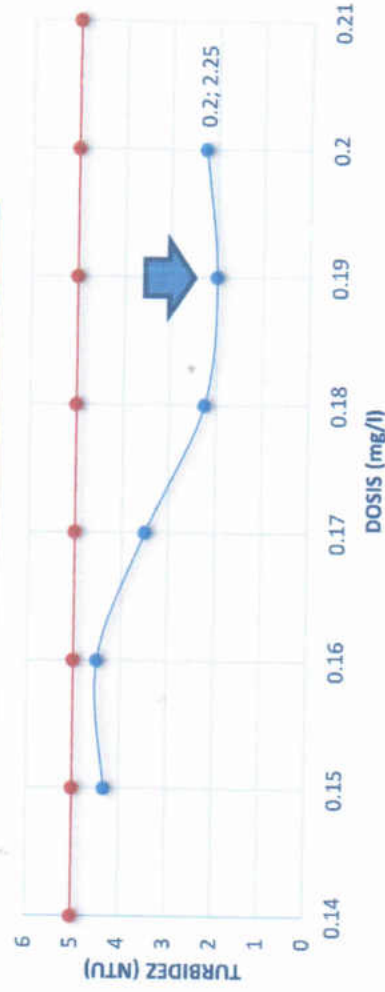
Dosis óptima: 30 mg/L de Sulfato de Aluminio + 0.19 mg/l de polimero

NOTA - Con dosis de 30 mg/L + 0.19 mg/L de polimero, se logra un agua decantada menor 2.00 NTU

REMOCION DE TURBIEDAD CON SULFATO DE ALUMINIO Y POLIMERO CATIONICO

N° JARRAS	1	2	3	4	5	6
DOSIS SA mg/l	30	30	30	30	30	30
DOSIS Pol. mg/l	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
TURB. RESID.	4.32	4.5	3.49	2.24	2.00	2.25
TURB INICIAL	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74	202.74
% REMOCION	98%	98%	98%	99%	99%	99%

GRÁFICO Turbidez vs Dosis Combinada



—●— Turbiedad Residual UNT —●— LMP



ANEXO G: Consolidado de Prueba de Jarras.



**CONSOLIDADO DE REPETICIONES DE ENSAYOS DE
PRUEBA DE JARRAS DE COAGULANTE SA.**

TURBIDEZ	17.9	NTU
-----------------	-------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	7	8	9	10	11	12
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	14.2	12.2	10.39	7.25	4.25	6.25
2	13.9	12.7	11.46	6.87	4.22	6.54
3	13.72	12.61	10.87	6.92	4.28	5.12
4	13.56	12.57	10.42	7.18	4.03	5.98
5	14.11	12.42	11.3	6.92	3.56	5.12
PROM.	13.898	12.5	10.888	7.028	4.068	5.802

TURBIDEZ	25.7	NTU
-----------------	-------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	5	7	9	11	13	15
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	11.25	10.98	7.58	2.93	3.28	4.5
2	10.9	10.47	7.69	2.46	3.57	3.99
3	11.12	10.81	7.42	3.03	3.33	4.2
4	11.03	11.77	7.57	3.02	2.92	4.36
5	10.97	10.62	7.71	3	3.41	4.26
PROM.	11.054	10.93	7.594	2.888	3.302	4.262

TURBIDEZ	38.8	NTU
-----------------	-------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	10	11	12	13	14	15
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	10.25	7.63	5.51	2.54	3.47	3.85
2	9.98	7.54	5.47	2.38	3.52	3.68
3	10.12	7.7	5.62	2.61	3.54	3.77
4	10.07	7.58	5.31	2.42	3.34	3.72
5	10.13	7.61	5.58	2.5	3.43	3.61
PROM.	10.11	7.612	5.498	2.49	3.46	3.726

TURBIDEZ	52.9	NTU
-----------------	-------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	15	16	17	18	19	20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	7.5	6.89	5.2	3.22	4.55	4.53
2	7.32	6.71	5.34	3.47	4.41	4.49
3	7.47	6.73	5.39	3.36	4.5	4.46
4	7.39	6.8	5.18	3.29	4.47	4.55

5	7.53	6.82	5.27	3.3	4.4	4.51
PROM.	7.442	6.79	5.276	3.328	4.466	4.508

TURBIDEZ	68.2	NTU
-----------------	-------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	15	16	17	18	19	20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	9.70	8.10	6.50	4.32	5.12	5.56
2	9.87	7.96	6.36	4.27	5.01	5.36
3	9.69	7.90	6.47	4.20	5.08	5.24
4	9.74	8.12	6.52	4.31	4.98	5.47
5	9.80	8.00	6.60	4.24	4.99	5.40
PROM.	9.76	8.016	6.49	4.268	5.036	5.406

TURBIDEZ	89.13	NTU
-----------------	--------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	20	21	22	23	24	25
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	10.65	8.74	5.84	3.02	3.80	4.26
2	10.60	8.64	5.69	2.96	3.71	4.14
3	10.59	8.70	5.72	2.99	3.77	4.10
4	10.62	8.67	5.80	3.00	3.70	4.19
5	10.66	8.72	5.77	3.08	3.74	4.21
PROM.	10.62	8.694	5.764	3.01	3.744	4.18

TURBIDEZ	102.6	NTU
-----------------	--------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	20	22	24	26	26	30
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	20.40	16.70	11.30	5.02	7.00	7.25
2	21.23	16.48	11.21	5.00	7.05	7.36
3	20.17	16.32	11.20	4.98	6.91	7.28
4	21.06	16.67	11.14	4.95	6.89	7.32
5	21.00	16.54	11.29	4.90	6.98	7.30
PROM.	20.77	16.542	11.228	4.97	6.966	7.302

TURBIDEZ	118.7	NTU
-----------------	--------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	22	24	26	28	30	32
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	16.56	9.21	8.13	4.90	6.40	7.15
2	16.31	9.18	8.01	4.78	6.37	7.18
3	16.47	9.24	8.00	4.84	6.33	7.20
4	16.50	9.19	8.17	4.89	6.30	7.17
5	16.42	9.20	8.11	4.80	6.39	7.15
PROM.	16.45	9.204	8.084	4.842	6.358	7.17

TURBIDEZ	137.12	NTU
-----------------	---------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	24	26	28	30	32	34
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	10.47	7.24	6.54	4.03	5.66	5.29
2	10.30	7.21	6.48	4.00	5.42	5.13
3	10.39	5.17	6.51	3.88	5.57	5.26
4	10.40	7.16	6.46	3.97	5.61	5.30
5	10.44	7.20	6.52	3.92	5.48	5.19
PROM.	10.40	6.796	6.502	3.96	5.548	5.234

TURBIDEZ	156.6	NTU
-----------------	--------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	26	27	28	29	30	31
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	8.98	7.64	6.90	5.30	6.02	6.65
2	8.92	7.60	6.94	5.28	6.00	6.59
3	8.96	7.58	6.89	5.25	5.98	6.60
4	8.90	7.62	6.96	5.23	5.94	6.63
5	8.94	7.68	6.90	5.29	6.08	6.61
PROM.	8.94	7.624	6.918	5.27	6.004	6.616

TURBIDEZ	197.1	NTU
-----------------	--------------	------------

REP.	DOSIS SA (ppm)					
	30	31	32	33	34	35
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	8.20	6.78	5.11	6.24	6.80	7.13
2	8.17	6.72	5.18	6.20	6.87	7.19
3	8.11	6.81	5.02	6.28	6.79	7.15
4	8.19	6.74	5.14	6.21	6.84	7.10
5	8.14	6.80	5.06	6.29	6.80	7.14
PROM.	8.16	6.77	5.102	6.244	6.82	7.142

**CONSOLIDADO DE REPETICIONES DE ENSAYOS DE
PRUEBA DE JARRAS DE COAGULANTES COMBINADOS**

TURBIDEZ	18.56	NTU
-----------------	--------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	8 + 0.10	8 + 0.12	8 + 0.14	8 + 0.16	8 + 0.18	8 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.56	2.58	0.86	1.33	2.79	3.25
2	5.05	2.67	1.67	1.20	2.46	3.17
3	4.87	2.81	0.97	1.48	2.87	3.02
4	4.91	3.02	1.11	1.45	3.26	3.61
5	5.00	2.74	1.05	2.02	2.81	3.22
PROM.	4.88	2.764	1.132	1.496	2.838	3.254

TURBIDEZ	27.88	NTU
-----------------	--------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	9 + 0.10	9 + 0.12	9 + 0.14	9 + 0.16	9 + 0.18	9 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	3.68	2.98	1.05	1.89	2.06	2.52
2	3.12	2.67	0.92	1.92	2.17	2.34
3	3.44	2.88	1.09	1.77	2.21	2.38
4	3.21	2.71	1.14	1.81	2.18	2.47
5	3.57	2.97	0.98	1.74	2.01	2.50
PROM.	3.40	2.842	1.036	1.826	2.126	2.442

TURBIDEZ	36.2	NTU
-----------------	-------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	11 + 0.10	11 + 0.12	11 + 0.14	11 + 0.16	11 + 0.18	11 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.86	3.12	0.76	2.46	3.80	4.23
2	5.12	3.07	0.67	2.33	3.71	4.17
3	5.04	2.96	0.81	2.57	3.62	4.26
4	4.99	3.00	0.74	2.40	3.79	4.09
5	4.92	3.14	0.80	2.45	3.69	4.20
PROM.	4.99	3.058	0.756	2.442	3.722	4.19

TURBIDEZ	55.63	NTU
-----------------	--------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	15 + 0.10	15 + 0.12	15 + 0.14	15 + 0.16	15 + 0.18	15 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.56	3.52	1.33	0.86	2.20	3.25
2	4.49	3.48	1.28	0.79	2.28	3.17
3	4.52	3.36	1.30	0.82	2.31	3.28

4	4.46	3.49	1.36	0.81	2.25	3.30
5	4.57	3.50	1.41	0.85	2.22	3.27
PROM.	4.52	3.47	1.336	0.826	2.252	3.254

TURBIDEZ	72.00	NTU
-----------------	--------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	16 + 0.10	16 + 0.12	16 + 0.14	16 + 0.16	16 + 0.18	16 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	5.21	3.52	2.24	1.75	0.94	2.56
2	5.54	3.49	2.20	1.54	0.85	2.38
3	5.37	3.50	2.17	1.61	0.81	2.41
4	5.44	3.43	2.21	1.72	0.86	2.49
5	5.40	2.50	2.18	1.70	0.90	2.40
PROM.	5.39	3.288	2.2	1.664	0.872	2.448

TURBIDEZ	87.60	NTU
-----------------	--------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	20 + 0.10	20 + 0.12	20 + 0.14	20 + 0.16	20 + 0.18	20 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.40	3.52	1.10	0.52	0.94	2.56
2	4.32	3.50	1.14	0.49	0.96	2.38
3	4.30	3.47	1.09	0.50	1.01	2.47
4	4.47	3.45	1.01	0.55	1.07	2.50
5	4.39	3.51	1.12	0.51	0.98	2.42
PROM.	4.38	3.49	1.092	0.514	0.992	2.466

TURBIDEZ	100.14	NTU
-----------------	---------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	22 + 0.10	22 + 0.12	22 + 0.14	22 + 0.16	22 + 0.18	22 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	8.20	6.51	4.20	1.16	2.56	2.89
2	8.14	6.50	4.18	1.22	2.49	2.92
3	8.17	6.47	4.20	1.19	2.50	2.90
4	8.20	6.62	4.24	1.20	2.54	2.86
5	8.11	6.58	4.21	1.18	2.58	2.80
PROM.	8.16	6.536	4.206	1.19	2.534	2.874

TURBIDEZ	120.30	NTU
-----------------	---------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	24 + 0.12	24 + 0.14	24 + 0.16	24 + 0.18	24 + 0.20	24 + 0.22
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	7.02	5.12	3.98	0.98	1.25	2.26
2	7.00	5.08	3.87	0.84	1.20	2.30
3	6.97	5.10	3.82	0.92	1.26	2.28
4	6.92	5.04	3.91	0.90	1.21	2.22
5	6.94	5.00	3.88	0.86	1.20	2.24

PROM.	6.97	5.068	3.892	0.9	1.224	2.26
--------------	-------------	--------------	--------------	------------	--------------	-------------

TURBIDEZ	132.74	NTU
-----------------	---------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	26 + 0.12	26 + 0.14	26 + 0.16	26 + 0.18	26 + 0.20	26 + 0.22
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.52	3.12	1.12	0.74	2.00	2.12
2	4.50	3.01	1.10	0.72	1.98	2.01
3	4.47	3.00	1.08	0.70	1.96	1.98
4	4.49	3.08	1.08	0.71	1.99	2.09
5	4.50	3.10	1.10	0.72	2.00	1.99
PROM.	4.50	3.062	1.096	0.718	1.986	2.038

TURBIDEZ	160.42	NTU
-----------------	---------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	27 + 0.15	27 + 0.16	27 + 0.17	27 + 0.18	27 + 0.19	24 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	5.20	4.56	3.20	1.12	1.89	2.12
2	5.17	4.50	3.24	1.15	1.90	2.10
3	5.15	4.52	3.28	1.18	1.92	2.18
4	5.22	4.58	3.19	1.20	1.98	2.11
5	5.19	4.60	3.21	1.16	1.96	2.20
PROM.	5.19	4.552	3.224	1.162	1.93	2.142

TURBIDEZ	202.74	NTU
-----------------	---------------	------------

REPET.	DOSIS SA + POLIMERO (ppm)					
	30+ 0.15	30 + 0.16	30 + 0.17	30 + 0.18	30 + 0.19	30 + 0.20
	TURBIDEZ RESIDUAL					
1	4.30	4.48	3.45	2.25	1.98	2.23
2	4.28	4.52	3.40	2.23	1.94	2.26
3	4.25	4.44	3.47	2.31	1.96	2.28
4	4.32	4.50	3.49	2.24	2.00	2.25
5	4.29	4.49	3.41	2.30	2.08	2.21
PROM.	4.29	4.486	3.444	2.266	1.992	2.246

**ANEXO H: Plano de Ubicación de
Captación Lagunas Boro I y II.**

**ANEXO I: Plano de Ubicación de
PTAP N° 1 – Chiclayo.**

**ANEXO J: Plano Perimétrico de la
PTAP N° 1 – Chiclayo.**

ANEXO K: Plano de Obra de Reparto

PTAP N° 1 – Chiclayo.