

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES



“ACCIÓN CONJUNTA DE COAGULANTES (*Opuntia ficus-indica* - SULFATO DE ALUMINIO) PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL DEL CAMAL DE RES, DISTRITO SAN VICENTE – PROVINCIA DE CAÑETE, 2022”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES:

BACH. KIARA GUISSSEL GONZALES GUTIERREZ

BACH. NERY MAGDA MENESES FLORES

BACH. MYRIAM ELIZABETH SANCHEZ CAYCHO

ASESOR:

MTRO. ABNER JOSUE VIGO ROLDAN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AMBIENTE

Callao, 2022

PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



III CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 007-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 55 ACTA N°007-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 19 días del mes de noviembre del año 2022, siendo las 8:16 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/wbt-okpc-qmv>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Ms.C. María Teresa Valderrama Rojas	: Presidente
Mtra. Janet Mamani Ramos	: Secretaria
Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres	: Vocal
Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz	: Suplente
Mtro. Abner Josué Vigo Roldan	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de las Bachilleres Kiara Guissel Gonzales Gutierrez, Nery Magda Meneses Flores y Myriam Elizabeth Sanchez Caycho, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **“ACCIÓN CONJUNTA DE COAGULANTES (Opuntia ficus-indica - SULFATO DE ALUMINIO) PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL DEL CAMAL DE RES, DISTRITO SAN VICENTE – PROVINCIA DE CAÑETE, 2022”**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy Bueno y calificación cuantitativa 16 la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:30 horas del día sábado 19 de noviembre del año en curso.

Presidente

Secretaria

Vocal

Asesor

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

TÍTULO: “ACCIÓN CONJUNTA DE COAGULANTES (*Opuntia ficus-indica* - SULFATO DE ALUMINIO) PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL DEL CAMAL DE RES, DISTRITO SAN VICENTE – PROVINCIA DE CAÑETE, 2022”

AUTORES:

KIARA GUISEL GONZALES GUTIERREZ/ 0000-0003-4085-8338/ 72029364

NERY MAGDA MENESES FLORES/ 0000-0003-1382-4458/ 48004907

MYRIAM ELIZABETH SANCHEZ CAYCHO/ 0000-0002-3351-1830/ 74881621

ASESOR (A): MTRO. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDAN/ 0000-0002-5611-8011/
08085074

LUGAR DE EJECUCIÓN: DISTRITO DE SAN VICENTE – PROVINCIA DE CAÑETE

UNIDAD DE ANÁLISIS: AGUA RESIDUAL DE CAMAL DE RES

TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA

ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: CUANTITATIVO

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL

TEMA OCDE: 1.05.08. CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

DEDICATORIA

A mi madre Lucy, quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido cumplir hoy un sueño más; gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos, Jordan y Deivis, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso.

A mis abuelos por siempre estar a mi lado y apoyarme, gracias por hacer de mí una gran persona.

Los amo.

Kiara Guissel Gonzales Gutierrez

A Dios, por guiarme en el camino correcto.

A mis padres, quienes son mi motor y mi mayor inspiración que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades.

A mi novio que, con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos.

Nery Magda Meneses Flores

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre y hermanos, quienes inculcaron en mí la responsabilidad y respeto durante mi formación.

A mi tía Rosa, a quien quiero como a una segunda madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y apoyarme en todo momento.

Myriam Elizabeth Sanchez Caycho

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos un día más de vida y permitirnos culminar satisfactoriamente con el presente trabajo de investigación.

A nuestro Asesor, Mtro. Abner Josué Vigo Roldan que nos orientó en este importante trabajo de investigación y los valiosos consejos para nuestra formación profesional.

A la Universidad Nacional del Callao, por brindarnos el laboratorio de la facultad para realizar los experimentos requeridos y obtener los resultados para nuestra tesis.

A nuestros docentes, que nos brindaron sus conocimientos y experiencias para poder innovar y dar soluciones.

Por último, agradecer a todas aquellas personas que fueron guía durante la elaboración y término del presente estudio de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. Descripción de la realidad problemática	18
1.2. Formulación del problema	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Justificación	21
1.4.1. Justificación ambiental	21
1.4.2. Justificación social	22
1.4.3. Justificación económica	22
1.5. Delimitantes de la investigación	22
1.5.1. Delimitante teórica	22
1.5.2. Delimitante temporal	23
1.5.3. Delimitante espacial.....	23
II. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. Internacionales	24
2.1.2. Nacionales	26
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Aguas residuales	28
2.2.2. Mecanismo de acción coagulante (Opuntia ficus-indica)	29
2.2.3. Tratamiento de efluentes residuales	30
2.2.4. Valores máximos admisibles (VMA)	31
2.2.5. Mataderos	31
2.2.6. Acción conjunta de coagulantes	31

2.2.7.	Reducción de contaminantes	32
2.2.8.	Factores que influyen en la coagulación	32
2.3.	Marco conceptual	32
2.3.1.	Agua residual de mataderos	32
2.3.2.	Parámetros de calidad del agua residual del matadero	33
2.3.3.	Coagulante.....	33
2.3.4.	Sulfato de aluminio	33
2.3.5.	Tuna (Opuntia ficus – indica)	33
2.4.	Definición de términos básicos.....	34
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	36
3.1.	Hipótesis	36
3.1.1.	Hipótesis general.....	36
3.1.2.	Hipótesis específicas	36
3.2.	Operacionalización de variables	37
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	38
4.1.	Diseño metodológico.....	38
4.2.	Método de investigación.....	39
4.3.	Población y muestra	42
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	43
4.4.1.	Lugar de estudio.....	43
4.4.2.	Periodo desarrollado.....	44
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información...44	
4.5.1.	Técnica	44
4.5.2.	Instrumento	44
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	44
4.7.	Aspecto Éticos en investigación.....	45
V.	RESULTADOS.....	46
5.1.	Resultados descriptivos.....	46
5.1.1.	Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua residual del Camal de res del distrito de San Vicente.....	46
5.1.2.	Resultados descriptivos del tratamiento de coagulación-floculación del agua residual del Camal de res del distrito de San Vicente	46
5.1.3.	Resultados de la optimización numérica.....	53

5.2. Resultados Inferenciales	54
5.2.1. Análisis ANOVA del diseño factorial	54
5.2.2. Normalidad de los residuos	57
5.2.3. Ajustes del diseño factorial.....	60
5.2.4. Análisis estadístico para la estimación del efecto de los factores ..	60
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados ..	64
6.1.1. Contrastación con la hipótesis específica 1	65
6.1.2. Contrastación con la hipótesis específica 2	65
6.1.3. Contrastación con la hipótesis específica 3	66
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	66
6.2.1. Efecto de la dosis, tiempo de contacto y velocidad de agitación	66
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	71
VII. CONCLUSIONES	72
VIII. RECOMENDACIONES	73
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
X. ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Valores máximos admisibles para descargas al sistema de alcantarillado	31
Tabla 2.	Operacionalización de variables	37
Tabla 3.	Características fisicoquímicas iniciales del agua residual del Camal de res del distrito de San Vicente	46
Tabla 4.	Resultados de turbiedad	47
Tabla 5.	Resultados de DBO ₅	48
Tabla 6.	Resultados de DQO.....	49
Tabla 7.	Resultados de SST	50
Tabla 8.	Resultados de conductividad	51
Tabla 9.	Resultados de Ph	52
Tabla 10.	Resultados de promedio de los 19 parámetros	53
Tabla 11.	Resultados de la optimización numérica.....	53
Tabla 12.	ANOVA de la remoción de la turbidez	55
Tabla 13.	ANOVA de la remoción DBO ₅	55
Tabla 14.	ANOVA de la remoción del DQO.....	56
Tabla 15.	ANOVA de la remoción de SST	56
Tabla 16.	ANOVA de la conductividad	57
Tabla 17.	ANOVA pH.....	57
Tabla 18.	Normalidad de residuos	58
Tabla 19.	Distribución normal de los residuos	58
Tabla 20.	R ²	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Partes de Opuntia ficus-indica.....	29
Figura 2.	Mucilago de Opuntia ficus-indica.....	30
Figura 3.	Flujograma de obtención de coagulante	39
Figura 4.	Resultados de las proporciones	41
Figura 5.	Resultados de dosis a 700 mg/l	41
Figura 6.	Prueba de test de jarras.....	42
Figura 7.	Ubicación del Camal de res del distrito de San Vicente, Provincia de Cañete	43
Figura 8.	Gráficas de respuesta de la deseabilidad propuesta	54
Figura 9.	Normalidad de residuos de las variables respuestas del tratamiento	59
Figura 10.	Efectos significativos de los factores sobre la remoción de parámetros	61
Figura 11.	Efecto de la dosis (mg/L)	68
Figura 12.	Efecto de tiempo (min).....	69
Figura 13.	Efecto de la velocidad de agitación (rpm)	70
Figura 14.	Toma de muestra para la caracterización del agua en un laboratorio externo.....	81
Figura 15.	Frascos con muestras.....	81
Figura 16.	Toma de muestras para las pruebas preliminares y oficiales.....	82
Figura 17.	Pesado de penca de Opuntia ficus-indica (tuna)	82
Figura 18.	Cortado de penca de Opuntia ficus-indica	83
Figura 19.	Secado de Opuntia ficus-indica	83
Figura 20.	Obtención de coagulante de Opuntia ficus-indica	84
Figura 21.	Obtención de pigmento del coagulante con filtro al vacío	84
Figura 22.	Prueba de test de jarras con muestras	85
Figura 23.	Aguas tratadas con coagulantes	85
Figura 24.	Medición de ph	86
Figura 25.	Medición de la conductividad	86
Figura 26.	Medición de la turbidez	87
Figura 27.	Medición de la DQO en el digestor	87

Figura 28.	Medición de la DBO ₅	88
Figura 29.	Filtros con Solidos Totales suspendidos	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Remoción de turbiedad	47
Gráfico 2.	Remoción de DBO ₅	48
Gráfico 3.	Remoción de DQO	49
Gráfico 4.	Remoción de SST	50
Gráfico 5.	Promedio de conductividad eléctrica	51
Gráfico 6.	Promedio de Ph.....	52

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DBO:	Demanda bioquímica de oxígeno.
DQO:	Demanda química de oxígeno.
NTU:	Unidad nefelométrica de turbidez.
MINAM:	Ministerio Nacional del Ambiente.
PH:	Potencial de hidrogeno.
PTAR:	Planta de tratamiento de aguas residuales.
SDT:	Solidos disueltos totales.
SENASA:	Servicio Nacional de Sanidad Agraria
SST:	Solidos suspendidos totales.
SUNASS:	Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento
VMA:	Valores máximos admisibles

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se propone una alternativa para la reducción de los distintos contaminantes del agua residual del camal de res del distrito de San Vicente – Provincia de Cañete, tales como la Demanda química de oxígeno (DQO), Demanda biológica de oxígeno (DBO₅), Sólidos totales suspendidos (SST), Turbidez, Conductividad y pH.

Para lograr estos objetivos se llevó a cabo el proceso de coagulación, aplicando en conjunto un coagulante natural (*Opuntia ficus-indica*) y un coagulante químico (Sulfato de aluminio), con el cual se tuvo una eficiencia de remoción de 97,79% de turbidez; 78,04% de DBO₅; 59,82% de DQO; 98,99% de SST y se minimizó 1440,33 us/cm en conductividad y 7.0 de pH, bajo las condiciones de dosis óptima de 700 mg/L, tiempo óptimo de mezcla 30 minutos y velocidad óptima de 20 rpm mediante las experiencias en el test de prueba de jarras.

Los resultados obtenidos se compararon con los valores máximos admisibles (VMA) donde se observa que estos están dentro del rango de cumplimiento de la norma. Se determinó que la *Opuntia ficus-indica*, en conjunto con el sulfato de aluminio, es influyente en la reducción de contaminantes de las aguas residuales de camal y la cual representa una alternativa para su aplicación a gran escala.

Palabras claves: Agua residual, camal de res, coagulación, reducción de contaminantes, *Opuntia ficus-indica*, sulfato de aluminio.

ABSTRACT

In the present research work, an alternative is proposed for the reduction of the different contaminants of the residual water of the beef slaughterhouse of the district of San Vicente - Province of Cañete, such as the Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD₅), Total Suspended Solids (TSS), Turbidity, Conductivity and pH.

To achieve these objectives, the coagulation process was carried out, jointly applying a natural coagulant (*Opuntia ficus-indica*) and a chemical coagulant (Aluminum Sulfate), with which a removal efficiency of 97,79% was obtained cloudiness; 78,04% of BOD₅; 59,82% COD; 98,99% SST and 1440,33 us/cm in conductivity and 7.0 pH were minimized, under the conditions of optimal dose of 700 mg/L, optimal mixing time of 30 minutes and optimal speed of 20 rpm through experiences in the jar test.

The results obtained were compared with the maximum admissible values (VMA) where it is observed that these are within the range of compliance with the standard. It was determined that *Opuntia ficus-indica*, together with aluminum sulfate, is influential in reducing contaminants in slaughterhouse wastewater and represents an alternative for its large-scale application.

Keywords: Residual water, beef slaughterhouse, coagulation, contaminant reduction, *Opuntia ficus-indica*, aluminum sulfate.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua se ha convertido en un grave problema que afecta a la población y el medio ambiente. El agua es el elemento vital para el ser humano. Por ello, es necesario hacer un mejor uso de este recurso y evitar su degradación, ya que la fuente principal de su contaminación es la actividad humana. (Heredia et al. 2008)

En la actualidad contamos con algunas normativas que permitan establecer valores máximos admisibles para el control de los parámetros de los vertimientos industriales al alcantarillado, controlando así el riesgo que representan para la población y al ambiente., por lo que las industrias deben tratar el agua residual generada antes de su vertimiento.(Gabino Curiñahui 2018)

Entre los coagulantes más usados de origen sintético se encuentra el sulfato de aluminio, sin embargo, en las últimas décadas se han realizado investigaciones para emplear coagulantes naturales en reemplazo de los coagulantes sintéticos, ya que estos últimos se encuentran asociados con el desarrollo de algunas enfermedades, como el Alzheimer en el caso del aluminio.(Olivero Verbel et al. 2017a)

De los coagulantes naturales de tipo vegetal se han utilizado especies de cactáceas (*Opuntia spp*; *Subpilocereus repandus*; *Stenocereus griseus*; *Hylocereus cf. trigonus*) obteniendo buenos resultados en la clarificación del agua. (Fuentes Molina, Molina Rodríguez, Ariza 2016a)

Por lo expuesto, el objetivo de la presente tesis fue evaluar la Acción conjunta de coagulantes (*Opuntia ficus-indica* y sulfato de aluminio) para la reducción de contaminantes, con el objetivo de remover la turbiedad presente en las muestras de aguas residuales, y comprobar su efecto en la variación de los parámetros físicoquímicos; para lo cual, se preparó el coagulante en polvo obtenido del cactus *Opuntia ficus-indica*, a fin de determinar los parámetros óptimos (velocidad, tiempo y la dosis) del coagulante natural, y evaluar la variación de los parámetros físicoquímicos de las muestras de agua residual

(turbidez, pH, DBO₅, DQO, SST y conductividad) al emplear el coagulante natural, en combinación con el coagulante químico el sulfato de aluminio.

En este caso, el coagulante de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), se destaca con una eficiencia promedio del 90%, sin embargo, resulta ser menos eficiente que el sulfato de aluminio según la literatura científica (Lugo-Arias et al. 2020).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El crecimiento de la población mundial ha conllevado a un aumento de las descargas inadecuadas de aguas residuales, incrementando la contaminación del agua dulce, especialmente en los países en desarrollo (Grubbs et al. 2002); esto se da debido al consumo excesivo del agua por parte de la población, que no considera los riesgos ambientales asociados a la calidad de agua (Schaeffer et al. 2018). En este contexto, cuando los efluentes de camales sin tratamiento son dispuestos en corrientes superficiales, causan contaminación que afecta tanto a la flora y la fauna como a la salud humana; de hecho, representan un foco de infección, por contener una elevada concentración de carga orgánica, la cual se traduce en valores altos de demanda química y bioquímica de oxígeno (Chuya Placencia 2018)

Resulta oportuno mencionar a (Larios, Gonzales, Morales 2015), quienes expresan que la Organización Mundial de la Salud estimó que hasta el 80% de todas las enfermedades y dolencias en el mundo son causadas por un saneamiento inadecuado, agua contaminada o falta de agua disponible. Asimismo, hicieron referencia al Banco Mundial, porque presentaron evidencias de que las incidencias de ciertas enfermedades transmitidas por el agua están relacionadas con la calidad y cantidad del agua y el saneamiento disponibles para los usuarios. En este sentido señalaron que, en Sudamérica, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, limitando su reuso debido a la contaminación por componentes orgánicos e inorgánicos que ponen en peligro a la Salud Pública.

En México, las aguas residuales que no reciben ningún tratamiento previo a su eliminación, corresponde al 62,8% del agua vertida diariamente por los mataderos conjuntamente con la eliminación diaria de 121 294 litros de sangre procedente del faenado de animales (Grupo Imbrium S.A. 2008), por otro lado en Colombia enfrenta lo siguiente: el 99% de los mataderos no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado; el 93% vierte sus aguas residuales directamente a un cuerpo de agua, al alcantarillado o a campo abierto,

el 33% no hace en lo absoluto ningún uso de la sangre resultante de los procesos de sacrificio y faenado. (Guerrero, Ramírez 2004)

Según (SUNASS, 2015), en el Perú el escenario es desalentador, pues se evidencia que el tratamiento de aguas residuales es exiguo, dado que una cantidad de 2,59 millones de m³ de agua residual se libera cada día en el alcantarillado, los cuales requieren tratamiento antes de su disposición al medio ambiente o su reúso; parte de estas aguas son derivadas a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), con la finalidad de disminuir las cargas contaminantes, empleándose para ello varias etapas entre las que están la coagulación y floculación.

El Instituto Nacional de Estadística Informática (INEI) estimó que durante el año 2018 aproximadamente un 10,6% de los habitantes peruanos no tuvieron disponibilidad del agua potable en la red de abastecimiento, representando el 5,6% de la población que vive en el área urbana y el 28,1% personas que viven del área rural (Costa Aponte et al. 2018). Para hacer frente a las necesidades urgentes, se hace necesario contar con medidas correctivas que permitan que la población cuente con aguas aptas para el consumo humano, mediante tratamientos para la descontaminación de aguas residuales (Rivera et al. 2015).

Según el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), en Lima, aproximadamente 16 mataderos tienen autorización sanitaria para su funcionamiento; uno de los requisitos es que el matadero cumpla con un sistema de tratamiento de aguas residuales y que el local cuente con un programa para mitigar algún daño ambiental, por lo cual se puede verificar la deficiencia de mataderos que cumplan estos estándares y la gran cantidad de mataderos ilegales que no tienen autorización; asimismo, estas aguas residuales sin tratamiento, son descargadas directamente al alcantarillado, lo cual produce una alta contaminación ambiental.

En el distrito de San Vicente de Cañete, la problemática del camal de res inicia por el mal funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, debido a la falta de supervisión constante, la cual presentan deficiencias en las

distintas etapas, desde el ingreso de agua residual a las rejillas, la cual contiene sangre, huesos, grasas, pelos, entre otros residuos, hasta la salida del agua residual sin ningún tratamiento; todo esto fue observado en la última inspección realizada por SENASA. Estas aguas residuales generan problemas de contaminación debido a que son descargadas directamente al alcantarillado; por lo tanto, esto puede constituirse en verdaderos focos infecciosos y poner en riesgo la salud de los usuarios consumidores como también el deterioro paulatino del ambiente.

La presente investigación tiene como objetivo reducir los contaminantes de las aguas residuales generadas en el camal de res del distrito de San Vicente utilizando un coagulante natural (*Opuntia ficus-indica*), que no es dañino para el ambiente y económicamente rentable para la población, y un coagulante químico (Sulfato de aluminio). Se plantea como alternativa la acción conjunta de ambos coagulantes para reducir los contaminantes del agua residual del camal de res y poder cumplir con los valores máximos admisibles (VMA) en estas aguas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la acción conjunta de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reduce los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida la velocidad de agitación de la acción conjunta de los coagulantes, *Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio, reduce los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022?
- ¿Cuál es el tiempo óptimo de mezcla del coagulante *Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio que reduce los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito Imperial – provincia de Cañete, 2022?

- ¿Cuál es la dosis óptima de los coagulantes, *Opuntia ficus-indica* y sulfato de aluminio, que reduce los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la acción conjunta de los coagulantes, *Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio, para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la velocidad de agitación óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022
- Determinar el tiempo óptimo de mezcla del coagulante (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022.
- Determinar la dosis óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación ambiental

La investigación se justificó desde las perspectiva ambiental, debido a que los resultados determinarán que tan eficiente es usar este tipo de coagulantes para el tratamiento de aguas residuales de camal, verificando si la desestabilización de coloides en suspensión orgánicos e inorgánicos, junto con

algunas de las sustancias disueltas, pueden ser eficazmente removidos del agua durante el proceso de coagulación/floculación (Vigneshwaran et al., 2020).

Además este tratamiento es una alternativa para disminuir los contaminantes en el agua residual de camal, por lo que puede permitir el cumplimiento con los estándares de calidad establecidos en la legislación peruana en el DS 004-2017-MINAM (Vargas Vilchez 2021), a su vez, es un tratamiento menos contaminante que el convencional, debido a que el lodo residual producto de los coagulantes de especies vegetales es profundamente biodegradable y produce menos fango a comparación del coagulante convencional (Ang, Mohammad 2020).

1.4.2. Justificación social

En cuanto a la parte social, la investigación fue de gran interés, porque la reducción de ciertos parámetros fisicoquímicos mediante coagulantes naturales es una medida preventiva frente al consumo de aguas y alimentos que pudieron ingresar al sistema digestivo humano estando en un alto grado de contaminación, de esa manera se evitarían múltiples problemas de salud en la población (Muruganandam et al. 2017)

1.4.3. Justificación económica

Como último punto destaca la perspectiva económica, que se justificó en la reducción de costos, pues los procesos de coagulación con materias primas naturales generan gastos muy inferiores en el tratamiento del agua con respecto a los habituales coagulantes sintéticos, además existe facilidad de acceso a ellos (Fuentes Molina, Molina Rodríguez, Ariza 2016b)

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante teórica

No se encontró delimitantes teóricas en la presente investigación debido a que hay gran variedad de información nacional e internacional sobre la reducción de contaminantes de las aguas residuales de camales con diferentes

coagulantes naturales y compuestos inorgánicos; salvo que no hay mayor información sobre la proporción de los coagulantes que vamos a emplear en nuestra investigación, motivo por el cual planteamos esta investigación.

1.5.2. Delimitante temporal

El proyecto se desarrolló a mediados del año 2022, donde se estimó una duración de aplicación e implementación de seis meses en el desarrollo de un coagulante de tuna (*Opuntia ficus-indica*) y sulfato de aluminio para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, pero en contexto de la COVID-19 y la duración del III Ciclo Taller de tesis, el proyecto tendrá una duración de tres meses.

1.5.3. Delimitante espacial

Para llevar a cabo el proyecto, se identificó dos delimitantes espaciales; primero en relación con el traslado de las muestras para realizar el análisis en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. debido a que la provincia de Cañete no cuenta con un Laboratorio para dichas muestras; segundo para realizar la prueba de Jarras los experimentos se desarrollarán en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la UNAC.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

(Familiusi 2021) en su investigación titulada “Efficiency of coagulation-flocculation process in the treatment of abattoir effluent” - ***Eficiencia del proceso de coagulación – floculación en el tratamiento de efluentes de matadero***, evaluó la eficiencia del proceso de coagulación-floculación en el tratamiento de efluentes de matadero. La metodología empleada, se utilizó alumbre como coagulante y se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del efluente sin tratar y tratado, los cuales sirvieron para determinar la eficiencia del proceso de tratamiento. Como resultados obtuvo una reducción del nivel de contaminantes de Color, TDS, Hierro, Cobre, Aluminio, Cromo, Zinc, Sílice, Fluoruro, Nitratos, Nitritos, Sulfuro y Magnesio en el efluente ya que los valores de eficiencia van del 40% al 100%, pero el proceso tiene una eficiencia muy débil en la eliminación de turbidez, conductividad, TSS, alcalinidad total, total, Dureza, Cloruros, Manganeso, Sulfatos, DQO y Coliformes del efluente, pues los valores de eficiencia oscilan entre 0 a 39%.

(Gökçek, Özdemir 2020), en su investigación titulada “Optimization of the Coagulation–Flocculation Process for Slaughterhouse Wastewater Using Response Surface Methodology” – ***Optimización del proceso de coagulación-floculación para agua residuales de matadero utilizando la metodología de superficie respuesta***, examinó los efectos de los factores experimentales entre sí, por ejemplo, el pH, la concentración de dos coagulantes diferentes (FeCl₃ y alumbre), velocidad de mezcla rápida y tiempo de sedimentación. Por tanto, se pretende tratar las aguas residuales de matadero con una metodología de superficie de respuesta (RSM). La DQO, la turbidez y los sólidos en suspensión (SS) de las aguas residuales tratadas se eligen como variables de respuesta. En los resultados, se observa que el coagulante de alumbre dio mejores resultados, debido a la eficiencia de eliminación de DQO, SS y turbidez en un 75,25%,

90,16% y 91,18%, respectivamente. Se concluye que es posible optimizar la coagulación-floculación utilizando el análisis RSM.

(El Bouaidi et al. 2020) en su investigación titulada “Evaluation of the potentiality of *Vicia faba* and *Opuntia ficus indica* as eco-friendly coagulants to mitigate *Microcystis aeruginosa* blooms” - **Evaluación de la potencialidad de *Vicia faba* y *Opuntia ficus indica* como coagulantes ecológicos para mitigar las floraciones de *Microcystis aeruginosa***, exploró la potencialidad de las semillas de *Vicia faba* y los cladodios de *Opuntia ficus indica*, para sanear el agua de las floraciones de *Microcystis aeruginosa*. Se estudió el efecto de los factores que influyen en la coagulación-floculación, como la dosis (5-20 mg/L), el pH (5-8), la velocidad de mezcla rápida (100-250 rpm) y la mezcla lenta (presencia o ausencia) usando el método estándar de prueba de frascos. Como resultado, las reducciones de turbidez fueron superiores a 85% con dosis de 5 y 10 mg/L, en presencia de una mezcla lenta de 40 rpm y una mezcla rápida de 200 rpm. Se concluye que estos coagulantes naturales podrían usarse como una alternativa ecológica a los coagulantes químicos.

(Olivero Verbel et al. 2017b) en su investigación titulada “Evaluation of a the mixture of natural coagulants *Opuntia ficus* and *Moringa oleífera* in water clarification” - **Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en clarificación de aguas**, evaluó el desempeño de tres coagulantes para la remoción de sólidos suspendidos y disueltos para el tratamiento del agua del río Magdalena. De esta manera, se utilizaron coagulantes naturales *Opuntia ficus-indica* y *Moringa oleífera*, en comparación con sulfato de aluminio. Los resultados demostraron que mezclando ambos coagulantes naturales se puede remover la turbidez hasta más del 90%, mientras que la mezcla de alumbre y coagulantes naturales puede remover al menos un 99% de turbidez en el agua. En conclusión, la combinación de *Opuntia ficus-indica* y *Moringa oleífera* tiene menor eficiencia.

(Bui, Duong, Giang 2017) en su investigación titulada “Coagulation in treatment of swine slaughterhouse wastewater” – **Coagulación en el tratamiento de aguas residuales de matadero porcino**, utilizaron aguas

residuales extraídas del matadero de cerdos para evaluar la eficacia del tratamiento de coagulantes comunes, incluidos el alumbre, cloruro de polialuminio, y Sulfato Ferroso, utilizando un sistema de prueba de jarra. Los experimentos examinaron tres variables que son el pH, la velocidad de agitación y la dosis de coagulante. Los resultados mostraron que tanto el alumbre como el PAC eliminan más del 90 % del color, la turbidez, la DQO y el fósforo total de las aguas residuales del matadero a pH 7 con una velocidad de agitación de 75 revoluciones por minuto (RPM) y dosis promedio de coagulante de 450 mg/L para alumbre y 550 mg/L para PAC. Se concluye que, este método de coagulación es prometedor como pretratamiento para las aguas residuales de los mataderos porcinos.

2.1.2. Nacionales

(Tarrillo Potenciano, Ternorio Bernilla 2020) en su investigación titulada **“Eficiencia del coagulante – floculante tuna (*Opuntia-ficus*) para la clarificación de las aguas de la acequia el pueblo de Ferreñafe”**, evaluaron la eficiencia de *Opuntia ficus-indica* como coagulante – floculante en la remoción de turbidez. Para ello se realizaron los análisis del agua provenientes de una acequia con la finalidad de determinar los parámetros de control físico, químico y biológico, seguido se llevó a cabo la aplicación del coagulante Tuna en 3 distintas formas (cáscara de Tuna, gel de Tuna y cáscara más gel de Tuna). Donde el tratamiento (T3) redujo la turbidez de los 80 NTU hasta 30,29 NTU. Se finalizó la investigación con la comparación del antes y el después de haber aplicado el coagulante Tuna, en dicha comparación se obtuvo la remoción del 63% de turbidez.

(Córdova Merino 2019) en su investigación titulada **“Aplicación de sulfato de aluminio y tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de materia orgánica y turbidez de las aguas residuales del camal municipal Tumán”**, aplicó múltiples tratamientos con sulfato de aluminio y tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la minimización de los niveles de contaminación de las aguas residuales del camal municipal de Tumán, donde se usó un diseño preexperimental que permitieron obtener como resultados que la aplicación de

sulfato de aluminio en cantidades de 40ml/l en todos los tratamientos y repeticiones junto con el mucilago del Tuna que se aplicó en cantidades de 20ml/l, 30ml/l, 40ml/l. Los tratamientos se realizaron mediante la prueba de jarras donde se obtuvo remociones de materia orgánica de 7,44% hasta 53,12% que fue la más eficiente y remociones de turbidez de 53.84% hasta 77.0%.

(Choque et al. 2018) en su investigación titulada “**Capacidad flocculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua**”, evaluó la capacidad de floculación de tres diferentes Cactáceas (*Echinopsis pachanoi*, *Neoraimondia arequipensis* y *Opuntia ficus*) en la biorremediación de agua residual sintética aplicando dosis del 1%, 2% y 3% del biocoagulante demostraron que la capacidad clarificante se incrementa con el aumento de la dosis (%), *Echinopsis pachanoi* sostiene mejores resultados para la Floculación ($48.580 \pm 0.063\%$) y Remoción ($99.329 \pm 0.060\%$) cuando es extraído con etanol. El pH muestra gran diferencia, aumentando ligeramente (6.61 -7.58), mientras que la dureza y la alcalinidad no muestran diferencia significativa, por otro lado, la DBO del agua residual artificial tratada se incrementa con la aplicación del coagulante de 0.57 mg O₂ /l inicial hasta valores de 3.66 ± 0.05 mg O₂ /L.

(Murrieta Villalobos 2017) en su investigación titulada “**Determinación de la influencia del proceso de coagulación -floculación en la calidad del agua residual del camal municipal de la ciudad de Rioja – San Martín**”, determinó la influencia del proceso de coagulación -floculación en la calidad del agua residual del camal municipal, para lo cual se llevó a cabo toda la parte experimental con sulfato de aluminio y el cloruro férrico ambos al 1% en un equipo de prueba de jarras. Se procedió a determinar las concentraciones iniciales de contaminantes como pH, turbiedad, SST, oxígeno disuelto, nitratos; para proseguir con la determinación de la velocidad, dosis de coagulante, flocculante, y tiempo de sedimentación óptimas. Con los resultados obtenidos se demostraron que aún, solo trabajando con un proceso fisicoquímico, este remueve una carga significativa de concentración de los parámetros evaluados, pues sus valores están dentro de los rangos de los LMP estipulados mediante norma para un tratamiento completo de aguas residuales.

(Fuentes Molina, Molina Rodríguez, Ariza 2016b) en la investigación titulada “**Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas**”, evaluó la eficiencia de los biocoagulantes extraídos de *Moringa Oleífera*, Cactus Opuntia, Algas Marinas y Almidón, para la clarificación de aguas potable, en sistemas batch y continuos, concluyeron que los más eficientes en el primer sistema, fueron el cactus opuntia (98,69%) y moringa oleífera (98,32%), obteniendo los más altos niveles de remoción de turbiedad, con dosis óptima de 100 mg/L. En el sistema continuo el coagulante más efectivo fue la *Moringa oleífera* (95,31%), seguidos por almidón (95,23%), cactus opuntia (93,95%), y algas marinas (93%), garantizando su efectividad en este proceso.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son aguas usadas con sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado. Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

Las aguas residuales se clasifican en:

Aguas residuales industriales: Son aquellas aguas residuales que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, camales, entre otros.

Aguas residuales municipales: Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

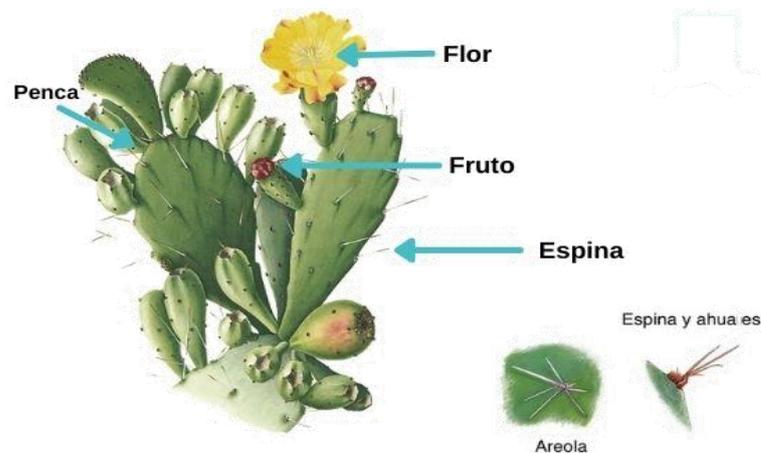
Aguas residuales domésticas: Son aquellas aguas residuales de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (Arce et al. 2019).

2.2.2. Mecanismo de acción coagulante (*Opuntia ficus-indica*)

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es una especie que pertenece a la familia de las cactáceas, las cuales se establecen como una de las familias botánicas más numerosas en el territorio peruano, cubriendo la totalidad de los pisos altitudinales. De esta forma las cactáceas han sido, desde tiempos remotos, muy valiosas. Es un polisacárido aniónico natural que químicamente en su composición, está formado por proteínas, los cuales pueden dar una alta viscosidad en dosis muy bajas, pues permite que las partículas de la solución no tengan contacto directo entre sí, sino que se unen a un material similar a un polímero producido por la especie de cactus (Contreras Lozano et al. 2015)

Además, también contiene carbohidratos como L-arabinosa, D galactosa, L-rhamnosa, D-xilosa y ácido galacturónico, este último es posiblemente el ingrediente activo que permite la capacidad de coagulación de las especies de *Opuntia*, pues es responsable del 50% de la eliminación de la turbidez (Deshmukh, Hedao, Student 2018).

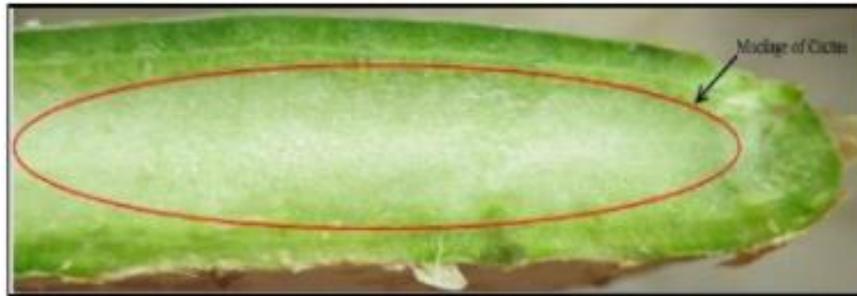
Figura 1. Partes de *Opuntia ficus-indica*



Las células mucilaginosas se pueden extraer tanto en la cáscara como en la pulpa de los cáctodos, mientras que el coagulante se produce ya sea el mucílago o todo el polvo de cladodio (Deshmukh, Hedao, Student 2018). Por otro lado, las ventajas de los floculantes naturales incluyen el fácil manejo, baja probabilidad de modificar el pH al agua tratada, tener alta solubilidad, reducción del volumen de lodo, muy disponible, biodegradable y producción de grandes,

densos y compactos flóculos con buenas características de asentamiento Chung-Yang, 2010 citado en (Santisteban Tineo 2020).

Figura 2. Mucilago de *Opuntia ficus-indica*



2.2.3. Tratamiento de efluentes residuales

El tratamiento de aguas residuales resulta esencial para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico, pues este contaminante líquido alberga un conjunto de impurezas como sólidos suspendidos, materiales colorantes, microorganismos, materia orgánica, gases disueltos, minerales y otros, los cuales modifican las características de los cuerpos de aguas superficiales impidiendo posteriores suministros necesarios en otras utilidades (Mallqui Briceño, Mendoza Minchola 2021). En este contexto, los procesos de coagulación / floculación siguen siendo las técnicas más practicadas en el tratamiento de aguas residuales para eliminar partículas, materia orgánica, color y metales pesados.

Esta técnica se utiliza cuando la tasa de sedimentación natural del material suspendido es demasiado lenta para proporcionar una clarificación muy eficaz, por lo tanto, tiene como objetivo eliminar las partículas en suspensión mediante la desestabilización y la formación de flóculos más grandes y pesados que facilitan su sedimentación (Rachdi, Srarfi, Shimi 2017). Sin embargo, en el territorio peruano se ha evidenciado que no todos los establecimientos de Beneficio (Mataderos) cuentan con un sistema de tratamiento de sus aguas residuales, tampoco existe un adecuado control y monitoreo interno de la calidad de sus efluentes que les permita determinar si están cumpliendo con los Valores máximos admisibles según la normativa (Panduro Aliaga 2017).

2.2.4. Valores máximos admisibles (VMA)

Es la concentración de los parámetros, establecidos en el Anexos N° 1 y N° 2 del presente Reglamento, contenidos en las descargas de las aguas residuales no domésticas a descargar en los sistemas de alcantarillado sanitario y que puede influenciar negativamente en los procesos de tratamiento de las aguas residuales, al exceder dichos valores.

Tabla 1. *Valores máximos admisibles para descargas al sistema de alcantarillado*

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGIA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	DBO5	500
Demanda Química de oxígeno	mg/L	DQO	1000
Sólidos totales en suspensión	mg/L	SST	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

Nota: Información tomada de D.S. 010 – 2019-VIVIENDA

2.2.5. Mataderos

Los mataderos o industrias del camal son el conjunto de operaciones mecánicas, físicas y entre otras, que tienen por finalidad transformar animales sanos en carne y productos cárneos comestibles de calidad, tal que satisfagan exigencias y preferencias del consumidor. Se puede clasificar como una industria de proceso con la particularidad de predominar las operaciones de desarme de la materia prima en partes distintas acompañadas en mayor o menor grado por reducciones de tamaño, por lo tanto, se trata principalmente de trabajar con materia orgánica que va a servir de alimento a seres vivos. Esta industria está asociada a una alta carga de materia orgánica. (Barraza Felix, y otros, 2011)

2.2.6. Acción conjunta de coagulantes

Los coagulantes son sales metálicas que reaccionan con la alcalinidad del agua, para producir un floculo de hidróxido del metal, insoluble en agua, que incorpore a las partículas coloidales. (Lozano Florián 2018)

2.2.7. Reducción de contaminantes

La reducción de contaminantes de las aguas residuales se define como el proceso que desestabiliza las partículas coloidales, precipita y agrupa sólidos suspendidos, facilitando la sedimentación por medio de la formación de flóculos, los cuales luego son extraídos del agua; de esa manera reduce la turbidez, el color y en menor medida la materia orgánica que se relacionan con la eliminación de impurezas que están cargadas negativamente a niveles de pH, formando una dispersión estabilizada (Nath, et al., 2020).

2.2.8. Factores que influyen en la coagulación

Influencia del pH.

El pH es una medida del ion hidrógeno en una solución, y es este se representa por:

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$

Sin duda el pH es la variable más importante que se toma en cuenta al momento de la coagulación, para cada tipo de agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende mucho de la naturaleza de los iones, así como la alcalinidad del agua.

El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; en el caso de que la coagulación se realice fuera del rango de pH óptimo entonces a este se debe de aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto, la dosis requerida llega a ser más alta (Cárdenas, 2000).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua residual de mataderos

Las aguas residuales de mataderos contienen cantidades variables de materias groseras (excrementos en los establos, corrales, sangre en abundancia, pezuñas, contenido de los estómagos e intestinos). Estos materiales deben ser separados lo antes posible en el propio matadero; los excedentes deben ser minimizados en una planta de tratamiento de aguas residuales.

2.3.2. Parámetros de calidad del agua residual del matadero

Los parámetros importantes por evaluar en las aguas residuales de los mataderos son DBO₅, DQO, pH, SST, Aceites y Grasas, Coliformes Totales, Turbiedad, SDT, Color, Sustancias tóxicas. (Arce et al. 2019)

2.3.3. Coagulante

En química de aguas, un coagulante está formado por sales metálicas que reaccionan con la alcalinidad del agua, para producir un floculo de hidróxido del metal, insoluble en agua, que incorpore a las partículas coloidales. (Lozano, 2018)

2.3.4. Sulfato de aluminio

El Sulfato de Aluminio, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, aunque es una sustancia irritante, lesiona las mucosas y puede causar hemorragias severas, es el que se utiliza con mayor frecuencia en plantas de tratamiento de agua potable debido a su bajo costo y su manejo sencillo, encontrándose en presentación líquida y sólida, y en diferentes concentraciones de alúmina (Al_2O_3), parte reactiva del coagulante. Su propiedad como catión metálico está asociada con el agua en solución, actuando como ácidos y con las bases de la misma, ocurriendo un consumo y un descenso del pH al actuar también con las bases que constituyen la alcalinidad. La dosis de alumbre varía normalmente entre 5 a 50 mg/L para aguas naturales a pH efectivo de 5.5 a 8. (Pérez Beltrán 2017)

2.3.5. Tuna (*Opuntia ficus – indica*)

Planta viscosa envuelta en zisos y espinas, la llamada Tuna (*Opuntia*) es natural de zonas áridas y pedregosas, en el Perú. Los análisis recientes arrojan resultados con respecto a la alta cantidad de antraquinonas y carbohidratos que contiene esta planta, concentrándose la mayor parte en los tallos lechosos, es de gran ayuda en el proceso de coagulación y desinfección del agua (Aquino Bolaños et al. 2012).

2.4. Definición de términos básicos

Camal: Es un establecimiento destinado al beneficio de ganado (vacuno, ovino, etc.) para consumo humano y donde se realiza la clasificación de la carne (extra, primera, segunda).

Contaminantes: Sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que al incorporarse al cuerpo receptor o al actuar sobre él, degradan o alteran la calidad que tenía antes de dicha acción, en niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano.

Conductividad del agua: es un valor muy utilizado para determinar el contenido de sales disueltas en ella. Es el inverso de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica. Se mide en micro siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y, si bien no existe una relación constante con la salinidad, para realizar cálculos aproximados se acepta que la salinidad total del agua (expresada en mg/L) corresponde al valor de la conductividad (expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$) multiplicado por un factor de 0,6 – 0,7 (Atencio Santiago 2018)

DQO y DBO: la demanda química de oxígeno es la medición total de todas las sustancias químicas (orgánicas e inorgánicas) en el agua, mientras que la demanda biológica de oxígeno es una medida de la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para degradar los componentes orgánicos presentes en el agua (Fúquene et al. 2019)

Muestra: Es una o más porciones de un volumen o masa representativa definida, colectadas en cuerpos receptores de efluentes industriales, efluentes domésticos, redes de abastecimiento público, estaciones de tratamiento de aguas, etc., con el fin de determinar sus características físicas, químicas y/o biológicas.

Parámetro: Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica de un efluente que define su calidad.

pH: es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua que se expresa en una escala de 1 a 14, así para un tratamiento adecuado, debería estar normalmente en el rango de 6,5 a 9,0. La medición se realiza mediante un pH-metro que consta de un electrodo de vidrio, el cual genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones

de la solución y que se mide en un galvanómetro en unidades de pH por diferentes procedimientos de calibrado, este valor del pH depende de la temperatura (Hernández, 2019).

Sólidos suspendidos y disueltos: son la materia procedente de los residuos después de llevar a cabo un procesamiento de evaporación entre 103 °C y 105 °C en el agua, los cuales crean una barrera repelente entre sí, lo que imposibilita su aglomeración y la formación de partículas de mayor tamaño que pueden sedimentar sencillamente (Kumar, Othman, Asharuddin 2017)

Sulfatos: Las principales fuentes que presentan gran concentración de Sulfatos son los efluentes derivados de la industria minera por motivo de la oxidación de pirita y el empleo del ácido sulfúrico. Una gran concentración de Sulfatos en el agua puede causar efectos de laxante en las personas y en cuanto a materiales afecta a las tuberías (Cava Suarez, Ramos Arévalo 2016)

Turbidez: es un impedimento para la idoneidad del proceso de desinfección, porque las partículas en suspensión influyen en sabores y olores desagradables, por lo tanto, el agua potable debe estar libre de ellas, asimismo reduce la transmisión de luz, la fotosíntesis y la dinámica del oxígeno disuelto en cuerpos de aguas naturales (Gilpavas et al. 2018).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

La acción conjunta de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reducen los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- La velocidad de agitación óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.
- El tiempo óptimo de mezcla óptima del coagulante (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reduce los contaminantes camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022.
- La dosis óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	MÉTODO	TÉCNICA
Variable independiente:	Los coagulantes son sales metálicas que reaccionan con la alcalinidad del agua, para producir un floculo de hidróxido del metal, insoluble en agua, que incorpore a las partículas coloidales. (Lozano Florián 2018)	Los resultados de la acción conjunta de los coagulantes se conseguirán variando las condiciones de tratamiento .	Condiciones del tratamiento	Velocidad de agitación	rpm		
Tiempo óptimo				min			
Dosis óptima				mg/L			
Variable dependiente:	La reducción de contaminantes de las aguas residuales se define como el proceso que desestabiliza las partículas coloidales, precipita y agrupa sólidos suspendidos, facilitando la sedimentación por medio de la formación de flóculos, los cuales luego son extraídos del agua; de esa manera reduce la turbidez, el color y en menor medida la materia orgánica que se relacionan con la eliminación de impurezas que están cargadas negativamente a niveles de pH, formando una dispersión estabilizada (Nath, et al., 2020).	La reducción de contaminantes de las aguas residuales se determinará en función de los parámetros físicos y químicos .	Parámetros físicos	Turbidez	NTU	Hipotético - deductivo	Experimental
Potencial de hidrogeno				pH			
Conductividad				mS/cm			
Sólidos totales en suspensión				mg/L			
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)				mg/L			
	Parámetros químicos		Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L			

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

El diseño de la investigación es de **tipo experimental** porque se realizó tratamiento a un grupo y después se aplica una medición de una o más variables (entiéndase como parámetro) para observar cuál es el nivel del grupo en ellas con la finalidad de observar los efectos que se producen en el proceso, donde no se emplea ningún grupo de control o de comparación, de esta manera se realizó la manipulación de las variables en el proceso de coagulación y floculación (Gallardo 2017)

G. experimental intacto	Tratamiento	Medición
Ge	X	O1

Los grupos a los que hace mención son el grupo experimental (Ge), que recibe el tratamiento (X), en este caso se manipuló la materia prima de *Opuntia ficus-indica* para la elaboración de coagulante y se mide la calidad del efluente residual luego de un tratamiento mediante análisis fisicoquímicos en las muestras de agua. Para lo cual se aplicó el diseño factorial simple mediante el método de superficie respuesta y los parámetros de respuesta. Este modelo **responde a un análisis de varianza factorial (ANOVA)**.

La investigación es aplicada porque tiene como propósito la solución de problemas prácticos en la sociedad, en este caso dar tratamiento a las aguas superficiales. Así mismo, la profundidad será **explicativa** ya que dará a conocer la situación de la calidad de las aguas residuales del camal (Ñaupas Paitan et al. 2018). Mientras que, conforme al periodo temporal, el estudio será transversal porque se realizará en un tiempo determinado por el propio investigador. Igualmente, según el tipo de datos empleados, el estudio será cuantitativo ya que se empleará pruebas estadísticas con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados (Hernández Sampieri, Mendoza Torres 2018)

4.2. Método de investigación

El método de la presente investigación es de carácter **hipotético deductivo**, las hipótesis son puntos de inicio para nuevas deducciones, en función de lo planteado con la intención de dar respuesta al estudio (Hernández Sampieri, Mendoza Torres 2018), se realizaron diferentes fases:

- **Fase 1: Caracterización del agua**

El agua residual se recolectó del camal de res del distrito de San Vicente de Cañete, se usó un volumen aproximado de 40L para la experiencia en la prueba de jarras (preliminares y oficiales). Posteriormente se realizó la caracterización inicial del agua residual del camal, el cual se llevó al laboratorio externo Servicios Analíticos Generales S.A. (SAG) para el análisis de los parámetros fisicoquímicos iniciales.

- **Fase 2: Obtención del coagulante *Opuntia ficus-indica***

Para la obtención del coagulante se realizó el siguiente procedimiento establecido por (López Pérez 2018).

Figura 3. *Flujograma de obtención de coagulante*

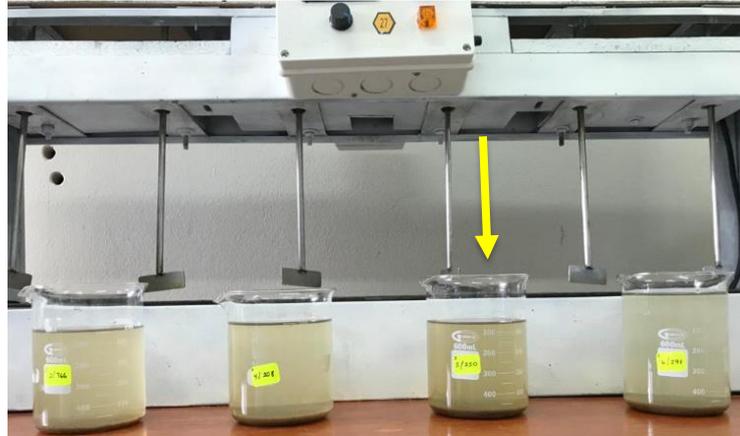


Antes de iniciar con la reducción de la penca de *Opuntia ficus-indica* se pesó la materia prima con resultado de 1.665 kg, para la reducción se empezó con el lavado de la *Opuntia ficus-indica* con ayuda de agua destilada, posteriormente se quitó la capa externa (epidermis) y se cortó en trozos rectangulares alargados; para el secado de la *Opuntia ficus-indica* fueron puestas en una estufa a temperatura de 70°C por 10 horas, posteriormente las tiras deshidratadas se trituraron utilizando un mortero hasta obtener un material granulado, el cual luego fue cernido con tamices Tyler (malla #50) hasta obtener partículas finas, se obtuvo 125.00 gramos de polvo de *Opuntia ficus-indica*. Posteriormente se procede a la obtención de la clorofila y otros pigmentos del polvo por el cual se utilizó etanol al 96°, la proporción usada fue de 1/10, se inició con 30 gramos de polvo de *Opuntia ficus-indica* a 300 ml de etanol, esta solución se removi6 durante 15 minutos con un agitador (test de jarra) a 1000 rpm, luego la soluci6n resultante fue filtrada al vaci6 con papel filtro, se repiti6 el mismo proceso dos veces con el fin de extraer la mayor cantidad de pigmento. Por 6ltimo, la torta de *Opuntia ficus-indica* residual se dej6 secar a temperatura ambiente durante 24 horas y se almacen6 para su uso.

- **Fase 3: Prueba de eficiencia del coagulante**

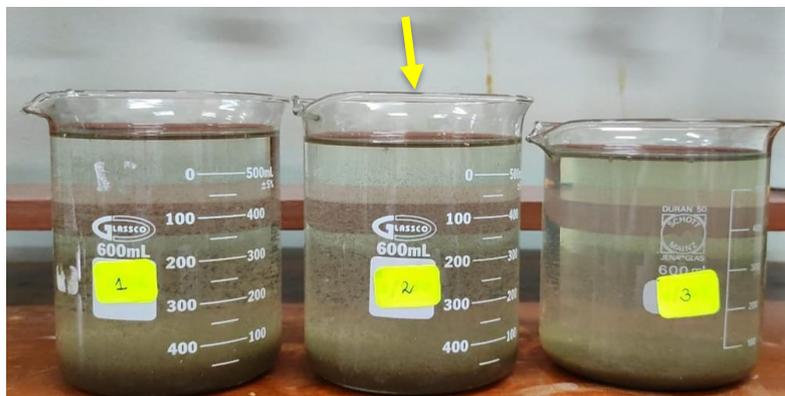
Para determinar la eficiencia del coagulante se inici6 con pruebas preliminares, de acuerdo a la metodolog6a de (Olivero Verbel et al. 2017b) donde se indica como referencia la mezcla de los coagulantes de *Opuntia ficus-indica* y sulfato de aluminio en porcentajes de 20.0%, 30.0% y 40.0% el cual se completa con 80.0%, 70.0% y 60.0% respectivamente. Inicialmente realizamos las pruebas preliminares para la determinaci6n de la dosis 6ptima, por lo cual despu6s de la aplicaci6n de coagulantes en las diferentes cantidades (200mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, 500 mg/l, 600 mg/l y 700 mg/l). Despu6s de los resultados se observ6 que la dosis de 700 mg/l el agua era m6s transparente, ver figura 4.

Figura 4. Resultados de las proporciones



Posterior a ello se procedió a realizar una nueva medición con las 3 proporciones de 20%-80%, 30%-70% y 40%-60% de *Opuntia ficus-indica* y sulfato de aluminio respectivamente y la dosis de 700mg/l; de los resultados se observó que la proporción 1 con dosis de 700 mg/l el agua es más transparente a diferencia de la proporción 3, ver figura 5, es por ello que se elige un término medio quedando con una proporción 2 (30%-70%)

Figura 5. Resultados de dosis a 700 mg/l



Después de haber obtenido la dosis optima de 700mg/l de *Opuntia ficus-indica* y sulfato de aluminio, se preparó una solución madre de los coagulantes en cada proporción (19 corridas) con agua destilada; posteriormente fueron agregadas a vasos precipitados de 1litro con 500ml de muestras de agua residual del camal, y se llevaron a la prueba de test de jarra a mezcla rápida 200rpm por 1

minuto y mezcla lenta 40 rpm por 20 minutos, por último, se dejó sedimentar por 30 minutos.

Figura 6. Prueba de test de jarras



- **Fase 4: Medición de los contaminantes del agua residual**

Finalmente, los parámetros de contaminantes del agua residual del camal de res se analizaron posterior al desarrollo de los tratamientos para evaluar el porcentaje de disminución; se tomaron las muestras respectivas para hallar los parámetros fisicoquímicos elegidos, turbiedad, pH, sólidos totales suspendidos, conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), para poder hallar la DQO se preparó viales según el procedimiento establecido por el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.

4.3. Población y muestra

La población se representó por el caudal total que se produce, como producto del faenado, mantenimiento y limpieza en el matadero municipal de la ciudad San Vicente, la cual es **de 60 m³/día**, mientras que para el desarrollo de la presente investigación se requirió como muestra **40 L** de agua residual del camal de res para el proceso de coagulación y floculación en la prueba de jarras en

diversas condiciones de agitación y tiempo, para las pruebas preliminares y oficiales.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

4.4.1. Lugar de estudio

Las muestras de agua fueron tomadas del área de estudio de un camal de res, la cual se encuentra situada dentro del distrito de San Vicente, provincia de Cañete. Para la toma de muestras se tuvo en cuenta las consideraciones dadas en el Protocolo para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, establecido por la autoridad Nacional del Agua (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016) y el protocolo Indicaciones de toma de muestras – Clientes (DA-008) del laboratorio externo. Los parámetros fisicoquímicos iniciales se realizaron en el laboratorio externo. Los parámetros fisicoquímicos iniciales se realizaron en el laboratorio acreditado por INACAL Servicios Analíticos Generales S.A., (SAG), por lo cual fue trasladado inmediatamente después de la toma de muestras.

El experimento se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.

Figura 7. *Ubicación del Camal de res del distrito de San Vicente, Provincia de Cañete*



4.4.2. Periodo desarrollado

El periodo de desarrollo de la presente investigación se realizó entre los meses de julio a setiembre del año 2022.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnica

En la presente investigación se aplicó la **técnica de la observación no estructurada**, la misma que se aplicó en base a un propósito, que no hace uso de una agenda prediseñada en las que se especifiquen los objetos que se observan mediante un instrumento de diario de campo, donde se sistematizará las experiencias para luego analizar los resultados, lo cual faculta al investigador un constante monitoreo del proceso de observación (Osorio, Rojas 2017)

4.5.2. Instrumento

Para el desarrollo experimental se utilizó la prueba de test de jarras para obtener la velocidad de agitación, el tiempo de mezcla y la dosis de la acción conjunta de coagulantes *Opuntia ficus-indica* y el sulfato de aluminio; para conocer la reducción de los contaminantes, se utilizó el turbidímetro, medidor multiparámetro y Conductímetro.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para el análisis estadístico se utilizó el software MICROSOFT EXCEL 2017, DESING EXPERT 11 y MINITAB 19 para conocer la estimación de los coeficientes para cada respuesta. Se realizó el análisis del diseño factorial simple, donde en cada factor se analizó su relación con los parámetros pH, turbidez, conductividad, SST, DQO y DBO₅

Para evaluar los objetivos planteados en la presente investigación se empleó el Análisis de varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$), y su prueba de normalidad para verificar la validez de los datos y su correspondencia con el modelo estadístico.

4.7. Aspecto Éticos en investigación

El presente proyecto de investigación se realizó respetando la autoría de todas las investigaciones tomadas, respetando el reglamento de propiedad intelectual, asimismo los lineamientos dictados por la Universidad Nacional del Callao.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua residual del Camal de res del distrito de San Vicente

Según los análisis realizados a las aguas residuales del Camal de res del distrito de San Vicente, en la siguiente tabla se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados antes de ser tratadas mediante la adición de los coagulantes.

Tabla 3. Características fisicoquímicas iniciales del agua residual del Camal de res del distrito de San Vicente.

Parámetros	Unidad	Resultados
Turbiedad	NTU	550
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	1043
Demanda química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	1583
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	730
Conductividad	us/cm	1536
Ph	ph	7

5.1.2. Resultados descriptivos del tratamiento de coagulación-floculación del agua residual del Camal de res del distrito de San Vicente

Se presentan a continuación 6 tablas con los resultados experimentales obtenidos para cada parámetro (Turbiedad, DBO₅, DQO, SST, Conductividad y pH).

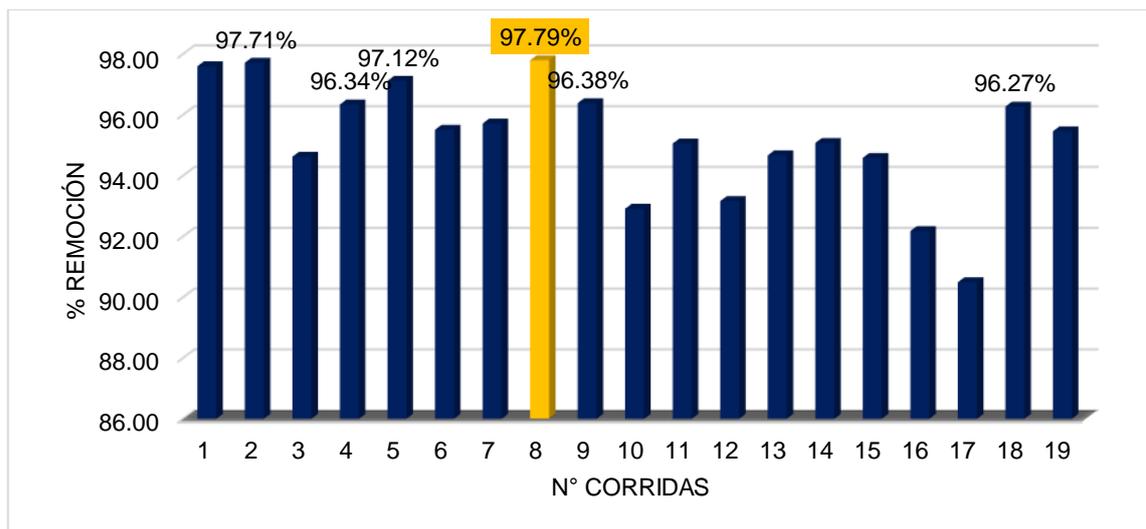
a. Resultados obtenidos del tratamiento con relación de la Turbiedad

La tabla 4 muestra los resultados experimentales de la Turbiedad y su % de reducción de este con respecto al valor de la concentración indicado en la tabla 3, que corresponde al valor inicial en el agua residual.

Tabla 4. Resultados de turbiedad

CORRIDA	DOSIS (ppm)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD (rpm)	TURBIEDAD(NTU)				% REMOCIÓN
				T1	T2	T3	PROMEDIO(NTU)	
1	650	20	35	12.75	13.21	13.68	13.21	97.60
2	700	30	20	12.63	12.36	12.74	12.58	97.71
3	600	10	50	28.40	29.49	30.86	29.58	94.62
4	600	30	20	19.48	19.81	21.12	20.14	96.34
5	650	20	35	15.58	15.48	16.51	15.86	97.12
6	600	10	20	24.90	24.25	24.97	24.71	95.51
7	700	10	50	23.28	23.31	24.15	23.58	95.71
8	700	30	20	11.60	11.88	12.93	12.14	97.79
9	700	10	50	19.15	20.24	20.30	19.90	96.38
10	700	30	50	38.99	39.13	38.89	39.00	92.91
11	600	10	20	26.59	27.05	27.96	27.20	95.05
12	700	30	50	37.20	37.45	38.16	37.60	93.16
13	700	10	20	30.16	28.59	29.22	29.32	94.67
14	600	10	50	26.70	26.93	27.69	27.11	95.07
15	700	10	20	29.41	29.63	30.36	29.80	94.58
16	600	30	50	42.35	42.84	43.92	43.04	92.18
17	600	30	50	51.34	52.22	53.29	52.28	90.49
18	650	20	35	20.07	20.24	21.26	20.52	96.27
19	600	30	20	24.70	24.65	25.60	24.98	95.46

Gráfico 1. Remoción de turbiedad



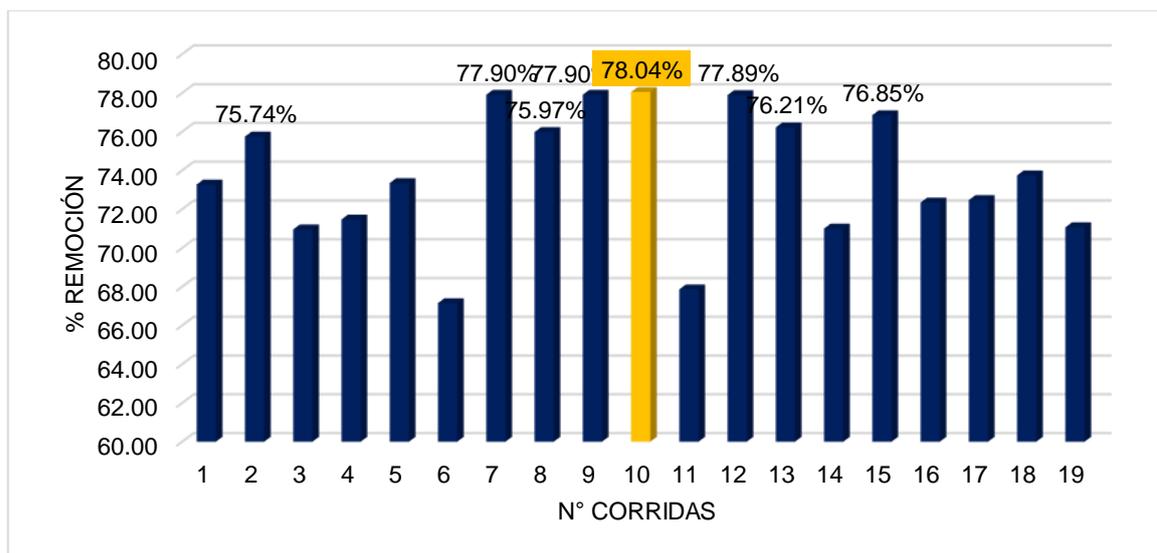
b. Resultados obtenidos del tratamiento con relación a la DBO₅

La tabla 5 muestra los resultados experimentales de la DBO₅ obtenidos mediante APHA, y su % de reducción de este con respecto al valor de la concentración indicado en la tabla 3.

Tabla 5. Resultados de DBO₅

CORRIDA	DOSIS (ppm)	Tiempo (min)	Velocidad (rpm)	DBO ₅ (mg/L)				% REMOCIÓN
				DBO ₅ R1	DBO ₅ R2	DBO ₅ R3	DBO ₅ PROM (mg/L)	
1	650	20	35	445.00	243.00	148.40	278.80	73.27
2	700	30	20	415.00	197.00	147.00	253.00	75.74
3	600	10	50	513.00	243.00	152.80	302.93	70.96
4	600	30	20	529.00	210.67	153.20	297.62	71.46
5	650	20	35	457.00	229.33	147.60	277.98	73.35
6	600	10	20	658.00	236.33	133.60	342.64	67.15
7	700	10	50	310.00	229.00	152.40	230.47	77.90
8	700	30	20	458.00	175.00	118.80	250.60	75.97
9	700	10	50	386.00	160.33	145.20	230.51	77.90
10	700	30	50	385.00	154.00	148.00	229.00	78.04
11	600	10	20	633.00	228.00	144.60	335.20	67.86
12	700	30	50	456.00	121.33	114.60	230.64	77.89
13	700	10	20	438.00	159.67	146.60	248.09	76.21
14	600	10	50	557.00	214.33	136.20	302.51	71.00
15	700	10	20	385.00	226.00	113.40	241.47	76.85
16	600	30	50	478.00	241.67	145.80	288.49	72.34
17	600	30	50	473.00	239.33	149.20	287.18	72.47
18	650	20	35	463.00	210.67	148.00	273.89	73.74
19	600	30	20	577.00	202.20	126.20	301.80	71.06

Gráfico 2. Remoción de DBO₅



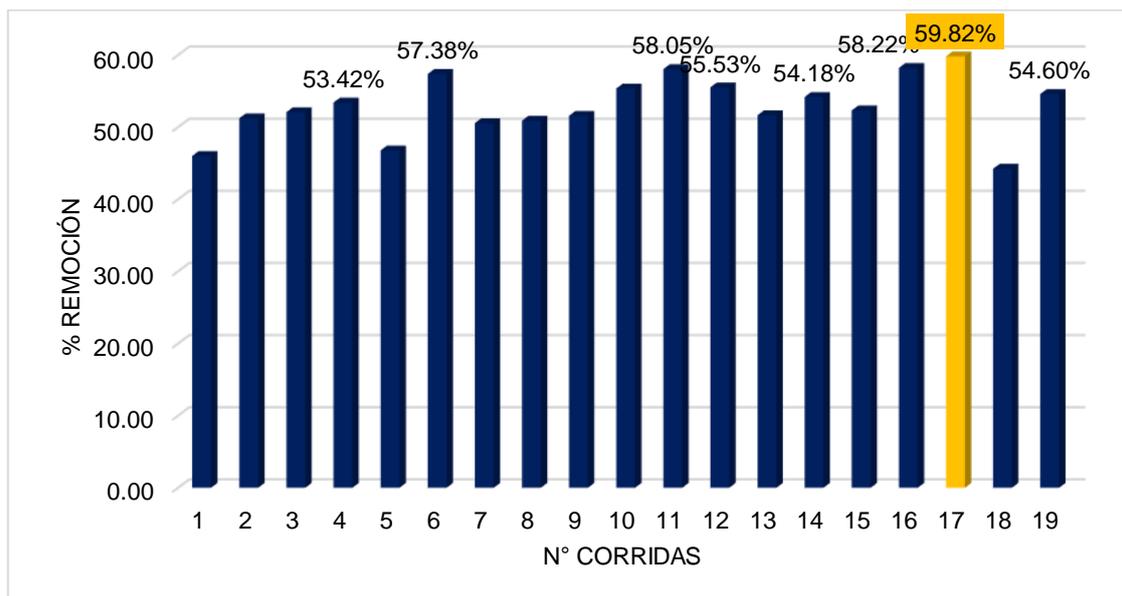
c. Resultados obtenidos del tratamiento con relación del DQO (ppm)

La tabla 6 muestra los resultados experimentales del DQO obtenidos mediante el método colorimétrico reflujo cerrado, y su % de reducción de este con respecto al valor inicial de la concentración indicado en la tabla 3.

Tabla 6. Resultados de DQO

CORRIDA	DOSIS (ppm)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD (rpm)	DQO (ppm)					
				Q1	Q2	Q3	PROMEDIO (ppm)	PROMEDIO FINAL (ppm)	% REMOCIÓN
1	650	20	35	211	215	215	213.67	854.67	46.01
2	700	30	20	191	198	190	193.00	772.00	51.23
3	600	10	50	187	190	192	189.67	758.67	52.07
4	600	30	20	185	189	179	184.33	737.33	53.42
5	650	20	35	210	213	209	210.67	842.67	46.77
6	600	10	20	171	166	169	168.67	674.67	57.38
7	700	10	50	191	195	201	195.67	782.67	50.56
8	700	30	20	197	195	191	194.33	777.33	50.89
9	700	10	50	193	192	190	191.67	766.67	51.57
10	700	30	50	177	174	179	176.67	706.67	55.36
11	600	10	20	162	164	172	166.00	664.00	58.05
12	700	30	50	170	178	180	176.00	704.00	55.53
13	700	10	20	189	190	195	191.33	765.33	51.65
14	600	10	50	185	176	183	181.33	725.33	54.18
15	700	10	20	190	188	188	188.67	754.67	52.33
16	600	30	50	166	169	161	165.33	661.33	58.22
17	600	30	50	156	166	155	159.00	636.00	59.82
18	650	20	35	223	220	219	220.67	882.67	44.24
19	600	30	20	188	176	175	179.67	718.67	54.60

Gráfico 3. Remoción de DQO



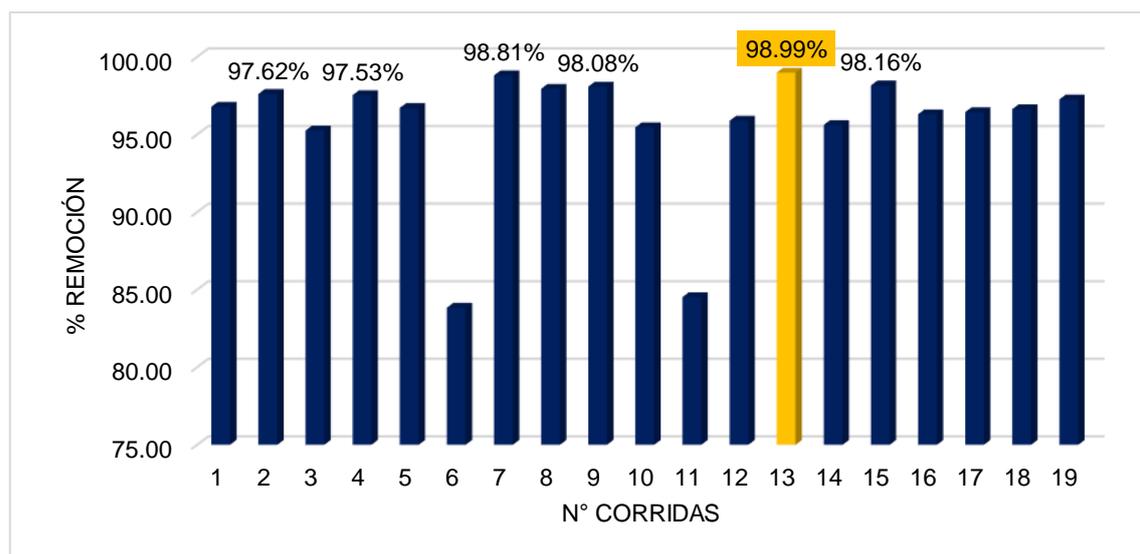
d. Resultados obtenidos del tratamiento con relación a los Sólidos Totales Suspendidos

La tabla 7 muestra los resultados experimentales de los SST obtenidos mediante APHA, y su % de reducción de este con respecto al valor de la concentración indicado en la tabla 3.

Tabla 7. Resultados de SST

CORRIDA	DOSIS (ppm)	Tiempo (min)	Velocidad (rpm)	SST (mg/L)			% REMOCIÓN
				SST1	SST2	SST PROM (mg/L)	
1	650	20	35	23	24	23	96.79
2	700	30	20	8	27	17	97.62
3	600	10	50	45	24	35	95.26
4	600	30	20	22	14	18	97.53
5	650	20	35	8	40	24	96.71
6	600	10	20	36	200	118	83.84
7	700	10	50	9	8	9	98.81
8	700	30	20	8	22	15	97.95
9	700	10	50	20	8	14	98.08
10	700	30	50	48	18	33	95.47
11	600	10	20	102	124	113	84.52
12	700	30	50	36	24	30	95.89
13	700	10	20	6	9	7	98.99
14	600	10	50	30	34	32	95.62
15	700	10	20	9	18	13	98.16
16	600	30	50	32	22	27	96.30
17	600	30	50	24	28	26	96.44
18	650	20	35	14	6	10	96.63
19	600	30	20	20	20	20	97.26

Gráfico 4. Remoción de SST



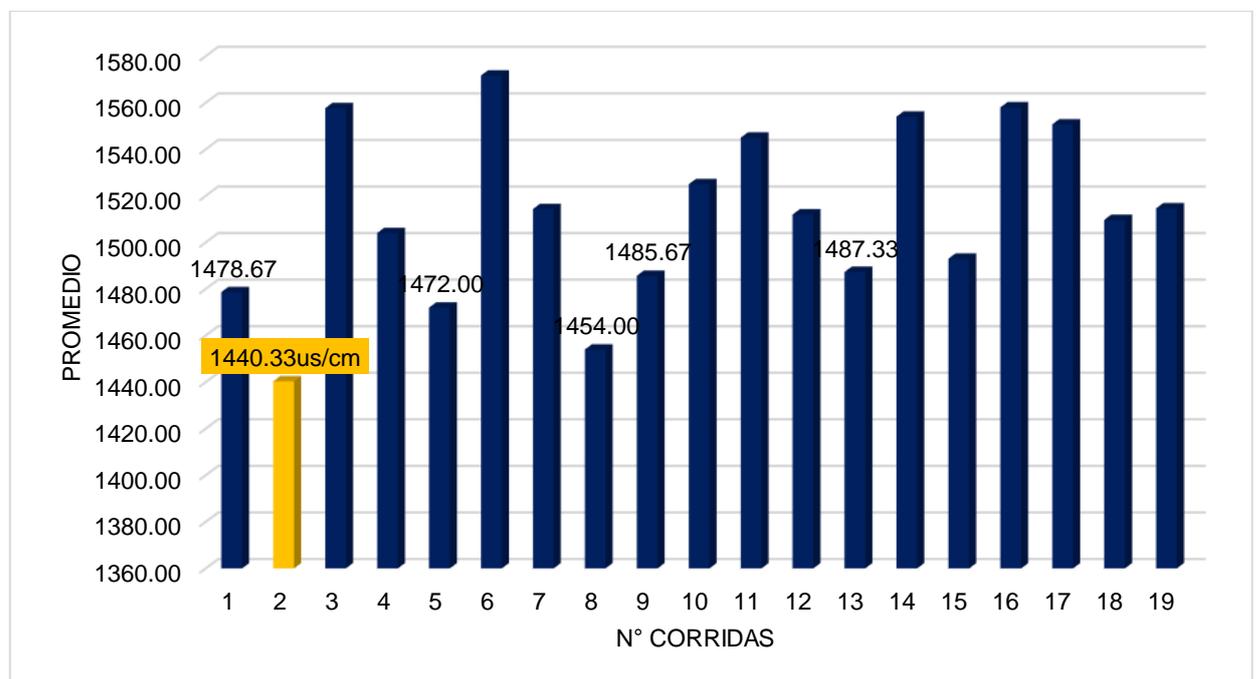
e. Resultados obtenidos del tratamiento con relación a la conductividad

La tabla 8 muestra los resultados experimentales de la conductividad obtenidos con el multiparámetro.

Tabla 8. Resultados de conductividad

CORRIDA	DOSIS (ppm)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD (rpm)	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)			
				C1	C2	C3	PROMEDIO (us/cm)
1	650	20	35	1468	1469	1499	1478.67
2	700	30	20	1443	1433	1445	1440.33
3	600	10	50	1559	1566	1548	1557.67
4	600	30	20	1512	1495	1505	1504.00
5	650	20	35	1460	1458	1498	1472.00
6	600	10	20	1568	1577	1570	1571.67
7	700	10	50	1502	1522	1519	1514.33
8	700	30	20	1453	1451	1458	1454.00
9	700	10	50	1485	1484	1488	1485.67
10	700	30	50	1527	1542	1506	1525.00
11	600	10	20	1551	1548	1536	1545.00
12	700	30	50	1522	1504	1510	1512.00
13	700	10	20	1456	1506	1500	1487.33
14	600	10	50	1515	1598	1549	1554.00
15	700	10	20	1486	1492	1501	1493.00
16	600	30	50	1548	1562	1564	1558.00
17	600	30	50	1545	1555	1552	1550.67
18	650	20	35	1494	1531	1504	1509.67
19	600	30	20	1452	1497	1475	1514.67

Gráfico 5. Promedio de conductividad eléctrica



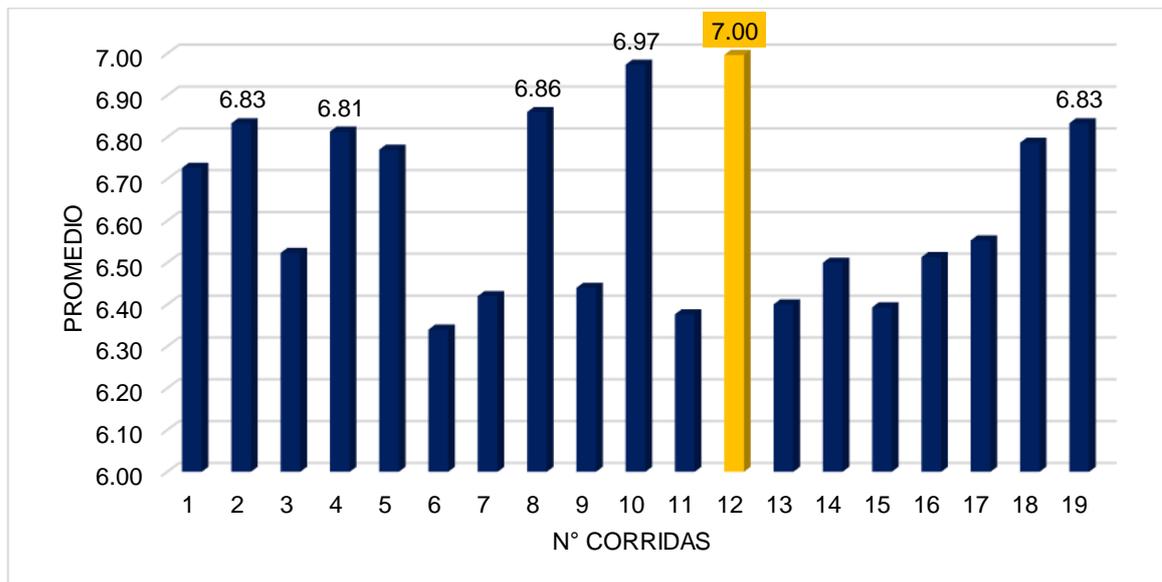
f. Resultados obtenidos del tratamiento con relación al pH

La tabla 9 muestra los resultados experimentales del pH obtenido mediante el multiparámetro.

Tabla 9. Resultados de Ph

CORRIDA	DOSIS (ppm)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD (rpm)	Ph			
				PH1	PH2	PH3	PROMEDIO
1	650	20	35	6.58	6.72	6.88	6.73
2	700	30	20	6.87	6.84	6.79	6.83
3	600	10	50	6.51	6.54	6.52	6.52
4	600	30	20	6.70	6.86	6.88	6.81
5	650	20	35	6.74	6.79	6.78	6.77
6	600	10	20	6.30	6.36	6.36	6.34
7	700	10	50	6.40	6.42	6.44	6.42
8	700	30	20	6.82	6.93	6.83	6.86
9	700	10	50	6.44	6.44	6.44	6.44
10	700	30	50	6.97	6.97	6.98	6.97
11	600	10	20	6.35	6.46	6.32	6.38
12	700	30	50	7.07	6.95	6.97	7.00
13	700	10	20	6.38	6.42	6.40	6.40
14	600	10	50	6.50	6.48	6.52	6.50
15	700	10	20	6.38	6.39	6.41	6.39
16	600	30	50	6.47	6.53	6.54	6.51
17	600	30	50	6.52	6.55	6.59	6.55
18	650	20	35	6.75	6.79	6.82	6.79
19	600	30	20	6.83	6.82	6.85	6.83

Gráfico 6. Promedio de Ph



En la Tabla 10 se muestra el resultado promedio de los 19 tratamientos, junto con los resultados promedio, desviación estándar del % de reducción en turbidez, DBO₅, DQO SST, conductividad y pH

Tabla 10. Resultados de promedio de los 19 parámetros

Variable	N	Media	Desv. Est.	Varianza	Mínimo	Máximo
% Turbidez	19	95.19	1.95	3.803	90.4939	97.7933
% DBO ₅	19	73.75	3.37	11.373	67.1482	78.0441
% DQO	19	52.84	4.20	17.626	44.2409	59.8231
% SST	19	95.68	4.19	17.596	83.8356	98.9863
Conductividad	19	1511.98	37.44	1401.9	1440.33	1571.67
pH	19	6.63	0.2186	0.0478	6.34	6.99667

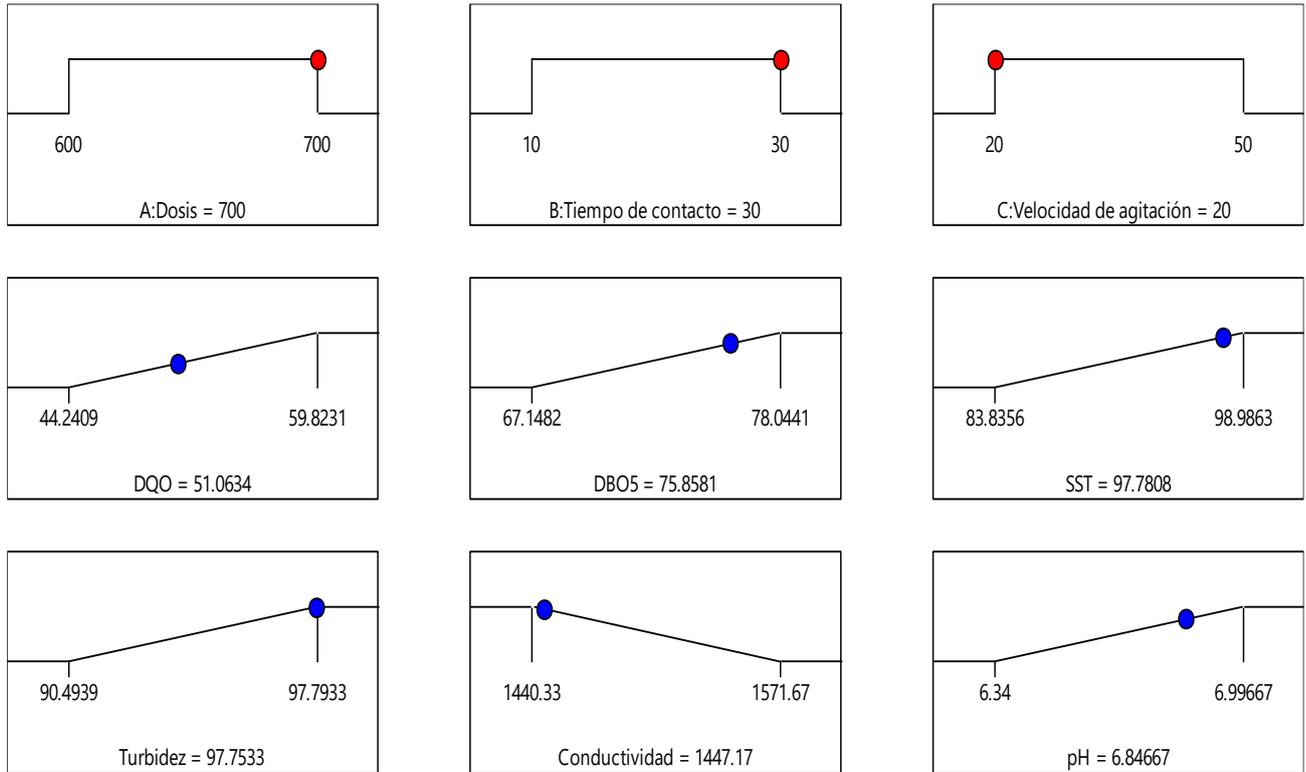
5.1.3. Resultados de la optimización numérica

En función a la deseabilidad para optimizar las respuestas, esta función de deseabilidad permite condicionar los diferentes factores para obtener un resultado óptimo. Para los parámetros como % DQO, % turbidez, % SST, %DBO₅ reducidos se busca maximizar el porcentaje.

Tabla 11. Resultados de la optimización numérica

Variables	Indicadores	Condición	Resultado	Norma VMA
Independientes	Velocidad de agitación(rpm)	20-50	20	-
	Tiempo de agitación(min)	10-30	30	-
	Dosis(ppm)	600-700	700	-
Dependientes	%Turbidez	Maximizar	97.79% (12.155 NTU)	-
	%DBO ₅	Maximizar	78.04% (229.043 mg/L)	500 mg/L Sí cumple
	%DQO	Maximizar	59.82% (636.049 mg/L)	1000 mg/L sí cumple
	%SST	Maximizar	98.99% (7.373 mg/L)	500 mg/L Sí cumple
	Conductividad	Minimizar	1440.33	-
	pH	Maximizar	7.00	-

Figura 8. Gráficas de respuesta de la deseabilidad propuesta



Desirability = 0.785

5.2. Resultados Inferenciales

5.2.1. Análisis ANOVA del diseño factorial

Los efectos de los factores que presentan influencia en el tratamiento de coagulación-floculación del agua residual de camal fueron analizados por el método ANOVA; mientras la significancia de cada parámetro del modelo se evaluó mediante las pruebas p-valor ($p < 0.05$) y F-valor para cada variable. En las tablas siguientes se muestra lo descrito en cada ANOVA.

a. ANOVA de la remoción de la turbidez

Tabla 12. ANOVA de la remoción de la turbidez

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor-F	Valor-P
Modelo	53.70	7	7.67	24.16	< 0.0001
A-Dosis	4.21	1	4.21	13.25	0.0045
B-Tiempo de contacto	1.93	1	1.93	6.08	0.0334
C-Velocidad de agitación	17.20	1	17.20	54.16	< 0.0001
AB	2.27	1	2.27	7.14	0.0234
AC	0.7253	1	0.7253	2.28	0.1616
BC	26.36	1	26.36	83.03	< 0.0001
ABC	1.01	1	1.01	3.18	0.1046
Curvature	11.59	1	11.59	36.49	0.0001
Pure Error	3.18	10	0.3175		
Cor Total	68.46	18			

b. ANOVA de la remoción DBO₅

Tabla 13. ANOVA de la remoción DBO₅

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor-F	Valor-P
Modelo	203.70	7	29.10	409.08	< 0.0001
A-Dosis	170.40	1	170.40	2395.45	< 0.0001
B-Tiempo de contacto (min)	5.24	1	5.24	73.64	< 0.0001
C-Velocidad de agitación	16.35	1	16.35	229.83	< 0.0001
AB	8.40	1	8.40	118.08	< 0.0001
AC	0.3206	1	0.3206	4.51	0.0597
BC	0.6358	1	0.6358	8.94	0.0136
ABC	2.35	1	2.35	33.10	0.0002
Curvature	0.3059	1	0.3059	4.30	0.0649
Pure Error	0.7113	10	0.0711		
Cor Total	204.71	18			

c. ANOVA de la remoción del DQO

Tabla 14. ANOVA de la remoción del DQO

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor-F	Valor-P
Modelo	125.85	7	17.98	20.93	< 0.0001
A-Dosis	51.26	1	51.26	59.66	< 0.0001
B-Tiempo de contacto	7.96	1	7.96	9.27	0.0124
C-Velocidad de agitación	3.75	1	3.75	4.37	0.0631
AB	0.3991	1	0.3991	0.4645	0.5110
AC	2.30	1	2.30	2.68	0.1329
BC	55.57	1	55.57	64.68	< 0.0001
ABC	4.61	1	4.61	5.37	0.0430
Curvature	182.83	1	182.83	212.81	< 0.0001
Pure Error	8.59	10	0.8591		
Cor Total	317.27	18			

d. ANOVA de la remoción del SST

Tabla 15. ANOVA de la remoción de SST

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor-F	Valor-P
Modelo	311.82	7	44.55	403.91	< 0.0001
A-Dosis	73.07	1	73.07	662.52	< 0.0001
B-Tiempo de contacto	28.03	1	28.03	254.17	< 0.0001
C-Velocidad de agitación	16.00	1	16.00	145.08	< 0.0001
AB	78.43	1	78.43	711.16	< 0.0001
AC	38.85	1	38.85	352.25	< 0.0001
BC	50.84	1	50.84	460.97	< 0.0001
ABC	26.60	1	26.60	241.19	< 0.0001
Curvature	3.80	1	3.80	34.50	0.0002
Pure Error	1.10	10	0.1103		
Cor Total	316.73	18			

e. ANOVA de la conductividad

Tabla 16. ANOVA de la conductividad

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor-F	Valor-P
Modelo	21112.64	7	3016.09	16.22	0.0001
A-Dosis	12321.00	1	12321.00	66.28	< 0.0001
B-Tiempo de contacto (min)	1406.25	1	1406.25	7.56	0.0205
C-Velocidad de agitación	3823.36	1	3823.36	20.57	0.0011
AB	169.00	1	169.00	0.9091	0.3628
AC	373.78	1	373.78	2.01	0.1866
BC	2970.25	1	2970.25	15.98	0.0025
ABC	49.00	1	49.00	0.2636	0.6188
Curvature	2263.17	1	2263.17	12.17	0.0058
Pure Error	1858.96	10	185.90		
Cor Total	25234.77	18			

f. ANOVA del pH

Tabla 17. ANOVA pH

Fuente	SC Ajust.	df	Media	Valor-F	Valor-P
Modelo	0.7979	7	0.1140	241.85	< 0.0001
A-Dosis(ppm)	0.0466	1	0.0466	98.84	< 0.0001
B-Tiempo de contacto(min)	0.5563	1	0.5563	1180.29	< 0.0001
C-Velocidad de agitación(rpm)	0.0003	1	0.0003	0.6498	0.4389
AB	0.0672	1	0.0672	142.52	< 0.0001
AC	0.0238	1	0.0238	50.43	< 0.0001
BC	0.0286	1	0.0286	60.72	< 0.0001
ABC	0.0752	1	0.0752	159.49	< 0.0001
Curvature	0.0572	1	0.0572	121.39	< 0.0001
Pure Error	0.0047	10	0.0005		
Cor Total	0.8598	18			

5.2.2. Normalidad de los residuos

Uno de los supuestos del Análisis de Varianza es que los residuos presenten una distribución normal, en la siguiente tabla 18 se presenta la normalidad de los residuos usando el estadístico Anderson-Darling. En la Tabla 19 se muestra la prueba de homogeneidad de la varianza de los residuos usando el estadístico prueba de Barlett.

Tabla 18. Normalidad de residuos

	Turbidez	%DBO ₅	%DQO	%SST	Conductividad	pH
AD	0.370	0.445	0.278	0.840	0.265	0.748
P	0.388	0.254	0.610	0.061	0.653	0.062

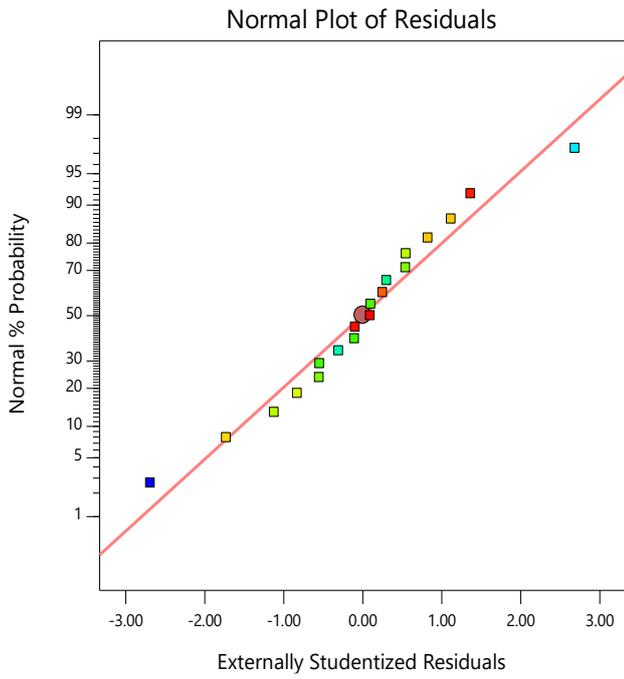
En la Tabla 18 se presentan la distribución normal de los residuos, donde se puede observar que los residuos de cada parámetro respuesta se distribuyen linealmente, por lo que podemos decir que presentan normalidad.

Tabla 19. Distribución normal de los residuos

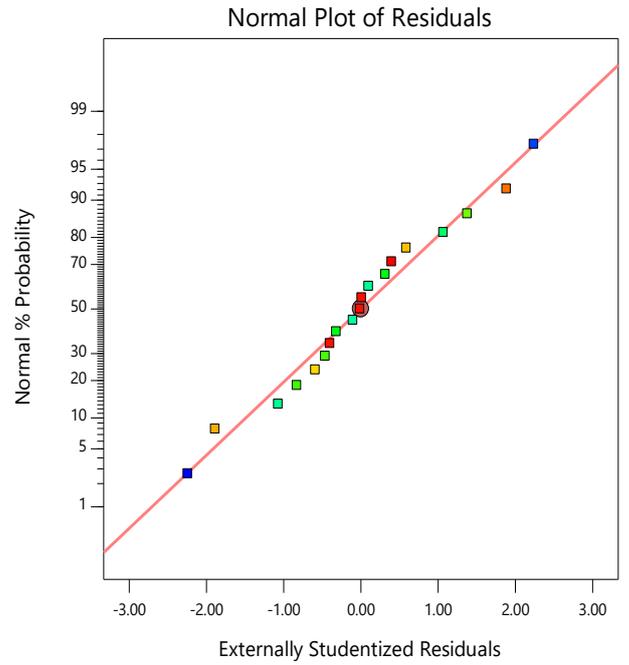
	Turbidez	%DBO ₅	%DQO	%SST	Conductividad	pH
B	8.54	11.96	5.57	5.94	5.46	2.85
p	0.383	0.153	0.695	0.654	0.708	0.944

Figura 9. Normalidad de residuos de las variables respuestas del tratamiento

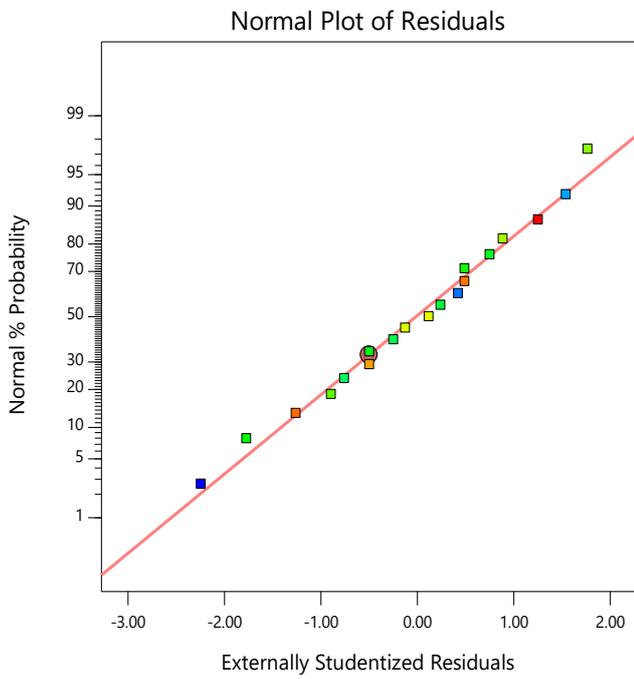
a)



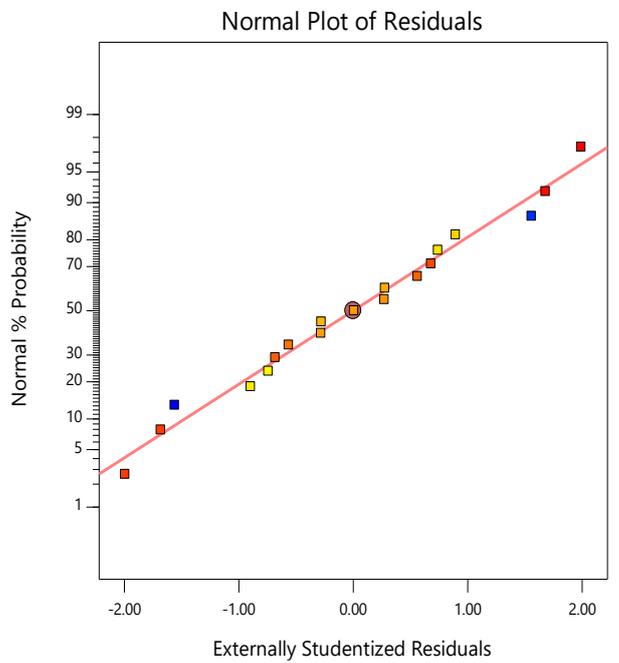
b)



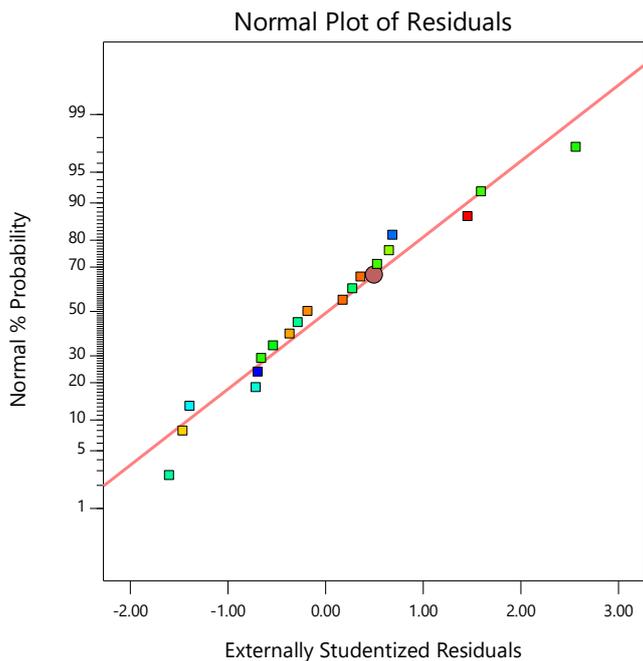
c)



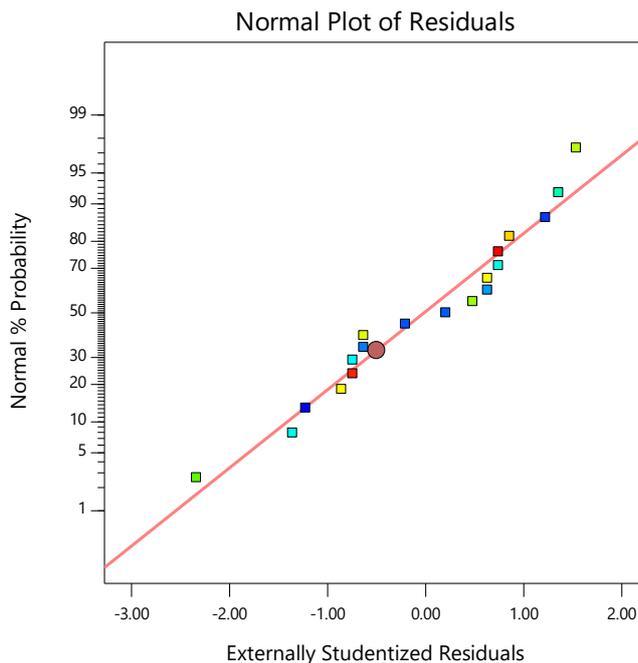
d)



e)



f)



Nota: a) Remoción de turbiedad, b) Remoción de DBO5, c) Remoción de DQO, d) Remoción de SST, e) Conductividad, f) pH

5.2.3. Ajustes del diseño factorial

Se calculó el R^2 , estos valores se observan en la Tabla 20 donde se muestra un R^2 mayores a 0.9 lo que explica un buen ajuste del modelo lineal estadístico.

Tabla 20. R^2

Indicadores	%Turbidez	%DBO ₅	%DQO	%SST	Conductividad	Ph
R^2	0.9442	0.9965	0.9361	0.9965	0.9191	0.9941

5.2.4. Análisis estadístico para la estimación del efecto de los factores

El método gráfico de Half-Daniel que se observa en la Figura 10, se empleó para determinar los efectos significativos de los factores sobre la remoción de los parámetros.

Figura 10. Efectos significativos de los factores sobre la remoción de parámetros

a)

Design-Expert® Software

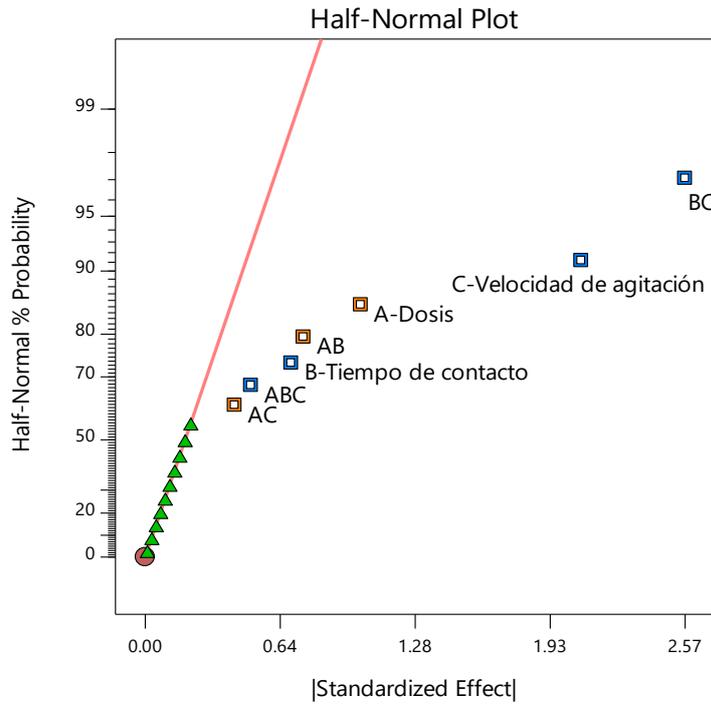
Turbidez

▲ Error estimates

A: Dosis
B: Tiempo de contacto
C: Velocidad de agitación

■ Positive Effects

■ Negative Effects



b)

Design-Expert® Software

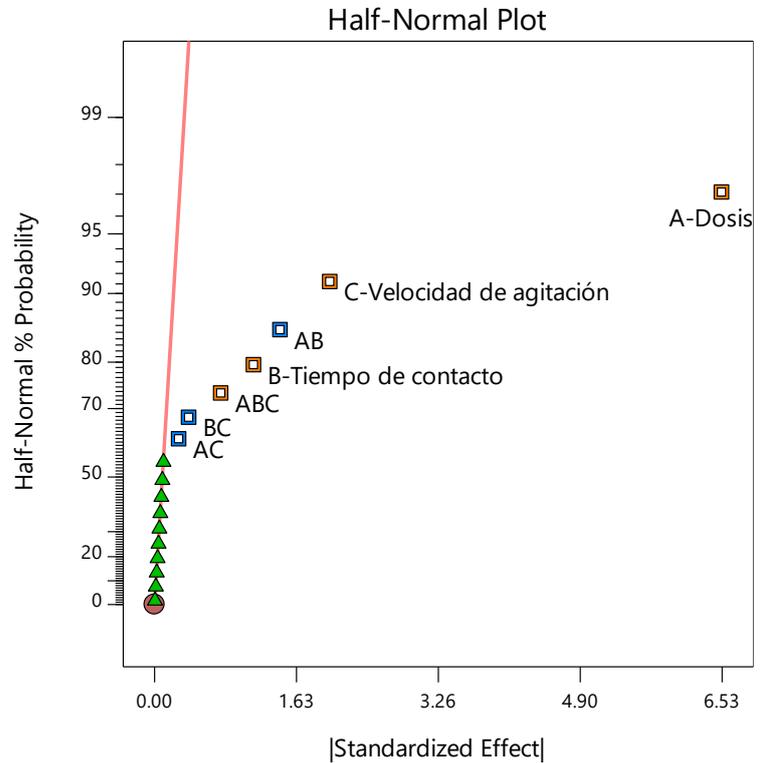
DBO5

▲ Error estimates

A: Dosis
B: Tiempo de contacto
C: Velocidad de agitación

■ Positive Effects

■ Negative Effects



e)

Design-Expert® Software

Conductividad

▲ Error estimates

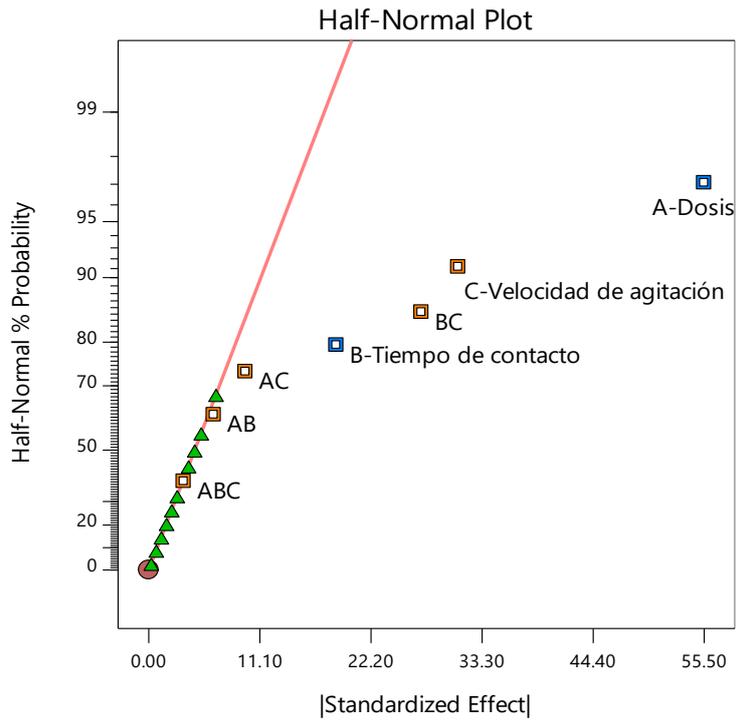
A: Dosis

B: Tiempo de contacto

C: Velocidad de agitación

■ Positive Effects

■ Negative Effects



f)

Design-Expert® Software

pH

▲ Error estimates

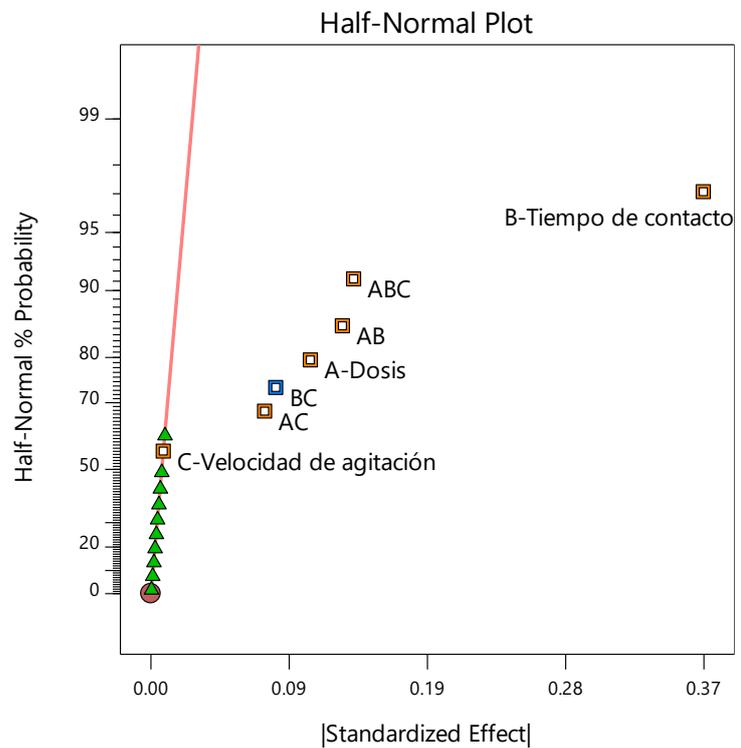
A: Dosis

B: Tiempo de contacto

C: Velocidad de agitación

■ Positive Effects

■ Negative Effects



Nota: a) Remoción de turbiedad, b) Remoción de DBO5, c) Remoción de DQO, d) Remoción de SST, e) conductividad, f) pH

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis General: La acción conjunta de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reducen los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

De acuerdo al desarrollo de las pruebas experimentales realizadas en laboratorio de la FIARN, empleando un diseño factorial simple, se ha obtenido porcentajes de reducción de los contaminantes las cuales son 97,79% de turbidez, 78.04% de DBO₅; 59.82% de DQO; 98.99% de SST; 1440.33 uS/cm y un pH de 7.0 los cuales su vez cumplen con el Valores Máximo Admisibles - Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA (Tabla 1). De esta manera se acepta la hipótesis general que plantea la reducción de contaminantes en el agua residual de camal.

a. Normalidad de los residuos

Hipótesis

H₀: Los errores tienen distribución normal

H₁: Los errores NO tienen distribución normal

Nivel de significación 0,05; $p > 0,05$

Estadístico de prueba Anderson-Darling

Asimismo, en la Tabla 18 se demuestra la normalidad de los residuos usando el estadístico de Anderson-Darling en donde se observa que los p-value de todos los parámetros medidos fueron mayores a 0.05; así también en la figura 9 las gráficas de normalidad con respecto de cada parámetro respuesta.

b. Homogeneidad de la varianza

Hipótesis

H₀: Las varianzas son iguales

H₁: Al menos una varianza es diferente

Nivel de significación 0,05; $p > 0,05$
Estadístico de prueba de Bartlett

Para los parámetros medidos como % Turbidez, %DBO₅, % DQO, %SST, conductividad, pH se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, con un nivel de confianza del 95% se concluye que todos los parámetros tienen distribución normal cumpliendo el supuesto.

6.1.1. Contrastación con la hipótesis específica 1

H₀: La velocidad de agitación óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) no reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

H₁: La velocidad de agitación óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

De acuerdo a la Tabla 11 y Figura 8, se observa el cumplimiento de los parámetros medidos como turbidez (NTU), DBO₅(mg/L), DQO (mg/L), SST (mg/L), conductividad (uS/cm) y pH respecto de los VMA. Además, según las tablas donde se observa el ANOVA se muestra que el efecto del factor dosificación es significativo en la reducción de los parámetros medidos ($p < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la alternativa (H_1).

6.1.2. Contrastación con la hipótesis específica 2

H₀: El tiempo óptimo de mezcla óptima del coagulante (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) no reduce los contaminantes camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

H₁: El tiempo óptimo de mezcla óptima del coagulante (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reduce los contaminantes camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

De acuerdo a la Tabla 11 y Figura 8, se observa el cumplimiento de los parámetros medidos como como turbidez (NTU), DBO_5 (mg/L), DQO (mg/L), SST (mg/L), conductividad (uS/cm) y pH respecto de los VMA. Además, según las tablas donde de observa el ANOVA se muestra que el efecto del factor tiempo de contacto es significativo en la reducción de los parámetros medidos ($p < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la alternativa(H_1).

6.1.3. Contrastación con la hipótesis específica 3

H_0 : La dosis óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) no reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

H_1 : La dosis óptima de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.

De acuerdo a la Tabla 11 y Figura 8, se observa el cumplimiento de los parámetros medidos como como turbidez (NTU), DBO_5 (mg/L), DQO (mg/L), SST (mg/L), conductividad (uS/cm) y pH respecto de los VMA. Además, según las tablas donde de observa el ANOVA se muestra que el efecto del factor velocidad de agitación es significativo en la reducción de los parámetros medidos ($p < 0,05$) a excepción de la DQO y pH. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la alternativa (H_1).

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

6.2.1. Efecto de la dosis, tiempo de contacto y velocidad de agitación

De acuerdo con la Tabla 12 al 17 se observa un efecto significativo ($p < 0.05$) de la dosis (mg/L) en cuanto al pH, conductividad, turbidez y la remoción de los parámetros (DBO_5 , DQO, SST). En la Figura 11(a) a 11(f) se muestran el efecto de la dosis (mg/L) en el pH y la remoción de los parámetros (DBO_5 , DQO, turbidez, SST). Se observa de forma general que a medida que

aumenta la dosis del coagulante la remoción de los parámetros de DQO, SST, turbidez se incrementa; mientras que presenta un comportamiento inverso con la DQO y pH.

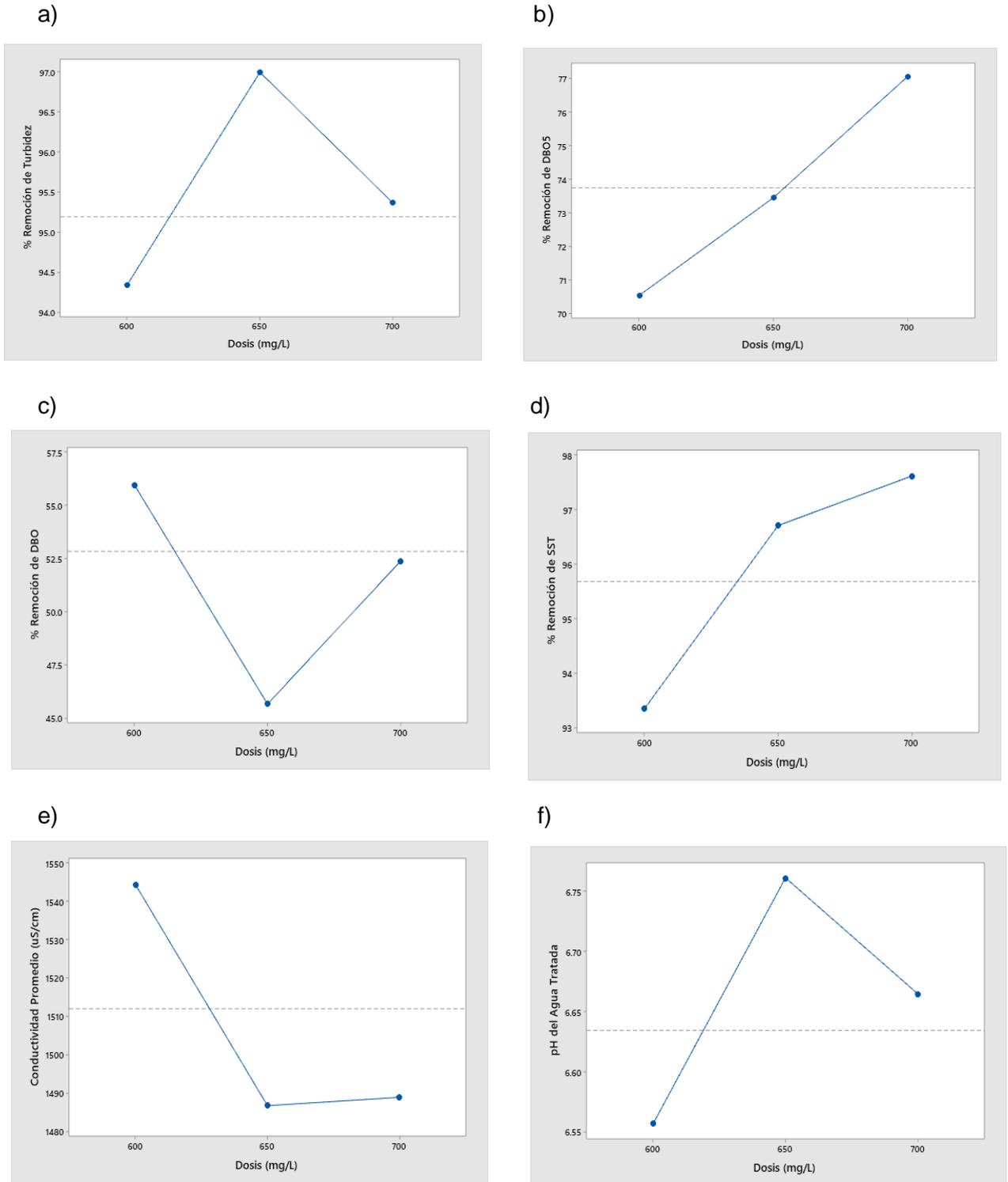
Se determinaron las mejores eficiencias de remoción de los contaminantes a una turbidez promedio de 97.79% (12.155 NTU), DBO₅ 78.04% (229.043 mg/L), DQO 59.82% (636.049 mg/L), SST 98.99% (7.373 mg/L), conductividad 1440.33 uS/cm y pH de 7,0; para las condiciones de una dosis coagulante de 700mg/L, tiempo de contacto 30 min y velocidad de agitación de 20 rpm.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos en la investigación de (Meride, Ayenew 2016), en el cual obtuvieron valores finales de SST de 121 mg/L, turbidez de 0.98 NTU y pH de 6.83.

Otro estudio que obtuvo remociones similares fue el de (Muruganandam et al. 2017) en el que obtuvieron los siguientes resultados 59,35% de remoción de DQO, 51.5% de turbidez y un pH de 7.

En la Figura 12 (a) a 12 (f) se muestran el efecto del tiempo de contacto (min) en el pH y la remoción de los parámetros (DBO₅, DQO, turbidez, SST). Se observa de forma general que a medida que aumenta el tiempo de contacto la remoción de los parámetros de DBO₅, SST, pH se incrementa; mientras que presenta un comportamiento inverso con la DQO y turbidez.

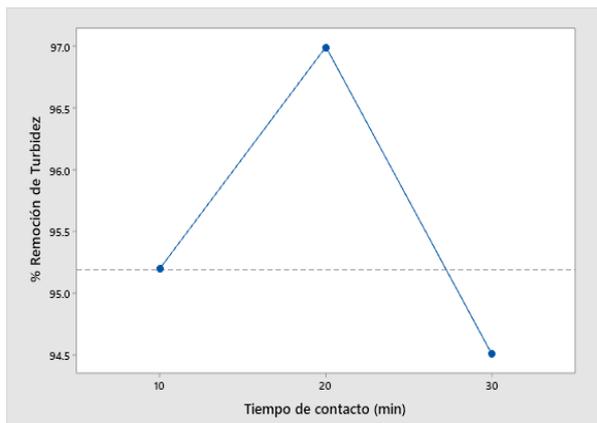
Figura 11. Efecto de la dosis (mg/L)



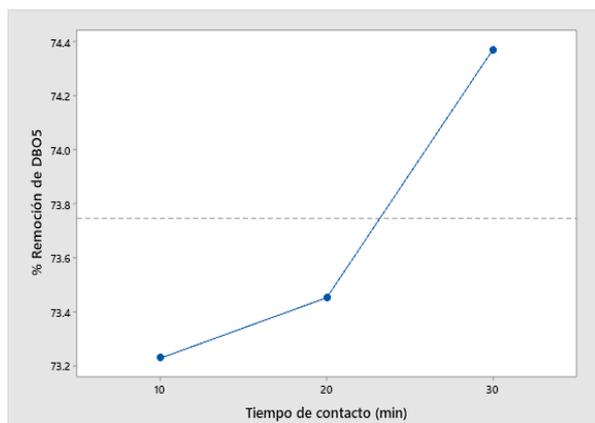
Nota: a) Remoción de turbiedad, b) Conductividad, c) Remoción de DBO5, d) Remoción de DQO, e) Remoción de SST, f) pH

Figura 12. Efecto de tiempo (min)

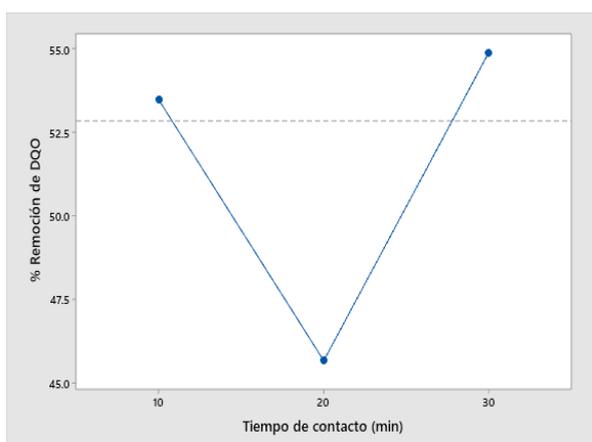
a)



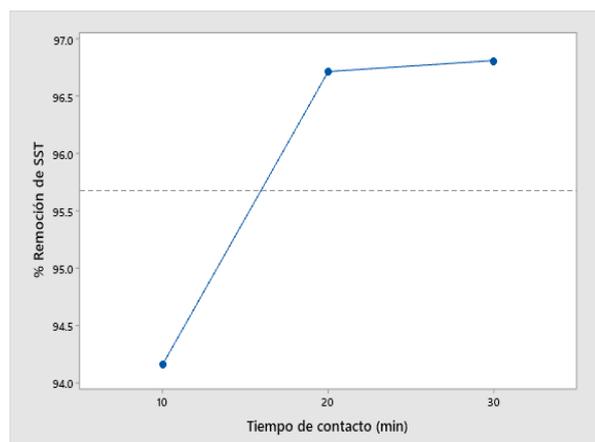
b)



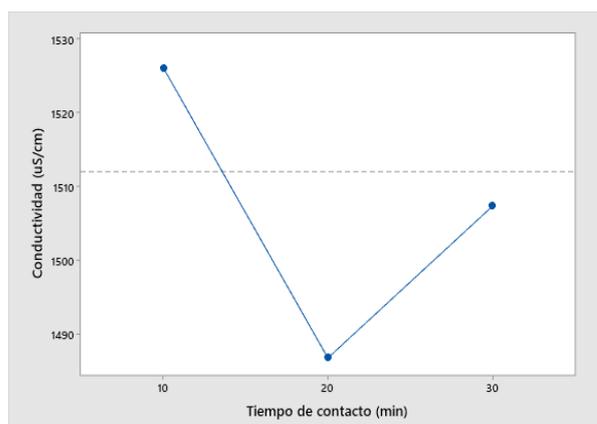
c)



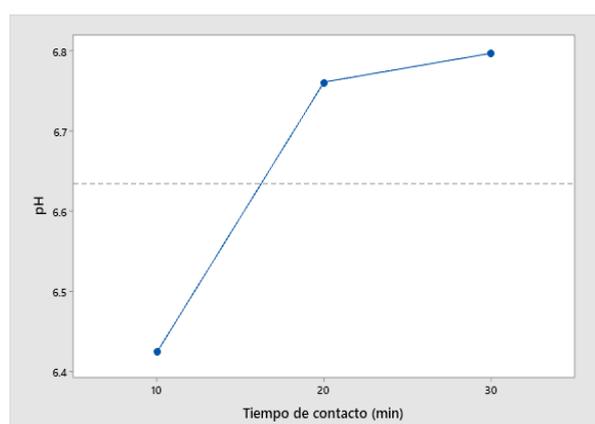
d)



e)



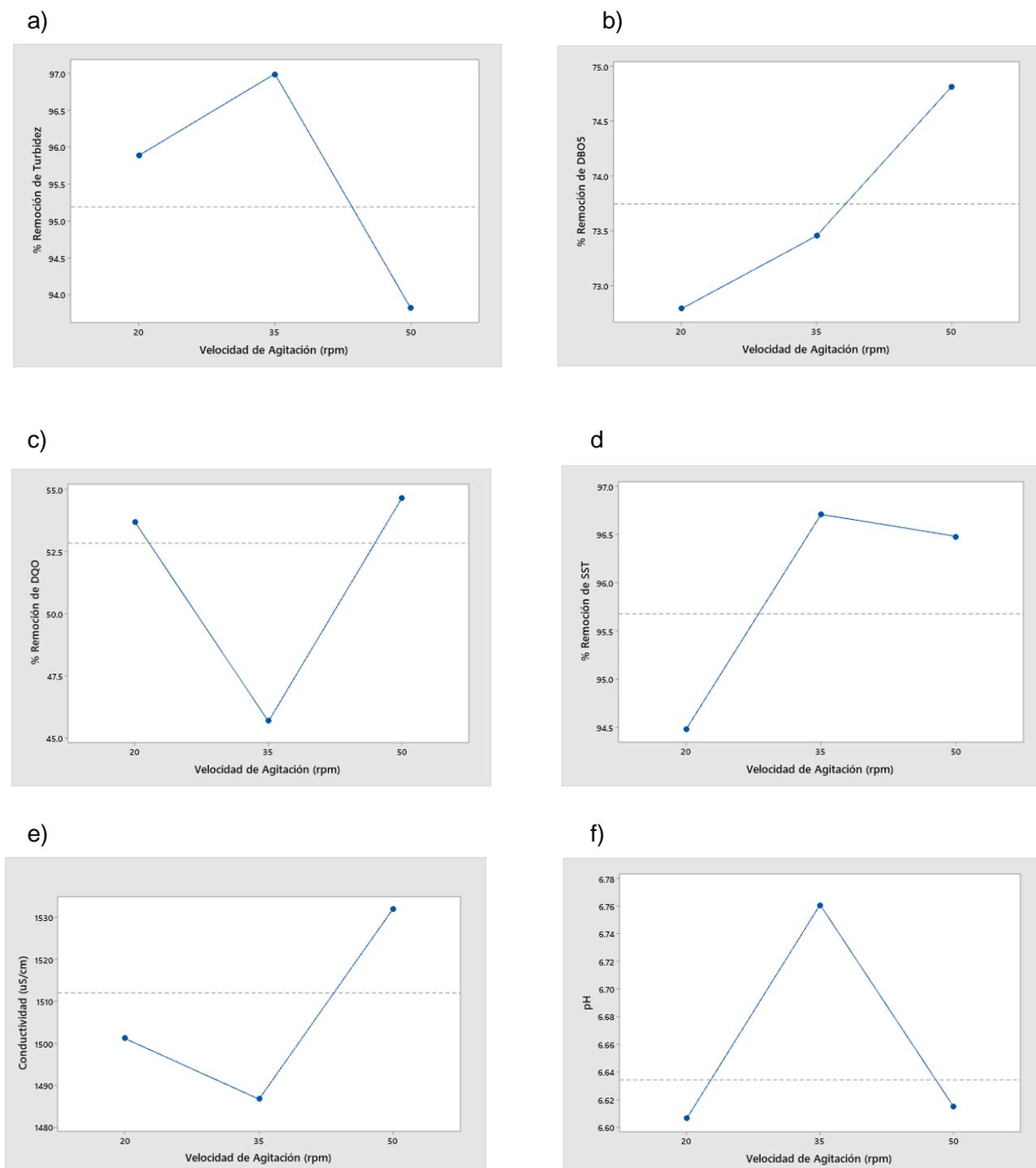
f)



Nota: a) Remoción de turbiedad, b) Conductividad, c) Remoción de DBO5, d) Remoción de DQO, e) Remoción de SST, f) pH

En la Figura 13 (a) a 13 (f) se muestran el efecto de la velocidad de agitación (rpm) en el pH y la remoción de los parámetros (DBO₅, DQO, turbidez, SST). Se observa de forma general que a medida que aumenta el tiempo de contacto la remoción de los parámetros de DBO₅, SST, pH, turbidez se incrementa; mientras que presenta un comportamiento inverso con la DQO.

Figura 13. Efecto de la velocidad de agitación (rpm)



Nota: a) Remoción de turbiedad, b) Conductividad, c) Remoción de DBO5, d) Remoción de DQO, e) Remoción de SST, f) pH

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La presente tesis titulada “**ACCIÓN CONJUNTA DE COAGULANTES (*Opuntia ficus-indica* - SULFATO DE ALUMINIO) PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL DEL CAMAL DE RES, DISTRITO SAN VICENTE – PROVINCIA DE CAÑETE, 2022**”, los tesisistas señalan que se cumple fielmente con el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por RDU N° 210-2017-CU.

VII. CONCLUSIONES

- La aplicación conjunta de los coagulantes (*Opuntia ficus-indica* y sulfato de aluminio) en las muestras de agua residual del camal de res del distrito de San Vicente son eficientes dado a que se obtuvo un alto porcentaje de remoción de contaminantes.
- La velocidad agitación óptima de la acción conjunta de coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) fue de 20 rpm.
- El tiempo óptimo de mezcla de la acción conjunta de coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) fue de 30 minutos.
- La dosis óptima de la acción conjunta de coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) fue de 700 mg/l, con lo cual, se evidencia que no se necesitan grandes cantidades de los coagulantes en polvo para el tratamiento del agua, ya que las dosis aplicadas no superaron los 1000mg de coagulante en un litro de agua tratada.
- El análisis de los resultados obtenidos permitió establecer que los coagulantes en conjunto lograron remover un gran porcentaje de turbidez (97.79%), DBO₅ (78.04%), DQO (59.82%), SST (97.79%), asimismo se minimizó la conductividad eléctrica (1440.33 us/cm) y el ph (7.0), con el cual concluimos que la aplicación de ambos coagulantes en conjunto es muy eficiente.

Por lo expuesto, este coagulante natural puede considerarse como una alternativa para aplicar en el proceso de coagulación para la reducción de contaminantes de aguas residuales de camales.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Al momento de obtener el coagulante natural (*Opuntia ficus-indica*) se debe respetar las pautas del procedimiento, debido a que este puede ocasionar alteraciones en los resultados finales.
2. La prueba de jarras y medición de parámetros fisicoquímicos, se debe de realizar de manera adecuada, cumpliendo con los procedimientos y metodología referida en la bibliografía consultada, a fin de disminuir el error en los resultados que podría producirse por una inadecuada manipulación de los equipos y materiales de laboratorio.
3. Utilizar otro tipo de muestras de aguas para verificar la efectividad de la acción conjunta de ambos coagulantes.
4. Realizar más investigaciones respecto a los coagulantes naturales, ya que se demostró mediante esta investigación la efectividad de remoción de parámetros fisicoquímicos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANG, Wei Lun and MOHAMMAD, Abdul Wahab, 2020. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*. 20 July 2020. Vol. 262, pp. 121267. DOI 10.1016/J.JCLEPRO.2020.121267.

AQUINO BOLAÑOS, Elia Nora, CHAVARRIA MOCTEZUMA, Yazmín, CHÁVEZ SERVIA, José Luis, GUZMAN GERÓNIMO, Rosa Isela, SILVA HERNÁNDEZ, Eryck R and VERDALET GUZMÁN, Iñigo, 2012. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Investigación y Ciencia*. 2012.

ARCE HUAMANI, Franklin, CRUZ CHIROQUE, Ivan Anthony, ASESOR, Mg BACA NEGLIA, Máximo Fidel, 2019. *“TRATAMIENTO DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE RESES, MEDIANTE EL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN DE FLUJO A ESCALA PILOTO.”* Callao: Universidad Nacional de Callao.

ATENCIO SANTIAGO, Helen, 2018. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, Provincia y Región Pasco- 2018. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. Online. 16 November 2018. [Accessed 18 September 2022]. Retrieved from: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/428>

BUI, Manh, DUONG, Thi and GIANG, Huong, 2017. COAGULATION IN TREATMENT OF SWINE SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER. Online. 2017. [Accessed 18 September 2022]. Retrieved from: <http://gse.vsb.cz>

CAVA SUAREZ, Tania and RAMOS ARÉVALO, Fiorella, 2016. *“Caracterización físico-química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora-Lambayeque, y propuesta de tratamiento.”* UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA .

CHOQUE, David, CHOQUE, Yudith, SOLANO REYNOSO, Aydeé and RAMOS PACHECO, Betsy, 2018. Capacidad floculante de coagulantes naturales en el

tratamiento de agua Capacity flocculant of natural coagulants in water treatment. *Scielo*. 2018.

CHUYA PLACENCIA, Christian Fernando, 2018. Optimización del proceso de faenamiento para mejorar el tratamiento del agua residual del camal municipal del cantón Sísig. Online. 2018. [Accessed 18 September 2022]. Retrieved from: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30403>

CONTRERAS LOZANO, Karen Paola, YELITZA AGUAS MENDOZA, Jairo, SALCEDO MENDOZA, Guadalupe, OLIVERO VERBEL, Rafael and MENDOZA ORTEGA, Gean Pablo, 2015. El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. Online. 3 August 2015. Vol. 10. [Accessed 18 September 2022]. Retrieved from: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace//handle/10567/1333>

CÓRDOVA MERINO, Erick André, 2019. Aplicación de sulfato de aluminio y tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de materia orgánica y turbidez de las aguas residuales del camal municipal Tumán 2018. *Repositorio Institucional - UCV*. Online. 2019. [Accessed 18 September 2022]. Retrieved from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38710>

COSTA APONTE, Francisco, SÁNCHEZ AGUILAR, Aníbal, HIDALGO CALLE, Nancy, BENAVIDES RULLIER DIRECTOR TÉCNICO ADJUNTO ELABORACIÓN CIRILA GUTIERREZ ESPINO, Héctor, ROMERO CÓNDOR, Erik and ROMERO CONDOR DIAGRAMACIÓN DISEÑO DE CARÁTULA CÉSAR ZAMBRANO DURÁN, Erik, 2018. *PERÚ: FORMAS DE ACCESO A AGUA Y SANAMIENTO BÁSICO* Online. [Accessed 8 October 2022]. Retrieved from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_sanamiento.pdf

DESHMUKH, Saurabh O, HEDAOO, M N and STUDENT, P G, 2018. *Wastewater Treatment using Bio-Coagulant as Cactus Opuntia Ficus Indica-A Review* Online. Retrieved from: www.ijssrd.com

EL BOUAIDI, Widad, ESSALHI, Samira, DOUMA, Mountasser, TAZART, Zakaria, OUNAS, Abdelaziz, ENAIME, Ghizlane, YAACOUBI, Abdelrani, LOUDIKI, Mohammed and DOUMA, M, 2020. Evaluation of the potentiality of *Vicia faba* and *Opuntia ficus indica* as eco-friendly coagulants to mitigate *Microcystis aeruginosa* blooms. Online. 2020. [Accessed 18 September 2022]. DOI 10.5004/dwt.2020.26040.

FAMILUSI, Ayokunle, 2021. EFFICIENCY OF COAGULATION-FLOCCULATION PROCESS IN THE TREATMENT OF ABATTOIR EFFLUENT. *Fascicle*

Architecture, Civil and Environmental Engineering. Online. 2021. Vol. XXVIII, no. 1, pp. 124–130. [Accessed 22 September 2022]. DOI 10.52326/jes.utm.2021.28(1).13.

FUENTES MOLINA, Natalia, MOLINA RODRÍGUEZ, Emiro José and ARIZA, Carla Patricia, 2016a. Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas. Online. 2016. [Accessed 19 September 2022]. DOI 10.22507/pml.v11n2a4.

FUENTES MOLINA, Natalia, MOLINA RODRÍGUEZ, Emiro José and ARIZA, Carla Patricia, 2016b. Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas. Online. 2016. [Accessed 19 September 2022]. DOI 10.22507/pml.v11n2a4.

FÚQUENE, Diana, YATE-SEGURA, Andrea, PÉREZ, Diego, DUQUE, Carlos, CHIRIVÍ, Juan, VALDERRAMA, Christian and FORERO, Victor, 2019. *Servicios ecosistémicos*. Sello Editorial UNAD. ISBN 9789586516358.

GABINO CURIÑAHUI, Rocío Lizeth, 2018. *Opuntia ficus-indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra*. Huancayo.

GALLARDO, Eliana, 2017. Metodología de Investigación: manuales autoformativos interactivo. *Universidad Continental*. Online. 2017. [Accessed 19 September 2022]. Retrieved from: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4278>

GILPAVAS, Edinson, ARBELAEZ CASTAÑO, Paula Eliana, MEDINA ARROYAVE, Jose David and GOMEZ ATEHORTUA, Carlos Mario, 2018. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE COAGULACIÓN QUÍMICA ACOPLADA A PROCESOS FENTON INTENSIFICADOS CON ULTRASONIDO DE BAJA FRECUENCIA. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. 2018. Vol. 34, pp. 157–161. DOI 10.20937/RICA.2018.34.01.14.

GÖKÇEK, Öznur Begüm and ÖZDEMİR, Safiye, 2020. Optimization of the Coagulation–Flocculation Process for Slaughterhouse Wastewater Using Response Surface Methodology. *CLEAN– Soil, Air, Water*. Online. 1 August 2020. Vol. 48, no. 7–8, pp. 2000033. [Accessed 19 September 2022]. DOI 10.1002/CLEN.202000033.

GRUBBS, Geoffrey H, RUBIN, Marvin, BRANCH, Engineering, GOODWIN, Janet, LEWIS, Samantha and JOHNSTON, Carey A, 2002. *Development Document for*

the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry Point Source Category (40 CFR 432).

GRUPO IMBRIUM S.A., 2008. *El consumo del recurso agua en rastros y una solución para su optimización.*

GUERRERO, E. and RAMÍREZ, I., 2004. Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. *Scientia et Technica* . 2004. No. 26.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto and MENDOZA TORRES, Christian Paulina, 2018. Capítulo 1. Las tres rutas de la investigación científica: Enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* 2018. pp. 3–3.

KUMAR, Vicky, OTHMAN, Norzila and ASHARUDDIN, Syazwani, 2017. Applications of Natural Coagulants to Treat Wastewater – A Review. *MATEC Web of Conferences.* Online. 5 April 2017. Vol. 103, pp. 06016. [Accessed 19 September 2022]. DOI 10.1051/MATECCONF/201710306016.

LARIOS, Fernando, GONZALES, Carlos and MORALES, Yennyfer, 2015. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Peru. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL.* 2015. Vol. 2, no. 2.

LÓPEZ PÉREZ, Malena, 2018. “EVALUACIÓN DEL USO DE LA CACTÁCEA *Opuntia ficus-indica* COMO COAGULANTE NATURAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS.” Universidad Nacional Agraria La Molina.

LOZANO FLORIÁN, Lorena Lizeth, 2018. *Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus-indica (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca, 2018.*

LUGO-ARIAS, José, LUGO-ARIAS, Elkyn, OVALLOS-GAZABON, David, ARANGO, Juan, DE LA PUENTE, Mario and SILVA, Jesús, 2020. Effectiveness of the mixture of nopal and cassava starch as clarifying substances in water purification: A case study in Colombia. *Heliyon.* Online. 1 June 2020. Vol. 6, no. 6. [Accessed 19 September 2022]. DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e04296.

MALLQUI BRICEÑO, Yaneli Mariley and MENDOZA MINCHOLA, Jhon Luis, 2021. *Revisión sistemática de la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales.* Online. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. [Accessed 8 October 2022]. Retrieved from:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84137/Mallqui_BY_M_Mendoza_MJL-SD.pdf?sequence=1

MERIDE, Yirdaw and AYENEW, Bamlaku, 2016. Drinking water quality assessment and its effects on residents health in Wondo genet campus, Ethiopia. *Environmental Systems Research* 2016 5:1. Online. 21 January 2016. Vol. 5, no. 1, pp. 1–7. [Accessed 19 September 2022]. DOI 10.1186/S40068-016-0053-6.

MURRIETA VILLALOBOS, Estrella, 2017. Determinación de la influencia del proceso de coagulación -floculación en la calidad del agua residual del camal municipal de la ciudad de Rioja – San Martín, 2016. *Universidad Nacional de San Martín*. Online. 2017. [Accessed 19 September 2022]. Retrieved from: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2505>

MURUGANANDAM, L., KUMAR, M. P.Saravana, JENA, Amarjit, GULLA, Sudiv and GODHWANI, Bhagesh, 2017. Treatment of waste water by coagulation and flocculation using biomaterials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Online. 1 November 2017. Vol. 263, no. 3, pp. 032006. [Accessed 21 September 2022]. DOI 10.1088/1757-899X/263/3/032006.

ÑAUPAS PAITAN, Humberto, VALDIVIA DUEÑAS, Marcelino Raúl, PALACIOS VILELA, Jesús Josefa and ROMERO DELGADO, Hugo Eusebio, 2018. *Metodología de la Investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de Tesis*.

OLIVERO VERBEL, Rafael, FLOREZ VERGARA, Alexy, VEGA FELLIZOLA, Luis, VILLEGAS DE AGUAS, Glenda, OLIVERO VERBEL, Rafael, FLOREZ VERGARA, Alexy, VEGA FELLIZOLA, Luis and VILLEGAS DE AGUAS, Glenda, 2017a. Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleífera en clarificación de aguas. *Producción + Limpia*. Online. December 2017. Vol. 12, no. 2, pp. 71–79. [Accessed 21 September 2022]. DOI 10.22507/PML.V12N2A6.

OSORIO, Belkis and ROJAS, Xiomara, 2017. Criterios de calidad y rigor en la metodología cualitativa. *Gaceta de Pedagogía*. 2017. Vol. 36, no. November.

PANDURO ALIAGA, Rohan Jesús, 2017. Tratamiento Integral de las Aguas Residuales del Matadero Municipal de la ciudad de Moyobamba en un Biorreactor Anaeróbico Tipo UASB a nivel remoto. *Universidad Nacional de San Martín*. Online. 2017. [Accessed 21 September 2022]. Retrieved from: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2389>

PÉREZ BELTRÁN, Jessica Paulin, 2017. *EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DEL AGENTE COAGULANTE -SULFATO DE ALUMINIO-EN EL PROCESO ACTUAL DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN DE AGUA POTABLE EN LA EMPRESA EAF SAS ESP.*

RACHDI, Raouen, SRARFI, Feyda and SHIMI, Najet Slim, 2017. Cactus Opuntia as natural flocculant for urban wastewater treatment. *Water Science and Technology*. Online. 9 October 2017. Vol. 76, no. 7, pp. 1875–1883. [Accessed 21 September 2022]. DOI 10.2166/WST.2017.370.

RIVERA, Daniel Percy, ZAIDA, Dra, CHÁVEZ, Brenilda, PRESIDENTE, Romero, ANABELLE, Msc, GONZALEZ, Zegarra, MARÍA, Ing, ESPINOZA, Luisa and URRUTIA, García, 2015. Propuesta de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la Hilandería La Inmaculada S.A.C. para su reutilización. Online. 2015. [Accessed 19 September 2022]. Retrieved from: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/504>

SANTISTEBAN TINEO, Eleazar Nilver, 2020. Aplicación de Opuntia ficus - indica (Nopal) como coagulante natural para la biorremediación de aguas residuales: Revisión sistemática. *Repositorio Institucional - UCV*. Online. 2020. [Accessed 21 September 2022]. Retrieved from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60247>

SCHAEFFER, Julien, TREGUIER, Cathy, PIQUET, Jean Come, GACHELIN, Sonia, COCHENNEC-LAUREAU, Nathalie, LE SAUX, Jean Claude, GARRY, Pascal and LE GUYADER, Françoise S., 2018. Improving the efficacy of sewage treatment decreases norovirus contamination in oysters. *International Journal of Food Microbiology*. 2 December 2018. Vol. 286, pp. 1–5. DOI 10.1016/J.IJFOODMICRO.2018.07.016.

TARRILLO POTENCIANO, Harbin Kevin and TERNORIO BERNILLA, Manuel Bladimiro, 2020. EFICIENCIA DEL COAGULANTE – FLOCULANTE TUNA (Opuntia ficus) PARA LA CLARIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE LA ACEQUIA EL PUEBLO DE FERREÑAFE - 2019. *Universidad de Lambayeque*. Online. 2020. [Accessed 22 September 2022]. Retrieved from: <https://repositorio.udl.edu.pe/jspui/handle/UDL/331>

VARGAS VILCHEZ, Mayra Alejandra, 2021. *Eficiencia De Tres Coagulantes En La Remoción De La Turbiedad Del Efluente Uasb Del Tanque Séptico Del Citrar-Uni Lima*. Online. Villa El Salvador: UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR. [Accessed 22 September 2022]. Retrieved from: <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/593>

X. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	MÉTODO	TÉCNICA
¿De qué manera la acción conjunta de los coagulantes (<i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio) reducen los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022?	Determinar la acción conjunta de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.	La acción conjunta de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, reducen los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.	Acción conjunta de coagulantes (<i>Opuntia ficus-indica</i> y sulfato de aluminio)		Velocidad de agitación	rpm	Hipotético - deductivo	Experimental
					Tiempo óptimo	min		
					Dosis óptima	mg/L		
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPOTESIS ESPECÍFICO	Variable dependiente:	Parámetros físicos	Turbidez	NTU	Hipotético - deductivo	Experimental
P.1: ¿En qué medida la velocidad de agitación de la acción conjunta de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, reducen los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022?	O.1. Determinar la velocidad de agitación óptima de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.	H.1. La velocidad de agitación óptima de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.	Potencial de hidrogeno		pH			
P.2: ¿Cuál es el tiempo óptimo de mezcla del coagulante <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito Imperial – provincia de Cañete, 2022?	O.2. Determinar el tiempo óptimo de mezcla del coagulante <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022.	H.2. El tiempo óptimo de mezcla óptima del coagulante <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, reduce los contaminantes camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022.	Reducción de contaminantes		Conductividad	mS/cm	Hipotético - deductivo	Experimental
P.3: ¿Cuál es la dosis óptima de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022?	O.3. Determinar la dosis óptima de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio para la reducción de los contaminantes del agua residual del camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.	H.3. La dosis óptima de los coagulantes, <i>Opuntia ficus-indica</i> - sulfato de aluminio, reduce los contaminantes camal de res, distrito de San Vicente – provincia de Cañete, 2022.			Sólidos totales en suspensión	mg/L		
				Parámetros químicos	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L		
					Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L		

Anexo 2. Fotografías de toma de muestras

Figura 14. Toma de muestra para la caracterización del agua en un laboratorio externo



Figura 15. Frascos con muestras



Figura 16. Toma de muestras para las pruebas preliminares y oficiales



Anexo 3. Fotografías de obtención de coagulante natural

Figura 17. Pesado de penca de *Opuntia ficus-indica* (tuna)



Figura 18. Cortado de penca de *Opuntia ficus-indica*



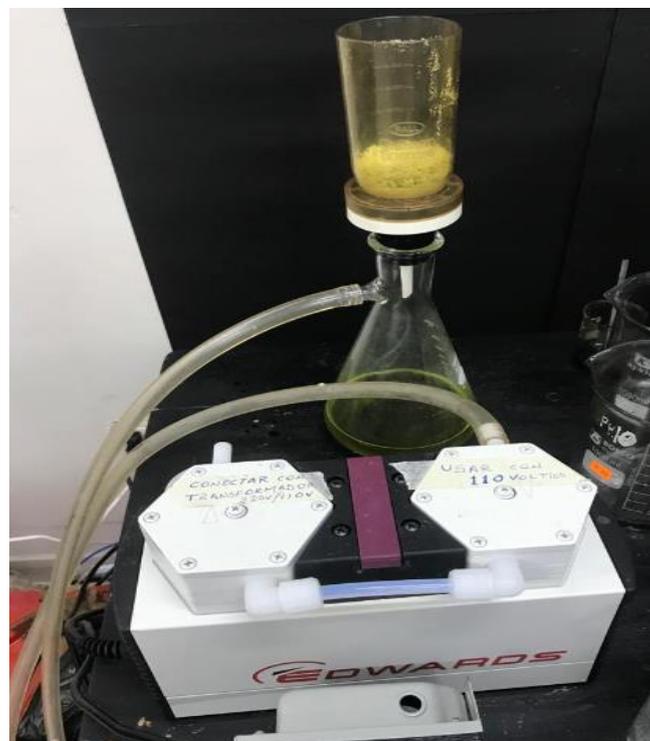
Figura 19. Secado de *Opuntia ficus-indica*



Figura 20. Obtención de coagulante de *Opuntia ficus-indica*



Figura 21. Obtención de pigmento del coagulante con filtro al vacío



Anexo 4. Fotografías de experimento en el laboratorio

Figura 22. Prueba de test de jarras con muestras

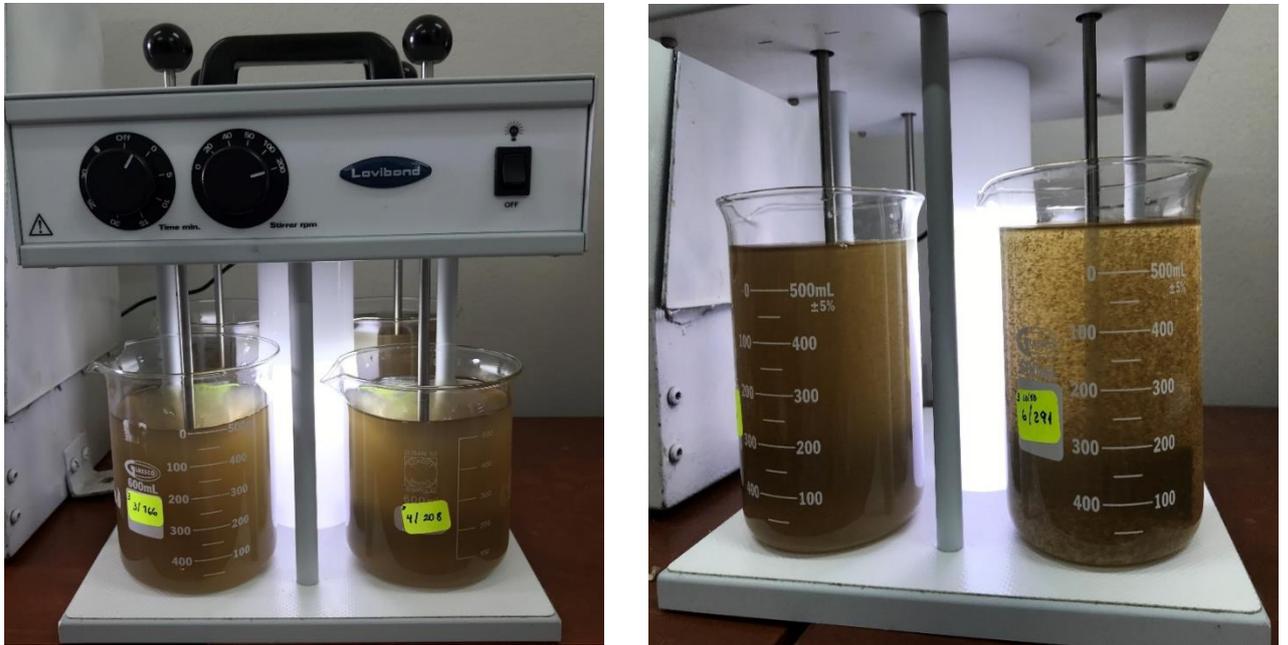


Figura 23. Aguas tratadas con coagulantes

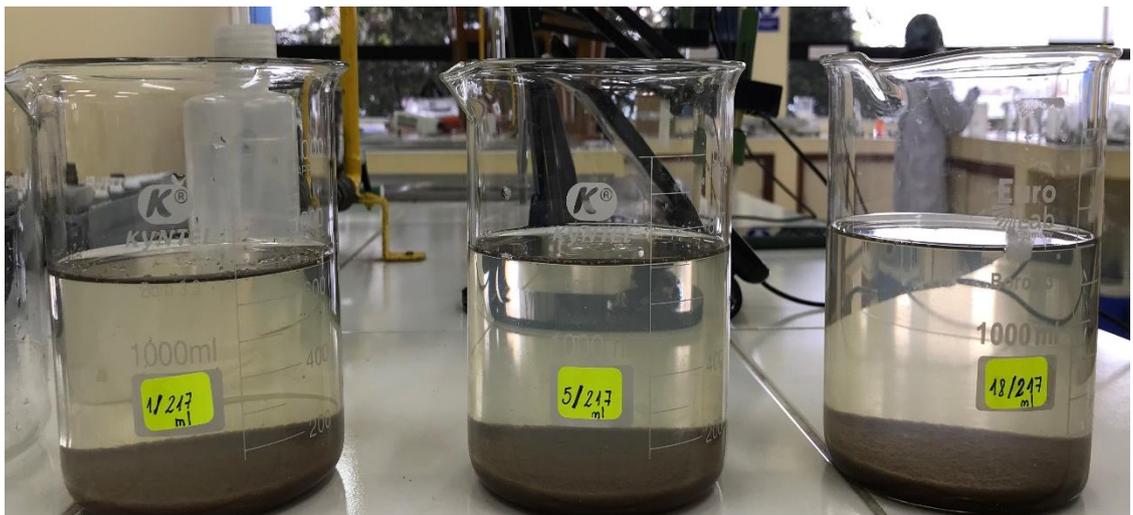


Figura 24. Medición de ph



Figura 25. Medición de la conductividad



Figura 26. Medición de la turbidez



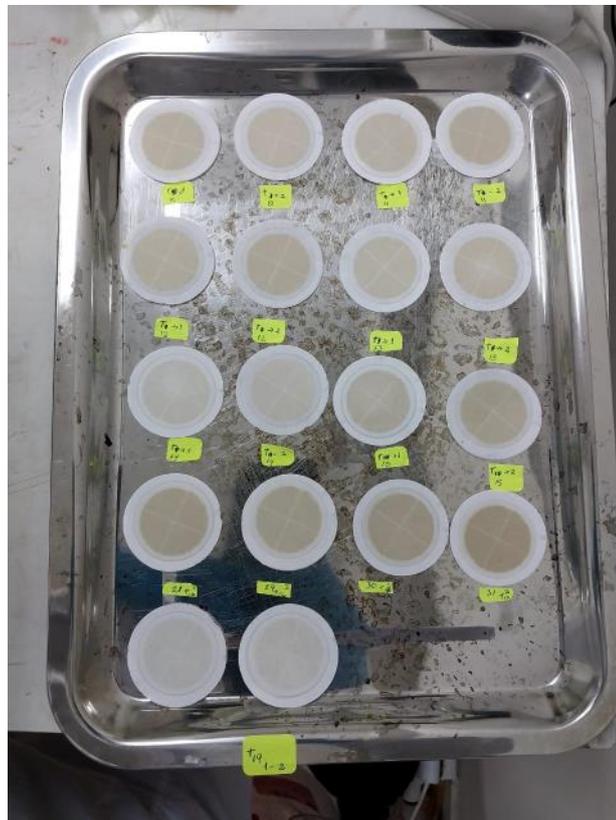
Figura 27. Medición de la DQO en el digestor



Figura 28. Medición de la DBO₅



Figura 29. Filtros con Solidos Totales suspendidos



Anexo 5. Resultados de análisis inicial del agua en laboratorio externo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE ENSAYO N° 165152-2022 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : KIARA GUISEL GONZÁLES GUTIÉRREZ
DOMICILIO LEGAL : JIRÓN INDEPENDENCIA 472 INT.102 - BREÑA - LIMA - LIMA
SOLICITADO POR : KIARA GUISEL GONZÁLES GUTIÉRREZ
REFERENCIA : ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL
PROCEDENCIA : CAMAL DE RES - DISTRITO DE SAN VICENTE DE CAÑETE
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2022-08-24
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2022-08-24 AL 2022-08-29
FECHA(S) DE MUESTREO : 2022-08-24
MUESTREADO POR : EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBQ)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.	2.00 ^(a)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method.	0.40	NTU

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	
Matriz analizada	Agua Residual	
Fecha de muestreo	2022-08-24	
Hora de inicio de muestreo (h)	13:48	
Condiciones de la muestra	Refrigerada/Preservada	
Código del Cliente	AR-0017025	
Código del Laboratorio	22081839	
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)		
Ensayo	Unidades	Resultados
Conductividad	µS/cm	1536
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBQ)	mg/L	1043.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	1583.0
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	730.00
Turbiedad	NTU	550.00

Medición de conductividad realizada a 25°C.

Ing. Marilú Tello Paucar
 Director Técnico
 C.I.P. N° 219624
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Lima, 02 de Setiembre del 2022.

EXPERTS
 WORKING
 FOR YOU

Cod. FI 002 / Versión 10 / F.E.: 05/2022

DISCRIVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima y Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 1