

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DEL USO DE $Al_2(SO_4)_3$ (SULFATO DE ALUMINIO) Y CARBÓN
ACTIVADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS
EFLUENTES PROVENIENTES DE LAVANDERIAS INDUSTRIALES**

PRESENTADO POR LA BACHILLER

BERTINA SALCEDO RAMOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA AMBIENTAL

AREQUIPA – PERÚ

2019

A mi madre Nivia Mercedes Ramos Rosales, quien me apoyó y educó en todos los años de mi vida, también en mi etapa universitaria y en el desarrollo de esta investigación.

A la magíster Silvia Tapia Meldrano, mi asesora técnica, por su gran apoyo y buenos consejos durante el tiempo de realización de mi tesis.

A Winder Yoshiro Pacheco Gonzales, mi compañero y mi apoyo de tantos años.

A la Lic. Quim. Victoria Frisancho Motta, Gerente del laboratorio de análisis químicos “Laq & S”, por su destacable apoyo y conocimiento en los análisis de laboratorio.

RESUMEN

En el siguiente proyecto de investigación, se aborda la coagulación y floculación en efluentes de lavanderías industriales; para estos procesos, es necesario el uso de sustancias coagulantes para así formar químicamente la floculación y sedimentación de coloides. Entre los más utilizados están las sales metálicas como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico; por otro lado, tenemos el carbón activado, sílice activada, e hidróxido de calcio son usados como coayudantes de coagulación y son bastante efectivos con una previa correcta implementación; esto quiere decir, una agitación y dosis eficientes.

Para la aplicación de esta investigación, se tomó como efluentes a ser tratados las aguas residuales de lavanderías. Estos efluentes son caracterizados por su alto contenido en detergentes, sólidos suspendidos, sulfatos, materia orgánica, entre otros componentes. Como coagulante, se escogió al sulfato de aluminio por ser un poderoso coagulante y de los más efectivos; este tuvo como principal función la remoción de sólidos y coloides. Como coayudantes de coagulación, se escogió el carbón activado el cual tendrá como función principal la adsorción de sustancias orgánicas como detergentes, aceites y grasas. Para la ejecución de este experimento, se tomaron muestras directamente del conducto de salida al desagüe de la lavadora industrial tipo horizontal del establecimiento lavanderías “El Cayro”; luego se enviaron las muestras al laboratorio “LAQ” donde se realizaron los análisis de los parámetros del anexo 01 de la norma D.S N°001-2015. Los resultados mostraron que se sobrepasan los niveles establecidos en el D.S N° 021-2009-Vivienda y su modificatoria D.S. N° 001-2015-VIVIENDA. Para el diseño experimental y su posterior análisis estadístico de la investigación, se utilizó el diseño factorial de 2² con el cual se determinó que la mejor concentración fue de 800 mg/L para el sulfato de aluminio y 3g/l para el carbón activado; reduciendo los parámetros de DBO de 1 890 mg/l a 210 mg/l , demanda química de oxígeno de 1 968 mg/l a 560 mg/l, sólidos suspendidos totales de 455 mg/l a 210mg/l, aceites y grasas 76.8 mg/ l a 46.8 mg/ l e incluso pH que inicialmente era de 10.27 fue reducido dentro de la norma a lo correspondiente en los Valores Máximos Admisibles.

Palabras claves: Efluentes de lavandería industriales, tratamiento de efluentes, tratamiento primario, floculación, coadyuvante de coagulación.

ABSTRACT

In this research work, the issue of coagulation and flocculation in effluents of industrial laundries was addressed, for these processes the use of coagulants is necessary to chemically form the flocculation and sedimentation of colloids; Among the most used are metal salts such as aluminum sulfate and ferric chloride; activated carbon, activated silica, calcium hydroxide are used as coagulants and are quite effective with a previous correct implementation, this means an agitation and efficient doses.

For the application of this research, waste effluents were treated as effluents, characterized because of their high content of detergents, suspended solids, sulphates, organic matter, among other components; As a coagulant, aluminum sulfate was chosen because it is a powerful coagulant and one of the most effective, this had as its main function the removal of solids and colloids as a coagulation aid, activated carbon was chosen, which will have as its main function the adsorption of organic substances such as detergents and oils.

For the execution of this experiment, samples were taken directly from the outlet pipe to the drain of the horizontal industrial washer of the "El Cayro" laundries establishment, then the samples were sent to the "LAQ" laboratory where the biochemical oxygen demand analysis was carried out, Chemical demand for oxygen, total suspended solids, oils. The results showed that the levels established in D.S N° 021-2009-Vivivenda and its modification D.S. N° 001-2015-VIVIENDA. A factorial design of 22 was used, which determined that the best concentration was 800 mg / l for aluminum sulphate, and 3g / l for activated carbon, reducing the parameters of biochemical oxygen demand from 1,890 mg / l to 210 mg / l, chemical oxygen demand from 1 968 mg / l to 560 mg / l, total suspended solids from 455 mg / l to 210mg / l, and oils from 76.8 mg / to 46.8 mg / le, including pH that initially was 10.27 reduced within the norm to 6 corresponding to the Admissible Maximum Values.

Keywords: Industrial laundry effluents, effluent treatment, primary treatment, flocculation, coagulation coadjuvant.

INTRODUCCIÓN

Los procesos físico químicos de coagulación y floculación, juegan un papel importante en el tratamiento de aguas residuales, la primera se refiere al proceso de desestabilización química de coloides con el objetivo de reducir las fuerzas de separación fisicoquímicas entre ellos; ahora bien, la floculación está definida como la formación de aglomerados de partículas pequeñas que andan sueltas, se le denominan “Flocs” a estas aglomeraciones. La eficacia de este proceso depende de múltiples factores. Este tipo de tratamiento es adoptado en muchos rubros de industrias y comercios, esta tesis está enfocada en el sector de las lavanderías industriales, estos establecimientos lavan diariamente grandes cantidades de ropa, consumiendo voluminosas cantidades de agua y energía por los procesos propios de su funcionamiento; además, el uso de detergentes suavizantes y blanqueadores generan vertidos contaminantes que son desaguados en el alcantarillado y dirigidos hacia una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, las cuales no son diseñadas para tratar aguas de este tipo por lo que deben tratarse antes de ser desaguadas.

Esta tesis tuvo como propósito la evaluación del coagulante sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, usada para desestabilizar las cargas de los coloides en la turbiedad del agua y el polímero orgánico, coadyuvante de coagulación del carbón activado que actúa como poderoso adsorbente orgánico. Se tomó como referencia los parámetros y sus concentraciones establecidos en el anexo 01 de la norma “Valores máximos admisibles” con D.S N° 021-2009-VIVIENDA y su modificatoria D.S N° 001-2015-VIVIENDA; estas últimas tienen como finalidad regular la contaminación de descarga de usuarios no domésticos al sistema de alcantarillado sanitario.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 Caracterización de la realidad problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación.....	16
1.5 Importancia.....	17
1.6 Limitaciones.....	17
CAPÍTULO II.....	19
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
2.1 Marco referencial.....	19
2.1.1 Antecedentes teóricos de la investigación.....	19
2.2 Marco legal.....	21
2.2.1 Marco legal sectorial.....	21

2.3	Marco conceptual.....	23
2.4	Marco Teórico.....	23
2.4.1	Impacto Ambiental de Lavanderías.....	23
2.4.2	Situación nacional del tratamiento de aguas residuales.....	24
2.4.3	Impacto de las descargas de aguas residuales no domésticas en la infraestructura sanitaria.....	24
2.4.4	Parámetros del anexo N° 01 del decreto N° 021-2009-Vivienda.....	25
2.4.5	COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN.....	27
2.4.6	COAGULACIÓN.....	28
2.4.7	FLOCULACIÓN.....	31
2.4.8	SULFATO DE ALUMINIO.....	32
2.4.9	CARBÓN ACTIVADO.....	33
CAPÍTULO III.....		37
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....		37
3.1	Metodología.....	37
3.1.1	Método de investigación.....	37
3.1.2	Procedimiento para la toma de muestras.....	37
3.1.3	Tipo de investigación.....	44
3.1.4	Nivel de la investigación.....	44
3.2	Diseño de la investigación.....	45
3.3	Hipótesis de la investigación.....	46
3.3.1	Hipótesis general.....	46
3.3.2	Hipótesis Específicas.....	46
3.4	Variables.....	46
3.5	Cobertura del Estudio.....	47
3.5.1	Universo.....	47
3.5.2	Población.....	47
3.5.3	Muestra.....	48
3.5.4	Muestreo.....	48
3.6	Técnicas e instrumentos.....	48
3.6.1	Técnicas de la investigación.....	48

3.7	Instrumentos de la investigación.....	48
3.7.1	Fuentes.....	49
3.8	Procesamiento estadístico de la información.....	49
3.8.1	Estadísticos.....	49
3.9	Representación por variables.....	50
CAPÍTULO IV.....		52
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....		52
4.1	Resultados del análisis del efluente inicial.....	52
4.2	Análisis estadístico.....	64
4.3	Efectos de las variables.....	64
4.4	Contrastación de hipótesis.....	65
4.5	Costo Beneficio.....	66
4.5.1	Beneficio para la empresa.....	68
4.5.2	Gestión de Residuos Sólidos Peligrosos resultantes del uso de $Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de aluminio) y carbón activado.....	70
4.5.3	Aporte de la investigación.....	70
CONCLUSIONES.....		71
RECOMENDACIONES.....		72
BIBLIOGRAFÍA.....		73
ANEXOS.....		74

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

- **VMA:** Valor Máximo Admisible
- **EPS:** Empresas de prestación de Servicios de Saneamiento
- **UND:** Usuarios no Domésticos
- **A y G:** Aceites y gasas
- **mg/l:** Miligramos por litro
- **g/l:** Gramos por litros
- **Ppm:** Partes por millón
- **Rpm:** Revolución por minuto
- **DS:** Decreto Supremo
- **SUNASS:** Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
- **INACAL:** Instituto Nacional de Calidad
- **pH:** Potencial de hidrógeno
- **SDBS:** Sulfonato Dodecyl del benceno del sodio
- **STD:** Sólidos totales Disueltos
- **SEDAPAR:** Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa
- **OD:** Oxígeno Disuelto

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades física y químicas del Sulfato de aluminio	33
Tabla 2. Propiedades física y químicas del Sulfato de aluminio	47
Tabla 3. Resultados de la muestra inicial	52
Tabla 4. Resultados obtenidos de la prueba de sedimentación.....	55
Tabla 5. Resultados de la 1 ^{ra} combinación: 800ppm de Sulfato de aluminio y 3g/l de carbón activado.....	56
Tabla 6. Resultados de la 2 ^{da} combinación: 800ppm de Sulfato de aluminio y 1g/l de carbón activado.....	57
Tabla 7. Resultados de la 3 ^{ra} combinación: 600ppm de Sulfato de aluminio y 2g/l de carbón activado (puntos centrales)	59
Tabla 8. Resultados de la 4 ^{ta} combinación: 600ppm de Sulfato de aluminio y 2g/l de carbón activado (repetición de puntos centrales)	59
Tabla 9. Resultados de la 5 ^{ta} combinación: 400ppm de Sulfato de aluminio y 3g/l de carbón activado.....	61
Tabla 10. Resultados de la 6 ^{ta} combinación: 400ppm de Sulfato de aluminio y 1g/l de carbón activado.....	62
Tabla 11. Resultados de la 7 ^{ma} combinación: 200 ppm de Sulfato de aluminio y 1g/l de carbón activado (punto axial).....	63
Tabla 12: Niveles y notaciones para cada factor	74
Tabla 13: Cuadro de tratamientos del diseño factorial	75
Tabla 14: Análisis de Varianza para DBO	76
Tabla 15. Análisis de Varianza para DQO	77
Tabla 16. Análisis de Varianza para SST	78
Tabla 17. Análisis de Varianza para A y G	79
Tabla 18. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo.	80
Tabla 19. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo.	81
Tabla 20. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo	81
Tabla 21. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración de oxígeno residual en el DBO	25
Figura 2. Fuerzas de atracción y repulsión	28
Figura 3. Atrapamiento de las partículas en un Floc	29
Figura 4. Diagrama de las etapas de la coagulación.....	30
Figura 5. Fases de coagulación.....	30
Figura 6. Diagrama de flujo de experimento.....	39
Figura 7. Efectos principales para DBO.....	83
Figura 8. Efectos principales para DQO.....	83
Figura 9. Efectos principales para A y G.....	84
Figura 10. Efectos principales para SST	84
Figura 11. Interacción entre factores para DBO.....	85
Figura 12. Interacción de factores para DQO.....	86
Figura 13. Interacción entre factores para A y G	86
Figura 14. Interacción para SST	87
Figura 15. Efectos normales para DBO.....	87
Figura 16. Efectos normales para DQO.....	88
Figura 17. Efectos normales para A y G	88
Figura 18. Efectos normales para SST	89
Figura 19. Muestras iniciales enviadas al laboratorio.....	90
Figura 20. Preparación de muestras en el laboratorio.....	90
Figura 21. calibración del PH metro.....	90
Figura 22. Medición de pH inicial	90
Figura 23. Agitación de coagulante.....	91
Figura 24. Pesado de coagulantes.....	91
Figura 25. Prueba de sedimentación.....	91
Figura 26. Sedimentación de la concentración: 800 ppm de sulfato de aluminio y 3 gr/l de carbón activado	91
Figura 27. Sedimentación de concentración 600ppm de sulfato de aluminio y 2 gr/l de C.activado.....	92

Figura 28. sedimentación de concentración: 800 ppm de sulfato de aluminio y 1 g/l de C. activado.....	92
Figura 29. Sedimentación de concentraciones menores a 600 ppm de sulfato de aluminio.....	92
Figura 30. Sedimentación de la concentración: 800 ppm de sulfato de aluminio y 3 gr/l de carbón	92
Figura 31. Sedimentación de la concentración: 800 ppm de sulfato de aluminio y 3 gr/l de carbón activado.....	93
Figura 32. Medición de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales.....	93
Figura 33. Preparación de muestra para las pruebas de coagulación y floculación.....	93
Figura 34. Adición de carbón activado	93
Figura 35. Adición de carbón activado.....	94
Figura 36. Adición de sulfato de aluminio.....	94
Figura 37. Batido y agitación de coagulantes.....	94
Figura 38. Coagulación y floculación de 800ppm de Sulfato de aluminio y 3 g/l de C. activado.....	94
Figura 39. Sedimentación de la prueba de 800ppm de Sulfato de aluminio y 3 g/l de C. activado.....	95
Figura 40. Diferencia entre muestra inicial y la prueba de 800 ppm y 3 g/l.....	95
Figura 41. Combinación de 800 ppm de sulfato de aluminio y 1 g/l de carbón activado....	95
Figura 42. Sedimentación de la prueba de 800 ppm de sulfato de aluminio y 1 g/l de carbón activado.....	95
Figura 43. Coagulación y floculación de 600 ppm de Sulfato de aluminio y 2 gr/l (Punto central)	96
Figura 44. Coagulación y Floculación de 400 ppm de sulfato de aluminio y 3gr/l.....	96
Figura 45. Coagulación y floculación de 400 ppm de sulfato de Aluminio y 1 gr/ litro.....	96
Figura 46. Recolección de muestra para el laboratorio.....	96
Figura 47. Recolección de muestra para el laboratorio.....	97
Figura 48. Recolección de muestra tratada para el laboratorio	97
Figura 49. Muestra lista para enviar al laboratorio.....	97
Figura 50. Muestra de agua tratada lista para enviar al laboratorio	97

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Caracterización de la realidad problemática

Actualmente el tratamiento de aguas residuales no domesticas es una preocupación constante, pues estos efluentes causan daño a las instalaciones e infraestructura sanitarias, además de inconvenientes en el funcionamiento regular de las plantas de tratamiento urbano. Diariamente, todas las descargas de aguas residuales no domesticas que, al ser previamente recolectadas en la red de desagüe público, se transportan, tratan y son en general gestionadas por las EPS. Estos alcantarillados y sistemas de tratamiento, se han diseñado estrictamente para tratar aguas residuales domésticas, así pues, las aguas residuales no domesticas son representan un problema, añadido a esto se estima que del 100% solamente el 32,7% del total de aguas residuales gestionadas por las 50 EPS a nivel nacional recibieron algún tipo de tratamiento previo (SUNASS, 2013).

En nuestro país en busca de una regulación para preservar y proteger el correcto funcionamiento de las redes de desagüe y las PTAR, se establecieron diversos instrumentos para la gestión ambiental del sector saneamiento, por ejemplo, la norma del Ministerio de Vivienda D.S. N° 021-2009 VIVIENDA para usuarios no domésticos con descargas de efluentes a la red pública de alcantarillado que estipula, en el artículo N° 5 que las personas naturales o jurídicas con efluentes no domésticos deben implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Las lavanderías comerciales-industriales cuyos efluentes tengan como destino el sistema de alcantarillado urbano forman parte de este grupo de usuarios no domésticos; en estos establecimientos, el uso de detergentes industriales, blanqueadores y/o suavizantes dan como resultado efluentes que sin previo tratamiento estarían excediendo los valores máximos admisibles. Ante esta situación, se han venido desarrollando sistemas de reutilización y reciclado de efluentes de lavandería a nivel internacional de manera independiente y basándose en proyectos de investigación desarrollados sobre el mismo tema para agua gris de lavadoras.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo podemos mejorar la calidad de los efluentes que son vertidos al alcantarillado público por la empresa lavandería “El Cayro”?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué resultados dará la caracterización de los efluentes de lavadora provenientes de la lavandería “El Cayro”?
- ¿Cuál será el tiempo de sedimentación óptimo para las pruebas de coagulación y floculación?
- ¿Cuáles serán las dosis más efectivas de carbón activado y de $Al_2(SO_4)_3$ para el mejoramiento de la calidad de efluentes de lavadora en la lavandería “El Cayro”?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el uso de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (sulfato de aluminio) y carbón activado para el mejoramiento de la calidad de los efluentes provenientes de lavanderías industriales.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los efluentes provenientes de lavanderías industriales, caso Lavandería “El Cayro”.
- Determinar el tiempo de sedimentación óptimo para las pruebas de coagulación y floculación.
- Definir las dosis más efectivas de carbón activado y de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (Sulfato de Aluminio) para el mejoramiento de la calidad de efluentes de lavadora industriales, caso lavandería “El Cayro”.

1.4 Justificación

Justificación Económica

Representa un ahorro para la empresa, tanto en el recurso de agua (con el pago de servicios emitido en el recibo) y prevención de sanciones y multas por parte de SEDAPAR

Justificación Técnica

Requiere personal calificado, que optimice el proceso de mejoramiento de calidad de los efluentes provenientes de lavanderías industriales y para alcanzar la disposición final de residuos sólidos (mitigar la contaminación).

Justificación Social

Aporta a la cultura de prevención de cuidado y reutilización del agua con fines industriales mediante capacitación, sensibilización y entrenamiento del personal involucrado.

Justificación Legal

Representa una oportunidad para prevenir sanciones futuras y hasta la posible suspensión del servicio de alcantarillado de acuerdo al D.S. N° 021-2009 del Ministerio de Vivienda y Saneamiento y su modificatoria el D.S. N° 001-2015 Vivienda en conjunto con su reglamento Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA y la ley de Saneamiento Ley N° 26338 (Ley General de Servicios de Saneamiento) para regular y sancionar a los infractores que deterioren el servicio de agua, desagüe y alcantarillado.

Justificación Ambiental

Apunta a la prevención sobre el agotamiento del recurso hídrico y la responsabilidad social empresarial, en términos de mitigar la contaminación manteniendo valores por debajo de los parámetros permisibles.

Con esta investigación, se pretende aportar al campo del tratamiento de efluentes de lavandería con una nueva modalidad para poder obtener los mejores resultados,

Sin agua, el desarrollo y avance del ser humano no serían posibles, así como también no habría vida en el planeta; es muy importante que se refuerce la investigación y aportar soluciones.

1.5 Importancia

La presente tesis constituye una propuesta de solución para reducir el grado de contaminación de los efluentes industriales de lavanderías industriales, buscando así el cuidado y preservación del recurso hídrico; a su vez, representa una solución para los sectores de lavandería con descargas contaminantes a la red de alcantarillado público que generan afectaciones a los cuerpos de agua receptores y además sobrepasan los límites establecidos en la normativa ambiental nacional.

1.6 Limitaciones

La limitación más grande fue el requerimiento de una cantidad de muestra tras cada prueba de coagulación de un litro y medio, estas tuvieron la finalidad de mandarse al laboratorio para realizarle el análisis de DBO, DQO, SST y aceites y grasas a cada una; esto demandó usar jar- test con paletas giratorias más grandes con capacidad suficiente

para trabajar con dos litros por prueba de coagulación, para así poder sustraer al menos un litro y medio de muestra tratada.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Marco referencial

2.1.1 Antecedentes teóricos de la investigación

De acuerdo a la consulta de los antecedentes de la investigación, se ha dividido en tres tipos:

- ❖ Maldonado Páez (2008) en su trabajo de investigación titulado: **“ESTUDIO DE LA REMOCION DE DETERGENTES ANIONICOS TIPO SULFATO CON CARBON ACTIVADO”**, llevado a cabo en la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito, Ecuador, estudió cuál de las dos clases de carbones activados micro porosos adsorbe mayor cantidad de laurel sulfato de sodio, sustancia muy común en la preparación de detergentes. De los dos tipos de carbón activado, uno de estos fue un tipo de carbón activado hecho de cuesco de palmaste (tamaño de partícula 2,38-0,84 mm) y el otro de cuesco de coco, (tamaño de partícula de 3,36-1,69 mm); se realizaron ensayos de lechos agitados y en columnas empacados en el uso de soluciones de lauril sulfato de sodio de 2 mg/l. Se determinó con isotermas de adsorción que el tipo de carbón activado con mayor adsorción de lauril de sulfato de sodio fue el de cuesco de palmiste, pues ha logrado una remoción del 92% de este componente.

- ❖ En el proyecto de investigación **“AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ÓTIMAS PARA TRATAMENTO FÍSICOQUÍMICO DE EFLUENTE DE LAVANDERIA”** (EVALUACION DE LAS CONDICIONES OPTIMAS PARA TRATAMIENTO FISICOQUIMICO DE EFLUENTE DE LAVANDERIA) presentado en el XXI Simposio Brasileiro de recursos hídricos, en Brasilia, Brasil, se tuvo como objetivo el determinar las mejores condiciones para el proceso de coagulación-floculación para tratamientos de efluentes en lavanderías, para esto se trabajó a nivel de laboratorio con variaciones de dosis de sulfato de aluminio a través de prueba de jarras (jar- test), de manera que se obtenga la mayor eficiencia de remoción de turbidez de efluente generado, en este caso se utilizó el efluentes de una lavadora industrial que se especializa en lavado de Equipos de protección personal (EPP'S) y uniformes industriales, se genera 60,000 litros de efluentes por mes, se trabajó con muestras de 2 litros y se probaron los siguientes valores 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 miligramos por litro de sulfato de aluminio, estas muestras se colocaron en el equipo de prueba de jarras por un minuto a 300 revoluciones por minuto y se dejó reposar durante 30 minutos, concluyéndose entonces que para conseguir una mejor formación de flóculos se debe aumentar la alcalinidad a la muestra con carbonato de calcio (CaCO_3), se obtuvo que se registra mayor eficiencia de remoción de turbidez a partir de dosis de 400 mg/l en adelante (Oliveira Dassan , y otros, 2015)

- ❖ **“ADVANCED TREATMENT OF LAUNDRY WASTEWATER WITH COAGULATION AND FLOCCULATION”**. En este trabajo de investigación realizado en el año 2016 en la ciudad de Creta, Grecia, por Matthaios P. Kavvalakis Y George E. Dialynas en el laboratorio de análisis físico químico, microbiológico de agua y agua residual DIALYNAS S.A. Se realizaron análisis fisicoquímicos teniendo en cuenta que la mayoría de componentes en las aguas residuales de lavanderías son los tenso activos y surfactantes. Se realizaron análisis fisicoquímicos de surfactantes aniónicos, pH, sólidos suspendidos totales, DQO, DBO5. Según parámetros

fisicoquímicos, los valores de absorción de contaminantes entre 9 y el 92% se lograron en todos los casos en las condiciones estudiadas. El más eficiente agente de coagulación fue el sulfato de aluminio (dosis óptima de 75 mg / l) en combinación con Polielectrolitos (dosis óptima 25 mg / l) como coadyuvante de floculación. Los resultados fueron analizados mediante gráficos multifactoriales que revelaron que el porcentaje de eliminaciones variaron del 17.8 % para nitrógeno total a 89.7% para fósforo total.

Con el proceso de tratamiento propuesto, todos los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de lavandería examinadas se redujeron y cumple con los criterios para la eliminación en el sistema de alcantarillado (DIALYNAS, 2016, p.8)

2.2 Marco legal

- La constitución Política del Perú 1993

En el artículo N° 2, establece que toda persona tiene derecho a disfrute del tiempo libre y al descanso, y el goce de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos

Declara la actuación del Estado y los particulares en la gestión referida en la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, todo ello con arreglo a las disposiciones contenidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338.

2.2.1 Marco legal sectorial

- Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamientos,

Establece que los servicios de saneamiento son un asunto de interés público a nivel nacional, la finalidad de esta ley está en proteger la salud de la ciudadanía en conjunto con el medio ambiente. Específicamente en su artículo N° 15 de la ley General, menciona a los usuarios del servicio de saneamiento y su obligación para con el uso

adecuado de estos servicios; esto refiere objetivamente a no dañar la infraestructura y cumplir con las normas que las entidades nacionales establezcan, así como las propias EPS; también menciona que los daños o deterioro de las instalaciones de saneamiento serán sancionados.

- **Normativas para la regulación de efluentes no domésticos al alcantarillado: Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento aprobó la normativa denominada “Valores Máximos Admisibles” (en adelante VMA) mediante decreto N° 021-2009-VIVIENDA. Que establece sanciones como pagos adicionales del servicio de alcantarillado para usuarios no domésticos cuyos efluentes sobrepasen los límites de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en la misma (INACAL, 2015, p 6). La aplicación de esta norma incluye disposiciones aplicables como monitoreo y control a su vez de los VMA, muestreo periódico y facturación de un pago adicional por el sobrepaso de concentración de los parámetros fijados en el anexo N° 01 (INACAL, 2015, p 17)

- El Decreto Supremo N° 001-2015-VIVIENDA (Modificación al D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y su Reglamento)

Establece las nuevas modificaciones del previo D.S. N° 021-2009-VIVIENDA en los artículos N° 2, 4, 5, 7, 8 y el Anexo N° 02 de los parámetros.

Sobre el cobro adicional de concentración en la descarga de aguas residuales no domésticas, se estipula en el artículo N° 4 que EPS o entidades, cobrarán y determinarán el monto de cobro adicional respecto a los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos suspendidos totales (SST) y aceites y grasas (A y G).

2.3 Marco conceptual

- **Aceites y grasas:** Estos compuestos son característicos por ser insolubles en el agua y otros líquidos con menor densidad, pero que, si son solubles usando disolventes nafta, éter y benceno, estos permanecen en la superficie del agua que dan lugar a especies de natas conforme pasa el tiempo (Decreto Supremo N° 021 2009- Vivienda)
- **Valores Máximos Admisibles (VMA):** Es aquel valor para parámetros fisicoquímicos, en efluentes no domésticos que tienen como destino el alcantarillado, al ser sobrepasados, causan daños inmediatos o progresivos en las redes de desagüe público (SEDAPAL, 2009, p.3).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5):** Se define como el oxígeno necesario que demandan los microorganismos para la degradación biológica de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20° C) (Saludarequipa, 2011, p.6).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Se define como la demanda de oxígeno requerida en oxidaciones de materia orgánica de tipo química del agua residual, usando sales como oxidantes (POSADA URIBE, 2007, p.32).
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Partículas orgánicas o inorgánicas que son retenidas por una superficie de fibra de vidrio, la que después es secada a cierta temperatura (Decreto Supremo N° 021 2009- Vivienda).
- **Tensoactivos:** Sustancias complejas también llamadas surfactantes, son usadas para disminuir la tensión superficial en una emulsión, en su composición se encuentra dos fases una lipofílica (que atraen al solvente) y lipofóbicas (que repelen al solvente), los tensoactivos pueden clasificarse como aniónicos catiónicos y no iónicos, los dos primeros se dan cuando el grupo Hidrofilico está cargado eléctricamente (Canselier, Mans y Llorens, 2009).

2.4 Marco Teórico

2.4.1 Impacto Ambiental de Lavanderías

En las lavanderías comerciales e industriales además de requerirse cantidades ingentes de agua, también se requiere de calentar agua a temperaturas de 65-70°C

con la intención de eliminar profundamente la suciedad en las prendas (COSEMAR OZONO, 2014); así también en algunos de estos establecimientos, se hace uso de calderos a base de petróleo para abastecerse de vapor y hacer funcionar secadoras y planchadoras, lo cual genera un impacto a la calidad del aire.

La utilización de compuestos químicos para el sistema de producción como los detergentes industriales, blanqueadores o agentes coadyuvantes (compuestos alcalinos que, al aumentar el pH del agua, mejoran la eficiencia del lavado), son resistentes a la degradación microbiana en su mayoría hacen que los vertidos de lavanderías sean muy contaminantes, por lo que deben tratarse antes de ser desaguados (Moretton, Puentes, Tornello & Nuñez, 2012).

2.4.2 Situación nacional del tratamiento de aguas residuales

En el caso de la evolución del tratamiento de aguas residuales por tamaño de Empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) se observó que se incrementó en los últimos 5 años para servicios de agua potable y alcantarillado de Lima (SEDAPAL), con un crecimiento cercano al 30 %, esto es diferente si se compara con los demás grupos (SEDAPAR.S. A) ha reportado que para el 2016, del total de aguas residuales que van al alcantarillado solo reciben tratamiento el 15.83% (SUNASS, 2016, p.102).

La forma de estimación de la cantidad de aguas residuales tratadas es dividiendo el volumen tratado entre el volumen recolectado.

2.4.3 Impacto de las descargas de aguas residuales no domésticas en la infraestructura sanitaria

Las principales características de las descargas de aguas residuales no domésticas, son el gran volumen de la descarga y la alta concentración de sustancias contaminantes. Cuando estos efluentes industriales se vierten al alcantarillado, pueden deteriorarlo con compuestos contaminantes corrosivos y solidificantes, etc. Asimismo, las PTAR se ven afectadas reduciendo su eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales por los compuestos físicos y/o químicos que contienen las descargas (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p 19).

2.4.4 Parámetros del anexo N° 01 del decreto N° 021-2009-Vivienda

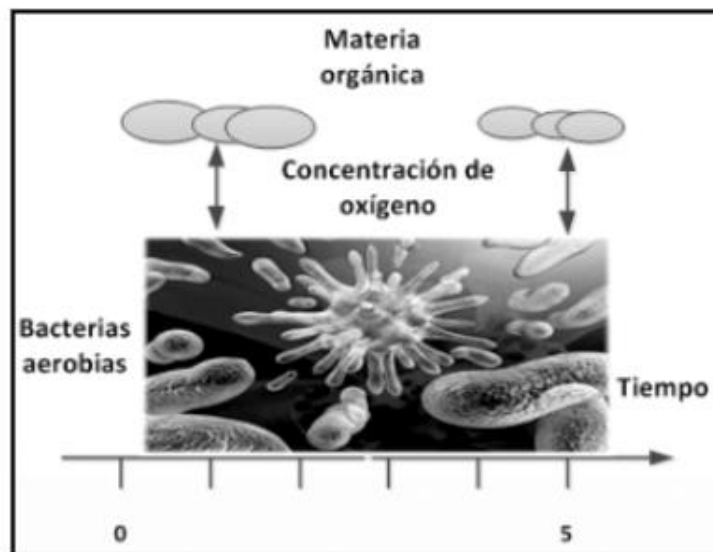
2.4.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Este parámetro es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales, está definido como la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aerobio, mide en otras palabras la biodegradabilidad de un efluente (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p 11).

- **Impacto en la infraestructura de alcantarillado**

Se deben evitar altos valores de DBO5 pues causan problemas en las redes de alcantarillado por formación de los gases anaeróbicos que pueden transformarse en corrosivos gases de ácido sulfúrico. Si hay una DBO elevada en la PTAR, puede significar unos sobrecostos en gastos de energía y funcionamiento con un volumen mayor de reactores y disposición final de lodos (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p 19)

Figura 1. Concentración de oxígeno residual en el DBO



Fuente: Raffo Lecca and Ruiz Lizama, 2014

2.4.4.2 Demanda Química de Oxígeno

Corresponde a la cantidad de oxígeno requerido que oxida la fracción orgánica de una muestra susceptible a una oxidación con dicromato o permanganato, en medio ácido bajo en condiciones específicas de tiempo y temperatura (Sandoval Flores, 2008, p 3). También se le define como el total de sustancias oxidables de un efluente, una medida del oxígeno equivalente a la porción de materia orgánica de la muestra que es susceptible a oxidación por un oxidante químico fuerte (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p. 19).

La materia orgánica en agua oxidada por dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en condiciones estrictas (en medio de ácido sulfúrico y con una temperatura de $160\text{ }^\circ\text{C}$) (Cisterna Osorio, 2004, p.6).

- **Impacto en la infraestructura de alcantarillado**

Si hay valores altos de DQO hay presencia de sustancias que no permiten la degradación de la materia orgánicamente, esto perjudica a una PTAR (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p.19)

- **Sólidos Suspendidos Totales**

Son definidos como sólidos suspendidos totales a los residuos no filtrables de una muestra de agua natural, residual industrial o domésticas, específicamente son aquellas porciones de sólidos que se retiene tras pasar por un filtro de fibra de vidrio el cual será secado a una temperatura de 103 a $105\text{ }^\circ\text{C}$. Los sólidos totales se refieren a la cantidad de partículas sólidas presentes en el agua, ya sean sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables (BARRERA, 2016).

- **Impacto en la infraestructura de alcantarillado**

Si hay valores altos hay mayor presencia de lodos residuales y estos pueden desenvolver futuros atoros (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p.19).

- **Aceites y grasas**

Las grasas se hallan entre los compuestos orgánicos de mayor estabilidad y su descomposición con aporte de microorganismos es muy compleja (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p.19).

- **Impacto en la infraestructura de alcantarillado**

Valores elevados de aceites y grasas causa problemas de incrustaciones en la red y ocasionar atoros. En la PTAR causa incremento en los costos de operación por la limpieza que se requiere (Anaya López y Zegarra Carmona, 2015, p.19).

2.4.5 COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Los procesos de coagulación y floculación son tratamientos previos esenciales para muchos sistemas de tratamientos de agua.

La coagulación es un proceso que consiste en la adición de compuestos químicos, tales como sulfato de aluminio, cloruro férrico, carbonato de calcio y polímeros orgánicos sintéticos, que desestabilizan las partículas presentes en poco tiempo el cual puede ser minutos o segundos. Posteriormente se presenta otro proceso que es la floculación, esta se fundamenta en el aglutinamiento de las partículas en flóculos con un peso específico mayor al del agua, que luego por su propio peso sedimentarán para facilitar su remoción.

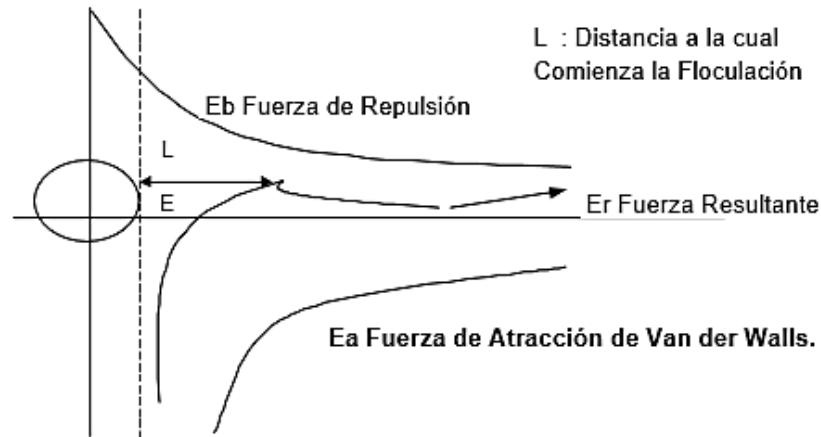
La desventaja que tienen estas sustancias químicas es que, una vez culminado el proceso de potabilización, es posible que permanezcan en el agua, en forma residual, acumulándose en el medio ambiente (Meza-Leone, Riaños-Donado, Mercado-Martínez, Olivero-Verbel y Jurad-Eraso, 2018, p.3).

Las operaciones de coagulación y floculación desestabilizan los coloides y consiguen su sedimentación. Esto se logra por lo general con la adición de agentes químicos y aplicando energía de mezclado (Meza-Leone et al, 2018, p.5).

2.4.6 COAGULACIÓN

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados (SEDAPAL, 2000, p.9)

Figura 2. Fuerzas de atracción y repulsión



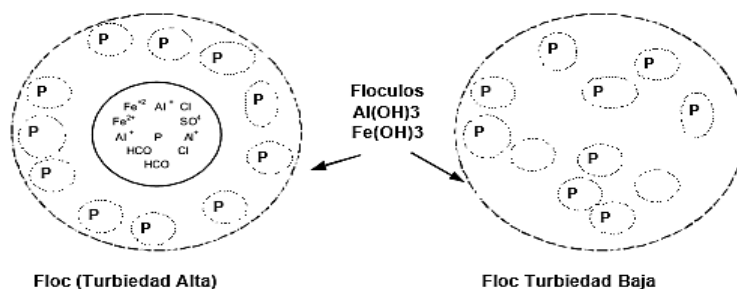
Fuente: SEDAPAL, 2000, p.14

- **Inmersión dentro de un precipitado**

Esto sucede cuando una sal metálica como $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ (Cloruro Férrico) o un óxido metálico o hidróxido en el caso de la cal (CaO) o $Ca(OH)_2$ se utilizan como coagulante ocasionando un precipitado de un hidróxido metálico $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ o carbonatos, las partículas coloidales pueden quedar inmersas dentro de los precipitados a medida que estos se forman (Aguilar et al, 2002, p.40).

La presencia con ciertos aniones y de las partículas coloidales acelera la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante los flocos, este fenómeno con una relación inversa entre la cantidad de coagulante y la turbiedad (SEDAPAL, 2000, p.13).

Figura 3. Atrapamiento de las partículas en un Floc



Fuente: SEDAPAL, 2000, p.13

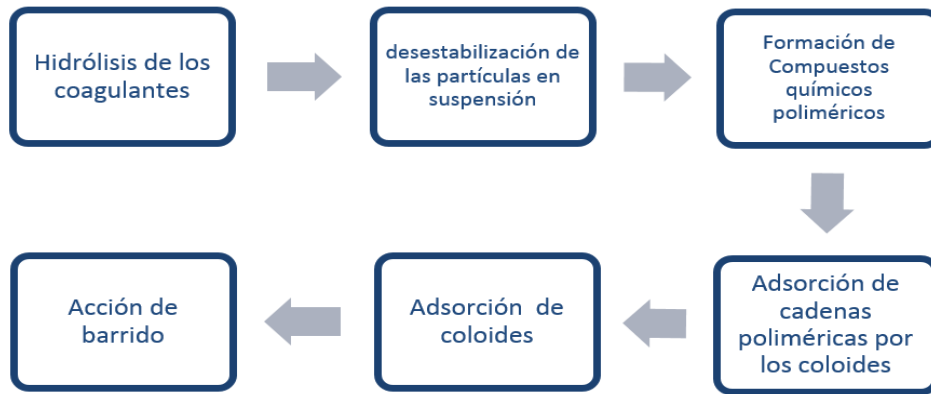
2.4.6.1 Factores que influyen en la Coagulación

- **Valencia:** Entre más baja sea la valencia del ion, menos efectiva será el coagulante (Restrepo Osorno, 2009, p.8).
- **Concentración de iones H^{+} o pH:** Cada coagulante tiene por lo menos una zona de pH optimo, en esta zona propicia una buena floculación (Restrepo Osorno, 2009, p .9) El volumen, cantidad, tipo de ácido o álcali que debe ser neutralizado o eliminado parcialmente son factores de consideración en mal selección del agente químico (Restrepo Osorno, 2009, p.9) Al liberarse protones, se disminuye la carga neta del ion hidratado metálico. Por tanto, el pH de la solución influenciará la distribución de las diferentes especies formadas.

2.4.6.2 Etapas o fases de la coagulación

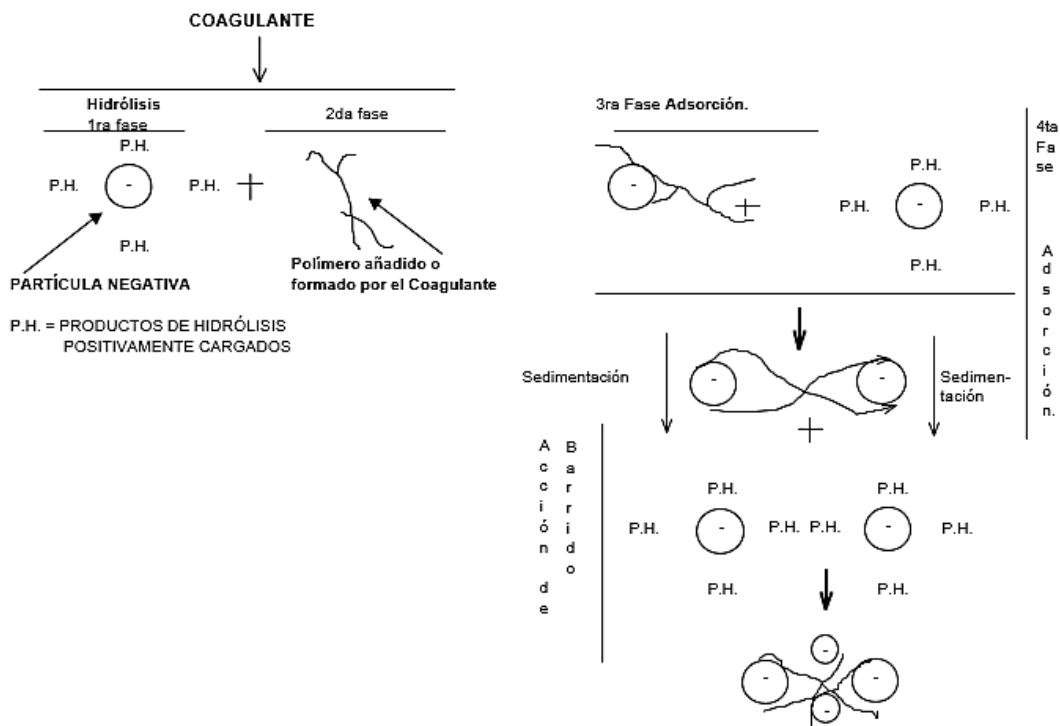
El proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto (casi instantáneo), en el que se presenta las siguientes etapas (Fig. 4).

Figura 4. Diagrama de las etapas de la coagulación



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Fases de coagulación



Fuente: SEDAPAL, 2000, p.26

2.4.7 FLOCULACIÓN

Después de la coagulación, sucede el proceso de la floculación el cual consiste en la aglutinación de coloides desestabilizados formando aglomeraciones que van ganando peso, al agregarse los coagulantes y se empieza a suscitar las reacciones químicas se adhieren a la superficie de las partículas iones que permitirán la unión electromagnética. A diferencia de la coagulación que desestabiliza la suspensión coloidal la Floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración (SEDAPAL, 2000, p.26).

2.4.7.1 Factores que influyen en la floculación

- **Tiempo de mezcla**

Este factor es muy importante porque de este depende la velocidad de aglomeración de las partículas coloidales, por lo general o se logran buenos resultados (Dominguez Amorocho, 2010, p.24).

Existe un tiempo óptimo para la floculación, normalmente entre 20 y 40 minutos. Mediante ensayos de prueba de jarras (jar test), se puede determinar este tiempo, que, en la figura 6-8, resultó ser de alrededor de 37 minutos.

- **Naturaleza del agua**

En la naturaleza de un cuerpo hídrico, se encuentran las características físico químicas relevantes como pH, alcalinidad y turbiedad, lo cual afectaría el tiempo de mezcla y el equilibrio físico químico del proceso y el gradiente de velocidad por el tamaño y la naturaleza de las partículas generadoras de turbiedad (Dominguez Amorocho, 2010, p.23).

2.4.7.2 Tipos de Floculación

- **Floculación Pericinética**

Este tipo de floculación está producido por el movimiento natural de las moléculas del agua, se ve influenciado por la energía térmica, esta floculación es promovida, internamente dentro del líquido, por el movimiento de agitación que las partículas tienen dentro de este, Este tipo de floculación está dada por sedimentación o por movimiento browniano (Valencia, 1992, p.14)

- **Floculación Ortocinética**

Esta floculación está basada por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico (Valencia, 1992, p.14)

Al momento de ocurrir la floculación se pueden presentar dificultades como, por ejemplo:

- Formación de flóculos pequeños de lenta sedimentación.
- Formación lenta de flóculos.
- Flóculos frágiles que fragmentan en los procesos de acondicionamiento del lodo.
- Formación de microflóculos que pasan por los filtros.

Para contrarrestar estas dificultades, se utilizan floculantes o coayudantes de floculación.

2.4.8 SULFATO DE ALUMINIO

Es un sulfato doble, es también una sal que tiene un metal univalente o radical tal como potasio, sodio, y un metal trivalente tal como aluminio, ion férrico, cromo, cobalto, etc. El cual forma cristales definidos con 24 moléculas de agua. Tiene una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo tratamiento de residuos, purificación de agua y fabricación de papel ([Http://www.hectorenavarro.com.ar/](http://www.hectorenavarro.com.ar/), 2013).

Tabla 1. Propiedades física y químicas del Sulfato de aluminio

Propiedades física y químicas del Sulfato de aluminio	
Estado Físico	Sólido Granulado
Olor	Característico
pH	3-4 en solución al 1% en agua
Temperatura de ebullición	115+/-5
Temperatura de Descomposición	650°C
Densidad Aparente	0.8-1.2g/cm ³ a 25 °C
Solubilidad en agua	Aprox.45% a 20

Fuente: <http://www.gtm.net>,2014

2.4.9 CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado es un polímero orgánico altamente poroso, es uno de los adsorbentes más utilizados y se ha estudiado su poder adsorbente en detergentes. Su elaboración esa partir de una gran variedad de materiales orgánicos e inorgánicos como: madera, coque, lignina, bagazo, aserrín, los cuales son carbón izaos a extremas temperaturas, hasta que la lignina y celulosa se conviertan en gas, después comienza el proceso de la “activación” lo cual consiste en una oxidación de los hidrocarburos residuales con anhídrido carbónico vapor de agua, lo cual ayuda la expansión y aumenta los poros del carbón (Maldonado Páez, 2008, p.6).

- **Factores a tener en cuenta cuando se emplea carbón activado:**
 - ❖ El grado de adsorción está dictado por la solubilidad del soluto, a más insoluble el soluto más difícil de adsorber.
 - ❖ El pH también puede influir debido a que la carga superficial negativa de las partículas de carbón decrece al disminuir el pH.
 - ❖ Las fuerzas de atracción adsorbente/adsorbato son más fuertes si es que el tamaño de las moléculas es más cercano al de los poros.
 - ❖ Al aumentar la agitación, aumenta la película que forma la solución y la tasa de adsorción disminuye.

- ❖ Se tiene que cuidar el nivel de temperatura debido a que la capacidad de adsorción disminuye a medida que aumenta la temperatura.
- ❖ En caso de tener más adsorbatos en la solución, estos junto con el carbón activado competirán por el espacio existente lo cual inhibe el proceso de adsorción.

- **Poder de adsorción de detergentes**

Son varios los estudios e investigaciones con respecto al poder adsorbente del carbón activado hacia los detergentes, en el caso de los detergentes aniónicos, en cuya composición encontramos además de tensoactivos aniónicos, sales de sodio, alquilo benceno sulfonato, al evaluar su desempeño en el proceso de adsorción, se obtuvo que se puede llegar a adsorber entre 0,50 miligramos y 1, 50 miligramos por carbón activado con dosis que varían desde 1 a 5 gramos del polímero/ por litro, por supuesto que esto depende también del tipo de carbón activado , el pH del medio (Maldonado Paez, 2008, p.6).

En surfactantes aniónicos como dodecilo benceno sulfonato sódico (SDBS). surfactantes muy utilizados en los detergentes y en la fabricación de compuestos de polímeros, estudios determinan que el PH de la solución no afecta la capacidad de adsorción, por el contrario, la temperatura, a mayor reduce la adsorción, por lo que se recomienda trabajar con una temperatura de 25 °C. Las interacciones principales implicadas en la adsorción del SDBS con el carbón activado son: las interacciones hidrofóbicas entre la cadena alifática del SDBS y la superficie del carbón, las fuerzas de dispersión entre los electrones del anillo aromático del SDBS y los electrones de la capa del carbón activado adsorción puede llegar a ser de 0,8 (moles/g de carbón activado) en dosis de 1 gramo por litro (CHAVEZ SUMARRIVA, 2013, p.50).

- **Tipos de tratamiento de lodos residuales**

Espesamiento

Este es un tipo de tratamiento lodos en el que se busca la reducción del tamaño del lodo, deshidratándolo y aumentando la concentración en sólidos. Puede ser realizado en lodos biológicos y fisicoquímicos, pero no hay precedentes de su aplicación para

lodos de Sulfato de aluminio, a continuación, se mencionan los tipos de tratamiento de espesamiento:

-Espesamiento por flotación: Este tipo se da cuando los lodos son concentrados en la parte superior por la unión de microburbujas de aire, este sistema es recomendado para fangos biológicos, debido a la baja capacidad de sedimentación (Mayta, 2017, p 3).

-Espesamiento mecánico: Mediante el aumento de las fuerzas gravitacionales se lleva a cabo la concentración de lodos, este espesamiento se puede realizar por medio de centrifugación, en el que mediante una fuerza centrífuga se permite la separación de lodos, esto es mayormente en lodos biológicos; el espesamiento mecánico también se puede realizar mediante tambores rotativos y mesas empesadoras (Mayta, 2017, p 3).

Estabilización

Según el manual técnico de gestión de residuos peligrosos del año 2006 de la DIGESA, la estabilización busca convertir al residuo líquido en un material insoluble reduciendo la cantidad de agua, Este proceso puede ser, biológico, cuando se usa la acción de los microorganismos por medio de digestores abiertos, la estabilización también puede ser anaeróbica y aeróbica, es decir con y sin ausencia de oxígeno, con liberación de energía, con algunos tipos de bacterias involucradas, en este mismo se produce 4 etapas: Hidrólisis, Acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

Acidificación

Esta es una de las alternativas más adoptadas para el aprovechamiento de lodos residuales resultantes de coagulación y floculación con sulfato de aluminio. El tratamiento consiste en añadir H_2SO_4 . Al 98 % con un pH de 1.5 a 2 Un a los lodos y realizara la mezcla rápida mediante una prueba Jar-test (Gutierrez, 2014, p.2).

Biodegradación

Una de las alternativas propuestas para el tratamiento de los lodos es la biodegradación que los microorganismos, bacterias y hongos hacen la degradación de la materia orgánica.

En el caso de lodos de alúmina, se ha encontrado poco éxito y potencial para compost en el acondicionamiento para suelos. En el proyecto de investigación “ Evaluación del compost elaborado a partir de lodos con alto contenido de sulfato de aluminio”, llevado a cabo por Amalia Panizal de León en la Universidad Nacional Autónoma de México en el año 2008, este proyecto consistió en la mezcla de lodos de sulfato de aluminio con cáscaras de frutas y residuos de jardinería y al plantar semillas en el compost se concluyó que el producto final obtenido de mezclas a base de lodos con sulfato de aluminio termina perjudicando a la flora debido que el aluminio se acumula en las plantas.

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

3.1 Metodología

3.1.1 Método de investigación

Para la presente investigación se aplicó el Método Experimental, el investigador controla deliberadamente las variables para delimitar las relaciones entre ellas. La metodología de la investigación es cuantitativa puesto que las variables o datos a controlarse son cuantificables, y a los que se accede mediante observaciones y mediciones. El análisis correspondiente se hizo por medio de cálculos estadísticos y modelos numéricos.

3.1.2 Procedimiento para la toma de muestras

En primer lugar, se recogieron muestras de aguas residuales de los efluentes generados en el primer lavado de la lavadora industrial en la lavandería “El Cayro”. El recojo se realizó teniendo previamente limpio un bidón de polietileno de 30 litros de capacidad; se llenó conduciendo la manguera de salida de desagüe a la boquilla del bidón, este fue cerrado impidiendo que el exterior entre en contacto con la muestra.

- **Muestra inicial representativa**

Se tomó una muestra inicial representativa previo tratamiento para que se le realicen los análisis de DBO5, DQO, SST y Aceites y grasas, los cuales corresponden al anexo N° 01 de la norma D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y su modificatoria D.S. N° 001-2015 VIVIENDA. Esto fue realizado conforme a inciso c de Conservación y

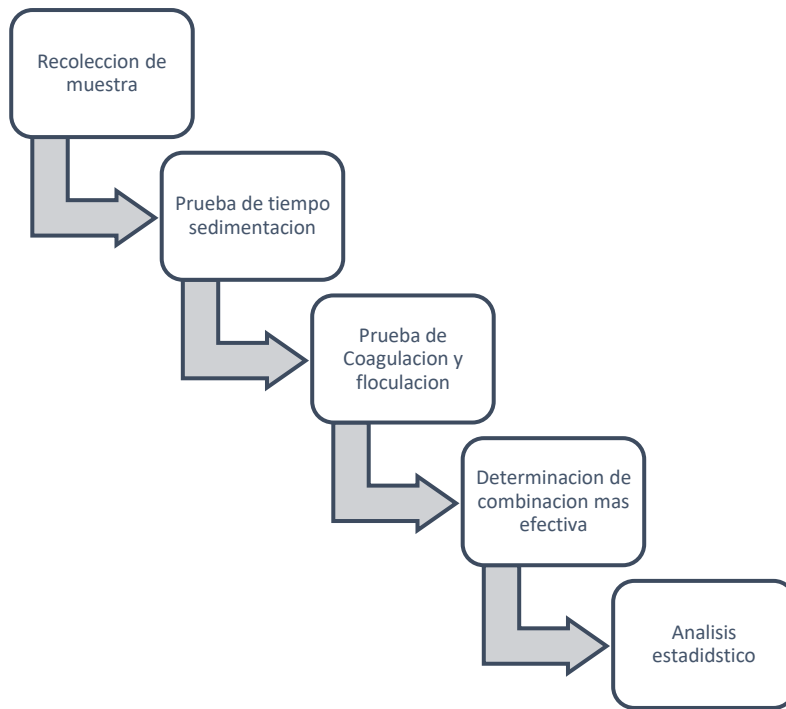
preservación y transporte de muestras del apartado 6.16 en el protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016). Se utilizaron dos frascos diferentes: el primero fue de polietileno de capacidad de un litro, boca ancha de primer uso y lavado previamente con agua destilada, para que se realizase los ensayos de DBO 5, DQO y SST; el segundo fue de vidrio, boca ancha, con capacidad para medio litro, debidamente limpio y enjuagado con ácido clorhídrico de pH 1.40 para que se le realice el ensayo de aceites y grasas, conforme al anexo VII de conservación y reservación de muestra de agua en función al parámetro evaluado del protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016). Los frascos fueron rotulados y puestos en un cooler o caja térmica donde se puso hielo en bolsas hermética para su conservación.

3.1.2.1 Preparación

En esta investigación, se identificaron las dosis requeridas de los reactivos químicos. Para mejorar la calidad del agua, se determinó la cantidad necesaria de sulfato de aluminio y carbón activado mediante la determinación del tiempo de sedimentación y las pruebas de coagulación y floculación; siendo en esta investigación, el coagulante sulfato de aluminio y el coadyuvante de coagulación el carbón activado, para corregir el potencial del hidrógeno, sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y aceites y grasas acorde con la norma de Valores máximos admisibles (Decreto Supremo N° 001-2015-vivienda). La investigación implicó planificación y ejecución.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo que resume las fases del trabajo realizado:

Figura 6. Diagrama de flujo de experimento



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis iniciales de muestras**

Las muestras fueron transportadas inmediatamente a “LABORATORIO ANÁLISIS QUÍMICO LAQ & S”, ubicado en el Complejo Sor Ana de los Ángeles, distrito de Paucarpata, con el objetivo de confirmar que se traspasan los valores de los parámetros DBO5, DQO, SST y pH de la norma D.S. N° 021-2009 y D.S. N° 001-2015-vivienda; el parámetro de pH se midió internamente in situ inmediatamente junto con los parámetros de conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, con el uso de un pH metro marca HANNA INSTRUMENTALS.

- **Medición de pH Inicial**

Se realizó la medición del PH inicial de manera inmediata utilizando un pH marca HANNA INSTRUMENTALS que fue previamente calibrado. Se encontró que el pH

es bastante alto, la muestra es bastante alcalina con un pH de 10.27. Es común para aguas residuales con detergente, adicionalmente un pH alcalino es favorable para el Sulfato de aluminio.

Después de la medición de pH, se realizaron las siguientes pruebas:

- a) Tiempo de sedimentación
 - b) Pruebas de coagulación y floculación
- **Tiempo de sedimentación**

En este procedimiento se determinó el tiempo de agitación y el tiempo de sedimentación total fijo para las reacciones de coagulantes en la muestra, con el objetivo de utilizar este dato para las pruebas de coagulación y floculación:

Materiales

- 8 vasos beaker de 250 ml
- 1 bagueta
- 1 probeta de 500 ml
- Sulfato de aluminio granulado
- Carbón activado granulado
- Reloj
- Espátula
- Guantes
- Mascarilla
- Mandil
- Equipo
- Balanza analítica

En una probeta de 500 ml, se midieron hasta 200 ml de muestra de efluente; luego, en la balanza analítica, se pesaron las siguientes combinaciones de sulfato de aluminio y carbón activado:

- a) 800ppm de sulfato de aluminio / 3 g/litro de carbón activado
- b) 800ppm de sulfato de aluminio / 1g/litro de carbón activado
- c) 600ppm de sulfato de aluminio / 2g/litro de carbón activado
- d) 600ppm de sulfato de aluminio / 2g/litro de carbón activado
- e) 400ppm de sulfato de aluminio / 3g/litro de carbón activado
- f) 400ppm de sulfato de aluminio / 1g/litro de carbón activado
- g) 200ppm de sulfato de aluminio / 1g/litro de carbón activado

- **Tiempo de agitación**

Se realizaron pruebas con tiempos de agitación desde 1 hasta 5 minutos y se llegó a la conclusión que se obtienen los resultados parecidos. Por lo que se decidió trabajar con un tiempo de agitación rápida más intensa de un minuto a 180 rpm y otro minuto para el tiempo de agitación lenta de 60 rpm, para todas las muestras y combinaciones.

- **Pruebas de coagulación y floculación**

Una vez determinadas los tiempos de agitación y sedimentación, se procedió a realizar las pruebas de coagulación y floculación conforme al diseño experimental. Para esto se requirió trabajar con una cantidad de solvente de 2 litros para cada prueba; esto debido a que después de realizar las pruebas se enviaron las muestras resultantes al laboratorio de análisis químico para realizársele las pruebas de DBO, DQO , SST y aceites y grasas. Fue imprescindible la cantidad de un litro para las pruebas de DBO, DQO y SST a pedido del laboratorio, así también se necesitó al menos medio litro de muestra para el ensayo de aceites y grasas a pedido del laboratorio.

Materiales utilizados:

- 10 bandejas plásticas con capacidad de 5 litros
- 1 probeta de 1 litro
- 8 vasos beaker
- 1 pipeta de 10 ml
- 1 espátula
- Sulfato de aluminio granulado

- Carbón activado granulado
- 1 jarra de plástico de 1 litro de capacidad

Equipos

- 1 balanza de capacidad máxima 2 kg
- 1 pH-metro marca HANNA INSTRUMENTALS
- 1 batidora manual eléctrica marca IMACO

- **1^{ra} combinación: 800 ppm de sulfato de aluminio/ 3 g de carbón**

Procedimiento del experimento:

- a) Se procedió a medir 2 litros de muestra de efluente con ayuda de la probeta de un litro y se colocaron en una bandeja plástica
- b) Se pesó 1600 gramos de sulfato de aluminio granulado en la balanza analítica
- c) Se agregó el sulfato de aluminio a la muestra de 2 litros
- d) Se utilizó la batidora para agitar durante 1 minuto a la máxima potencia
- e) Se agitó durante otro minuto a la mínima potencia
- f) Se pesaron 6 gramos de carbón activado y se adicionaron a la muestra
- g) Se procedió a agitar con la batidora manual

- **2^{da} combinación: 800 ppm de sulfato de aluminio/ 1 g de carbón**

Procedimiento del experimento:

- a) Se procedió a medir 2 litros de muestra
- b) Entre con ayuda de la probeta de un litro y se colocaron en una bandeja plástica
- c) Se pesó 1600 gramos de sulfato de aluminio granulado en la balanza analítica
- d) Se agregó el sulfato de aluminio a la muestra de 2 litros
- e) Se utilizó la batidora para agitar durante 1 minuto a la máxima potencia
- f) Se agitó durante otro minuto a la mínima potencia
- g) Se pesaron 2 gramos de carbón activado y se adicionaron a la muestra

h) Se procedió a agitar con la batidora manual

- **3^{ra} combinación: 600 ppm de sulfato de aluminio/ 2 g de carbón**

Procedimiento del experimento

- a) Se procedió a medir 2 litros de muestra de fluente con ayuda de la probeta de un litro y se colocaron en una bandeja plástica
- b) Se pesó 1200 gramos de sulfato de aluminio granulado en la balanza analítica
- c) Se agregó el sulfato de aluminio a la muestra de 2 litros
- d) Se utilizó la batidora para agitar durante 1 minuto a la máxima potencia
- e) Se agitó durante otro minuto a la mínima potencia
- f) Se pesaron 4 gramos de carbón activado y se adicionaron a la muestra
- g) Se procedió a agitar con la batidora manual

- **4^{ta} combinación: 400 ppm de sulfato de aluminio/ 3 g de carbón**

Procedimiento del experimento:

- a) Se procedió a medir 2 litros de muestra de fluente con ayuda de la probeta de un litro y se colocaron en una bandeja plástica
- b) Se pesó 800 gramos de sulfato de aluminio granulado en la balanza analítica
- c) Se agregó el sulfato de aluminio a la muestra de 2 litros
- d) Se utilizó la batidora para agitar durante 1 minuto a la máxima potencia
- e) Se agitó durante otro minuto a la mínima potencia
- f) Se pesaron 6 gramos de carbón activado y se adicionaron a la muestra
- g) Se procedió a agitar con la batidora manual

- **5^{ta} combinación: 400 ppm de sulfato de aluminio/ 1g de carbón**

Procedimiento del experimento:

- a) Se procedió a medir 2 litros de muestra de fluente con ayuda de la probeta de un litro y se colocaron en una bandeja plástica

- b) Se pesó 800 gramos de sulfato de aluminio granulado en la balanza analítica
- c) Se agregó el sulfato de aluminio a la muestra de 2 litros
- d) Se utilizó la batidora para agitar durante 1 minuto a la máxima potencia
- e) Se agito durante otro minuto a la mínima potencia
- f) Se pesaron 4 gramos de carbón activado y se adicionaron a la muestra
- g) Se procedió a agitar con la batidora manual

- **6^{ta} combinación 200 ppm de sulfato de aluminio/ 1g de carbón**

Procedimiento del experimento:

- a) Se procedió a medir 2 litros de muestra de fluente con ayuda de la probeta de un litro y se colocaron en una bandeja plástica
- b) Se pesó 400 gramos de sulfato de aluminio granulado en la balanza analítica
- c) Se agregó el sulfato de aluminio a la muestra de 2 litros
- d) Se utilizó la batidora para agitar durante 1 minuto a la máxima potencia
- e) Se agito durante otro minuto a la mínima potencia
- f) Se pesaron 4 gramos de carbón activado y se adicionaron a la muestra
- g) Se procedió a agitar con la batidora manual

3.1.3 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada y experimental debido que se busca una solución real de un problema específico; a su vez, es experimental, pues se manipula una variable y controla/aleatoria el resto de las variables.

3.1.4 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es Descriptiva-explicativa porque se da a conocer el estado del diagnóstico situacional de las condiciones de las propiedades fisicoquímicas del agua de efluentes de lavadoras en la lavandería “El Cayro” describe y explica también como opera la empresa, también se describe el funcionamiento de los reactivos en el proceso de coagulación. Floculación.

3.2 Diseño de la investigación

Para el desarrollo de la investigación en la primera fase, es decir, para la determinación de la dosis más efectiva de coagulante y agente de coagulación (sulfato de aluminio y carbón activado) se empleó un diseño experimental factorial 2^2 en el que se tiene 2 factores los cuales son el sulfato de aluminio y el carbón activado y 2 niveles para cada factor, los cuales son las concentraciones más altas y más bajas para cada uno (niveles altos y bajos respectivamente) (ver anexo 02). Se determinó el número de observaciones o corridas mediante una fórmula (ver anexo 01); luego mediante el software Minitab.17 se determinó la matriz de combinaciones de niveles y factores para cada corrida (ver anexo 03).

- **Efecto de curvatura**

A fin de verificar si existe el efecto de la curvatura debido a los factores, se consideró 2 puntos centrales para verificar la curvatura en la superficie de respuesta; así, en total se tiene:

-Determinación de los puntos centrales para el diseño factorial 2^k

Para hallar los puntos centrales para cada factor, se sigue una simple operación de promedio de valores; así, se tiene que el punto medio del factor A es dado por:

$(800 \text{ mg/l} + 400 \text{ mg/l}) / 2 = 600 \text{ mg/l}$. Para el caso del factor B se tiene el punto central está indicado por:

$$(3 \text{ g/l} + 1 \text{ g/l}) / 2 = 2 \text{ g/l}.$$

-Determinación de los puntos axiales para el diseño factorial 2^k

Para hallar los puntos axiales para cada factor, se sigue una simple operación; así, se tiene que el punto medio del factor A es dado por:

$$(800 \text{ mg/l} - 400 \text{ mg/l}) / 2 = 200 \text{ mg/l}.$$

Para el caso del factor B, se tiene que el punto central está indicado por:

$$(3\text{g/l} - 1\text{g/l}) / 2 = 1 \text{ g/l.}$$

3.3 Hipótesis de la investigación

3.3.1 Hipótesis general

Es probable que la evaluación del uso de sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y carbón activado mejore la calidad de efluentes que son vertidos al alcantarillado público por la empresa lavandería “El Cayro”.

3.3.2 Hipótesis Específicas

- Es probable la caracterización de los efluentes de lavadora provenientes de la Lavandería “El Cayro”.
- Es probable definir un tiempo de sedimentación óptimo para las pruebas de coagulación y floculación.
- Es probable definir las dosis más efectivas de carbón activado y de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ para el mejoramiento de la calidad de efluentes de lavadora en la Lavandería “El Cayro”.

3.4 Variables

A continuación, se muestra el cuadro de operalización de variables:

Tabla 2. Propiedades física y químicas del Sulfato de aluminio

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>Variable independiente</p> <p>Uso de sulfato de aluminio y carbón activado</p>	<p>Evaluación del comportamiento de la combinación de sulfato de aluminio y carbón activado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Efectos principales entre e entre el carbón activado y sulfato de aluminio. - Interacción entre el carbón activado y sulfato de aluminio. - Tiempo de remoción, - Diseño experimental factorial utilizando el programa Minitab
<p>Variable dependiente</p> <p>Calidad de efluentes provenientes de lavanderías industriales, caso Lavandería “El Cayro”</p>	<p>Reducción y comparación de parámetros del anexo 01 de D.S. N° 001-2015</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aceites y grasas - Sólidos Suspendidos Totales - Demanda Bioquímica de Oxígeno - Demanda Química de Oxígeno

3.5 Cobertura del Estudio

3.5.1 Universo

Efluentes de lavandería

3.5.2 Población

Efluentes de lavadora generados de lavanderías industriales, caso Lavandería “El Cayro”, distrito de cercado, provincia de Arequipa.

3.5.3 Muestra

La muestra para el estudio de la población está constituida por el volumen de agua residual el cual se tomó directamente al finalizar la primera lavada de la lavadora principal y fue un total de 35 litros.

3.5.4 Muestreo

El muestreo fue realizado conforme al inciso de Conservación y preservación y transporte de muestras en el protocolo para el monitoreo de aguas superficiales del año 2016(ANA, 2016).

El recipiente usado fue un bidón de polietileno de primer uso de 30 litros de capacidad llenado con la manguera de salida de desagüe de la lavadora industrial principal; este fue cerrado, impidiendo que el exterior entre en contacto con la muestra.

3.6 Técnicas e instrumentos

3.6.1 Técnicas de la investigación

- Se utilizaron como técnicas de investigación la observación directa.
- Se ha participado directamente realizando las pruebas experimentales.
- Se ha realizado el trabajo bajo esquemas definidos como son los diseños experimentales. Para ello, se han utilizado las siguientes técnicas:
 1. Entrevistas abiertas con los propietarios del establecimiento
 2. Observación directa de pruebas experimentales.
 3. Análisis documental

3.7 Instrumentos de la investigación

Para las técnicas anteriormente mencionadas, se utilizaron las siguientes herramientas de investigación:

- a) Fichas (Textuales, de análisis)
- b) Videocámaras, libreta de apuntes
- c) Protocolo de monitoreo.
- d) Métodos y técnicas de análisis químicos.

3.7.1 Fuentes

Las fuentes de información utilizados para la presente investigación fueron:

- a) Información primaria: Libros, papers, artículos de organismos gubernamentales, artículos de revistas científicas y académicas, tesis, páginas web, normas y entrevistas.
- b) Información secundaria: guías y diccionarios.
- c) Información terciaria: Información encontrada en referencias bibliográficas.

3.8 Procesamiento estadístico de la información

3.8.1 Estadísticos

El análisis estadístico, permitirá observar el efecto de las variables (factores) en la variable respuesta. Para el desarrollo del análisis estadístico, se utilizará el software Minitab 17. El análisis estadístico que será presentado en este trabajo será compuesto por:

- a) Las estimaciones de los efectos, así como la interacción entre los efectos.
- b) Mostrar la significancia de los factores
- c) La prueba de hipótesis para la curvatura

- **Efectos de las variables**

Para calcular los efectos, se determinó el promedio de los valores altos y los valores bajos de cada variable y se procede a calcular la diferencia entre estos valores y esto representa en qué medida contribuye al valor de la variable respuesta.

- **Modelo de regresión lineal para el diseño factorial 2^2**

Considerando un enfoque de análisis de regresión, el modelo de regresión lineal asociado al diseño factorial 2^2 es dado por

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \varepsilon$$

En que:

ε : es el error aleatorio, que sigue una distribución normal,

El coeficiente β_0 del modelo de regresión lineal múltiple se determinará mediante el promedio de los valores de la variable respuesta. Los coeficientes; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}$ serán calculados por medio de los métodos de mínimos cuadrados.

Con los datos colectados, se calcularán:

- a) Los efectos principales
- b) El efecto de la interacción
- c) Verificar si existe curvatura

En el caso que exista curvatura, se adicionará puntos axiales para encontrar una superficie de respuesta y proceder a encontrar el óptimo. El objetivo de esta primera fase es encontrar el mejor tratamiento que lleve a que los parámetros medidos en la muestra sean cercanos a los límites pedidos por la superintendencia.

3.9 Representación por variables

La hipótesis se prueba en sus dos variables

Variable Independiente

Uso de sulfato de aluminio y carbón activado. Los resultados de las pruebas estadísticas nos llevarán a concluir si la Variable Independiente es verdadera o falsa

Se asume con una certeza estadística de por lo menos el 95% (Nivel de Confianza) para que sea verdadera.

Variable Dependiente

Calidad de efluentes provenientes de lavanderías industriales, caso Lavandería “El Cayro”. Los resultados de las pruebas estadísticas nos llevarán a concluir si la variable dependiente es verdadera o falsa

Se asume una certeza estadística de por lo menos el 95% (Nivel de Confianza) para que sea verdadera.

- **Técnica de comprobación de la hipótesis**

Para la verificación de la Hipótesis, se aplicará una REGLA LÓGICA que indica lo siguiente:

Si el antecedente (variable independiente) es verdadero y el consecuente (variable dependiente) es verdadero; entonces, la hipótesis planteada será verdadera y se acepta la proposición o enunciado. Esto se hará utilizando la prueba t de student. Las hipótesis asociadas a la prueba t-student son:

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

La hipótesis nula será rechazada considerando un nivel de significancia si

$$|t_j| > t_{\nu, \frac{\alpha}{2}}$$

En que ν representa los grados de libertad de la distribución t-student. Por otro lado, la mayoría del software utilizado en diseños experimentales usa el p. valor. En este sentido, utilizando el p. valor se rechaza H_0 , esto es, si el p. valor es menor que el nivel de significancia α caso contrario se acepta la hipótesis nula. En este trabajo, será utilizado el nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo, se analizaron los datos obtenidos de las pruebas de coagulación y floculación; así mismo, los resultados de los objetivos propuestos para poder determinar las conclusiones de la presente tesis.

4.1 Resultados del análisis del efluente inicial

En el siguiente cuadro, se puede apreciar los resultados de los análisis antes del tratamiento; los parámetros medidos fueron los señalados en el anexo 01 del D.S. N° 021-2009- Vivienda.

Tabla 3. Resultados de la muestra inicial

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra inicial
Aceites y grasas	mg/L	100	76.8
Demanda			
Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	1 890
Demanda			
Química de Oxígeno	mg/L	1000	1 968
Sólidos			
Suspendidos Totales	mg/L	500	455

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos, se puede estimar:

La muestra traspasa dos de los cuatro parámetros de los valores máximos admisibles establecidos en el anexo 01 de la norma VMA D.S. N° 021-2009-vivienda y su modificatoria D.S. N° 001-2015-vivienda; a continuación, se describe el caso de cada uno de los 4 parámetros:

-ACEITES Y GRASAS: El parámetro de los aceites y grasas se encuentran por debajo de la norma con un valor de 76.8 mg/l; pero aproximándose por poco menos de 30 mg/l, siendo necesario un tratamiento, puesto que estos desechos al tener baja solubilidad en el agua, baja densidad y baja o nula biodegradabilidad pueden generar costras flotantes o adherirse a en las tuberías y paredes de las obras sanitarias (DGOP, 2013, P.2). Uno de los tratamientos más usados en aguas residuales para este contaminante es la flotación, en este caso se usó al carbón activado para que adsorba estos compuestos orgánicos en sus microporos. Su presencia puede deberse al poder de remoción de grasas y aceites propio de los detergentes; estos en su estructura molecular poseen dos fases una hidrofílica o polar que atrae al agua y otra hidrofóbica o no polar que atrae a las grasas, al remover la suciedad con grasas de las prendas esta queda dispersa en el agua.

-DBO: Este parámetro está bastante elevado, con un valor de 1 890 mg/l. Se traspasa casi cinco veces a los VMAS, lo cual nos indica que hay una gran cantidad de materia orgánica biodegradable en el agua y este valor corresponde a una estimación de materia oxidables presentes en el agua, ya sean de origen orgánico o mineral. Es necesario un tratamiento que disminuya este parámetro, debido a la formación de gases anaerobios que luego pueden convertirse en ácido sulfúrico el cual es extremadamente corrosivo. La DBO resulta del degradado de componentes carbónicos orgánicos. Nitrógeno oxidable, debido a la presencia de nitritos, amoníacos y en general, compuestos orgánicos nitrogenados que sirven de alimentación a bacterias específicas. - Compuesto químicos reductores (ión ferroso, sulfitos, sulfuros) que se oxidan por el oxígeno disuelto. En este caso la cantidad de

DBO obtenida se debe a restos de algodón y ropa, aceites y grasas emulsionadas, espumas compuestos biodegradables del detergente, impurezas de tipo orgánicas entre otros compuestos (Universidad de Sevilla, 2018).

-DQO: Este parámetro sobrepasa casi el doble de lo establecido en los VMA'S, lo cual nos indica que los desechos presentes en la muestra, sean orgánicos o inorgánicos, son altamente resistentes a ser oxidados. Se ha visto en varias oportunidades en caracterizaciones de aguas residuales de lavanderías que la DQO siempre es mayor que la DBO llegando incluso a ser el doble o el triple; en este caso, su presencia puede ser debido a detergentes, sólidos disueltos totales, tinturas y colorantes que habían en las prendas de ese lavado, donde la mayoría eran prendas como jeans azules.

-SST: Este parámetro está por debajo de la norma con 455 mg/l sin embargo no está muy por debajo del límite, requiriendo un tratamiento, recordemos que el efluente inicial tenía un color plumizo verdoso profundo, un efluente bastante turbio, debido a la suciedad de las prendas y puesto a que, los SST son orgánicos, provenientes de desechos humanos; incluso también las partículas de materiales inertes ya que adsorben sustancias orgánicas en su superficie. Este parámetro genera lodos compuesto de coloides sedimentables como no sedimentables (Universidad de Sevilla, 2018).

-PH: Este parámetro se analizó también debido a que es un parámetro indispensable en cuanto a calidad de agua se refiere; la muestra inicial tenía un pH de 10.27, lo cual es típico de aguas con detergentes debido a su alcalinidad; el pH traspasa los VMA, que establecen un pH de 6-9.

❖ Prueba de tiempo de sedimentación

Tabla 4. Resultados obtenidos de la prueba de sedimentación

Muestra	Al ₂ (SO ₄) 3 (mg/l)	Carbón activado (g/l)	Inicio de sedimen tación	final de sedimentac ión	STD	C. Eléctrica	pH
1	800	3	4:40 pm	5:20 pm	871	1721	7.05
2	800	1	5:17 pm	6:10 pm	861	1735	6.55
3	600	2	5:29 pm	-	855	17088	7.30
4	400	1	5:32 pm	-	832	1639	7.89
5	400	3	5:38 pm	-	849	1663	7.90
6	200	2	5:42 pm	-	823	1622	8.33

Fuente: Elaboración propia

En la tabla, se muestra el tiempo que demoraron las muestras en sedimentar. La primera en sedimentar fue la concentración de Sulfato de Aluminio: 800 ppm - 3 gramos/litro, las cuales son las máximas concentraciones de coagulantes tanto para el sulfato como para el carbón activado. Se formaron las aglutinaciones de lodos encima y en la parte inferior queda el agua aclarada. Esta clarificación se alcanzó en el tiempo de 40 minutos aproximadamente, un tiempo de sedimentación parecida le siguió a la siguiente combinación de 800 ppm de sulfato de aluminio y 1 gramo por litro para el carbón activado.

Con respecto a las otras combinaciones, no se apreció ninguna sedimentación a los 40 minutos. Esto es debido posiblemente a que la cantidad de coagulante es muy poco para reaccionar puesto que ni a concentraciones altas de carbón activado se registró sedimentación en ese periodo de tiempo por lo que se esperó varias horas. La combinación 600 ppm de sulfato de aluminio y 2 g de carbón activado tuvo una sedimentación bastante débil de una parte de lodos a las tres horas aproximadamente; en el caso de las demás concentraciones menores, la sedimentación también fue muy débil después de más de cinco horas.

Después de realizarse estas pruebas, se decidió trabajar con un tiempo de sedimentación mínimo de 40 minutos y máximo de 2 horas con un tiempo de agitación de dos minutos compuestos de un minuto de agitación intensa y rápida seguida de otra menos intensa.

En los siguientes cuadros, tenemos los resultados de cada muestra y su respectiva combinación:

Tabla 5. Resultados de la 1^{ra} combinación: 800ppm de Sulfato de aluminio y 3g/l de carbón activado

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra
Aceites y grasas	mg/L	100	46.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	210
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000	560
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	110

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, se observa que los resultados están debajo de lo que manda el anexo 01 D.S. N° 001-2015, lo cual implica una muy buena acción de las concentraciones de ambos factores, para con la reducción de contaminantes, debido a su alto DBO y DQO hay presencia de material coloidal desestabilizado químicamente; para revertir esto, está el sulfato de aluminio, este al parecer actúa bien en rangos altos a partir de 700 ppm. Este fue el caso en la investigación realizada para un sistema de tratamiento de efluentes de lavadoras donde se hizo uso del sulfato de aluminio en los siguientes rangos: 100, 200, 300, 400, 500 y 1000ppm comprobándose mediante jar test que la mejor dosis fue la más alta (Ferreira Oliveira Dissan et al., 2015, p 3-6); este resultado

también fue respaldado por la necesidad de tener una alta alcalinidad en la muestra, este factor hace que mejore la coagulación del sulfato de aluminio, recordemos que nuestra muestra tenía un pH bastante alto de 10, 27. En el caso del carbón activado, el polímero adsorbió compuestos de aceites y grasas y detergentes y según Maldonado Paez (2008), el carbón activado puede llegar a adsorben hasta 0,3 mg de detergente por gramo de carbón; la cantidad de detergentes presente supera la cantidad de aceites en la muestra, por lo que puede que el carbón haya estado adsorbiendo más detergentes que aceites y grasas, lo cual hubiese cambiado la dosis de floculación. En el laboratorio, se observó que a los 5 minutos se empezaron a formar coágulos; a los 20 minutos, se vio que la espuma de detergente desaparece y los coágulos de lodos se empezaban a decantar y a la hora de sedimentarse la muestra estaba clarificada en la parte superior y los lodos mayormente aglutinados en la parte inferior.

Tabla 6. Resultados de la 2^{da} combinación: 800ppm de Sulfato de aluminio y 1g/l de carbón activado

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra
Aceites y grasas	mg/L	100	67.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	240
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000	600
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	68

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se observa que los resultados están por debajo de lo que manda el anexo 01 D.S. N° 001-2015 al igual que la previa combinación en la Tabla 6, lo cual comprueba también una muy buena acción de la concentración de sulfato de aluminio. Un caso similar es el proyecto de investigación “ESTUDO DO TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL ATRAVÉS DE PROCESSOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO E ELETROCOAGULAÇÃO “, desarrollado en Paraná, Brasil, 2016, donde se usó sulfato de aluminio para tratar aguas de lavandería y remover los siguientes parámetros: pH, Sólidos totales, color y DQO en las siguientes dosis: 200, 300, 400, 600, 700, 800 y 900 ppm, resultando la mejor para la remoción de contaminantes y DQO la de 800 ppm; el DQO se vio reducida de 407.87 mg/l en un 163.14 mg/l lo que es un 60 por ciento (de Souza et al., 2018). Sin embargo, en este caso los aceites y gasas no se redujeron tanto; en la investigación de Maldonado Paez (2008), el carbón activado puede adsorber hasta 0.37 mg de lauril de sodio por gramo de carbón; pero en esta investigación y otras que usan el carbón activado para la adsorción de detergentes las dosis superan el 1 g/l, por lo que se estima que la dosis fue muy baja para adsorber la contaminación de la muestra. Cuando se hizo la coagulación- floculación en el laboratorio, se observó que a los 5 minutos se empezaron a formar coágulos; a los 20 minutos, la espuma de detergente desaparece los coágulos de lodos y se empezaban a decantar y a la hora de sedimentarse la muestra, estaba clarificada en la parte superior y los lodos mayormente aglutinados en la parte inferior.

Tabla 7. Resultados de la 3^{ra} combinación: 600ppm de Sulfato de aluminio y 2g/l de carbón activado (puntos centrales)

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra
Aceites y grasas	mg/L	100	45.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	630
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000	1 060
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	352

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Resultados de la 4^{ta} combinación: 600ppm de Sulfato de aluminio y 2g/l de carbón activado (repetición de puntos centrales)

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra
Aceites y grasas	mg/L	100	48.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	600
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000	1 020
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	376

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8, se observa que los resultados obtenidos en el primer punto central y dos parámetros, en donde DBO y DQO sobrepasan lo que manda el anexo 01 D.S. N° 001-2015, que implica que la concentración de sulfato de aluminio no es suficiente. Si bien está recomendado en diversas hojas de seguridad y técnicas sobre el sulfato de aluminio usar dosis de entre 200 ppm y 500 ppm para el tratamiento de aguas, las investigaciones para tratamientos de aguas de lavanderías, por ejemplo: “Tratamiento dos Efluentes de una Lavandería Industrial: Avaliação da Capacidade de Diferentes Processos de Tratamento” desarrollado en Santa Catarina en Brasil, 2015, muestran resultados de reducción de parámetros como DQO, SST y surfactantes con una dosis mayor de 500 ppm; en estos casos de gran contaminación inorgánica e orgánica de coloides desestabilizados electrónicamente acompañada de un pH alcalino, se propaga en un ambiente próspero para dosis altas de sulfato de aluminio, las cuales tienen sus desventajas al bajar el pH y acidificar a la muestra, aumentar la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales. El carbón activado es un caso particular adsorbiendo una cantidad similar de grasas y aceites a una dosis de 2 g/l y 3 g/l, esto puede deberse a varias razones (Méndez Díaz et al., 2008).

La adición de electrolitos aportado por el sulfato de aluminio al sistema disminuye la solvatación de la parte hidrofílica del detergente, favoreciendo de esta forma el proceso de adsorción del detergente sobre el carbón activado; esto implica que como no hubo mucha presencia de electrolitos como en la dosis anterior, el carbón activado no estuvo enfocado en adsorber el detergente sino los aceites y grasas. Al momento de hacerse las pruebas de coagulación y floculación, se observó que a diferencia de las previas combinaciones a los 5 minutos no se visualiza formación alguna de coágulos; a los 30 minutos, la espuma de detergente desaparece y aproximadamente después de hora de reposo la muestra seguía bastante turbia, y la cantidad los lodos sedimentados en la parte inferior eran mínimos

Tabla 9. Resultados de la 5^{ta} combinación: 400ppm de Sulfato de aluminio y 3g/l de carbón activado

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra
Aceites y grasas	mg/L	100	32.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	760
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000	1 250
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	328

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, se observa los resultados para la 5ta combinación y se sobrepasan tanto el DBO y DQO. Los niveles de los demás parámetros siguen conforme a la norma, sin embargo, esto parece ser un indicativo de que la cantidad de sulfato de aluminio no fue suficiente; el rango de dosis de 200 a 400 ppm es recomendado para la potabilización del agua (Granados Castaño, 2018, p.21). No obstante investigaciones de tratamientos de efluentes en aguas de lavanderías como “Advanced treatment of laundry wastewater with coagulation and flocculation” realizado en Creta, Grecia en el año 2016, en el que se busco reducir DQO con un valor de 2628 mg/l, DBO 1070 mg/l, SST 130 mg/l, para lo cual se usó las dosis de 450 ppm y 750 ppm, resultando mejor la última. En el caso de la acción del carbón activado, fue el responsable de la reducción de las grasas y aceites, como se puede observar redujo considerablemente de 76,8 mg/l a 32,8 mg/l, esto es posiblemente a que se aumentó la dosis de carbón activado y porque no había presencia de electrolitos que hicieran más fácil la solvatación de la parte hidrofílicas de los detergentes para que el carbón activado no se enfoque en estos compuestos sino tenga más preferencia a adsorber polares como aceites y grasas (Méndez Díaz et al., 2008). Según Maldonado Páez, los compuestos

solubles tienen una fuerte afinidad por el solvente como los detergentes por ejemplo al tener en su composición dos fases una hidrofílica es decir afinidad al agua son más difíciles de adsorber que aquellos que no son solubles como por ejemplo en los aceites y grasas (Maldonado, 2008, p.64), en las pruebas de coagulación floculación, se observó que a diferencia de la previa combinación a los 5 minutos ni visualiza formación alguna de coágulos, a los 30 minutos se notaron que la espuma de detergente desaparece y aproximadamente después de hora de reposo la muestra seguía bastante turbia, y la cantidad los lodos sedimentados en la parte inferior eran mínimos.

Tabla 10. Resultados de la 6^a combinación: 400ppm de Sulfato de aluminio y 1g/l de carbón activado

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra
Aceites y grasas	mg/L	100	41.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	750
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000	1 294
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	368

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10, los resultados sobrepasan dos de los parámetros, DQO y DBO, lo mismo para previas combinaciones con cantidades de sulfato de aluminio inferiores a 800 ppm; en este caso, la dosis de aluminio es insuficiente por lo que a pesar de que la agitación se prolongue o las revoluciones por minuto aumenten, la poca cantidad de sulfato de aluminio sigue siendo insuficiente, se encontrará con demasiado material coloidal y no removerá lo suficiente; si nos referimos al carbón activado, este

al parecer tuvo el mismo problema, agregando a esto su acción puede verse afectada factor que es la presencia de varios adsorbatos disminuyen la presencia de un adsorbato en particular (Maldonado, 2008, p.64); en nuestro caso, son los detergentes, aceites y grasas y sólidos suspendidos totales. Cabe destacar que al momento de realizarle las pruebas de coagulación floculación, igual a la previa combinación a los 5 minutos, no se visualiza formación alguna de coágulos; a los 30 minutos, la espuma de detergente desaparece y después de una hora de reposo, la muestra seguía bastante turbia, y la cantidad los lodos sedimentados en la parte inferior era casi nula.

Tabla 11. Resultados de la 7^{ma} combinación: 200 ppm de Sulfato de aluminio y 1g/l de carbón activado (punto axial)

Parámetro	Unidad	VMA D.S N° 021- 2009-vivienda	Resultado de la muestra
Aceites y grasas	mg/L	100	44.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500	810
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000	1 440
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	152

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, se visualiza los resultados para el punto axial designado en caso de comprobarse de haber curvatura significativa; los resultados muestran que igualmente en las tablas 9, 10, 11 y 12 se sobrepasan el DQO y DBO; las dosis de ambos compuestos resultaron ser ineficiente; en el sulfato de aluminio, las dosis de 100 ppm, 200 ppm y 300 ppm son usadas para aguas poco contaminadas por ejemplo, para plantas de potabilización de aguas (CERÓN PÉREZ, 2016), la muestra a tratar

tiene alta turbiedad y alta alcalinidad, clasificada como fácil de coagular por el sulfato de aluminio, debido a que en muestras con baja alcalinidad es necesario muchas veces agregar hidróxido de sodio o de calcio u otro compuesto para aumentar al pH; sin embargo, la dosis de 200 ppm no es suficiente para generar coagulación por barrido ni desestabilización (SILICATOS Y DERIVADOS S.A, 2018) lo mismo para el carbón activado que se encuentra con demasiados adsorbatos en la muestra para la cantidad, esta deficiencia no se verá alterada por más que se aumente las revoluciones por minuto o el tiempo de agitación. Al trabajar esta combinación en el laboratorio, no se visualizó formación de floc ni mucho menos sedimentación de estos.

4.2 Análisis estadístico

Con el programa software MiniTab 17 y los resultados obtenidos, se plasmaron el diseño experimental tipo "2x2".

Nótese que se consideró una réplica por cada tratamiento, antes de presentar la tabla ANOVA para cada una de las medidas observadas que son los resultados de DBO, DQO, A y G y SST se presentará la figura papel probabilístico medio normal (half normal). Así, si los efectos principales o de interacción tienen un impacto en las diferentes medidas observadas; entonces, se alejarán de la línea oblicua en la figura (figura 15- 18), caso contrario los efectos principales y de interacción estarán sobre la línea de normalidad.

Se obtuvo en las gráficas normales que tanto para el DQO, DBO, SST, los efectos significativos fueron por parte del sulfato de aluminio mas no del carbón activado; sin embargo, para los aceites y grasas los efectos tienen una magnitud grande aunque parece que tales efectos no son significativos puesto a que aparecen en la gráfica con una coloración azul (ver anexo 8).

4.3 Efectos de las variables

Se realizó un análisis de varianza que permitió determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que no difieren entre sí (ver anexo 4). En este análisis se obtuvo que, para el DBO, DQO, SST el sulfato de aluminio tuvo un efecto significativo mas no el carbón activado, puesto que

el valor p era menor a 0.05 para los tres parámetros en el factor de sulfato de aluminio. En el caso de aceites y grasas, se determinó que el efecto no es estadísticamente significativo ni por parte del sulfato de aluminio ni por parte del carbón activado, por lo que se acepta la hipótesis nula en ambos factores; aunque según la figura de efectos principales indica un efecto por parte del carbón activado, sin embargo, este no es estadísticamente significativo, probablemente por la cantidad deficiente de dosis. El efecto curvatura no es significativo en DBO, SST y A y G, excepto para el factor de DQO en donde el valor p es menor a alfa con un valor de 0.038 el cual es menor a el valor p de 0.05; además, se realizaron las estimaciones de regresión lineales para cada parámetro indicando el valor del efecto entre factores.

4.4 Contratación de hipótesis

Para la hipótesis general: “Es probable que el uso de sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ como coagulante, carbón activado como coayudante de coagulación mejore la calidad de efluentes de lavadoras industriales teniendo como referencia los parámetros de DBO5, DQO, aceites y grasas y sólidos suspendidos totales se tiene que en el análisis de varianza ANOVA, se obtuvo que para el DBO, DQO, SST el sulfato de aluminio tuvo un efecto significativo mas no el carbón activado, puesto que el valor p era menor a 0.05 para los tres. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los tres en el factor de sulfato de aluminio; en cambio, se acepta la hipótesis nula para el factor de carbón activado donde para aceites y grasas el efecto no es estadísticamente significativo ni por parte del sulfato de aluminio y carbón activado, por lo que se acepta la hipótesis nula en ambos factores.

Para la hipótesis: Es probable que la caracterización de los efluentes provenientes de la lavandería “El Cayro” supere las concentraciones de los parámetros DBO5 (500mg/l), DQO (1000 mg/l), SST(500mg/l), ACEITES Y GASAS(100mg/l) establecidos así en el anexo 01 del D.S, N° 021- 2009 VIVIENDA y su modificatoria D.S. N° 001- 2015, se acepta la hipótesis de trabajo; pero solo en un 50% puesto que dos de los cuatro parámetros traspasaron la norma.

Se acepta la hipótesis de trabajo: Es probable definir un tiempo de sedimentación óptimo para las pruebas de coagulación y floculación, puesto que se obtuvo el tiempo de sedimentación.

Para la definición de las dosis más efectivas, se acepta la hipótesis de trabajo: Es probable definir las dosis más efectivas de carbón activado y de $Al_2(SO_4)_3$ para el mejoramiento de la calidad de efluentes de lavadora en la Lavandería “El Cayro”, puesto que se obtuvieron como dosis más efectivas 800 ppm para el sulfato de aluminio y 3 g/l de carbón activado.

4.5 Costo Beneficio

A continuación, se menciona el presupuesto requerido para la realización de la presente tesis.

PRESUPUESTO DE INVESTIGACIÓN					
OBJETO	Unidad	Cant.	P.U	P Total	Moneda
REACTIVOS					
Carbón activado granular	Kg	2	29.00	58.00	S/.
Sulfato de aluminio	Kg	2	5.00	10.00	S/.
Agua destilada	lt	2	2.00	4.00	S/.
ENSAYOS DE LABORATORIO					
Ensayo de DBO	Un	8	85.00	680.00	S/.
Ensayo de DQO	Un	8	85.00	680.00	S/.
Ensayo de SST	Un	8	30.00	240.00	S/.
Ensayo de aceites y grasas	Un	8	25.00	200.00	S/.

EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO					
Batidora manual	Un	1	70.90	109.90	S/.
Probeta de 1 litro	Un	1	55.00	55.00	S/.
Pipeta de 10 ml	Un	1	15.00	15.00	S/.
Espátula	Un	1	9.00	9.00	S/.
Beaker de 250 ml	Un	8	23.00	184.00	S/.
pH – metro	Un	1	150.00	150.00	S/.
Bagueta	Un	1	15.00	15.00	S/.
Reloj	Un	1	12.00	12.00	S/.
Balanza de capacidad máxima de 2 kg	Un	1	180.00	180.00	S/.
COSTO DE MANO DE OBRA					
Mano de obra especializada	Tiempo en meses	2	1500.00	3000.00	S/.
MATERIALES DE CAMPO S/.					
Recipientes adecuados	kit	8	5.00	40.00	S/.
Porongo de 40 lts	Un	1	15.00	20.00	S/.
Guantes	Un	4	1.00	4.00	S/.
Mascarilla	Un	8	0.50	4.00	S/.
Lentes de seguridad	Un	2	4.00	8.00	S/.
Mandil	Un	1	35.00	35.00	S/.
Jarra de plástico (1000 ml)	Un	1	2.00	2.00	S/.

REQUERIMIENTOS ADMINISTRATIVOS					
Cuaderno de apuntes	Un	2	5.00	10.00	S/.
Transporte	Un	50	1.00	50.00	S/.
Lapiceros	Un	3	1.00	3.00	S/.
Laptop	Un	1	1.500	1500	S/.
Corrector	Un	2	3.00	6.00	S/.
Papel bond A4	mill	1	12.00	12.00	S/.
TOTAL				S/. 6615.9	

4.5.1 Beneficio para la empresa

En caso de que haya otra empresa de lavandería industrial al igual que la lavandería “El Cayro” que sobrepasen los parámetros de DBO, DQO, SST, aceites y grasas del anexo 01 de la norma N° 001-2015- VIVIENDA; esta tendría una sanción de cobro adicional de hasta 5 veces el monto facturado en su recibo de pago. En el caso de la lavandería “El Cayro” facturó el mes pasado una suma de S/. 2015.00 (Dos mil y quince con 90/100 soles), y el cobro adicional sería cinco veces esta cifra, equivalente a S/. 10 075.00 (Diez mil, setenta y cinco con 90/100 soles), por parte de la Empresa Prestadora de servicios de Saneamiento SEDAPAR, conforme a lo establecido en el artículo N° 11 del D.S N° 003-2011-VIVIENDA, Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA que aprueba los valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario. Por lo tanto, al realizarse la inversión sobre “EVALUACION DEL USO DE $Al_2(SO_4)_3$ (SULFATO DE ALUMINIO) Y CARBON ACTIVADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES PROVENIENTES DE LAVANDERIAS INDUSTRIALES” que equivale a S/. 6 615.9 (Seis mil seiscientos sesenta y tres con 90/100 soles), se lograría un beneficio inicial de S/. 3 459.1 (Tres mil cuatrocientos cincuenta y nueve con diez 90/100 soles). Debe considerarse que este es un gasto inicial cuyos beneficios serán continuos a favor de la empresa; y considerando que la disposición final de residuos sólidos peligrosos demandará otro estudio e inversión.

Un beneficio muy importante es también la posibilidad de la reutilización del agua tratada por parte de la lavandería, incluso empresas de otro rubro y un ahorro significativo en el recurso; además, reducción de pago por el servicio.

4.5.2 Gestión de Residuos Sólidos Peligrosos resultantes del uso de $Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de aluminio) y carbón activado

Como es común en los tratamientos fisicoquímicos de aguas residuales en los que se usan coagulantes y floculantes, se obtienen lodos residuales los cuales contienen coloides y flóculos aglutinados y residuos de sulfatos, detergentes, material orgánico e inorgánico; estos lodos están clasificados como peligrosos. Para la gestión de estos residuos, a continuación, se mencionan las siguientes propuestas:

-Realizar un contrato de Outsourcing con una EO - RS (Empresa operadora de residuos sólidos) que realice el servicio de tratamientos y disposición final de estos residuos; así mismo, esta empresa realice el servicio de capacitación y entrenamiento al personal para el correcto almacenado de lodos resultantes

-Recuperación de sulfato de aluminio mediante el acondicionamiento químico de lodos de alúmina por medio de acidificación con ácido sulfúrico H_2SO_4 para solubilizar el metal de la sal iónica debido al carácter anfótero del aluminio para su posterior comercialización.

4.5.3 Aporte de la investigación

Los aportes de la presente investigación serían:

- Asegurar que las lavanderías cumplan con los requerimientos mínimos exigidos en los parámetros que la norma N° 001-2015 Vivienda.
- Reutilización del agua, si la empresa considera necesario puede implementar un sistema de recirculación para el agua tratada con fines de mantenimiento (limpieza del local, maquinarias, etc.)

CONCLUSIONES

PRIMERA: El uso de sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y carbón activado para el mejoramiento de la calidad de efluentes de la lavandería. El Cayro, resultó siendo efectivo, siendo el sulfato de aluminio de mayor significancia con un valor $p < 0.05$ para DBO, DQO y SST. En el caso del carbón activado, se obtuvo un efecto sobre grasas y aceites, pero no es estadísticamente significativo.

SEGUNDA: La caracterización de efluentes de lavadora vertidos a la red del alcantarillado público provenientes de la lavandería “El Cayro” demostró que sobrepasaron los valores de los parámetros establecidos en el Anexo 01 de D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y su modificatoria D.S. N° 001-2015-VIVIENDA:

- a) Demanda Bioquímica Oxígeno: 1 890 mg/l, VMA dice 500 mg/l
- b) Demanda Química Oxígeno: 1 968 mg/l, VMA dice 1000 mg/l
- c) Sólidos Suspendidos Totales: 455 mg/l, VMA dice 500 mg/l
- d) Aceites y grasas: 76,8 mg/l, VMA dice 100 mg/l

TERCERA: El tiempo determinado de sedimentación óptimo para las pruebas de coagulación y floculación de sulfato de aluminio y carbón activado fue de una hora, previamente con un minuto de agitación rápida y otro de agitación lenta.

CUARTA: Las dosis más efectivas fueron:

- a) Para carbón activado: 3 g/l
- b) Para $Al_2(SO_4)_3$: 800 ppm

Los resultados que estas dosis tuvieron en la mejora de la calidad de los efluentes fueron:

- a) Demanda Bioquímica Oxígeno: 1 890 mg/l bajo a 210 mg/l
- b) Demanda Química Oxígeno: 1 968 mg/l bajo a 560 mg/l
- c) Sólidos Suspendidos Totales: 455 mg/l bajo a 110 mg/l
- d) Aceites y grasas: 76,8 mg/l bajo a 46,8 mg/l.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Aumentar la dosis de carbón activado para un mayor efecto en la reducción de aceites y gasas. Debido a que las dosis utilizadas de 1g/l y 3g/l no fueron estadísticamente significativo.

SEGUNDA: Al momento de terminar las pruebas de coagulación y floculación, se obtendrán lodos residuales; para su tratamiento, se recomienda el secado natural o realizar un tratamiento de acidificación.

TERCERA: Si la empresa considera necesario, puede implementar un sistema de recirculación para que el agua tratada se utilice con fines de mantenimiento.

CUARTA: El almacenamiento temporal del agua tratada, puede tener una posterior reutilización en el proceso de lavado.

BIBLIOGRAFÍA

- SUNASS (2016). BENCHMARKING REGULATORIO DE LAS EPS (Datos 2016). BENCHMARKING REGULATORIO DE LAS EPS. [online] Lima, p.26. Available at: http://www.sunass.gob.pe/benchmark/benchmarking_datos_2016.pdf [Accessed 11 Jul. 2018].
- INACAL (2015). Impacto de la reglamentación de los valores máximos admisibles de las descargas no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario Evaluación del avance en la implementación. Lima, p.6.
- Raffo Lecca, E. and Ruiz Lizama, E.(2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, [online] (1), p.3. Available at: <http://www.redalyc.org/html/816/81640855010/> [Accessed 11 Jul. 2018].
- Sandoval Flores, M(2008). Disminucion de la demandad quimica de oxígeno (Dqo) en vinaz-as mediante tratamiento biologico. bachiller. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA.
- Cisterna Osorio, P(2004). Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región.. 1st ed. [ebook] Viña del mar, p.6. Available at: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf> [Accessed 13 Jul. 2018].
- Mayta, R(2017). REMOCIÓN DE CROMO Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE POR ELECTROCOAGULACIÓN. [PDF] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371953709008>, Puno.
- Area, M., Ojeda, S., Barboza, O., Bengoechea, D. and Felissia, F(2010). Tratamientos aplicables para la reducción de la DQO recalcitrantede efluentes de pulpados quimimecánicos y semiquímicos. Revista de Ciencia y Tecnología SCIELO, [online] 13, p.2. Available at: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872010000100001 [Accessed 13 Jul. 2018].
- DECRETO SUPREMO N° 001-2015-VIVIENDA.

ANEXOS

Anexo 1. Determinación de numero de observaciones de diseño factorial 2²

- **Número total de observaciones:**

$$N = (RT \times 2^K) + Pc + Pa$$

$$N = (1 \times 2^2) + 2 + 1$$

$$N = 7 \text{ observaciones}$$

En el que:

RT=Replicas de cada tratamiento

2K= Diseño factorial tipo 2k

Pc= Punto centrales

Pa=Puntos axiales

Anexo 2: Determinación de niveles y notaciones para el diseño factorial 2²

En la Tabla 12 se muestra los niveles y notaciones, para cada factor.

Tabla 12. Niveles y notaciones para cada factor

FACTOR	NOTACIÓN	NIVELES	
		Nivel Bajo	Nivel Alto
Sulfato de aluminio	A	400mg/	800mg/l
Al₂(SO₄)₃			
Carbón Activado	B	1g/l /l	3g/l

Fuente: Elaboración propia

- Codificación del diseño factorial 2^k

Para representar la interacción de los 2 factores por medio de un modelo de regresión, se considera la siguiente codificación para encontrar los efectos en el modelo:

$$x_1 = \begin{cases} -1, & \text{si A está en el nivel bajo} \\ +1, & \text{si A está en el nivel alto} \end{cases}$$

$$x_2 = \begin{cases} -1, & \text{si B está en el nivel bajo} \\ +1, & \text{si B está en el nivel alto} \end{cases}$$

En los puntos centrales se considera que las variables están representadas por el valor de cero

$$x_1 = x_2 = 0$$

Anexo 3. Matriz de tratamientos para el diseño factorial 2^2

Tabla 13. Cuadro de tratamientos del diseño factorial

TRATAMIENTO	
SULFATO DE ALUMINIO (A)	CARBON ACTIVADO (B)
+1	+1
+1	-1
-1	+1
-1	-1
0	0
0	0
α	α

Puntos
Centrales y
axiales

Orden estándar
de
combinaciones
de niveles
bajos y altos

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Cuadros de análisis de varianza para el diseño factorial 2²

- Efectos de las variables para DBO

En la Tabla abajo se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para los resultados DBO. Nótese que en los resultados de DBO sólo el factor sulfato de aluminio es significativo, esto porque su valor p es 0.025 y es menor que 0.05. Los demás factores no son significativos, esto indica que el único factor que impacta en los resultados en DBO es el sulfato de aluminio. Además, el efecto de la curvatura es también no es significativo ($0.093 > 0.05$).

Tabla 14. Análisis de Varianza para DBO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	302233	75558	167.91	0.058
Lineal	2	281000	140500	312.22	0.04
Sulfato de aluminio	1	280900	280900	624.22	0.025
Carbón activado	1	100	100	0.22	0.72
Interacciones de 2 términos	1	400	400	0.89	0.519
Sulfato de aluminio* Carbón activado	1	400	400	0.89	0.519
Curvatura	1	20833	20833	46.3	0.093
Error	1	450	450		
Total	5	302683			

Fuente: Elaboración propia

- Demanda química de oxígeno

La tabla ANOVA para los resultados para DQO es mostrada abajo. Nótese que sólo el sulfato de aluminio es significativo, su valor p (0.02) es menor que 0.05 indicando que sólo este factor tiene un impacto en la DQO. La curvatura en este caso es significativo ($0.038 < 0.05$), así de acuerdo que estos resultados se tienen DQO tendría un comportamiento cuadrático en relación al sulfato de aluminio.

Tabla 15. Análisis de Varianza para DQO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	609593	152398	338.66	0.041
Lineal	2	480628	240314	534.03	0.031
Sulfato de aluminio	1	478864	478864	1064.14	0.02
Carbón activado	1	1764	1764	3.92	0.298
Interacciones de 2 términos	1	4	4	0.01	0.94
Sulfato de aluminio*Carbón activado	1	4	4	0.01	0.94
Curvatura	1	128961	128961	286.58	0.038
Error	1	450	450		
Total	5	610043			

Fuente: Elaboración propia

- Sólidos suspendidos Totales

La tabla ANOVA para los resultados para los resultados SST es mostrada abajo. Nótese que sólo el sulfato de aluminio es significativo, su valor p (0.042) es menor que 0.05 indicando que sólo este factor tiene un impacto en la SST. La interacción de los factores no es significativa ($0.25 > 0.05$). La curvatura en este caso no es

significativo ($0.064 > 0.05$), así de acuerdo que estos resultados sólo el sulfato de aluminio tiene un efecto en SST.

Tabla 16. Análisis de Varianza para SST

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	96990	24247.5	84.19	0.082
Lineal	2	67082	33541	116.46	0.065
Sulfato de aluminio	1	67081	67081	232.92	0.042
Carbón activado	1	1	1	0	0.963
Interacciones de 2 términos	1	1681	1681	5.84	0.25
Sulfato de aluminio*Carbón activado	1	1681	1681	5.84	0.25
Curvatura	1	28227	28227	98.01	0.064
Error	1	288	288		
Total	5	97278			

Fuente: Elaboración propia

- Aceites y Grasas

La tabla ANOVA para los resultados para A y G es mostrada abajo. Nótese que estadísticamente ninguno de los factores tanto como el sulfato de aluminio y carbón activado tiene un efecto en A y G. En este sentido, la interacción entre los factores también no es significativo ($1.00 > 0.05$) También no existe la presencia de curvatura en este caso es significativo ($0.038 < 0.05$).

Tabla 17. Análisis de Varianza para A y G

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	655.04	163.76	31.98	0.132
Lineal	2	619.04	309.52	60.45	0.091
Sulfato de aluminio	1	400	400	78.13	0.072
Carbón activado	1	219.04	219.04	42.78	0.097
Interacciones de 2 términos	1	36	36	7.03	0.23
Sulfato de aluminio*Carbón activado	1	36	36	7.03	0.23
Curvatura	1	0	0	0	1
Error	1	5.12	5.12		
Total	5	660.16			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Cuadros de regresión lineal para el diseño factorial 2²

- Demanda Bioquímico de Oxígeno

En la Tabla 19. aparecen las estimaciones de los coeficientes de regresión para el modelo de ecuación 2.7 así como los efectos principales para DBO. Se observa que sólo el sulfato de aluminio es significativo (p.valor es menor que 0.05). Se observa también que el efecto del sulfato de aluminio es mayor que los otros efectos, su efecto es -530 (efecto negativo).

Tabla 18. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo.

Término	Efecto	Coefficiente	Estimación	E. estándar	Valor T	Valor p
Constante		β_0	490	10.6	46.2	0.014
Sulf. aluminio	-530	β_1	-265	10.6	-24.98	0.025
Carbón activado	-10	β_2	-5	10.6	-0.47	0.72
Interacción	-20	β_{12}	-10	10.6	-0.94	0.519
Pt Ctral		Pt Ctral	125	18.4	6.8	0.093

Fuente: Elaboración propia

- Demanda Química de Oxígeno

En la Tabla 20, presentan las estimaciones de los coeficientes de regresión, así como los efectos principales para los resultados DQO. Se observa que sólo el sulfato de aluminio es significativo (p.valor es menor que 0.05). Se observa también que el efecto del sulfato de aluminio es mayor que los otros efectos, su efecto es -692 (efecto negativo). También, se observa que existe el efecto de la curvatura como fue indicado en la tabla ANOVA.

Tabla 19. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo.

Término	Efecto	Coficiente	Estimación	E. estándar	Valor T	Valor p
Constante		β_0	926	10.6	87.3	0.007
Sulf. aluminio	-692	β_1	-346	10.6	-32.62	0.02
Carbón activado	-42	β_2	-21	10.6	-1.98	0.298
Interacción	2	β_{12}	1	10.6	0.09	0.94
Pt Ctral		Pt Ctral	-311	18.4	-16.93	0.038

Fuente: Elaboración propia

-Aceites y grasas

En la Tabla 17, se observa que ninguno de los factores estudiados es significativo (p. valor es mayor que 0.05). En este sentido, el efecto del sulfato de aluminio es mayor que los otros efectos, su efecto es -14.8 (efecto negativo). También, se observa que no existe el efecto de la curvatura.

Tabla 20. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo

Término	Efecto	Coficiente	Estimación	E. estándar	Valor T	Valor p
Constante		β_0	47.2	1.13	41.72	0.015
Sulf. aluminio	20	β_1	10	1.13	8.84	0.072
Carbón activado	-14.8	β_2	-7.4	1.13	-6.54	0.097
Interacción	-6	β_{12}	-3	1.13	-2.65	0.23
Pto. Ctral		Pto. Ctral	0	1.96	0	1

Fuente: Elaboración propia

- Sólidos suspendidos totales

Se observa que sólo el sulfato de aluminio es significativo (p. valor es menor que 0.05). Se observa también que el efecto del sulfato de aluminio es mayor que los otros efectos, su efecto es -259 (efecto negativo). También, se observa que no existe el efecto de la curvatura.

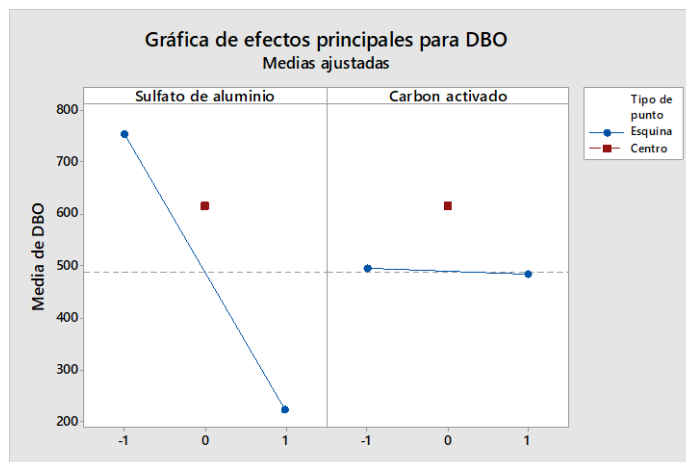
Tabla 21. Estimación de los coeficientes de regresión del modelo.

Término	Efecto	Coefficiente	Estimación	E. estándar	Valor T	Valor p
Constante		β_0	218.5	8.49	25.75	0.025
Sulf. aluminio	-259	β_1	-129.5	8.49	-15.26	0.042
Carbón activado	1	β_2	0.5	8.49	0.06	0.963
Interacción	41	β_{12}	20.5	8.49	2.42	0.25
Pto. Ctral		Pto. Ctral	145.5	14.7	9.9	0.064

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Gráficos de efectos principales para el diseño factorial 2²

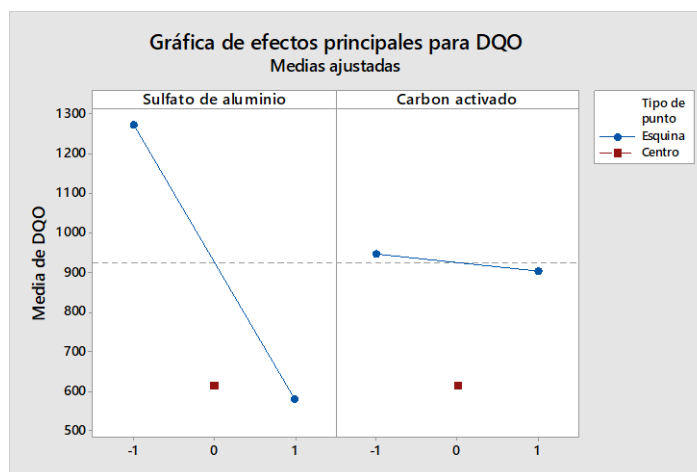
Figura 7. Efectos principales para DBO



Fuente: Elaboración propia

La figura muestra que solo existe un cambio (efecto negativo) el cual es un tipo de efectos principales en diseños factoriales en donde la variable respuesta disminuye con el nivel alto de los factores en DBO en el sulfato de aluminio mas no en el carbón activado., lo que esta investigación es el parámetro de DBO, que disminuyo con el nivel alto del Sulfato de aluminio y el nivel alto del carbón activado.

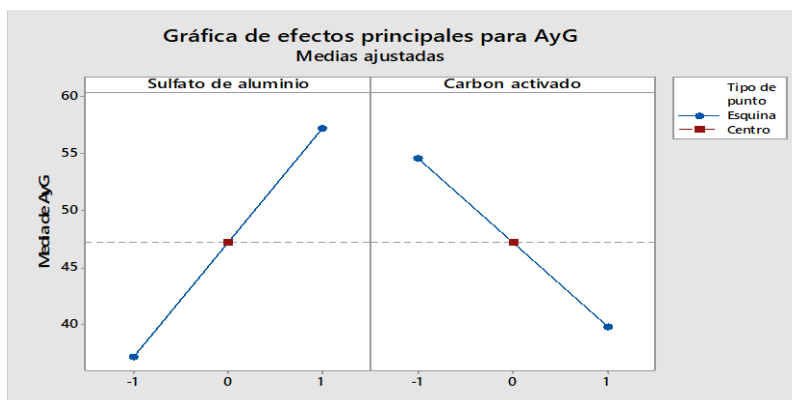
Figura 8. Efectos principales para DQO



Fuente: Elaboración propia

La Figura 13 muestra los efectos principales. Solo existe un cambio en DQO en el sulfato de aluminio mas no en el carbón activado.

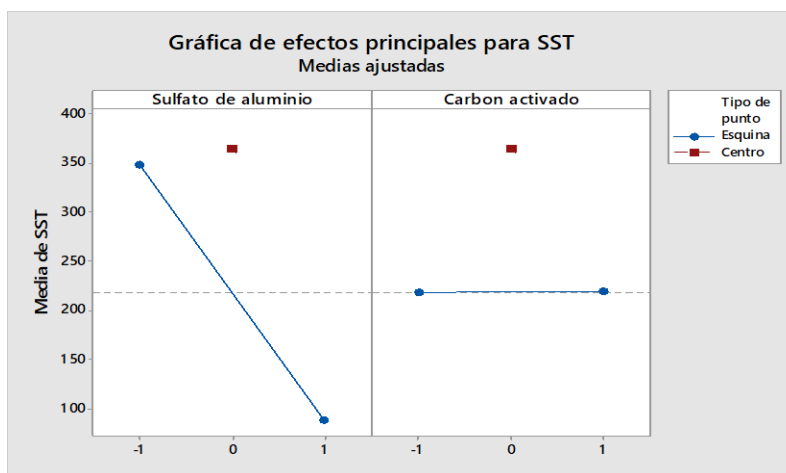
Figura 9. Efectos principales para A y G



Fuente: Elaboración propia

La figura abajo muestra los efectos principales para A y G. Se observa que sí hay un cambio de los dos factores en el caso del sulfato de aluminio el efecto resulto ser positivo, la variable respuesta de aceites y gasas no disminuye, en cambio el carbón activado cuyo efecto lineal es negativo, lo cual contribuye a comprobar que su comportamiento de polímero orgánico adsorbe otros compuestos orgánicos. y pasan por el centro. Sin embargo, estos efectos son significativos.

Figura 10. Efectos principales para SST

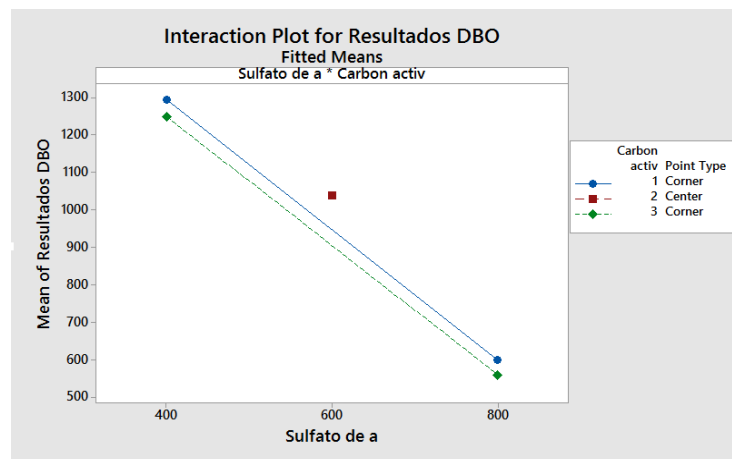


Fuente: Elaboración propia

La figura muestra que sí existe un cambio en el SST debido al sulfato de aluminio, sin embargo, el carbón activado no tiene un efecto en el SST. El sulfato de aluminio posee un efecto negativo, es decir la variable respuesta que en este caso es los Sólidos suspendidos totales disminuye en el nivel alto o los 800 ppm de sulfato, el carbón activa en cambio presenta el tipo de efecto principal llamado nulo o sin efecto, es decir la variable respuesta no se ve significativamente altera en el nivel bajo y alto.

Anexo 6. Figuras de la interacción entre factores para el diseño factorial 2²

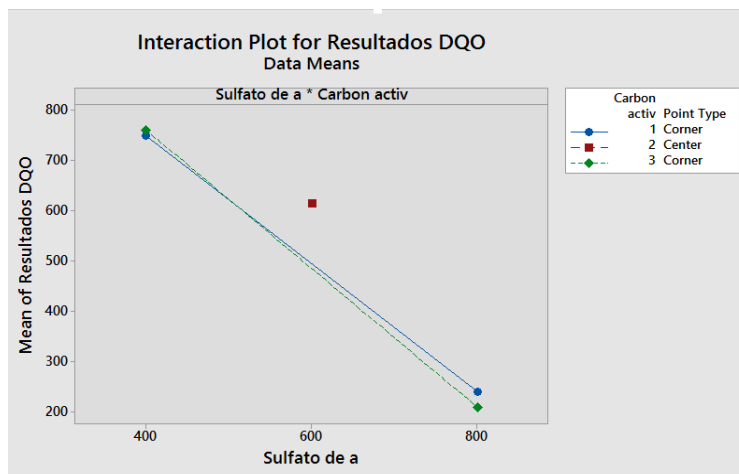
Figura 11. Interacción entre factores para DBO



Fuente: Elaboración propia

En la figura, se visualiza cómo existe un efecto negativo sin cruce e interacción entre los factores (sulfato de aluminio y carbón activado).

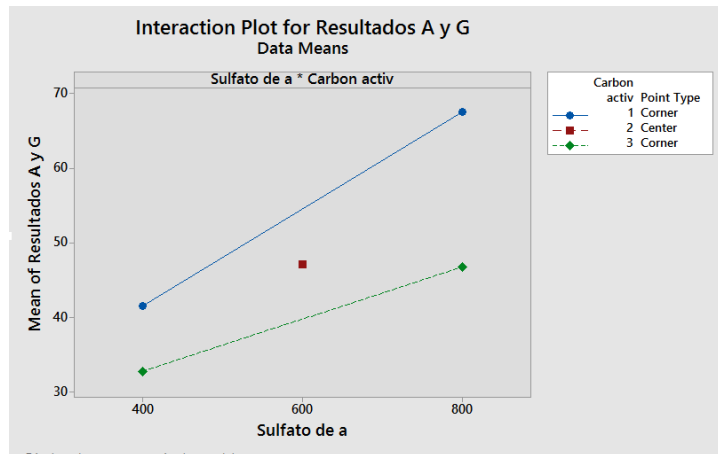
Figura 12. Interacción de factores para DQO



Fuente: Elaboración propia

En la figura se ve una interacción en diseño factorial conocida como Interacción sinérgica, en la que se aprecia una pequeña proyección de un cruce entre las interacciones.

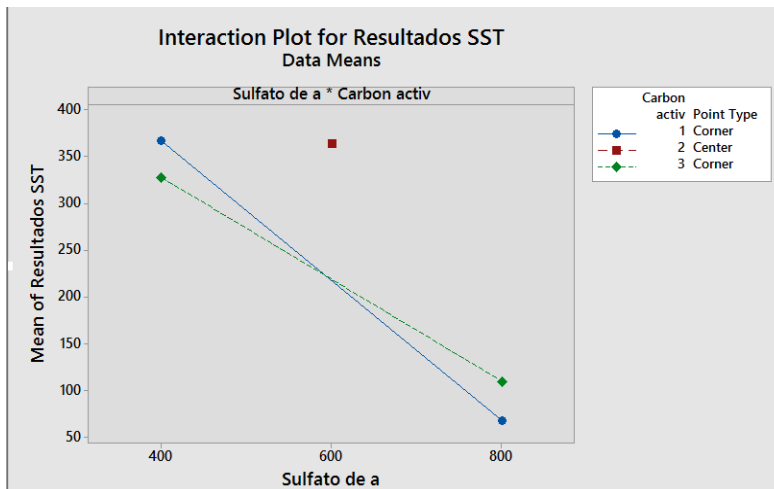
Figura 13. Interacción entre factores para A y G



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14, se observa que el tipo de interacción es antagonista se puede visualizar que en ambos niveles bajos del factor carbón activado hay una reducción de aceites y grasas.

Figura 14. Interacción para SST

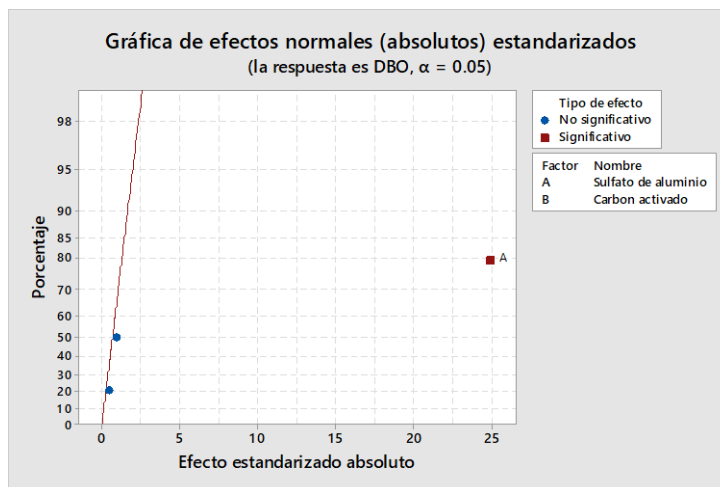


Fuente: Elaboración propia

En la figura, se visualiza cómo se presenta una interacción sinérgica donde se presenta un cruce que significa que la interacción tiende a invertirse.

Anexo 7. Figura normal entre factores para el diseño factorial 2^2

Figura 15. Efectos normales para DBO

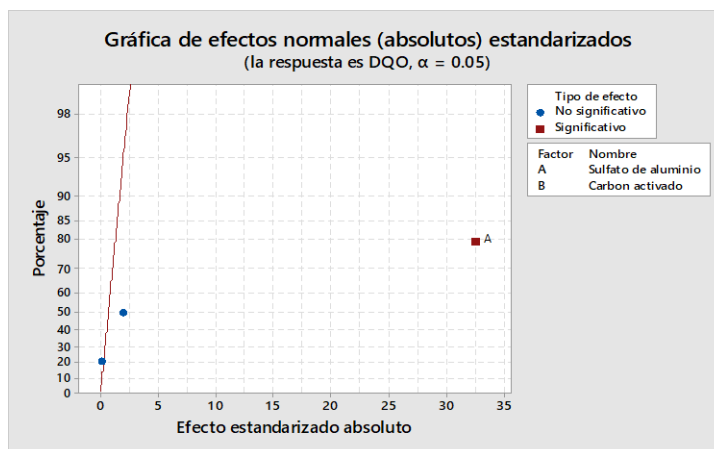


Fuente: Elaboración propia

Para los resultados de DBO, se observa que sólo el factor A (sulfato de aluminio) el coagulante principal tiene un efecto significativo en los resultados del DBO, como se vio en

los resultados para combinaciones con sulfato de aluminio a 800 ppm. Esto puede ser debido a que el sulfato de aluminio removió los colides en suspensión que eran material biodegradable

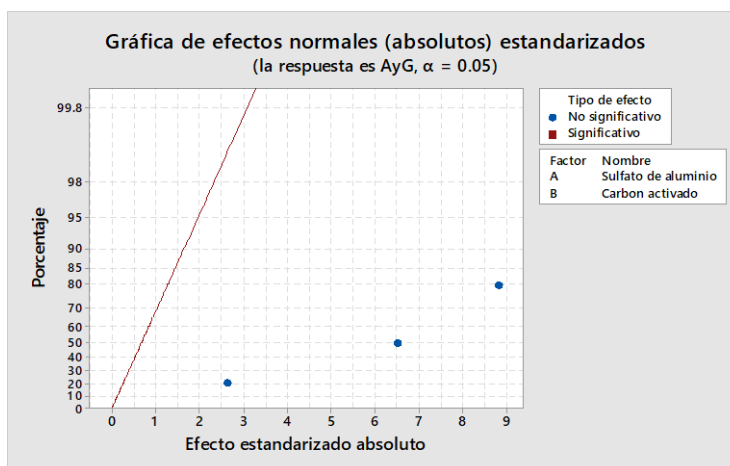
Figura 16. Efectos normales para DQO



Fuente: Elaboración propia

Para los resultados de DQO, se observa que el sulfato de aluminio es el único factor que tiene un efecto en DQO, los otros factores parecen no tener un impacto en esta variable respuesta.

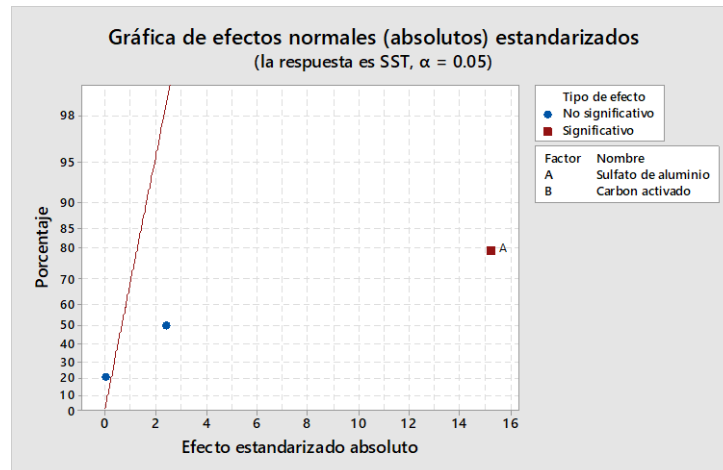
Figura 17. Efectos normales para A y G



Fuente: Elaboración propia

Para los resultados de A y G, se observa que el efecto tiene una magnitud grande sin embargo parece que tales efectos no son significativos, para verificar ello se presentará la tabla ANOVA.

Figura 18. Efectos normales para SST



Fuente: Elaboración propia

Para los resultados SST, se observa que nuevamente el sulfato de aluminio tiene un efecto mayor y significativo sobre SST lo cual es común en estos poderosos coagulantes, el remover gran parte del material en suspensión del agua.

Anexo 7. Trabajo en laboratorio

Figura 19. Muestras iniciales enviadas al laboratorio



Figura 20. Preparación de muestras en el laboratorio



Figura 21. calibración del PH metro



Figura 22. Medición de pH inicial



Figura 23. Agitación de coagulante



Figura 24. Pesado de coagulantes



Figura 25. Prueba de sedimentación



*Figura 26. Sedimentación de la concentración:
800 ppm de sulfato de aluminio y 3 gr/l de
carbón activado*



Figura 27. Sedimentación de concentración: 600ppm de sulfato de aluminio y 2 gr/l de c. activado

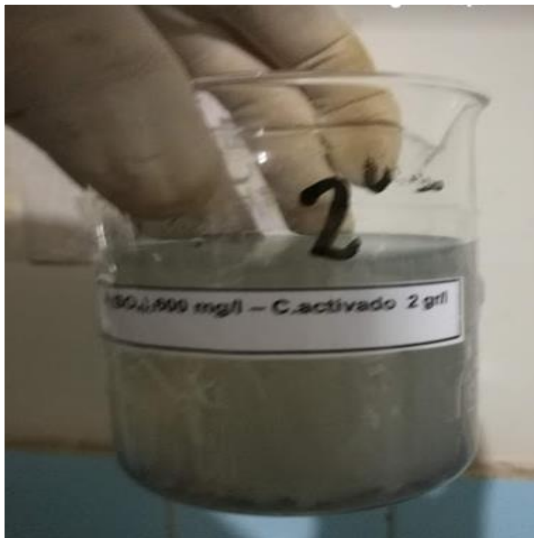


Figura 28. Sedimentación de concentración: 800 ppm de sulfato de aluminio y 1g/l de c. activado



Figura 29. Sedimentación de concentraciones menores a 600 ppm de sulfato de aluminio

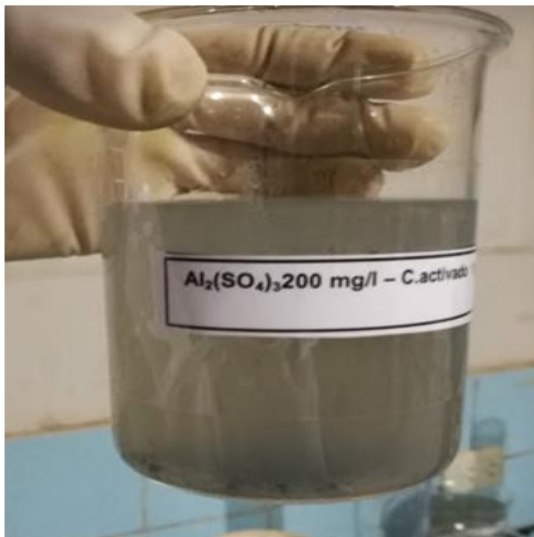


Figura 30. Sedimentación de la concentración: 800 ppm de sulfato de aluminio y 3 gr/l de carbón activado

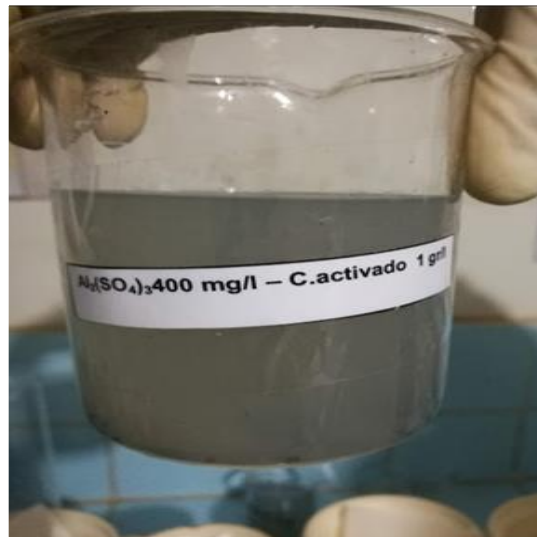


Figura 31. Sedimentación de la concentración: 800 ppm de sulfato de aluminio y 3 gr/l de carbón activado



Figura 32. Medición de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales



Figura 33. Preparación de muestra para las pruebas de coagulación y floculación



Figura 34. Adición de carbón activado



Figura 35. Adición de carbón activado

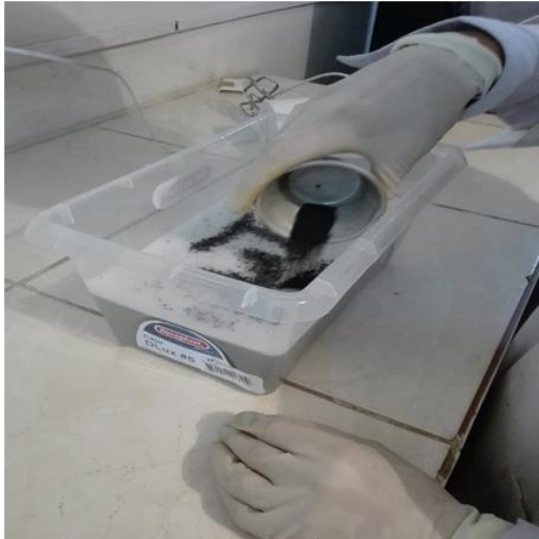


Figura 36. Adición de sulfato de aluminio



Figura 37. Batido y agitación de coagulantes



Figura 38. Coagulación y floculación de 800ppm de Sulfato de aluminio y 3 g/l de C. activado

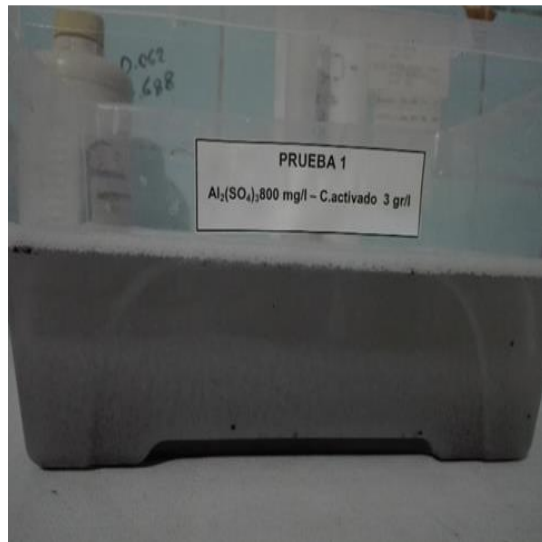


Figura 39. Sedimentación de la prueba de 800ppm de Sulfato de aluminio y 3 g/l de C. activado



Figura 40. Diferencia entre muestra inicial y la prueba de 800 ppm y 3 g/l



Figura 41. Combinación de 800 ppm de sulfato de aluminio y 1 g/l de carbón activado



Figura 42. Sedimentación de la prueba de 800 ppm de sulfato de aluminio y 1 g/l de carbón activado



*

Figura 43. Coagulación y floculación de 600 ppm de Sulfato de aluminio y 2 gr/l (Punto central)

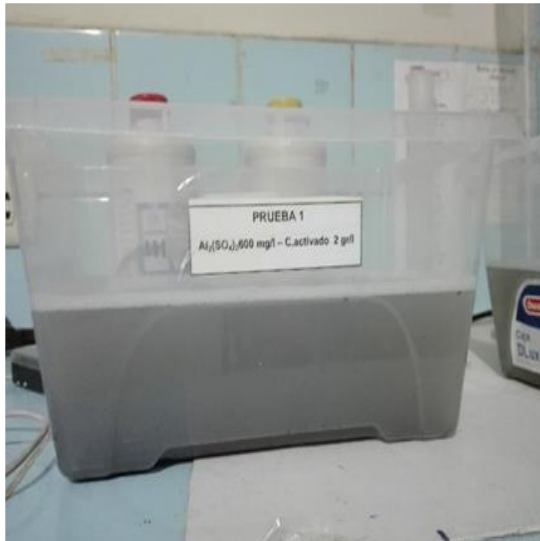


Figura 44. Coagulación y Floculación de 400 ppm de sulfato de aluminio y 3gr/l



Figura 45. Coagulación y floculación de 400 ppm de sulfato de Aluminio y 1 gr/ litro



Figura 46. Recolección de muestra para el laboratorio



Figura 47. Recolección de muestra para el laboratorio



Figura 48. Recolección de muestra tratada para el laboratorio



Figura 49. Muestra lista para enviar al laboratorio

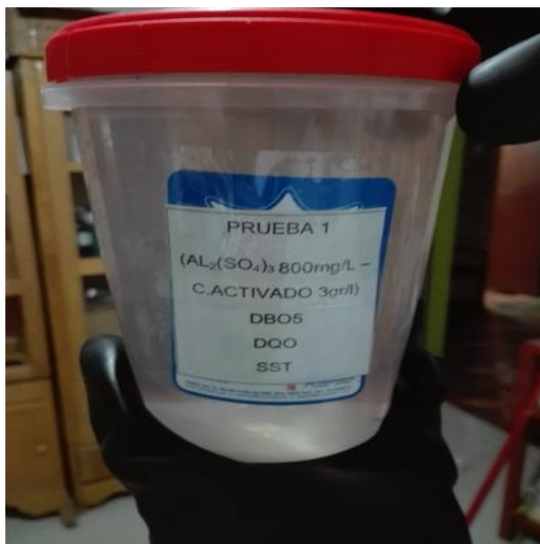
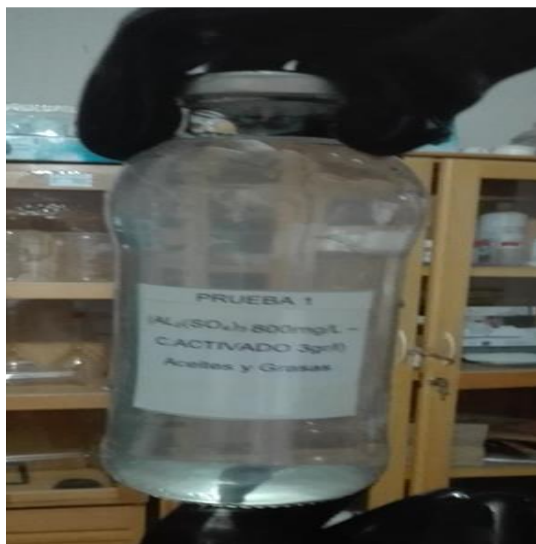


Figura 50. Muestra de agua tratada lista para enviar al laboratorio



ANEXO N° 9: Análisis de laboratorio



LAQ&S

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

INFORME DE ENSAYO N° 048 - 06 - AGU - 2018

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : BERTINA SALCEDO RAMOS
DIRECCIÓN : Cooperativa de Vivienda Sáenz Peña B-2 Filtro-Miraflores
PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL USO DEL SULFATO DE ALUMINIO Y CARBÓN ACTIVADO EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA DE EFLUENTES EN LA LAVANDERÍA "EL CAYRO" - AREQUIPA - 2018"
TIPO DE MUESTRA : AGUAS TRATADAS DE LAVANDERÍA
SERVICIO SOLICITADO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO: Demanda Química de Oxígeno DQO, Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅, Aceites y Grasas y Sólidos Suspendedos Totales.
FECHA DE MUESTREO : 13 de Junio del 2018
N° DE MUESTRA Y COD. LABORATORIO : M-1 = 289; M-2 = 290; M-3 = 291; M-4 = 292; M-5 = 293; M-6 = 294
 M-7 = 295; M-8 = 296
PRESENTACION : 08 botella de plástico con 1,000 ml. de muestra aproximado.
FECHA DE RECEPCION : 13 de Junio del 2018
FECHA ENTREGA RESULTADOS : 21 de Junio del 2018

II.- RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO EN AGUAS RESIDUALES

PARAMETRÓS	Unidades de los Resultados	RESULTADO M-1 = 289 Agua Inicial	RESULTADO M-2 = 290 (Al ₂ (SO ₄) ₃)=200 mg/L Carbón activado 1 g/L	RESULTADO M-3 = 291 (Al ₂ (SO ₄) ₃)=400 mg/L Carbón activado 1 g/L
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	1,968	1,440	1,294
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ a 20 °C	mg/L	1,890	810	750
Aceites y Grasas	mg/L	76.8	44.8	41.6
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	455	152.5	368

PARAMETROS	Unidades de los Resultados	RESULTADO M-4 = 292 (Al ₂ (SO ₄) ₃)=400 mg/L Carbón activado 3 g/L	RESULTADO M-5 = 293 (Al ₂ (SO ₄) ₃)=600 mg/L Carbón activado 2 g/L	RESULTADO M-6 = 294 (Al ₂ (SO ₄) ₃)=600 mg/L Carbón activado 2 g/L
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	1,250	1,060	1,020
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ a 20 °C	mg/L	760	630	600
Aceites y Grasas	mg/L	32.8	45.6	48.8
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	328	352	376

PARAMETROS	Unidades de los Resultados	RESULTADO M-7 = 295 (Al ₂ (SO ₄) ₃)=800 mg/L Carbón activado 1 g/L	RESULTADO M-8 = 296 (Al ₂ (SO ₄) ₃)=800 mg/L Carbón activado 3 g/L
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	600	560
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ a 20 °C	mg/L	240	210
Aceites y Grasas	mg/L	67.6	46.8
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	68	110

Abreviaturas
mg/L = miligramos por litro

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA DE LA REFERENCIA

Lic. Quím. Victoria Frisancho Motta
C.Q.P. 270



Pág. 1 de 1

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 - CEL.: 95 9458954 - EMAIL: lab_laquis@hotmail.com
 PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
 www.laboratoriolaquis.com
 AREQUIPA - PERU



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

LAQ&S

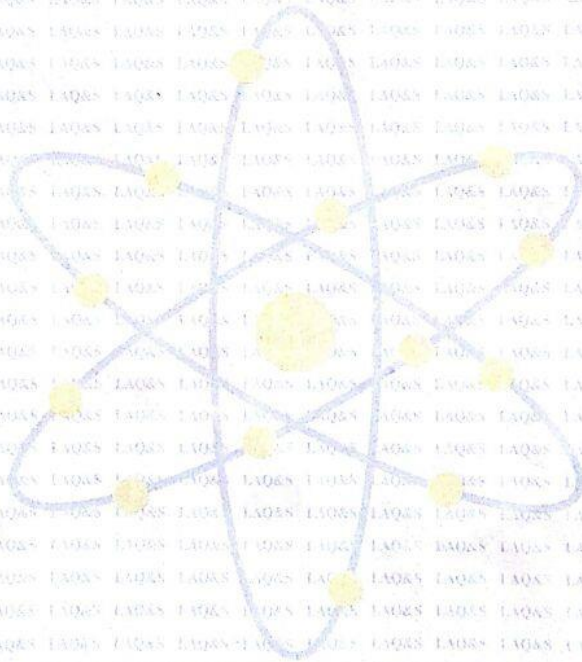
METODOLOGIA

Demanda Química de Oxígeno: Standard Methods 5220 C Closed Reflux Titrimetric

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Standard Methods 5210 B 5 Day BOD Test

Aceites y Grasas: Standard Methods 5520 D Soxhlet Extraction Method

Sólidos Suspendidos Totales: S.M. Standard Methods 2540 D Dried at 103° – 105° C



**PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA DE LA REFERENCIA**

Pág. 1 de 1

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 - 953433351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
www.laboratoriolaquis.com
AREQUIPA - PERÚ