



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniería Ambiental

TEMA:

“Estudio de Tratabilidad del agua residual generada en una empresa procesadora de mariscos ubicada en la ciudad de Guayaquil”.

AUTORAS:

Damaris Elizabeth León Villavicencio

Daniela Stefania Rodriguez Castillo

TUTOR ENCARGADO:

ING. VIRGILIO ALONSO ORDOÑEZ RAMÍREZ, PH. D.

Guayaquil-Ecuador

Agosto, 2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotras, **Daniela Stefania Rodriguez Castillo** con documento de identificación N°. **2200459861** y **Damaris Elizabeth León Villavicencio** con documento de identificación N°. **0952817351**; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 11 de agosto del año 2023

Atentamente,



_____ **Daniela Stefania Rodriguez Castillo**

2200459879



_____ **Damaris Elizabeth León Villavicencio**

0952817351

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, **Daniela Stefania Rodríguez Castillo** con documento de identificación N°. **2200459861** y **Damaris Elizabeth León Villavicencio** con documento de identificación N°. **0952817351**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo experimental: “ **Estudio de tratabilidad del agua residual generada en una empresa procesadora de mariscos ubicada en la ciudad de Guayaquil**”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniera Ambiental**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

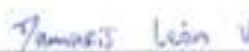
Guayaquil, 11 de agosto del año 2023

Atentamente,



Daniela Stefania Rodríguez Castillo

2200459879



Damaris Elizabeth León Villavicencio

0952817351

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez** con documento de identificación N°.0909780850, docente de la **Universidad Politécnica Salesiana** declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:, **"ESTUDIO DE TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL GENERADA EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE MARISCOS UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL"** realizado por **Rodríguez Castillo Daniela Stefania** con documento de identificación N°. 2200459861 y por **León Villavicencio Damaris Elizabeth** con documento de identificación N°.0952817351, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de agosto del año 2023

Atentamente,



Ing. Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez, PH. D

0909780850

DEDICATORIA

"Con gratitud y perseverancia, dedico este trabajo a mis queridos padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi roca a lo largo de este viaje educativo. Cada paso que he dado en este camino académico ha sido guiado por su ejemplo y sacrificio. A mi hermana, por brindarme ánimos en los momentos más desafiantes.

A mis compañeros de clase y amigos que siempre han estado a mi lado, compartiendo tanto las alegrías como los obstáculos, en especial a mi amiga y compañera Damaris León que siempre has estado ahí para escucharme, brindándome una linda amistad y perspectivas frescas recordándome que puedo superar cualquier obstáculo''.

Con cariño y gratitud

Daniela Rodriguez Castillo

AGRADECIMIENTO

“En la culminación de este viaje académico, deseo expresar mi más sincero agradecimiento A Dios por que sin él nada es posible, A mis amados padres y hermana, cuyo amor incondicional y apoyo constante me han dado la fortaleza para enfrentar los desafíos académicos.

Agradezco a mis amigos por su constante apoyo y comprensión a lo largo de las extensas jornadas de estudio y trabajo. Sus palabras alentadoras han sido como un guía luminoso en los momentos más difíciles.”

A mi tutor y guía el ingeniero Virgilio Ordoñez que, por su orientación experta, paciencia y dedicación en guiarme a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y consejos han sido invaluable para dar forma a este trabajo.

Y todas las personas que han sido fundamental para hacer realidad este logro. Sus impactos y aportes quedan registrados tanto en estas páginas como en lo más profundo de mi ser.”

Daniela Rodriguez Castillo

DEDICATORIA

“Dedicado a mis amados padres, cuyo amor incuestionable y apoyo constante han representado mi máxima fortaleza a lo largo de este recorrido. A mis estimados hermanos, por su estímulo y acompañamiento en cada etapa de esta travesía académica. A mis entrañables amigos, cuya amistad ha traído luz incluso en las situaciones más complejas. Sin su aliento, este logro no habría sido alcanzado. Esta tesis refleja la positiva influencia que han tenido en mi vida. Con profundo agradecimiento les dedico este triunfo que también es suyo. ¡Hacia un futuro compartido repleto de logros y momentos felices!”

Damaris León Villavicencio

AGRADECIMIENTO

“Con modestia y gratitud, reconozco a Dios por haberme proporcionado la fuerza esencial para concluir mi tesis. Su influencia inspiradora y respaldo continuo han desempeñado un papel fundamental en este éxito. A través de su gracia, hoy festejo este logro significativo en mi recorrido.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que desempeñaron un papel significativo en la ejecución de esta tesis. En primer término, agradezco a mi tutor académico el Ing. Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez, PH. D por su orientación especializada, su apoyo constante y sus invaluable observaciones que enriquecieron considerablemente este trabajo.

A mis padres Manuel y Elvia, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido mi fuente inagotable de inspiración a lo largo de este trayecto educativo. Sus palabras alentadoras y la confianza que han depositado en mí han sido mi constante motivación.

A mis amigos de clases, mi mejor amiga y compañera de tesis Daniela Rodríguez, por compartir su sabiduría, por las conversaciones significativas y por brindarme su amistad. Cada dialogo y análisis ha contribuido a mi evolución tanto personal como académica.

Damaris León Villavicencio

RESUMEN

El presente estudio de Tratabilidad del agua residual generada en una empresa procesadora de mariscos ubicada en la ciudad de Guayaquil'', tiene como objetivo realizar un estudio de tratabilidad mediante la aplicación de procesos físicos, químicos para precisar el tratamiento de aguas residuales más efectivo. Las aguas residuales resultantes de las actividades de procesamiento de mariscos suelen contener una variedad de contaminantes orgánicos, sólidos suspendidos, grasas entre otros.

Se recopiló una serie de muestras de aguas residuales en un punto específico del proceso de producción para determinar las características físicas y químicas de los efluentes. Estos datos se compararon con los estándares de calidad del agua establecidos por las autoridades ambientales.

Además, se llevaron a cabo pruebas de tratamientos con el método test de Jarra, para encontrar la dosis optima mediante proceso de coagulación-floculación. Estas pruebas permitieron determinar la eficiencia de eliminación de contaminantes y la claridad del agua tratada. Asimismo, se evaluaron los costos asociados con la implementación y operación de cada tecnología.

Los resultados revelaron que las aguas residuales de la empresa procesadora de mariscos presentaban niveles significativos de cargas contaminantes. Sin un tratamiento adecuado, estas aguas residuales podrían tener un impacto negativo en el medio ambiente local. Sin embargo, las pruebas de laboratorio demostraron que una combinación de técnicas de coagulación-floculación, sedimentación podría reducir de manera efectiva estos contaminantes a niveles aceptables.

En cuanto a la viabilidad económica, se encontró que, aunque la implementación de un sistema de tratamiento requeriría una inversión inicial significativa, los beneficios ambientales y la conformidad con los estándares regulatorios justificarían los costos a largo plazo.

Palabras Claves: Tratabilidad, Aguas residuales Industriales, caudal, procesadora de mariscos

ABSTRACT

The present study of treatability of wastewater generated in a seafood processing company located in the city of Guayaquil", aims to conduct a study of treatability through the application of physical and chemical processes to determine the most effective wastewater treatment. The wastewater resulting from seafood processing activities usually contains a variety of organic pollutants, suspended solids, fats, among others.

A series of wastewater samples were collected at different points in the production process to determine the physical and chemical characteristics of the effluents. These data were compared with the water quality standards established by the environmental authorities.

In addition, treatment tests were carried out using the Pitcher test method to find the optimum dosage using the coagulation-flocculation process. These tests made it possible to determine the efficiency of contaminant removal and the clarity of the treated water. The costs associated with the implementation and operation of each technology were also evaluated.

The results revealed that the seafood processing company's wastewater had significant levels of contaminant loads. Without proper treatment, this wastewater could have a negative impact on the local environment. However, laboratory tests showed that a combination of coagulation-flocculation, sedimentation and sedimentation techniques could effectively reduce these contaminants to acceptable levels.

In terms of economic feasibility, it was found that, although the implementation of a treatment system would require a significant initial investment, the environmental benefits and compliance with regulatory standards would justify the costs in the long term.

Key words: Treatability, industrial wastewater, flow rate, seafood processing plant.

ÍNDICE

<i>CÁPITULO 1</i>	<i>1</i>
<i>Introducción</i>	<i>1</i>
1.1 Problema de Estudio	3
1.2 Delimitación	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Marco Hipotético	5
1.5.1 Hipótesis General	5
1.5.2 Preguntas de Investigación	5
<i>CAPÍTULO 2</i>	<i>7</i>
<i>Marco Teórico</i>	<i>7</i>
2.1 Aguas residuales	7
2.2 Caracterización de componentes de agua residual:	8
2.2.1 Componentes Orgánicos:	8
2.2.2 Componentes Inorgánicos:	8
2.3 Estudios de tratabilidad de agua	10
2.3.1 Test Jarras	11

2.4 Impacto de las aguas residuales provenientes de industrias procesadoras de mariscos	12
2.5 Marco legal	14
2.5.1 Acuerdo 097A Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes: recurso agua.	14
2.5.2 Acuerdo 097A Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.	14
2.5.3 Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales	15
CAPÍTULO 3	15
Materiales y Métodos	15
3.1 Reconocimiento de la unidad de análisis	16
3.2 Recolección de Muestras	16
3.3 Determinación de Flujo Volumétrico	17
3.4 Caracterización de las muestras de agua	18
3.4.1 Análisis físico In Situ del agua residual	18
3.4.2 Evaluación de propiedades físicas en laboratorio de la universidad	19
3.4.2.1 Sólidos sedimentables	19
3.4.2.2 Sólidos Totales	20
3.4.2.3 Sólidos Suspendidos Totales	20
3.4.3.1 Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	21
3.4.3.2 Cloruros	22
3.4.3.3 Fósforo Total	22
3.4.3.4 Sulfatos	23

3.4.3.5 Sulfuros	23
3.5.3.6 Aceites y grasas	23
3.4.4 Parámetros químicos-Biológicos Analizados por laboratorios Ipsomary S.A.	24
3.6 Determinación de los rubros de materiales y equipos	25
CAPÍTULO 4	26
Resultados y discusión	26
4. Diagnostico	26
4.1 Diagrama de Flujo del proceso de la empacadora de mariscos	28
4.3 Determinación del caudal del agua residual	31
4.3.1 Área del caudal	31
4.3.2 Volumen del Caudal	31
4.5.1 Dosis Optima	44
4.5.2 Caracterización del Agua Tratada	44
4.8 Plan financiero	52
4.8.1 Terreno y obras civiles	53
4.8.2 Maquinaria, Mobiliarios y equipos	53
4.8.3 Otros Activos	54
4.8.4 Materiales Directos	54
4.8.5 Mano de obra directa	55
4.8.6 Costo Directos de Producción	55
4.8.7 Costos Indirectos de Producción	55

4.8.8 Costos Totales de Producción	56
4.8.9 Gastos Generales	56
4.8.10 Costos Totales	56
4.8.11 Capital de Trabajo	57
4.8.12 Clasificación de los costos	57
4.9 Análisis de la propuesta de Tratabilidad	57
5. Conclusiones	61
6. Recomendaciones	62
Bibliografías	63

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Instrumentos para la recolección de muestras in situ</i>	17
<i>Tabla 2. Registro de datos para la valoración de caudal</i>	18
<i>Tabla 3. Enfoque y recursos utilizados para medir parámetros.</i>	18
<i>Tabla 4. Parámetros realizados en los laboratorios de Ipsomary S.A.</i>	24
<i>Tabla 5. Prueba de tratabilidad</i>	25
<i>Tabla 6. Rubro de Materiales y Equipos</i>	25
<i>Tabla 7. Medidas del canal.</i>	31
<i>Tabla 8. Registro de datos para valoración del caudal.</i>	32
<i>Tabla 9. Registro de datos para valoración del caudal.</i>	32
<i>Tabla 10. Registro de datos para valoración del caudal.</i>	33
<i>Tabla 11. Registro de datos para valoración del caudal.</i>	33
<i>Tabla 12. Registro de datos para valoración del caudal.</i>	34
<i>Tabla 13. Valoración de caudal por día.</i>	34
<i>Tabla 14. Valores del máximo, mínimo y Promedio del Caudal</i>	35
<i>Tabla 15. Valoración de muestreo compuesto In Situ</i>	39
<i>Tabla 16. Resultado de análisis de parámetros en muestras de agua residual cruda, realizados los laboratorios de la Universidad.</i>	41
<i>Tabla 17. Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales.</i>	41
<i>Tabla 18. Resultado de ponderación de parámetros en muestras de agua residual cruda. Enviadas al laboratorio externo.</i>	42
<i>Tabla 19. Prueba de Tratabilidad</i>	43
<i>Tabla 20. Comparación del agua</i>	45
<i>Tabla 21. Resultado de ponderación de parámetros en muestras de agua residual tratada. Enviadas al laboratorio externo.</i>	50
<i>Tabla 22. Rubro de materiales y equipos</i>	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico1.	<i> Grafico 1. Estructura de los procesos de producción llevados a cabo en la empresa procesadora.....</i>	28
Gráfico2.	<i> Máximo, Mínimo y Promedio del caudal.....</i>	35
Gráfico3.	<i> Medición de caudal con fecha: 3 de julio del 2023.</i>	36
Gráfico4.	<i> Histograma- 4 de julio del 2023.</i>	36
Gráfico5.	<i> Intervalos del día 3.....</i>	37
Gráfico6.	<i> Cuantificación de tiempo diurno: 6 de julio del 2023.</i>	38
Gráfico7.	<i> Calibración del 7 de julio del 2023.....</i>	38
Gráfico8.	<i> Muestra con dosis optima</i>	44
Gráfico9.	<i> Sólidos suspendidos totales.....</i>	45
Gráfico10.	<i> Sólidos Totales.....</i>	46
Gráfico11.	<i> Sólidos sedimentables</i>	46
Gráfico12.	<i> Aceites y Grasas</i>	47
Gráfico13.	<i> Nitrógeno Total kejthal (N) ¡Error! Marcador no definido.</i>	
Gráfico14.	<i> Fósforo Total.....</i>	48
Gráfico15.	<i> Sulfuros</i>	48
Gráfico16.	<i> Sulfatos.....</i>	49
Gráfico17.	<i> Cloruros.....</i>	49
Gráfico18.	<i> Diagrama de la propuesta de tratabilidad.....</i>	51
Gráfico19.	<i> Terreno y obras civiles</i>	53
Gráfico20.	<i> Maquinaria, Mobiliarios y equipos</i>	53
Gráfico21.	<i> Otros Activos</i>	54
Gráfico22.	<i> Materiales Directos</i>	54
Gráfico23.	<i> Mano de obra directa</i>	55
Gráfico24.	<i> Costo Directos de Producción.....</i>	55
Gráfico25.	<i> Costos Indirectos de Producción</i>	55
Gráfico26.	<i> Costos Totales de Producción.....</i>	56
Gráfico27.	<i> Gastos Generales.....</i>	56
Gráfico28.	<i> Costos Totales.....</i>	56
Gráfico29.	<i> Capital de Trabajo.....</i>	57
Gráfico30.	<i> Clasificación de los costos</i>	57

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público</i>	<i>65</i>
<i>Anexo 2 Diagrama de la propuesta de tratabilidad.....</i>	<i>66</i>
<i>Anexo 3 Improvisación de un tipo de trampa para impedir el paso del agua y posteriormente lograr las tomas de muestra.</i>	<i>67</i>
<i>Anexo 4 Llenado de caneca resultante del muestreo en intervalos predeterminados.</i>	<i>67</i>
<i>Anexo 5 Análisis de parámetros en el mismo lugar en donde fue captada cada muestra. 68</i>	<i>68</i>
<i>Anexo 6 Medición de pH.....</i>	<i>68</i>
<i>Anexo 7 Registro de datos de la medición de los parámetros de pH, temperatura y conductividad eléctrica.</i>	<i>69</i>
<i>Anexo 8 Registro de datos.....</i>	<i>69</i>
<i>Anexo 9 Registro de información</i>	<i>70</i>
<i>Anexo 10 Colocación del agua en cada uno de los vasos de precipitación usados en el test de jarra 70</i>	<i>70</i>
<i>Anexo 11 Colocación de los vasos de precipitado el floculador de laboratorio de 6 puestos. 71</i>	<i>71</i>
<i>Anexo 12 Pesado de dosis de reactivo para preparación de sulfato de aluminio al 10%. 71</i>	<i>71</i>
<i>Anexo 13 Dilución de reactivo en agua desionizada.....</i>	<i>72</i>
<i>Anexo 14 Agitación manual de floculante</i>	<i>72</i>
<i>Anexo 15 Pesado de reactivo para preparación de cal líquida.</i>	<i>73</i>
<i>Anexo 16 Medición de pH del agua por segunda vez de la muestra compuesta ya homogenizada.....</i>	<i>73</i>
<i>Anexo 17 Agregado de solución cal a las muestras de aguas para elevar el pH.</i>	<i>74</i>
<i>Anexo 18 Incorporación de reactivo sulfato de aluminio al 1% a las muestras de agua. 74</i>	<i>74</i>
<i>Anexo 19 Integración de reactivo sulfato de aluminio al agua.</i>	<i>75</i>
<i>Anexo 20 Pruebas de jarra # 1 en reposo realizadas el 29/junio/2023.....</i>	<i>75</i>
<i>Anexo 21 Pruebas de jarra # 2 realizada el 30 de junio del 2022.....</i>	<i>76</i>
<i>Anexo 22 Toma de pH para su posterior ajuste.</i>	<i>76</i>
<i>Anexo 23 Ajustado el pH se incorporan solución floculante a la muestra de agua.</i>	<i>77</i>
<i>Anexo 24 Test de jarra final del análisis 2 – 30 de junio del 2023.....</i>	<i>77</i>
<i>Anexo 25 Inicio pruebas de jarra #3 – 30 de junio del 2023.</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 26 Adición de sulfato de aluminio a las nuevas pruebas.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 27 Pruebas en agitación y luego en reposo.....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo 28 Test de jarra final, se logró encontrar la dosis óptima.</i>	<i>79</i>

<i>Anexo 29</i>	<i>Determinación de solidos sedimentables.....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 30</i>	<i>Solidos sedimentables en reposo.....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 31</i>	<i>Resultado final en ml de sólidos sedimentables.....</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 32</i>	<i>Análisis Nitrógeno total de Kejdahl.....</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 33</i>	<i>Introducción del agua en tubo de ensayo.</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 34</i>	<i>Preparación de muestras</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 35</i>	<i>Uso de sustancias de laboratorio.....</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 36</i>	<i>Variantes químicas empleadas en laboratorio.....</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 37</i>	<i>Muestras sometidas a proceso de digestión variando tanto la temperatura como el tiempo.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo 38</i>	<i>Una vez culminada la digestación continuamos con la destilación.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo 39</i>	<i>Resultante de las muestras habiendo culminado la etapa de destilación</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 40</i>	<i>Titulación de las muestras.....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 41</i>	<i>Valoración de los sólidos suspendidos,</i>	<i>86</i>
<i>Anexo 42</i>	<i>Resultado de una de las muestras que fueron expuestas al secado en horno.....</i>	<i>86</i>
<i>Anexo 43</i>	<i>Obtención de resultados de sólidos Totales.....</i>	<i>87</i>
<i>Anexo 44</i>	<i>Realización del proceso indicado para obtener ponderación de solidos suspendidos.....</i>	<i>87</i>
<i>Anexo 45</i>	<i>Muestras sometidas al horno de secado y luego depositadas en el desecador para su enfriamiento.....</i>	<i>88</i>
<i>Anexo 46</i>	<i>Resultado final de sólidos en suspensión.....</i>	<i>88</i>
<i>Anexo 47</i>	<i>Medición de Caudal.....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 48</i>	<i>Agua con dosis óptima.....</i>	<i>89</i>

CÁPITULO 1

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales recursos indispensables para la subsistencia del ser humano y su medioambiente es el agua. En la ciudad de Guayaquil, el mayor cuerpo acuífero que podemos encontrar es el río Guayas, con el pasar del tiempo este se ha visto afecto principalmente por la descarga indiscriminada de aguas residuales sin el adecuado proceso preventivo para evitar su polución.

La industria procesadora de mariscos ha experimentado un crecimiento significativo en el Ecuador, principalmente en la zona costera del país, actualmente, según los registros esta actividad alcanzo su mayor auge entre enero y noviembre del año 2022 con una exportación histórica de más de 2 billones de libras de camarón, según la Cámara Nacional de Acuicultura (CNA), teniendo empresas reconocidas a nivel mundial como la Industrial Pesquera Santa Priscila como primer exportador mundial de camarón hacia Estados Unidos y China.

Este desarrollo exponencial ha llevado consigo el desafío de manejar adecuadamente las aguas residuales generadas durante el proceso de producción. Si a estos afluentes líquidos no se le aplica un tratamiento adecuado, puede surtir efectos desfavorables en los cuerpos de agua receptores y en los ecosistemas acuáticos contiguos. El método idóneo para el tratamiento del agua residual es una inquietud creciente en el entorno industrial debido a su impacto ambiental y a las normativas legales cada vez más estrictas, generando que cada vez existan más procesadoras de mariscos que eviten implementar estándares para el manejo adecuado de sus afluentes líquidos, aumentando el riesgo de polución en los cuerpos acuíferos de la ciudad de Guayaquil.

La finalidad de esta tesis es evaluar la tratabilidad del agua residual generada por una empresa que procesa mariscos para la elaboración de balanceados, a la vez plantear medidas sustentables para el tratamiento de sus afluentes líquidos de una manera más conveniente. Para

alcanzar aquello, se efectuará un análisis cabalmente de los componentes y características del agua sobrante, así como un rediseño de las terminologías de tratamiento oportunas para abordar los contaminantes detectados.

Al abarcar la tratabilidad del agua residual de una empresa procesadora de mariscos, se conseguirán ampliar métodos de gestión ambiental que permitan disminuir el impacto de las operaciones de la empresa en el medioambiente y respaldar el cumplimiento de los preceptos legales vigentes. Asimismo, se desplegarán oportunidades para el reaprovechamiento y el reciclaje del agua tratada, fomentando así la viabilidad y el uso eficiente de los recursos hídricos.

Esta tesis busca brindar una visión integral de la tratabilidad del agua residual en la industria procesadora de mariscos, brindando sugerencias y soluciones prácticas para impulsar la conservación del ambiente y el desarrollo sostenible de estas empresas, evitando la carga indiscriminada de sus afluentes líquidos en los caudales aledaños a la zona y disminuyendo la contaminación de las mismas.

1.1 Problema de Estudio

Las procesadoras de mariscos tienen una huella muy significativa en el país. Según los últimos registros del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, contamos con 82 procesadoras pesqueras y acuícolas registradas y aprobadas hasta el presente Julio del 2023. La exportación de mariscos es una de las principales fuentes económicas de ingreso para el pueblo ecuatoriano por lo cual es importante tomar en cuenta el correcto tratado de afluentes líquidos que estas generan durante todo el proceso hasta que el producto sale de las instalaciones.

Las aguas residuales provenientes de la industria procesadora de mariscos que no han sido tratadas, antes de ser liberada en la fuente, generan un elevado grado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), grasas y aceite (Grasas) y de nitrógeno. Generando la polución de los cuerpos de agua receptores, reduciendo la característica de las aguas en la superficie y el subsuelo, comprometiendo la salud de la comunidad, el estado completo y saludable de los ecosistemas.

A través de la tratabilidad del agua residual se buscará identificar un proceso que permita depurar las aguas residuales Industriales de las operaciones de procesamiento de mariscos.

El problema de investigación que el presente estudio considerará es la descarga de aguas residuales fuera de las especificaciones de calidad, estipulados en la tabla 8 del Acuerdo Ministerial 097-A Edición Especial N. ° 387.

1.2 Delimitación

El presente estudio focaliza el tratamiento de aguas residuales de una empresa ubicada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Específicamente se centrará en el análisis de los afluentes líquidos que provienen de las actividades de producción y limpieza relacionados con la

elaboración de balanceados de la empresa seleccionada.

Se considerará el estudio de la tecnología y los procesos de tratamiento utilizados por la empresa, así como la calidad del agua antes y después del tratamiento para evaluar su efectividad en la eliminación de contaminantes específicos asociados con la actividad camaronera.

El estudio no abarcará el diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales desde cero, sino que se enfocará en la evaluación del sistema de tratamiento existente en la empresa, analizando su eficiencia, capacidad de reducción de contaminantes y su cumplimiento con los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A Edición Especial N.º 387.

1.3 Justificación

Uno de los mayores problemas que se evidencian actualmente dentro de los procesos de producción que se llevan a cabo en diferentes empacadoras de camarón del país es el inadecuado tratamiento de sus aguas residuales industriales, o la ausencia total de sistemas de tratamiento de sus afluentes líquidos, cuyas técnicas conllevan a que las descargas a las fuentes acuíferas cercanas no cumplan con los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A Edición Especial N.º 387.

Por lo cual, a través de esta investigación, se pretende realizar un estudio de tratabilidad mediante la aplicación de procesos físicos, químicos, y de esta manera definir el tratamiento que más se ajuste al proceso de depuración buscando que la empresa cuente con herramientas adecuadas que le permitan prevenir la contaminación y futuras sanciones.

Este estudio se considera factible debido a que la industria seleccionada se ha comprometido a facilitarnos la apertura de sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación propuesta, que nos servirá como proyecto de titulación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar un estudio de tratabilidad mediante la aplicación de procesos físicos, químicos para precisar el tratamiento de aguas residuales más efectivo a una empresa procesadora de mariscos en la ciudad de Guayaquil.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el agua residual que genera la empresa procesadora de mariscos mediante análisis físicos, químicos para establecer la carga contaminante producida.
- Realizar la tratabilidad del agua residual mediante operaciones unitarias combinadas para diseñar el proceso óptimo de descontaminación del agua residual.
- Determinar los costos de tratamiento mediante un estudio financiero para observar la viabilidad del proyecto.

1.5 Marco Hipotético

1.5.1 Hipótesis General

¿La realización de un estudio de tratabilidad mediante procesos físicos, químicos permitirá precisar el tratamiento de aguas residuales de manera más efectiva para una empresa procesadora de mariscos en la ciudad de Guayaquil?

1.5.2 Preguntas de Investigación

- ¿Será que la caracterización del agua residual generada de la empresa procesadora de mariscos mediante análisis físicos, químicos permitirá establecer la carga contaminante producida?
- ¿La realización de la tratabilidad del agua residual mediante operaciones unitarias combinadas, permitirá diseñar el proceso óptimo de descontaminación

del agua residual?

- ¿La determinación de los costos de tratamiento mediante un estudio financiero permitirá la observación de viabilidad del proyecto?

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que, debido al uso humano, presentan riesgos y necesitan ser descartadas debido a la presencia de diversas sustancias y/o microorganismos.

Dentro de esta categoría se encuentran aguas con distintas procedencias:

- Aguas residuales domésticas o aguas negras: provienen de desechos humanos, actividades de higiene personal, cocina y limpieza del hogar. Suelen contener una gran cantidad de materia orgánica, microorganismos y restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- Aguas blancas: pueden ser de origen atmosférico (lluvia, nieve o hielo) o procedentes del riego y limpieza de calles, parques y espacios públicos. En zonas con altas precipitaciones, se pueden separar para evitar sobrecargar los sistemas de depuración.
- Aguas residuales industriales:
Las aguas residuales de origen industrial surgen de las actividades realizadas a cabo en instalaciones y plantas industriales. Estas aguas contienen sustancias como aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros elementos de procedencia mineral, química, vegetal o animal. La composición de estas aguas varía considerablemente según el tipo de industria involucrada.
- Aguas residuales agrícolas: se generan en las labores agrícolas en áreas rurales y, en muchos casos, pueden mezclarse con aguas urbanas utilizadas para riego agrícola, con o sin tratamiento previo.

Caracterización de componentes de agua residual:

Componentes Orgánicos:

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) se establece como la magnitud de oxígeno de organismos microscópicos necesitan para descomponer la sustancia orgánica presente en una muestra de agua residual en un período de 5 días.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) hace referencia al volumen de oxígeno indispensable para desintegrar la materia orgánica por medio de métodos químicos.

Componentes Inorgánicos:

Para el crecimiento y evolución de los organismos vivos, es necesario contar con nutrientes como el fósforo y el nitrógeno. El nitrógeno se emplea en la formación de nuevos tejidos y procesos de síntesis celular, pero también puede contribuir a la eutrofización en algunas situaciones. Por otro lado, el fósforo se emplea en el transporte de energía y suele encontrarse en cantidades aproximadas de 6 a 20 mg/L en aguas residuales.

Características Físicas:

Sólidos:

Los sólidos presentes en el agua pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica. Los sólidos inorgánicos suelen contener elementos como fósforo, nitrógeno, sulfatos, carbonatos, sustancias tóxicas y pesticidas, entre otros. Por otro lado, los sólidos orgánicos están compuestos de proteínas, aminos, urea, aceites, grasas, jabones, celulosas y otras sustancias.

Turbidez:

La turbidez se refiere a la dispersión de la luz en el agua y se utiliza para evaluar la calidad del agua, ya sea natural o tratada. La presencia de sólidos en suspensión afecta la turbidez, ya que estas partículas pueden absorber o dispersar la luz, dependiendo de su tamaño. Por lo tanto, la medición de la turbidez proporciona información sobre la cantidad de sólidos en suspensión en el agua.

Temperatura:

En las aguas residuales domésticas, es común encontrar temperaturas más elevadas debido a las descargas de agua caliente. Es importante medir la temperatura, ya que los procesos de tratamiento pueden requerir condiciones térmicas adecuadas. Adicionalmente, los cambios en la temperatura del agua tienen el potencial de impactar el ecosistema circundante, lo que abarca tanto la fauna y flora acuáticas como los procesos químicos y las tasas de reacción.

Características Químicas:***pH:***

El pH ideal para la evolución de la vida se halla entre 5 y 9. Si el pH está por debajo o por encima de este rango, el tratamiento del agua se complica y requiere el uso de agentes biológicos para ajustarlo.

Potencial de Oxidación-Reducción (ORP):

El POR calcula la habilidad de conseguir o perder electrones, o sea, la cantidad proporcional de elementos que son reducidos y corroídos. Para factores anóxicos, la significancia de ORP se encuentra entre +50 y -50 mV, siendo el NO_3^- el receptor de electrones. En entorno oxidativo, el valor de ORP está entre 50 y 300 mV, con el oxígeno y los nitratos como aceptadores de electrones. En condiciones anaerobias, el valor de ORP es <-100 mV.

Oxígeno Disuelto:

El oxígeno disuelto permite calcular la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos en el proceso de respiración aerobia. Para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), es importante conocer la medición del oxígeno disuelto mediante un oxímetro, que evalúa las condiciones aerobias del agua residual. La presencia de oxígeno disuelto limita la autodepuración de los cuerpos de agua, por lo que el tratamiento previo del agua residual es necesario antes de su descarga en ríos y embalses.

Nitrógeno:

La concentración de nitrógeno en las aguas residuales es esencial, ya que este elemento participa en la síntesis de proteínas. Además, permite evaluar el tipo de tratamiento necesario para el agua residual.

Fósforo:

El fósforo es esencial para el desarrollo de diversos organismos, pero en concentraciones elevadas puede provocar la proliferación de algas y otros organismos perjudiciales para la salud humana.

Estudios de tratabilidad de agua

Dentro del campo de la investigación sobre la manejabilidad del agua, gran parte de los estudios se centran en comprender la composición del agua en cuestión. Esto implica la identificación tanto del tipo como de la cantidad de sustancias presentes, tanto en estado disuelto como en suspensión. Sin embargo, también existen otros tipos de pruebas con objetivos diferentes. Por ejemplo, las pruebas de permeabilidad posibilitan la evaluación del nivel de infiltración del agua en un suelo específico.

Por otro lado, las pruebas de tratabilidad tienen como finalidad establecer los valores de ciertos parámetros esenciales para el tratamiento del agua en las instalaciones de purificación.

Esta etapa es de vital importancia dentro del proceso de tratamiento de aguas, ya que en ella se caracterizan las aguas mediante ensayos específicos de tratabilidad. Estos ensayos generalmente comprenden:

- Análisis de la calidad del agua de entrada.
- Ensayos de coagulación y floculación para evaluar procesos de tratamiento químico.
- Respirometría, que se utiliza para estudiar el comportamiento biológico de las aguas residuales.

2.3.1 Test Jarras

Es esencial considerar que la búsqueda de soluciones eficaces en el tratamiento de aguas residuales industriales ha impulsado la adopción de variados métodos y técnicas; en este contexto, el test de jarras emerge como un recurso analítico de primordial relevancia, orientado a la comprensión exhaustiva del proceso de coagulación. De este modo, esta metodología se distingue por su capacidad intrínseca de facilitar la eliminación eficiente de partículas sólidas sedimentables y coloidales presentes en las aguas residuales.

No obstante, conviene destacar que la coagulación, que implica una transformación química de las partículas coloidales, opera mediante la anulación de las fuerzas que mantienen dichas partículas separadas en el medio líquido. En este contexto, el análisis presentado por (Andía, 2000) refleja que tal neutralización de las fuerzas separadoras se lleva a cabo a través de la incorporación de coagulantes químicos y la aplicación de energía de mezclado. Es esencial considerar, además, que el proceso de coagulación desempeña un papel significativo en la eliminación de turbidez orgánica e inorgánica, así como en la depuración del color, la erradicación de microorganismos patógenos y la supresión de sustancias generadoras de olores y sabores, tal y como señala (Restrepo, 2009).

Es pertinente destacar que las partículas coloidales se encuentran sometidas a la influencia de dos fuerzas primordiales. Por un lado, emerge la atracción de Van der Waals, originada por el movimiento incesante de dichas partículas, lo cual genera una atracción recíproca. Mientras que las fuerzas de repulsión electrostáticas operan como un mecanismo de prevención de la agregación, actuando como una barrera en virtud de la similitud de carga entre las partículas, dando lugar a una repulsión intrínseca. Estos fenómenos se abordan en profundidad en la investigación realizada por (Andía, 2000).

El test de Jarras o Jar test, según (Galvín, 1998) Mediante una adecuada realización de una prueba de jarra, se posibilita la comparación y valoración de la eficacia de diversos coagulantes, floculantes y otros agentes como oxidantes o alcalinizantes. Esto se aplica en un agua específica (a tratar para consumo o depuración) bajo condiciones experimentales precisas y bien definidas.

Según el manual, especifica su uso y función teniendo una velocidad (G) de 5-300rpm y un nivel de precisión ± 1 rpm con ciclos de programa manuales para lograr la gradiente de velocidad en la permanencia de agua en el floculador según el tiempo óptimo, sea menor o mayor, conforme la eficiencia de resultados, a más alta velocidad los floculos se rompen y según la frecuencia se crea la mezcla de la solución (Químicos, 2023).

Las propiedades del agua se efectúan en valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), densidad (kg/m^3), viscosidad dinámica ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) y viscosidad cinemática (m^2/s) con la fórmula de medición $G = \sqrt{\frac{W}{\mu}}$ (s^{-1}) (Químicos, 2023). Adicionalmente para medir las cantidades de coagulantes primarios, se puede usar soluciones químicas según (Ortiz-Dosal & Angeles-Robles, 2019):

- Sulfato de aluminio
- Cloruro férrico
- Cal
- Poli electrolito
- Ácido sulfúrico

2.2 Impacto de las aguas residuales provenientes de industrias procesadoras de mariscos

Las aguas residuales provenientes de industrias procesadoras de mariscos pueden ocasionar diversas preocupaciones ambientales, que incluyen:

Contaminación del agua: Estas aguas industriales suelen contener elevados niveles de sustancias tóxicas como metales pesados, productos químicos y pesticidas utilizados en el procesamiento de mariscos. Al ser liberados en cuerpos de agua cercanos, pueden contaminar el agua y afectar negativamente la calidad del ecosistema acuático.

Disminución del oxígeno: Las aguas residuales industriales contienen una alta carga orgánica, que incluye restos de mariscos y desechos. Cuando se liberan en el agua, estas sustancias se descomponen y consumen oxígeno en el proceso, lo que puede resultar en la disminución del nivel de oxígeno disuelto en el agua. Esta reducción del oxígeno puede llevar a la muerte de organismos acuáticos, como peces y otros seres que requieren niveles adecuados de oxígeno para sobrevivir.

Eutrofización: Los efluentes de estas industrias contienen nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que pueden estimular un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas en los cuerpos de agua receptores. Este proceso, conocido como eutrofización, puede generar problemas como la reducción de la biodiversidad, la obstrucción de los cuerpos de agua y la disminución de la calidad del agua.

Impacto en la vida marina: Los contaminantes presentes en las aguas residuales industriales pueden tener efectos negativos directos en la vida marina. Pueden dañar los tejidos y órganos de los organismos acuáticos, afectar su reproducción y desarrollo, y contaminar la cadena alimentaria a través de la acumulación de sustancias tóxicas.

Es crucial que las industrias procesadoras de mariscos adopten prácticas de gestión ambiental adecuadas y sistemas de tratamiento de aguas residuales eficientes para mitigar estos impactos negativos en el medio ambiente.

2.3 Marco legal

2.5.1 Acuerdo 097A Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes: recurso agua.

Registro Oficial Edición especial N°387, Presidencia de la República del Ecuador, Ecuador, 4 de noviembre del 2015. LIBRO VI ANEXO 1

La presente norma técnica ambiental, que ha sido revisada y actualizada, es promulgada en virtud de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento que regula la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Se encuentra sujeta a las disposiciones de dichas leyes, es de cumplimiento obligatorio y tiene validez en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica tiene como objetivo definir o establecer:

Los límites permitidos, regulaciones y restricciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado.

Los criterios de calidad del agua para sus diversas aplicaciones y usos.

Métodos y procedimientos para identificar la presencia de contaminantes en el agua (MAE, 2015).

2.5.2 Acuerdo 097A Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.

Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. (MAE, 2015).

Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se

deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental Competente que corresponda (MAE, 2015).

Esta norma se aplica durante la descarga al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, Estos efluentes deben cumplir con los siguientes criterios estipulados en el *Acuerdo Ministerial 097-A* **TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO (ver Anexo 1)**

2.5.3 Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales

El documento está creado con el propósito de ofrecer directrices y orientación sobre la forma de realizar el seguimiento de las aguas residuales que provienen de actividades industriales, dicho esto se tomó en cuenta los parámetros eficientes a muestrear en las empresas procesadoras de productos Acuícolas descritas en cierta guía; Caudal, DQO, DBO, SST, ST, Aceites & Grasas, pH, Tensoactivos, Nitrógeno Total Kjeldahl (N), Fósforo Total (P), Cloruros (Cl), Sulfatos (SO₄), Sulfuros (S), Compuestos Fenólicos.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada para la elaboración del estudio de tratabilidad de las aguas residuales industriales de una empresa procesadora de Mariscos, fue una investigación tipo experimental, la unidad de análisis fue la empresa procesadora de mariscos ubicada en la ciudad de Guayaquil. Las técnicas mediante la cuales se recolectaron los datos fue, a través de monitoreo de campo en la fuente de generación de agua residual industrial de la unidad de análisis, evaluaciones experimentales físicas, químicas y tratabilidad de los procesos de depuración se realizaron en los laboratorios de calidad de agua en las instalaciones de la universidad Politécnica Salesiana Campus María Auxiliadora de la ciudad de Guayaquil. Las

pruebas de potencial de hidrógeno, Temperatura, Conductividad Eléctrica, y caudal se realizaron in situ, las pruebas de Nitrógeno, sulfatos, sulfuros, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, fosforo total y cloruros se realizaron en los laboratorios de la Universidad, y las pruebas de DBO₅, DQO, Tensoactivos y Compuestos Fenólicos fueron analizadas en el laboratorio de Ipsomary S.A.

3.1 Reconocimiento de la unidad de análisis

Para el reconociendo del lugar nos dirigimos a las instalaciones de la empresa, con la respectiva autorización dirigida por la Administradora de la industria quien nos condujo hasta el área de descarga del agua residual, donde se evidenció las diferentes actividades que generan las aguas servidas dirigidas hacia la red de saneamiento.

3.2 Recolección de Muestras

Para la recolección de las muestras de agua residual en la empresa empacadora de mariscos se realizó mediante la toma de muestras compuestas tomadas el 29 de junio y 28 de julio del presente año con la finalidad de obtener una combinación de las aguas residuales procesadas en la industria, tomadas cada intervalo de tiempo con la finalidad de obtener unos resultados más precisos en los análisis de caracterización y pruebas de tratabilidad.

Los instrumentos de recolección de las muestras de agua residual tomadas de manera in situ se encuentran detalladas en la **Tabla 1**, Instrumentos de recolección de muestra de agua residual tomadas in situ:

Tabla 1. Instrumentos para la recolección de muestras in situ

Instrumentos	Utilidad
GPS	Tomar coordenadas del lugar
Etiquetas	Etiquetar las muestras con los datos respectivos
Guantes Quirúrgicos	Manipular las muestras
Ph metro portátil pH Test® 50S OAKTON	Se mide el PH, Temperatura (T), y conductividad Eléctrica (CE)
Canecas	Se almacenan las muestras de agua residual
Agua Destilada	Esterilizar los instrumentos para muestreo

Fuente: Elaborado por autoras

3.3 Determinación de Flujo Volumétrico

Para la determinación del flujo volumétrico, se realizó una medida del área del canal para determinar la superficie del mismo. Se realizaron tomas de tiempo en el que el canal tardaba en subir la altura del taponamiento que fue de 15 centímetros, los resultados fueron expuestos en la **Tabla 2** registro de datos para la valoración de caudal que se encuentra a continuación.

Tabla 2. Registro de datos para la valoración de caudal

<i>MEDICIONES</i>			
<i>INICIO</i>	<i>FIN</i>	<i>TIEMPO DE LLENADO (Min)</i>	<i>Valor de Caudal l/día</i>

Fuente: Elaborado por autoras

3.4 Caracterización de las muestras de agua

Para determinar la caracterización de las aguas residuales tanto crudas como las tratadas se realizaron los siguientes métodos:

3.4.1 Análisis físico *In Situ* del agua residual

Tabla 3. Enfoque y recursos utilizados para medir parámetros.

Parámetro	Unidad	Técnica	Dispositivo
Conductividad Eléctrica	ms/cm	Potenciometría	PHTest 50S- OAKTON
Temperatura	°C	Potenciometría	pHTest 50S- OAKTON

Fuente: Elaborada por autoras

Nota: En la **tabla 3** demuestra la estrategia y el instrumento que se manejó para obtener la evaluación de las variables.

3.4.2 Evaluación de propiedades físicas en laboratorio de la universidad

En la realización de este análisis, resulto esencial la utilización de las inmediaciones de los laboratorios disponibles en la Universidad Politécnica Salesiana. En dicho proceso se consideró necesario aprovechar las avanzadas facilidades que nos proporcionan los recintos científicos de la institución para así llevar a cabo un estudio completo y preciso. Gracias a la disponibilidad de estos medios, se pudo concretar una investigación exhaustiva que permitió obtener resultados confiables y detallados.

3.4.2.1 Sólidos sedimentables

Este parámetro se ha medido con el propósito de analizar la pureza del agua que ha sido recolectada a la vez calcular la cantidad de partículas sólidas que se depositan en el fondo del cono.

Materiales:

- Cono Imhoff
- Soporte para cono Imhoff
- Muestra de agua

Procedimiento y medición:

Colocamos la muestra de agua en el cono, se decidió dejar que el líquido repose durante el tiempo aproximado de 1 hora con el objetivo de que las partículas bajen a la base del embudo Imhoff. Transcurrido este tiempo procedimos a medir lo que fue la altura de la capa que se formó de los sedimentos, luego se realizó el cálculo del volumen de las partículas por cada unidad de volumen en la muestra es decir ml/1000 ml.

3.4.2.2 Sólidos Totales

Materiales:

- Balanza analítica
- Crisoles
- Horno de secado
- Vaso de precipitación
- Desecador

Procedimiento y medición:

Se obtuvo una muestra representativa que se introdujo en un vaso de precipitado cuyo peso había sido medido previamente. Llevamos a cabo la evaporación completa del contenido del recipiente, permitimos que el vaso se enfriara en un secador y después lo volvimos a pesar. El valor de este parámetro se calculó restando los pesos obtenidos, los cuales reflejaron la concentración de los sólidos totales.

3.4.2.3 Sólidos Suspendidos Totales

Materiales:

- Vasos de precipitación
- Balanza analítica
- Horno de secado
- Papel Filtro
- Embudo de vidrio
- Desecador

Procedimiento y medición:

En un recipiente de precipitación, se introdujo una porción de la muestra de agua sin generar burbujas de aire. En un embudo con papel filtro se colocó en posición, y se vertió el agua lo cual inicio el proceso de separación entre los sólidos suspendidos y el agua. Después de completar con la etapa de filtrado, el filtro con los sólidos se trasladó a un horno de secado y fue sometido a una temperatura de 105 grados, dejándolo secar durante varias horas y luego se dejó enfriar en desecador. Para medir la cantidad, se emplea una balanza analítica. Finalmente, el cálculo se realizando la resta del peso del papel filtro completamente seco, del peso que tenía antes del proceso de filtrado, lo que proporcionó la masa total de sólidos suspendidos presentes en la muestra. Estos resultados se expresan en unidades de mg/l.

3.4.3 Parámetros químicos analizados***3.4.3.1 Nitrógeno Total Kjeldahl (N)*****Materiales:**

- Reactivos Kjeldahl
- Digestor Kjeldahl
- Destilador kjeldahl UDK 129
- Titulador
- Bureta y solución titulante
- Balanza analítica
- Pipetas
- Matraces de fondo plano
- Tubos de ensayo para digestión

- Tabletas antiespumantes
- Tabletas catalizadoras

Procedimiento y medición:

Para este método comenzamos con la digestión de las muestras lo que permitió que se descompongan y conviertan los compuestos orgánicos en formas más simples y solubles y así poder analizar de una forma más sencilla. Se colocaron 4 tubos de ensayo grandes con las muestras y sus respectivos reactivos como lo son tabletas catalizadoras y antiespumantes. Luego de esto se las llevaron al digestor kjedahl a diferentes temperaturas y tiempos, se esperó que se enfríen totalmente precedido a esto se comenzó con la destilación destilador de kjedahl en la cual se adicionan diferentes tipos de soluciones químicas y por último se titularon las muestras con el objetivo de calcular el porcentaje de nitrógeno presente en nuestras muestras de agua residual. Los cálculos finales a realizar se obtienen restando los ml de ácido valorante y los ml de blanco usados en la muestra dividido por el peso de muestra en gramos.

3.4.3.2 Cloruros

La evaluación de los cloruros en agua residual es un procedimiento esencial para analizar la pureza del agua y asegurar que los niveles de cloruros se encuentren dentro de los márgenes aceptados.

3.4.3.3 Fósforo Total

Mediante el procedimiento de digestión, se realizó la determinación del fósforo total, permitiendo la transformación de todas las variantes de fósforo presentes en la muestra en una forma soluble, facilitando su medición de manera precisa.

3.4.3.4 Sulfatos

Mediante el método turbidimétrico se permitió detectar los sulfatos presentes en el agua, cabe recalcar que antes de la tratabilidad hubo una presencia alta de sulfatos por lo que se realizó una clarificación del agua mediante filtración.

3.4.3.5 Sulfuros

Se llevó a cabo la cuantificación de los sulfuros presentes en el agua mediante un enfoque colorimétrico. Este método se fundamenta en la interacción entre los sulfuros y una solución de nitrato de plata (AgNO_3).

3.5.3.6 Aceites y grasas

Para obtener los valores de aceites y grasas se usó una muestra representativa con precaución para evitar contaminaciones y alteraciones en las propiedades del agua. seguidamente con el método Soxhlet, los aceites y grasas se separan empleando solventes orgánicos, lo que disuelve los compuestos lipídicos y los aísla del agua. Los resultados se contrastan con normativas para verificar el cumplimiento de los estándares. Si hay excedentes, podría ser necesario implementar medidas correctivas.

3.4.4 Parámetros químicos-Biológicos Analizados por laboratorios Ipsomary S.A.

Tabla 4. Parámetros realizados en los laboratorios de Ipsomary S.A.

Parámetro	Método de ensayo	Unidad
Demanda Química de Oxígeno	PEE/IPSOMARY/12-17, S.M. Ed. 23th 5220 D, 2017	mgO ₂ /L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/IPSOMARY/13-09, S.M. Ed. 23th 5210 B, 2017	mgO ₂ /L
Tensoactivos	PEE/IPSOMARY/31-07, S.M. Ed. 23th 5540 C, 2017	mg/L
Fenoles	PEE/IPSOMARY/46; S.M. Ed. 23th 5530 C, 2017	mg/L

Fuente: Elaborada por autoras

3.5 Tratabilidad del agua Residual

Se realizaron las pruebas de tratabilidad mediante ensayos experimentales en los cuales se fueron variando los volúmenes de los reactivos de manera progresiva hasta alcanzar la dosis óptima, las pruebas de tratabilidad se las presento en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. Prueba de tratabilidad

PRUEBA DE TRATABILIDAD										
Número de muestras	Dosis de cal	Dosis de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$	Dosis de Floculante	Índice de Wilcomb	Turbidez UTN		Ph		Temperatura °c	
					Inicial	Final	Ph inicial	Ph final	Inicial	Final

Fuente: Elaborada Por autoras

3.6 Determinación de los rubros de materiales y equipos

Para la determinación de los rubros de los materiales y equipos se realizaron cotizaciones y se estableció el listado de los equipos y materiales que requiere la propuesta para la realización de la propuesta en la Tabla 6, Rubro de Materiales y Equipos.

Tabla 6. Rubro de Materiales y Equipos

Rubro de Materiales y Equipos			
Cantidad Requeridas	Descripción del producto	Valor unitario en dólares	TOTAL
TOTAL			

Fuente: Elaborada por las autoras

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se reflejará los resultados alcanzados de la investigación experimental realizada en el proyecto de Tratabilidad de las aguas residuales industriales de la empacadora de mariscos ubicada en el complejo Industrial de Inmaconsa de la ciudad de Guayaquil.

4. Diagnóstico

En la industria la canaricultura, como actividad de tipo de extractiva, es muy significativa y representa un gran porcentaje de ingresos para nuestro país. De igual manera, simboliza un semillero proveedor de lo que conocemos como materia prima para la elaboración de harinas, balanceado y aceites provenientes del procesamiento de camarón. Ecuador es el principal productor y expedidor a nivel mundial de estos y otros productos originarios de este crustáceo. Si bien esto genera impactos positivos a la economía de nuestro país, la conversión y el procesamiento de mariscos ocasiona un notable volumen de agua residual que se encuentra totalmente contaminada por componentes orgánicos, especialmente de aspecto diluido y forma de partículas que son capaces de ser muy bien reutilizadas. El agua residual originada por la industria agroalimentaria acuícola en particular el agua proveniente de las extremidades de estos crustáceos como lo es la cola del camarón es el origen principal de la polución del agua residual que es descargada hacia los sistemas de alcantarillado público e inclusive hacia cuerpos de agua dulce.

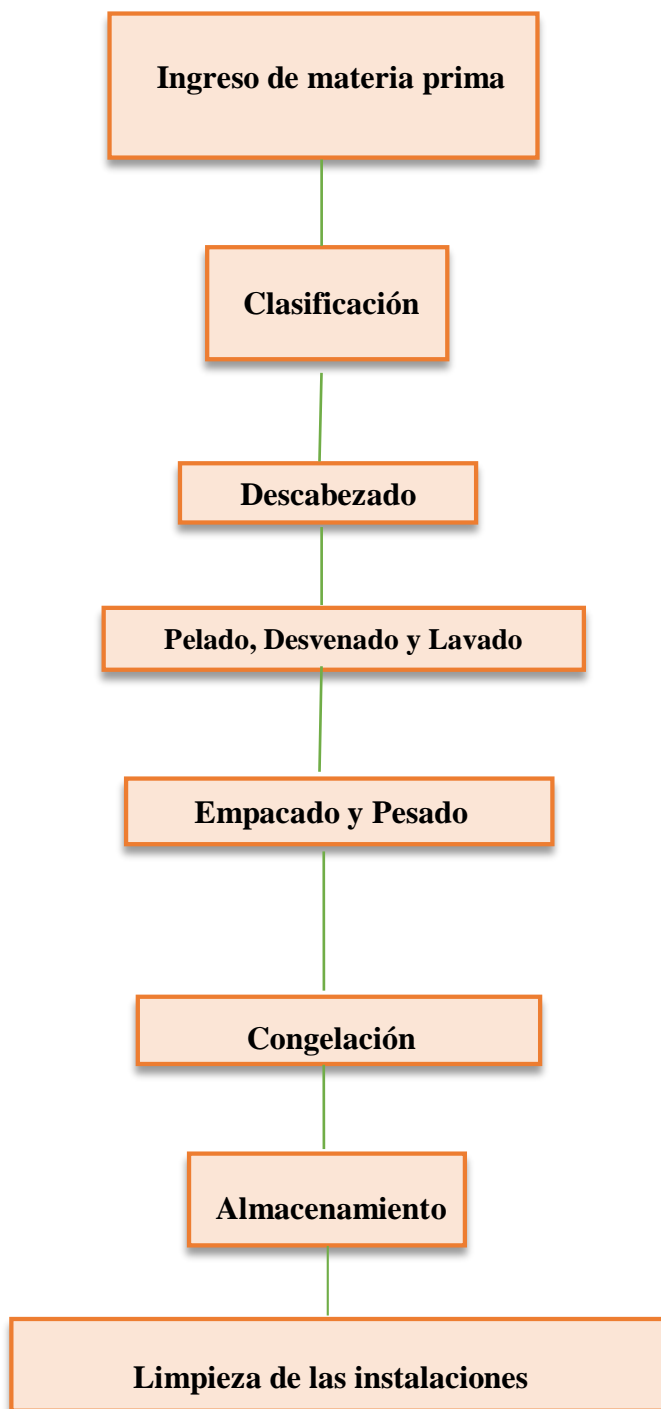
Por ende, actualmente existen diversos procesos para su oportuno tratamiento, los mismos que comprenden procedimientos físicos, químicos y biológicos. La empresa de la cual sus aguas residuales están siendo sometidas a tratabilidad se dedica al procesamiento de materia prima originaria del sector acuícola. Es una empresa con varios años en el mercado, ubicada en

la Zona Industrial INMACONSA en la ciudad de Guayaquil, Ecuador; La compañía cuenta con un grupo de colaboradores responsables muy profesionales en el desempeño de sus labores y un vasto conocimiento en el rubro acuícola. La empresa procesadora de mariscos que brindo apertura para llevar a cabo este estudio, se encuentra delimitada cumpliendo así con las actividades de origen acuícola de acorde a las normativas legales estipuladas en los reglamentos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca/ MAGAP, así como también el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica/ MAATE.

La descarga de las aguas residuales en esta empresa no se las realiza de una forma adecuada, causando así que las aguas servidas no estén sujetas a ningún tipo de tratamiento, por lo cual se considera factible desarrollar un proceso optativo que posibilite a la empresa realizar y/o llevar a cabo sus operaciones de producción y generación de agua de una manera acorde. Esto implicaría que la compañía sea más eficiente en sus operaciones con respecto al cumplimiento de acuerdos ambientales legislativos, así mismo respetando la sostenibilidad ambiental. Razón por la que la empresa habilita y apertura sus instalaciones a estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana para así lograr determinar opciones que permitan optimar sus procesos. Se pudo apreciar que el agua residual originaria del procesamiento de mariscos presenta un gran volumen de solidos provenientes de su producción, entre los que se hallan cascaras, trozos de camarón, exoesqueletos y cabezas, los mismos que pueden ser reaprovechados.

4.1 Diagrama de Flujo del proceso de la empacadora de mariscos

Gráfico 1. Estructura de los procesos de producción llevados a cabo en la empresa procesadora.



Fuente: Elaborado por Autoras

4.2 Descripción de las actividades generadoras de agua residual

En la empresa en donde se está realizando el estudio de tratabilidad, el procedimiento industrial para el procesamiento de mariscos involucra varias fases en las que se generan aguas residuales contaminadas, algunas de estas etapas son:

Ingreso de la materia prima: El producto es transportado hacia la planta de procesamiento desde diferentes camaroneras situadas en la zona costera ecuatoriana. El objetivo primordial de este ciclo es comprobar la temperatura y calidad del mismo. Basándose en un análisis sensorial el producto tal vez será admitido para el pertinente procedimiento o a su vez será descartado en su totalidad por parte del colaborador que se encarga de la recepción del producto. El volumen aproximado de cada una de las gavetas con camarón que llegan a la empacadora es de 40 a 50 libras, dependiendo de qué tanta sea la producción diaria.

clasificación: Esta etapa de procesamiento es ejecutada de forma manual y la realizan con objeto de agrupar los crustáceos de acuerdo a su volumen y categoría.

descabezado y pelado: Esta maniobra, así como la anterior es absolutamente manual y precisa de la nómina laboral que es destinada para realizar dicha tarea. El objetivo de esto es separar la cabeza y el dermoesqueleto del camarón y otros mariscos que así lo requieran.

Expulsión de vísceras y fragmentos no aptos para el consumo: Estas actividades generan residuos orgánicos en el agua que se descarga al sistema de alcantarillado.

Desvenado: Al igual que la etapa anterior se realiza manualmente, se procede lavando la materia prima para posteriormente proceder a quitar la vena del camarón o crustáceo. Una vez realizada esta acción se vuelve a enjugar el producto con abundante agua. los crustáceos liberan proteínas, grasas a su vez sustancias orgánicas en el agua lo que produce que el volumen de carga contaminante sea elevado.

Lavado y desinfección: En este ciclo los mariscos eliminan suciedad, así como también partículas de arena y otros agentes contaminantes generando así aguas residuales saturadas de materia orgánica y sedimentos.

Congelación: Esta etapa puede requerir el empleo de agua álgida, que posterior a esto se convierte en aguas servidas en ebullición.

Empaque y acondicionamiento: Dentro del acondicionamiento y el empaquetado de los mariscos se eliminan residuos, como el papel en el que se envuelve el producto, etiquetado y otros materiales que se empleen y entren en contacto con el agua a lo largo de esta etapa.

Limpieza de las instalaciones: Como se mencionó en el diagrama de flujo, la limpieza y mantenimiento no solo es de las instalaciones, sino que también de todos los utensilios usados en el procesamiento los cuales generan aguas residuales que incluyen tóxicos químicos como surfactantes presentes en detergentes, hipocloritos de sodio en el cloro y ftalatos en soluciones aromatizantes.

4.3 Determinación del caudal del agua residual

Para la evaluación del flujo del caudal fue indispensable tomar datos de cada medición realizada, las cuales se llevaron a cabo durante la primera semana de julio, estas se ejecutaron de manera diaria y en reiteradas ocasiones en horarios no constantes e instaurados ya que esta labor se efectuó dependiendo de la cantidad de materia prima receptada en la planta. El objetivo de esto es precisar que tan variante es la supuración del agua. Estas medidas fueron de utilidad para aproximar un valor y así ponderar lo que es nuestra planta depuradora.

Dentro de la tabla 7 medidas del caudal se hacen referencia las dimensiones del canal obtenidas con el uso de un metro plegable.

Tabla 7. Medidas del canal.

ALTO	ANCHO	LARGO
29 CM	24 CM	6 MTS

Fuente: Elaborado por Autoras

4.3.1 Área del caudal

$A \times h = \text{Ancho} \times \text{altura}$

$$24 \text{ CM} \times 600 \text{ cm}^2 = 14400 \text{ cm}^2$$

4.3.2 Volumen del Caudal

ÁREA X ALTURA

$$14400 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 216000 \text{ cm}^3 = 216 \text{ litros}$$

En La tabla 8 se muestran los horarios de inicio, fin y el tiempo que tomaba en llenarse la canaleta por donde se evacua el agua residual, cabe recalcar que esta acción fue ejecutada el lunes 3 julio del 2023.

Tabla 8. Registro de datos para valoración del caudal.

MEDICIONES		
INICIO	FIN	TIEMPO DE LLENADO (Min)
09:29	10: 45	75
10 50	11: 20	30
11: 25	11: 48	30
11: 55	12:00	40
12: 30	12: 35	40
13: 15	13:20	30
13: 50	13: 55	40
14: 35	14:40	25
15: 05	15:10	40
15: 45	15:50	30
16: 20	16:25	30

Fuente: Elaborado por Autoras

En la tabla 9 se muestran los valores obtenidos en la toma del caudal del día martes 4 julio del 2023.

Tabla 9. Registro de datos para valoración del caudal.

MEDICIONES		
INICIO	FIN	TIEMPO DE LLENADO (Min)
09:00	09:10	15
09:25	09:30	30
10:00	10:05	20
10:25	10:30	30
11:00	11:05	40
11:45	11:50	20
12:10	12:15	15
12:30	12:35	10
12:45	12:50	45
13:50	13:55	30
14:25	14:30	5

Fuente: Elaborado por Autoras

Los valores que se obtuvieron del día miércoles 5 julio del 2023 se encuentran establecidos en la tabla 10.

Tabla 10. Registro de datos para valoración del caudal.

MEDICIONES		
<i>INICIO</i>	<i>FIN</i>	<i>TIEMPO DE LLENADO (Min)</i>
09:00	09:10	30
09:40	09:45	10
09:55	10:00	15
10:15	10:20	30
10:50	10:55	20
11:15	11:20	40
12:00	12:05	20
12:25	12:30	20
12:50	12:55	10
13:05	13:10	10

Fuente: Elaborado por Autoras

A continuación, en la Tabla 11 se observan las medidas ejecutadas el jueves 6 julio del 2023

Tabla 11. Registro de datos para valoración del caudal.

MEDICIONES		
<i>INICIO</i>	<i>FIN</i>	<i>TIEMPO DE LLENADO (Min)</i>
09:30	09:45	20
10:05	10:10	30
10:40	10:45	15
11:00	11:05	30
11:35	11:40	20
12:00	12:05	10
12:15	12:20	30
12:50	12:55	40
13:35	13:40	20
14:00	14:05	10
14:15	14:20	10

Fuente: Elaborado por Autoras

A Continuación, la Tabla 12 *Registro de datos para valoración del caudal.*

Plasma las mediciones realizadas el viernes 7 julio del 2023.

Tabla 12. Registro de datos para valoración del caudal.

MEDICIONES		
<i>INICIO</i>	<i>FIN</i>	<i>TIEMPO DE LLENADO (Min)</i>
09:00	09:05	30
09:35	09:40	20
10:00	10:05	40
10:45	10:50	20
11:10	11:15	30
11:45	10:50	20
12:05	12:10	10

Fuente: Elaborado por Autoras

En la Tabla 13 se observan los resultados de la medición del flujo en el que corre el agua.
haciendo uso de la fórmula correspondiente a continuación:

$$Q = \frac{lt}{min} \times \frac{60 m}{1 hr} \times \frac{24 h}{1 día}$$

Tabla 13. Valoración de caudal por día.

CAUDALES LT/DIA					
TOMAS	DÍA 1 l/día	DÍA 2 l/día	DIA 3 l/día	DIA 4 l/día	DÍA 5 l/día
1	4147,00	20736,00	10368,00	15552,00	10368,00
2	10368,00	10368,00	31104,00	10368,00	15552,00
3	10368,00	15552,00	20736,00	19890,00	7776,00
4	7776,00	10368,00	10368,00	10500,00	15552,00
5	7776,00	7776,00	15552,00	14468,00	10368,00
6	10368,00	15552,00	7776,00	31104,00	15552,00
7	7776,00	20736,00	15552,00	10368,00	20989,00
8	12441,00	31104,00	15552,00	7776,00	SP
9	7776,00	6912,00	31104,00	15552,00	SP
10	10368,00	10368,00	31987,00	31404,00	SP
11	10368,00	15552,00	10368,00	31104,00	SP

Fuente: Elaborado por Autoras

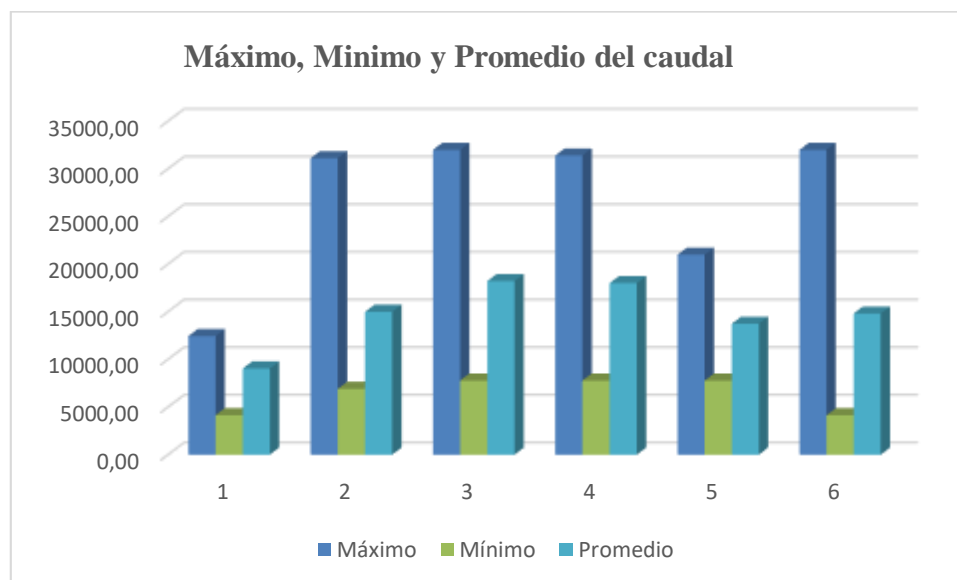
La tabla 14 Muestra los Valores del máximo, mínimo y Promedio del Caudal

Tabla 14. Valores del máximo, mínimo y Promedio del Caudal

Máximo	12441,00	31104,00	31987,00	31404,00	20989,00	31987,00
Mínimo	4147,00	6912,00	7776,00	7776,00	7776,00	4147,00
Promedio	9048,36	15002,18	18224,27	18007,82	13736,71	14803,87

Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 2. Máximo, Mínimo y Promedio del caudal



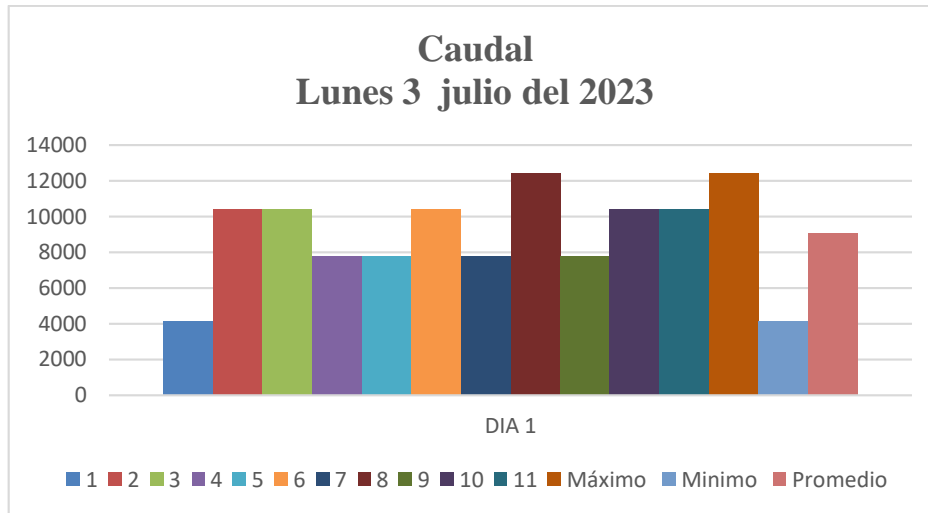
Fuente: Elaborado por autoras

4.3.3 Esquematización estadística del caudal por día

El Gráfico 3 representa el valor máximo, mínimo y promedio del caudal del agua alcanzado durante 11 ocasiones en las que se calculó el tiempo de llenado del canal. Mismo que se obtuvo por medio de la toma de datos de las descargas de agua realizadas durante todo el día de producción en la planta. La barra de tonalidad verde oscuro refiere el alcance máximo estimado del flujo en el que corre el agua que en este caso es 12441,00. La barra celeste nos

indica un valor mínimo de 4147,00 y por último encontramos la barra color naranja claro que expresa el valor de 9048,36.

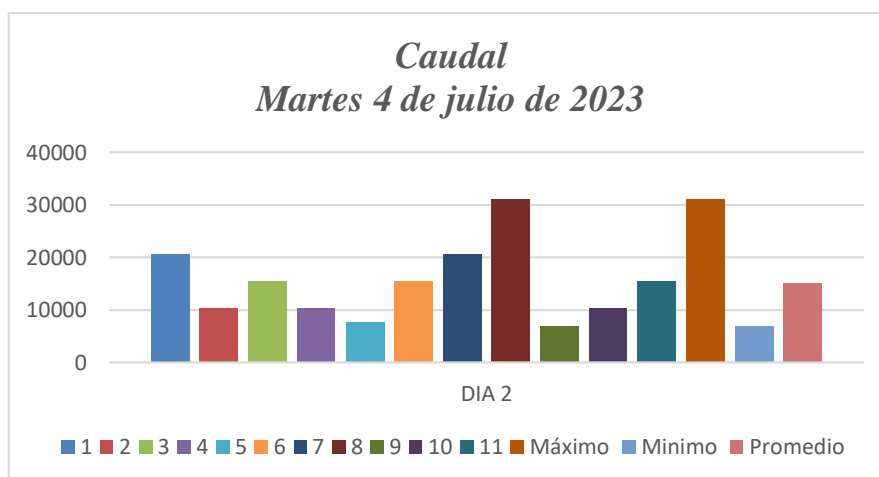
Gráfico 3. Medición de caudal con fecha: 3 de julio del 2023.



Fuente: Elaborado por Autoras

En el Gráfico 4 se denota la conceptualización de la barra color verde oscuro, esta comprende el alcance máximo de la salida que viene siendo de 31104,00, en la coloración celeste se valúa un aprecio ínfimo de 6912,00 para finalizar se localiza el color naranja claro que especifica una tasación de 15002,18.

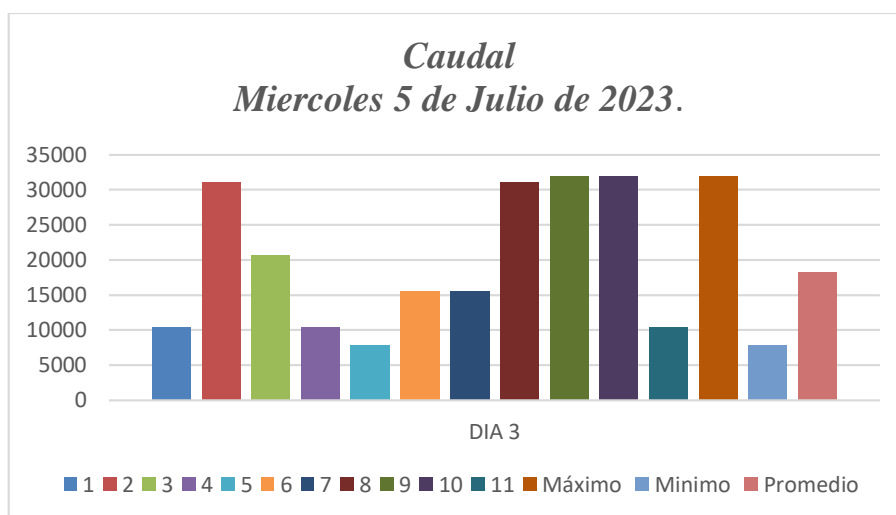
Gráfico 4. Histograma- 4 de julio del 2023.



Fuente: Elaborado por Autoras

El gráfico 5 contiene información sobre el caudal de agua en el canal, medido durante el llenado de la canaleta. Los datos se obtuvieron de las descargas a lo largo del día en la manufacturación de mariscos. Los cálculos se representan así:

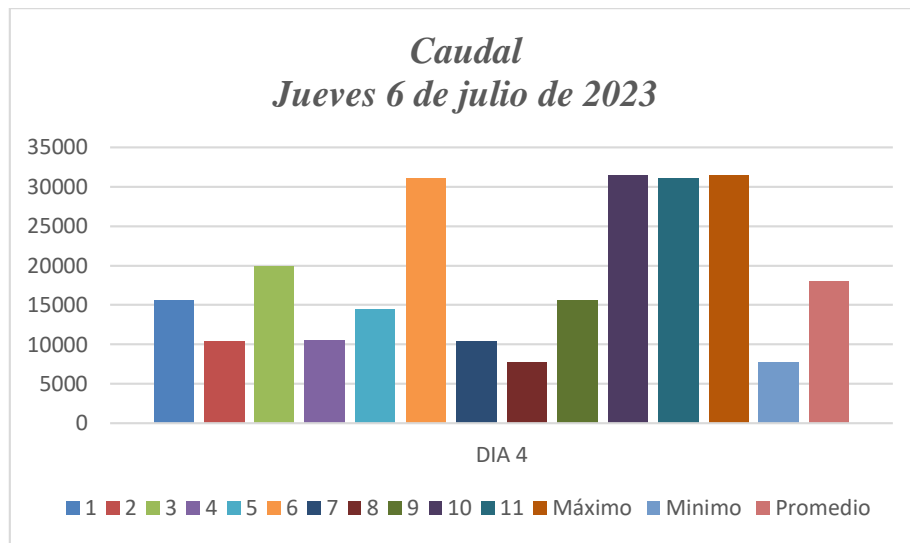
Gráfico 5. Intervalos del día 3



Fuente: Elaborado por Autoras

En el Gráfico 6 incluye detalles acerca del flujo de agua en el conducto. Registrado mientras se llevaba a cabo el proceso de llenado del surco. Los datos fueron recopilados a lo largo de la jornada en el momento de la producción. Las estimativas numéricas se muestran de la siguiente manera:

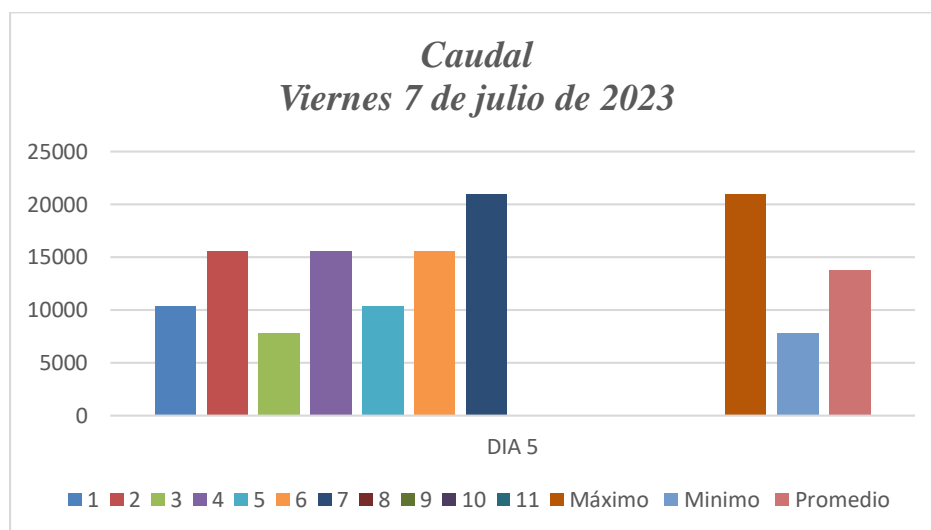
Gráfico 6. Cuantificación de tiempo diurno: 6 de julio del 2023.



Fuente: Elaborado por Autoras

El Gráfico 7 ilustra la corriente de agua servida en el conducto, que fue registrado en el momento de la saturación de la canaleta. Los datos colectados en el ciclo de operación.

Gráfico 7. Calibración del 7 de julio del 2023.



Fuente: Elaborado por Autoras

4.4 Resultados de Caracterización del agua residual cruda

4.4.1 Resultados *In situ*

Los resultados observados a continuación se lograron a partir de la parametrización de dos muestreos compuestos *In situ* efectuados en las fechas: 29/junio/2023 - 27/julio/2023.

En la tabla 15 refleja la ponderación del muestreo. Esto se logró mediante un análisis realizado en el mismo lugar en donde se captó cada una de las muestras de agua, obteniendo así un resultado verídico y legítimo.

Tabla 15. Valoración de muestreo compuesto In Situ

Estudio de tratabilidad del agua residual generada en una empresa procesadora de mariscos ubicada en la ciudad de Guayaquil.				
29/junio/2013		Toma de muestras compuesta		
No.	Tiempo	Ph	Temperatura (T)	Conductividad (ms/cm)
1	09:00	7,86	20,7	3
2	09:15	7,84	20,9	2,83
3	09:30	7,81	20,0	3,11
4	09:45	7,91	19,7	3,11
5	10:00	7,92	19,8	3,15
6	10:15	7,91	20,3	3,2
7	10:30	7,90	19,4	2,87
8	10:45	7,93	19,6	3,39
9	11:00	7,78	17,5	1644
10	11:15	7,97	20,2	3,24
11	11:30	7,92	19,6	3,26
12	11:45	7,88	19,0	3,18
13	12:00	7,93	19,1	3,23
14	12:15	7,97	19,9	3,21
15	12:30	7,94	19,5	2,92
16	12:45	7,97	19,5	2,81
17	13:00	7,93	19,5	2,37

Fuente: Elaborado por Autoras

Tabla 16. Toma de muestra compuesta in situ

Estudio de tratabilidad del agua residual generada en una empresa procesadora de mariscos ubicada en la ciudad de Guayaquil.				
27/julio/2023		Toma de muestras compuesta		
No.	Tiempo	pH	Temperatura (T)	Conductividad (ms/cm)
1	09:00	7,30	20,6	8
2	09:15	7,90	20,5	2,58
3	09:30	7,80	20,8	3,20
4	09:45	7,91	19,4	3,15
5	10:00	7,70	19,7	3,18
6	10:15	7,59	20,2	3,1
7	10:30	7,81	19,5	2,80
8	10:45	7,93	19,3	3,40
9	11:00	7,60	17,2	1643
10	11:15	7,90	20,2	3,27
11	11:30	7,91	19,9	3,29
12	11:45	7,87	19,2	3,18
13	12:00	7,99	19,9	3,22
14	12:15	7,95	19,8	3,20
15	12:30	7,54	19,3	2,96
16	12:45	7,90	19,5	2,80
17	13:00	7,91	19,9	2,40

Fuente: Elaborada por autoras

La Tabla 17 muestra los resultados de lo que fue la realización de la caracterización del agua residual para la cual fue indispensable la evaluación de cada uno de los parámetros estipulados en la guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales establecida por la Dirección de Ambiente, Sostenibilidad y Cambio Climático entidad que forma parte de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, y la tabla 8 vigente en el Acuerdo Ministerial 097-A decretado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica mismo en el que se instauran los Límites Permisibles de Descargas al Sistema de Alcantarillado Público. Es importante enfatizar que nos regimos bajo estos patrones legislativos en nuestro proyecto puesto que la empresa a la cual se realiza el estudio de tratabilidad tiene como objetivo dentro de sus actividades productivas el procesamiento de materia prima acuícola.

Tabla 17. Resultado de análisis de parámetros en muestras de agua residual cruda, realizados los laboratorios de la Universidad.

27/julio/2023				
No.	Parámetros	Resultado mg/l	LMP AM. 097 –A mg/l	Cumplimiento
1	Sólidos suspendidos totales	240,20	220,0	No cumple
2	Sólidos Totales	1756,43	1600,0	No cumple
3	Sólidos Sedimentables	8	20,0	Si cumple
4	Aceites y grasas	95	70,0	No Cumple
5	Fósforo total (P)	26,37	15,0	No cumple
6	Nitrógeno Total kjedhal (N)	73,27	60,0	No cumple
7	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	1,420	400,0	No cumple
8	Sulfuros (S ²⁻)	> 10.8	1,0	No cumple
9	Cloruros (Cl ⁻)	5,362	-	-

Fuente: Elaborada por Autoras

A continuación, se señala en la tabla 18 la actividad, frecuencia y parámetros a monitorear que se deben tener en cuenta dentro de un seguimiento a una empresa que ofrece servicios de procesamiento y/o empaclado de materia prima acuícola. Esta información se encuentra pautada en el Manual o Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales.

Tabla 18. Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales.

N	Actividad	Frecuencia de monitoreo	Parámetros mínimos a monitorear
16	EMPACADORAS DE PRODUCTOS ACUICOLAS	MENSUAL	CAUDAL, DQO ₅ , DBO, SST, ACEITES Y GRASAS, pH, TENSOACTIVOS, NITROGENO DE KJEDAHN (N), FOSFORO TOTAL (P), CLORUROS (CL), SULFATOS (SO ₄ ²⁻), SULFUROS (S), COMPUESTOS FENOLICOS.

Fuente: Elaborado por Autoras

4.4.2 Análisis de pruebas en laboratorio privado.

En la tabla 19, se encuentran los resultados de los parámetros haciendo uso de muestras de agua residual cruda, fue asequible dado a que fueron enviadas a IPSOMARY S.A, laboratorio con acreditación ISO17025 en donde ofrecen servicios ambientales.

Tabla 19. Resultado de ponderación de parámetros en muestras de agua residual cruda. Enviadas al laboratorio externo.

2/Agosto/2023				
No.	Parámetros	Resultado mg/l	LMP AM. 097 –A mg/l	CUMPLIMIENTO
1	DBO ₅	1,035	250,0	No cumple
2	DQO	2,270	500,0	No cumple
3	Compuestos fenólicos	0.051	0.2	Si cumple
4	Tensoactivos	10.070	2,0	No cumple

Fuente: Elaborado por Autoras

4.5 Resultados alcanzados en la tratabilidad de las aguas residuales

Después de haber realizado la tratabilidad del agua residual mediante el proceso de test de jarra con un numero de 18 muestras establecidas en la tabla 20, se logró identificar la cantidad ideal de coagulante requerida para lograr una aglomeración eficaz de las partículas. Esto ha llevado a una utilización más efectiva de los compuestos químicos y a una mejora general en la eficacia del procedimiento.

Tabla 20. Prueba de Tratabilidad

PRUEBA DE TRATABILIDAD										
Número de muestras	Dosis de cal (ml)	Dosis de Sulfato de Aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) (ml)	Dosis de Floculante (ml)	Índice de Wilcomb (mm)	Turbidez UTN		Ph		Temperatura °c	
					Inicial	Final	Ph inicial	Ph final	Inicial	Final
1	3	5	4	a (0.3- 0.5)	100	60	7,76	8,27	22	25
2	4	10	4	a (0.3- 0.5)	110	55	7,79	8,37	22	25
3	6	15	4	a (0.3- 0.5)	114	53	7,79	8,35	22	25
4	8	20	4	b (0.5- 0.75)	100	50	7,76	8,47	22	25
5	10	25	4	b (0.5- 0.75)	110	48	7,81	8,30	22	25
6	12	30	4	c (0.75-1)	114	46	7,80	8,26	22	25
7	12	20	5	c (0.75-1)	111	43	7,32	8,36	22	25
8	12	25	5	c (0.75-1)	100	41	7,30	8,47	22	25
9	12	30	5	c (0.75-1)	113	37	7,32	8,44	22	25
10	12	35	5	d (1.0-1.5)	90	35	7,3	8,37	22	25
11	12	40	5	d (1.0-1.5)	111	31	7,29	8,18	22	25
12	12	45	5	f (2.25-3.0)	110	29	7,30	8,27	22	25
13	12	40	5	f (2.25-3.0)	100	26	7,41	8,37	22	25
14	12	45	5	f (2.25-3.0)	111	23	7,32	8,27	22	25
15	12	50	5	g (3.0-4.5)	100	19	7,28	8,49	22	25
16	12	55	5	g (3.0-4.5)	110	18	7,28	8,48	22	25
17	12	60	5	g (3.0-4.5)	100	16	7,28	8,50	22	25
18	12	65	5	g (3.0-4.5)	110	15	7,32	8,53	22	25

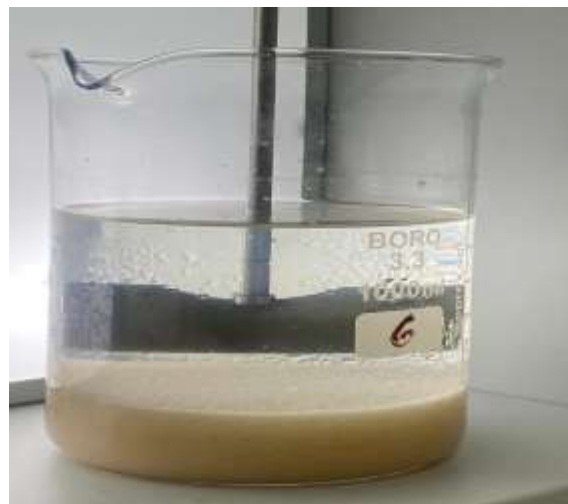
Fuente: Elaborado por autoras

4.5.1 Dosis Óptima

Luego de haber hecho un sinnúmero de pruebas para alcanzar la dosis óptima, en la muestra 18 que se evidencia en la tabla 20 nos demuestra los valores recomendados para obtener una remoción eficaz de los contaminantes que se encuentran en el agua analizada a continuación en el gráfico 8 se evidencia la muestra eficiente.

En esta muestra se agregaron 65 ml de sulfato de Aluminio al 1% como coagulante y 5 ml de floculante, ver gráfico.

Gráfico 8. Muestra con dosis óptima



Fuente: Elaborado por autoras

4.5.2 Caracterización del Agua Tratada

Luego de haber obtenido la dosis óptima se realizó la respectiva caracterización; en la tabla 21 se evidencian la comparación de los resultados del agua antes de ser tratada y después.

Tabla 21. Comparación del agua

No.	Parámetro	Resultado Antes de ser tratada mg/l	Después de ser tratada mg/l
1	Sólidos suspendidos totales	240,20	35,26
2	Sólidos Totales	1,756,43	270,65
3	Sólidos Sedimentables	8	0,5
4	Aceites y grasas	95	4,34
5	Fósforo total (P)	26,37	2,90
6	Nitrógeno Total kjedhal (N)	73,27	3,45
7	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	1,420	120,73
8	Sulfuros (S ²⁻)	> 10.8	< 1.0
9	Cloruros (Cl)	5,362	250,23

Fuente: Elaborada por autoras

4.6 Gráficos Estadísticos antes y después de la Tratabilidad

Gráfico 9. Sólidos suspendidos totales



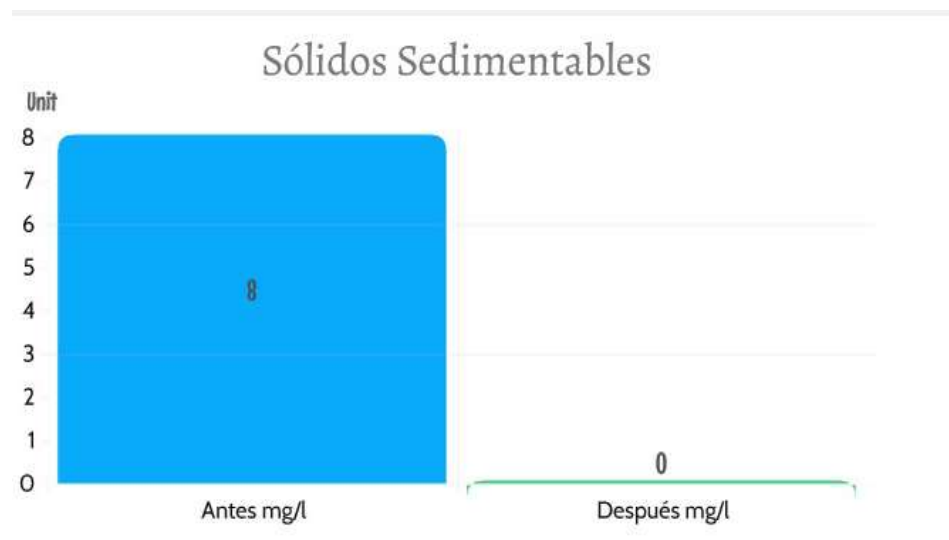
Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 10. Sólidos Totales



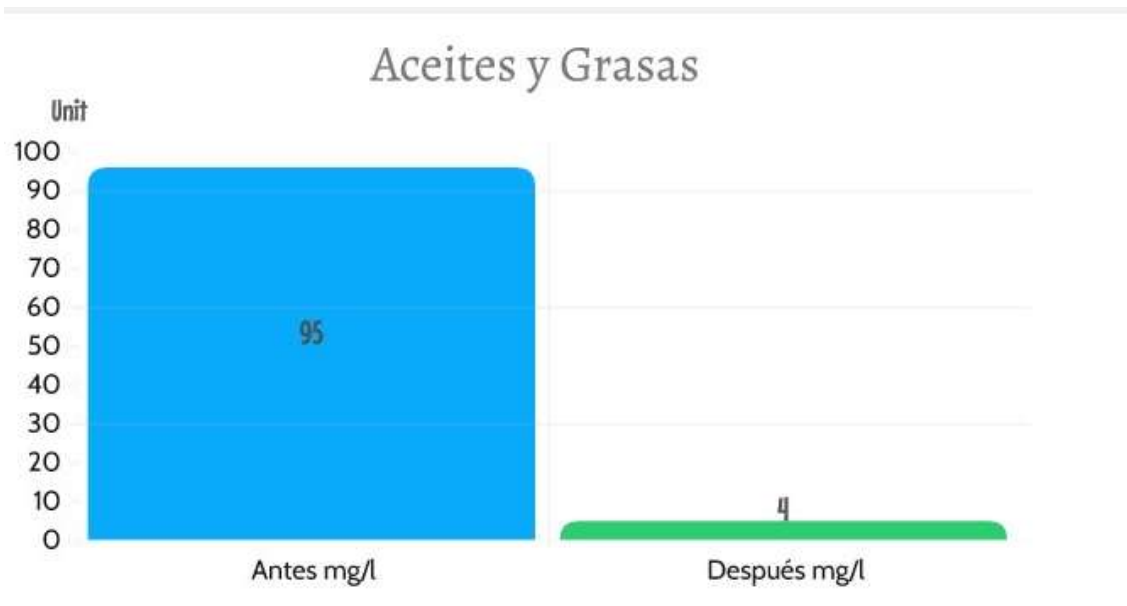
Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 11. Sólidos sedimentables



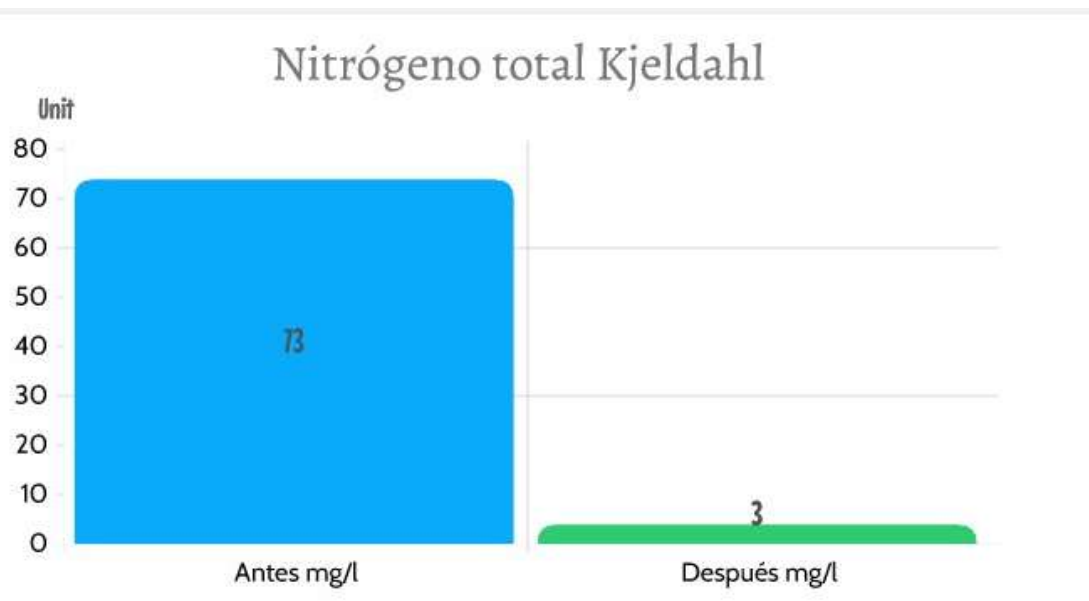
Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 12. Aceites y Grasas



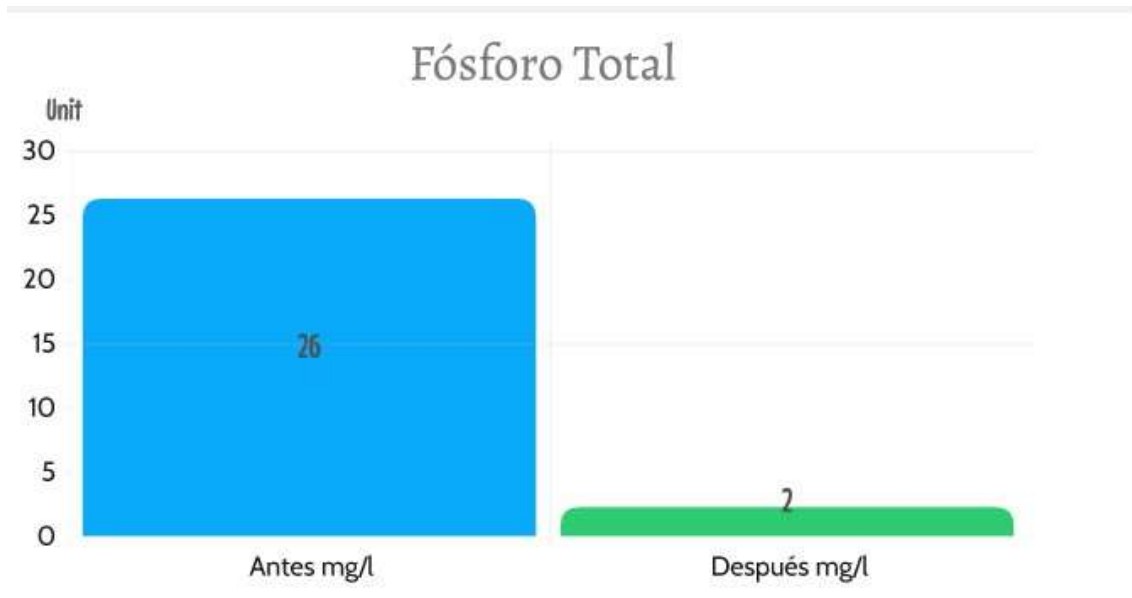
Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 13. Nitrógeno total Kjeldahl



Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 14. Fósforo Total (P)



Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 15. Sulfuros



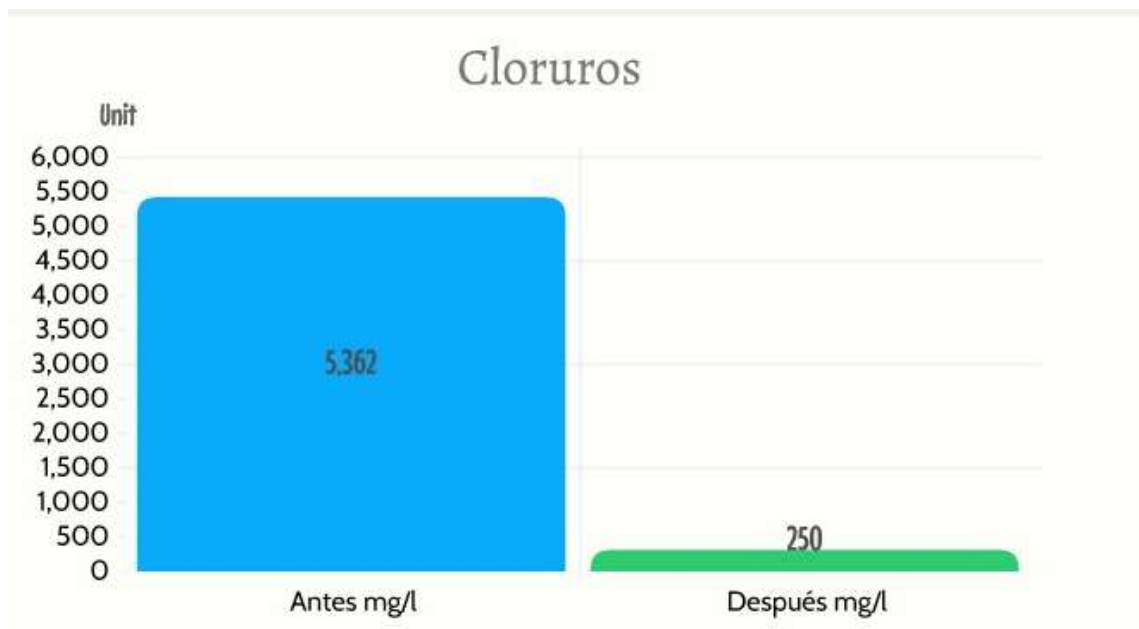
Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 16. Sulfatos



Fuente: Elaborado por autoras

Gráfico 17. Cloruros



Fuente: Elaborado por autoras

La Tabla 22 nos muestra el análisis para la obtención de los resultados de los parámetros, haciendo uso de muestras de agua residual tratada enviadas a IPSOMARY S.A, laboratorio con acreditación ISO17025 en donde ofrecen servicios ambientales.

Tabla 22. Resultado de ponderación de parámetros en muestras de agua residual tratada. Enviadas al laboratorio externo.

3/Agosto/2023			
No.	Parámetro	Resultado Antes de la tratabilidad	Resultado después de la tratabilidad
1	DBO ₅	1,035	150,92
2	DQO	2,270	360,20
3	Compuestos fenólicos	0.051	0,029
4	Tensoactivos	10.070	1.15

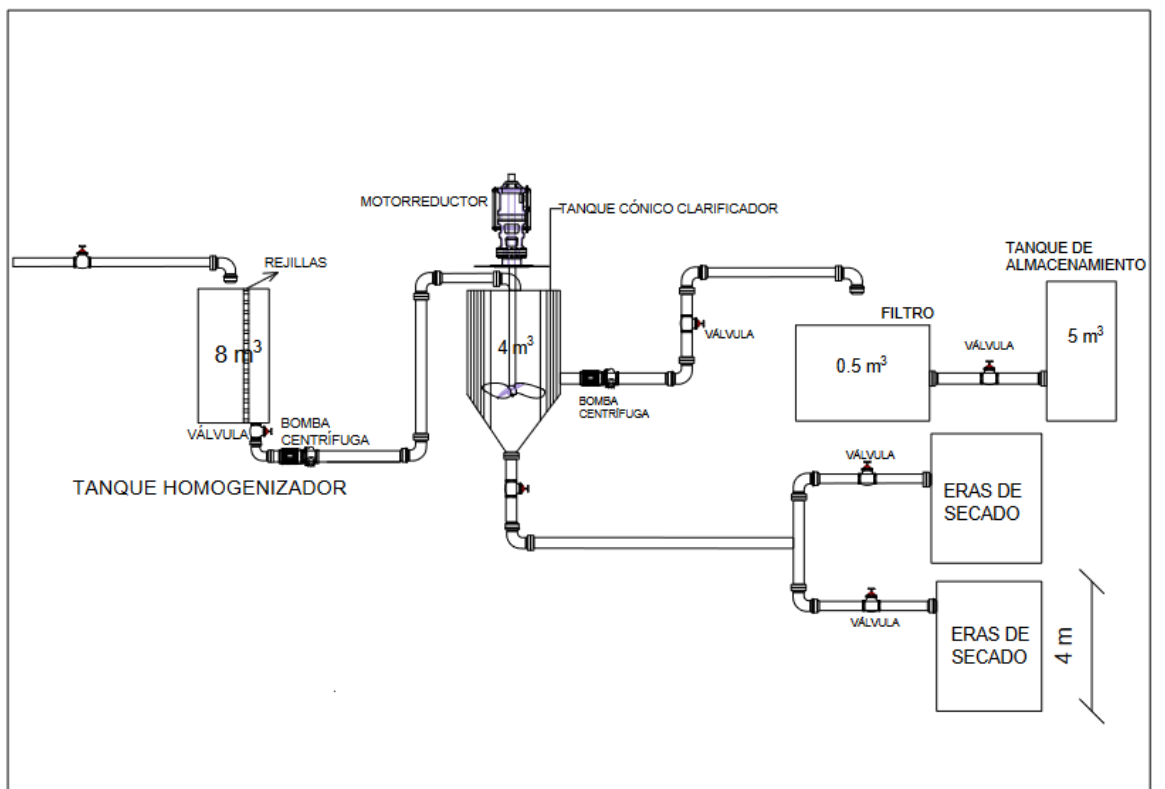
Fuente: Elaborado por Autoras

4.7 Diagrama de la propuesta de tratabilidad

El siguiente diagrama presente en el gráfico 9 representa el proceso de elección e implementación de distintos métodos de tratamiento. Donde se abarcan técnicas como filtración, sedimentación, procedimientos químicos (coagulación, floculación) y desinfección.

De esta manera se examinan la efectividad de los procedimientos de tratamiento y cómo se contrastan con los gastos relacionados. Esto engloba elementos como el uso de energía, la cantidad de sustancias químicas empleadas y los costos operativos en general.

Gráfico 18. Diagrama de la propuesta de tratabilidad



Fuente: Elaborado por autoras

4.8 Rubro de los materiales y equipos

Para la construcción de la unidad de tratamiento de acuerdo con las pruebas experimentales de tratabilidad requerimos los materiales y equipos descritos en la tabla 23 rubro de materiales y equipos.

Tabla 23. Rubro de materiales y equipos

Rubro de Materiales y Equipos			
Cantidades Requeridas	Descripción del producto	Valor unitario en	TOTAL
1	válvulas y tuberías	\$ 1.890,30	\$ 1.890,00
1	Tanque Homogenizador	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
2	Eras de Secado	\$ 4.500,00	\$ 9.000,00
1	Tanque Clarificador	\$ 8.300,00	\$ 8.300,00
1	Filtro	\$ 3.590,00	\$ 3.590,00
1	Cerramiento de la Planta	\$ 6.876,80	\$ 6.876,80
1	Motor Reductor	\$ 4.892,00	\$ 4.892,00
1	Tanque de almacenamiento	\$ 5.420,00	\$ 5.420,00
2	Bombas Centrífugas	\$ 4.800,00	\$ 9.600,00
TOTAL			\$51.068,80

Fuente: Elaborado por las autoras.

4.8 Plan financiero

Para la ejecución del proyecto de la estación depuradora del agua residual generada en las instalaciones de la empresa empacadora de mariscos ubicada en Guayaquil, se ha realizado un plan financiero que permita a la entidad tomar una decisión.

4.8.1 Terreno y obras civiles

Gráfico 19. Terreno y obras civiles

TERRENOS Y OBRAS CIVILES			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
		metros cuadrados	
Terreno	70	200	14.000,00
Homogenizador	1500	1	1.500,00
Cerramiento	4892	1	4.892,00
Eras de secado	2250	2	4.500,00
Piso	13	200	2.600,00
Instalación de puntos eléctricos	30	6	180,00
TOTAL			27.672,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.2 Maquinaria, Mobiliarios y equipos

Gráfico 20. Maquinaria, Mobiliarios y equipos

MAQUINARIAS, MOBILIARIOS Y EQUIPOS			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Tuberías y Válvulas	1.890,30	1	1.890,30
Homogenizador	8.300,00	1	8.300,00
Filtro	3.590,00	1	3.590,00
Motor reductor	6.876,80	1	6.876,80
Bombas centrifugas	2.710,00	3	8.130,00
TOTAL			28.787,10

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.3 Otros Activos

Gráfico 21. Otros Activos

OTROS ACTIVOS			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Carbón activo	50,00	500	25.000,00
		0	0,00
TOTAL			25.000,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.4 Materiales Directos

Gráfico 22. Materiales Directos

MATERIALES DIRECTOS			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Sulfato de Aluminio	1	4.000,00	4.000,00
Cal	2	570,00	1.140,00
Cloro	0,5	960,00	480,00
Polimero	8,5	1.000,00	8.500,00
			0,00
			0,00
TOTAL			14.120,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.5 Mano de obra directa

Gráfico 23. Mano de obra directa

MANO DE OBRA DIRECTA			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Empleados	9.600,00	1	9.600,00
Operarios	7.000,00	1	7.000,00
TOTAL			16.600,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.6 Costo Directos de Producción

Gráfico 24. Costo Directos de Producción

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Mantenimiento	390,00	12	4.680,00
Energía	50,00	12	600,00
Servicios	45,00	12	540,00
TOTAL			5.820,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.7 Costos Indirectos de Producción

Gráfico 25. Costos Indirectos de Producción

COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Guardián	6.500,00	1	6.500,00
Contratista	0,00	0	0,00
TOTAL			6.500,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.8 Costos Totales de Producción

Gráfico 26. Costos Totales de Producción

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION			
REF.	CONCEPTO	VALOR	%
ANEXO 5	MATERIALES DIRECTOS	14.120,00	32,81
ANEXO 6	LABOR DIRECTA	16.600,00	38,57
ANEXO 6.1	COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION	5.820,00	13,52
ANEXO 7	COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION	6.500,00	15,10
TOTAL		43.040,00	100,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.9 Gastos Generales

Gráfico 27. Gastos Generales

GASTOS GENERALES		
CARGO	PROMEDIO MENSUAL	ESTIMADO ANUAL
Energía eléctrica y agua	50	600,00
Materiales de oficina	50	600,00
	TOTAL	1.200,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.10 Costos Totales

Gráfico 28. Costos Totales

COSTOS TOTALES			
REF.	CONCEPTO	VALOR	%
ANEXO 8	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	43.040,00	97,29
ANEXO 9	GASTOS ADMINISTRATIVOS GENERALES	1.200,00	2,71
ANEXO 10	GASTOS DE VENTAS	0,00	0,00
TOTAL		44.240,00	100,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.11 Capital de Trabajo

Gráfico 29. Capital de Trabajo

CAPITAL DE TRABAJO			
REF.	CONCEPTO	VALOR	%
ANEXO 5	MATERIALES DIRECTOS	14.120,00	31,92
ANEXO 6	LABOR DIRECTA	16.600,00	37,52
ANEXO 6.1	COSTO DIRECTO DE PRODUCCION	5.820,00	13,16
ANEXO 7	COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION	6.500,00	14,69
ANEXO 9	GASTOS ADMINISTRATIVOS	1.200,00	2,71
	TOTAL	44.240,00	100,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.8.12 Clasificación de los costos

Gráfico 30. Clasificación de los costos

CLASIFICACION DE LOS COSTOS				
REFERENCIA	RUBRO	TOTAL	FIJO	VARIABLE
ANEXO 5	MATERIALES DIRECTOS	14.120,00		633.162,00
ANEXO 6	LABOR DIRECTA	16.600,00	19.200,00	
ANEXO 6.1	COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION	5.820,00	21.600,00	
ANEXO 7	COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION	6.500,00	21.600,00	
ANEXO 9	GASTOS ADMINISTRATIVOS	1.200,00	75.960,00	
	TOTAL GASTOS	44.240,00	138.360,00	633.162,00

Fuente: Elaborada por autoras

4.9 Análisis de la propuesta de Tratabilidad

Ph

El resultado inicial del pH obtenido en la prueba antes de ser tratada fue de 7 y luego de realizarle el proceso de tratabilidad su ponderación alcanzo un valor de 8. El resultado final se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en la tabla No. 8- Limites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público, del Acuerdo Ministerial 097-A.

Sólidos Suspendidos

En la evaluación previa al tratamiento, los sólidos suspendidos totales se encontraron en 240,20 mg/l, pero después del tratamiento, disminuyeron a 35,26 mg/, teniendo un rango de remoción del 85% un valor bastante viable para el tratamiento de este tipo de aguas residuales, Sin embargo, la Tabla No. 8 de los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público, concretos en el Acuerdo Ministerial 097-A, establece que el valor final si cumple con la normativa.

Sólidos Totales

El resultado inicial de la prueba antes del tratamiento fue de 1,756,43 mg/l en relación a los sólidos totales, y después del tratamiento, el valor disminuyó a 270,65 mg/l. obteniendo un grado de remoción del 15%, alcanzando el límite máximo permitido según la tabla que se encuentran establecidas en el anexo 1.

Sólidos sedimentables

Antes del tratamiento, los sólidos sedimentables tenían un valor inicial de 8 mg/l, pero después del tratamiento, disminuyó a 0,5 mg/l. Afortunadamente, los estándares establecen que el valor final está dentro del límite máximo permitido.

Aceites y grasas

Respecto a los aceites y grasas, el valor inicial obtenido antes del tratamiento fue de 95 mg/l, y después del proceso de tratabilidad, su valor disminuyó a 4,34 mg/l. Sin embargo, el valor final ajustándose con éxito al límite máximo permitido por los estándares establecidos.

Fósforo Total (P)

Antes del tratamiento, el valor inicial del fósforo total era de 26,37 mg/l, sin embargo, después del tratamiento, disminuyó a 2,90 mg/l. cumpliendo con el límite máximo según la normativa.

Nitrógeno Total Kjedhal (N)

Tenía un valor inicial de 73,27 mg/l, pero se redujo a 3,45 mg/l después del tratamiento. Afortunadamente, el valor final no supera el límite máximo permitido por los estándares.

Sulfatos (SO_4^{2-})

El valor de los sulfatos (SO_4^{2-}) era de 1,420 mg/l, pero después del tratamiento, disminuyó a 120,73 mg/l. alcanzando el límite máximo permitido.

Sulfuros (S^{2-})

Tenían valores superiores a 10,8 mg/l, pero después del tratamiento, disminuyeron a menos de 1,0 mg/l. Sin embargo, el valor final no supera el límite máximo permitido, por lo que cumple con la normativa.

Cloruro (Cl^-)

Antes del tratamiento, el valor era de 5,362 mg/l, pero luego se redujo a 250,23 mg/l después del tratamiento, teniendo un resultado vigoroso.

DBO₅

El valor inicial antes del tratamiento fue de 1,035 mg/l y después con dosis óptima tuvo una disminución de 150,92 mg/l para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Teniendo un rango de remoción del 85%, un valor bastante eficaz en la tratabilidad de este tipo de agua.

DQO

De manera similar, en el caso de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los valores proporcionados fueron de 2,270 mg/l, cabe recalcar que luego tuvo una reducción de 360,20 mg/l, teniendo como resultado un rango de remoción del 84%. Cumpliendo de manera eficaz con la normativa establecida en el anexo 1.

Tensoactivos

Para el análisis de Tensoactivos se inició con un valor de 10.070, teniendo como resultado final luego del tratamiento un 1.15 mg/ l, de esta manera se observa una disminución bastante eficiente, cumpliendo con el límite máximo permitido según los estándares establecidos en la Tabla No. 8 de los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público, establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A

Compuestos fenólicos

Antes de la tratabilidad el agua contenía un valor de compuesto fenólicos de 0,051 mg/l teniendo un valor factible para el cumplimiento de las normativas, cabe destacar que tras la tratabilidad se obtuvo un valor mucho más eficiente de 0,029 mg/l cumpliendo con el límite máximo permitido establecidos en la Tabla No. 8 de los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público, establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.

5. Conclusiones

Para llegar a estas conclusiones nos basamos en el cumplimiento de los objetivos planteados, por lo cual se ejecutó este estudio de tratabilidad.

En conclusión, el análisis completo del agua residual producida por esta compañía que se dedica al procesamiento de mariscos nos permitió identificar y cuantificar cuales son las propiedades físicas y químicas que contribuyen a su carga contaminante.

Los estudios en las pruebas realizadas nos proporcionaron un entendimiento más detallado de los elementos presentes en el agua residual, lo cual significo un aspecto esencial para así abordar de manera eficaz el proceso de tratabilidad del agua.

La combinación de diferentes etapas de operaciones unitarias empleadas para evaluar la tratabilidad logró demostrar ser una estrategia prometedora para diseñar un proceso de descontaminación eficiente. La implementación de un sistema de tratamiento altamente eficaz será más fácil con esta estrategia completa. Mediante La evaluación sistemática de los resultados obtenidos de las pruebas de jarras ha permitido ajustar y optimizar el proceso de tratamiento. Esto ha llevado a una mayor eficiencia en la eliminación de contaminantes y en la producción de agua tratada de alta calidad.

El análisis financiero obtenido fue exhaustivo a través de los costos asociados al tratamiento se proporcionó una comprensión clara sobre la viabilidad del proyecto de descontaminación del agua residual. Para las evaluaciones se tomaron en cuenta tanto los costos operativos como los de inversión, mismos cuales permitieron una valoración precisa de la sustentabilidad financiera a largo plazo. Este enfoque es crucial porque así se pudieron tomar decisiones informadas y garantizar que el proyecto sea económicamente viable.

6. Recomendaciones

Las recomendaciones para llevar a cabo este estudio de manera efectiva según nuestros resultados es reconocer cuales son los tipos de contaminantes presentes en el agua que evacua la empresa. Y optar por métodos que estén basados en los resultados obtenidos durante la caracterización de las aguas.

Considerar factores como el caudal de agua residual, el espacio disponible, la disposición final del efluente tratado y la automatización del sistema.

Es vital asegurarnos de que la empresa esté cumpliendo con todas las regulaciones y/o normativas ambientales así mismo obtener los permisos necesarios de las autoridades ambientales locales antes de implementar el sistema de tratamiento.

Una vez que el sistema de tratamiento esté en funcionamiento, establece un programa de monitoreo continuo para asegurarte de que esté operando de manera eficiente y cumpliendo con los estándares establecidos.

Para concluir es beneficioso realizar capacitación al personal que estará a cargo de operar y mantener el sistema de tratamiento.

Bibliografías

Bravo, J. M. (2012). *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de Tratamiento de aguas residuales industriales:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1630/2/TESIS.ING.AMBIENTAL.pdf>

LEON, X. G. (2012). *Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Naturales*.

Obtenido de Evaluación Ambiental de una empacadora de camarones (*litopenaeus vannamei*):

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11946/1/TESIS%20AMBIENTAL%20GARCIA%20XAVIER%202012.pdf>

Mollons, I. E. (s.f.). *SMAC*. Obtenido de Estudios de Tratabilidad: [https://smac.es/estudios-de-](https://smac.es/estudios-de-tratabilidad/#:~:text=Una%20buena%20parte%20de%20los,en%20soluci%C3%B3n%20o%20en%20suspensi%C3%B3n)

[tratabilidad/#:~:text=Una%20buena%20parte%20de%20los,en%20soluci%C3%](https://smac.es/estudios-de-tratabilidad/#:~:text=Una%20buena%20parte%20de%20los,en%20soluci%C3%B3n%20o%20en%20suspensi%C3%B3n)

[B3n%20o%20en%20suspensi%C3%B3n](https://smac.es/estudios-de-tratabilidad/#:~:text=Una%20buena%20parte%20de%20los,en%20soluci%C3%B3n%20o%20en%20suspensi%C3%B3n).

Report, N. S. (Septiembre de 2021). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de [https://www.nijhuisindustries.com/assets/uploads/Informe-de-la-Industria- Pesquera-V](https://www.nijhuisindustries.com/assets/uploads/Informe-de-la-Industria-Pesquera-V).

CIDTA. (Junio de 2003). Características de las aguas residuales. Obtenido de [USAL.ES: http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF](http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF)

FAO. (2015). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA -LIBRO VI ANEXO 1. Obtenido de FAO:

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Barba OH, L. E. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Obtenido de Universidad del Valle:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>

MAE. (2015). *gob.ec*. Obtenido de NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA -LIBRO VI ANEXO 1

:https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_RegistroOficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Andía, Y. (2000). *Tratamiento de agua. Coagulación y Floculación*. Obtenido de SEDAPAL, Ed: <https://bit.ly/2KKb00T>

Galvín, R. M. (1998). "Jar-test" en el tratamiento de aguas: Una valiosa herramienta. *Empresa Municipal de aguas de Córdoba*, 1-15.

Ortiz-Dosal, L. C., & Angeles-Robles, M. G. (2019). Prueba de jarras (jar test). *ResearchGate*, 1-7.

Químicos, Y. (2023). *Equipo para pruebas de Jarras Y-Q*. Obtenido de Yareth Químicos: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://yarethquimicos.com/Dowloand/Floculador-test%20de%20jarras/Manual-floculador/Manual_Floculador_%20test_de_jarras_%202_puestos_YARETH_QUIMICOS_LTDA.pdf

Restrepo, H. (2009). *Evaluación de proceso de Coagulación- Floculación de una planta de agua potable*. Obtenido de U. N. Colombia, Ed: http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf

ANEXOS

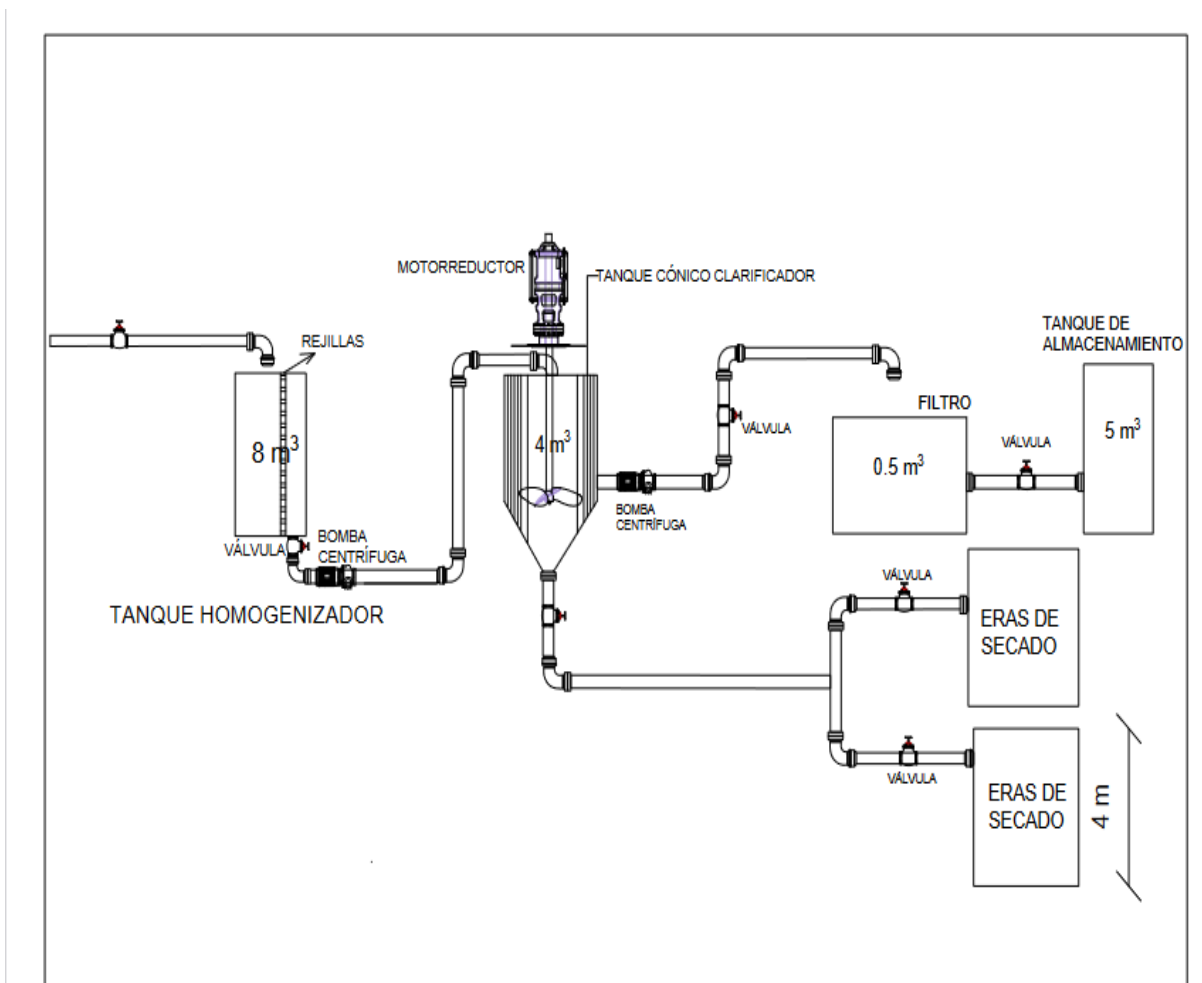
*Anexo I***Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0

Sulfatos	SO_4^{2-}	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Nota* Tomado de MAE. (2015).

Anexo 2 Diagrama de la propuesta de tratabilidad



Fase 1. Muestreo compuesto y registro de datos *In Situ*.

Anexo 3 Improvisación de un tipo de trampa para impedir el paso del agua y posteriormente lograr las tomas de muestra.



Anexo 4 Llenado de caneca resultante del muestreo en intervalos predeterminados.



Anexo 5 Análisis de parámetros en el mismo lugar en donde fue captada cada muestra.



Anexo 6 Medición de pH.



Anexo 7 Registro de datos de la medición de los parámetros de pH, temperatura y conductividad eléctrica.



Anexo 8 Registro de datos.



Anexo 9 Registro de información



Fase 2. Realización de tratabilidad del agua en laboratorios de la universidad.

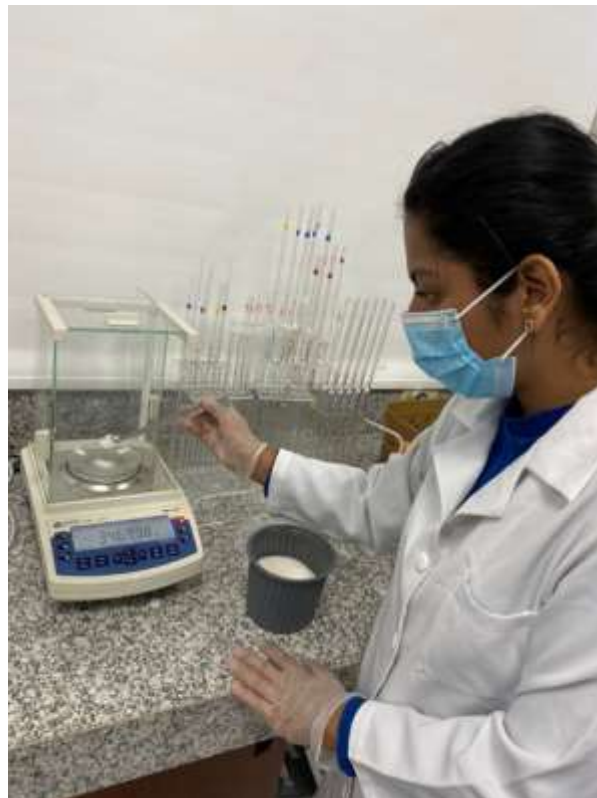
Anexo 10 Colocación del agua en cada uno de los vasos de precipitación usados en el test de jarra



Anexo 11 Colocación de los vasos de precipitado en el floculador de laboratorio de 6 puestos.



Anexo 12 Pesado de dosis de reactivo para preparación de sulfato de aluminio al 10%.



Anexo 13 Dilución de reactivo en agua desionizada



Anexo 14 Agitación manual de floculante



Anexo 15 Pesado de reactivo para preparación de cal líquida.



Anexo 16 Medición de pH del agua por segunda vez de la muestra compuesta ya homogenizada.



Anexo 17 Agregado de solución cal a las muestras de aguas para elevar el pH.



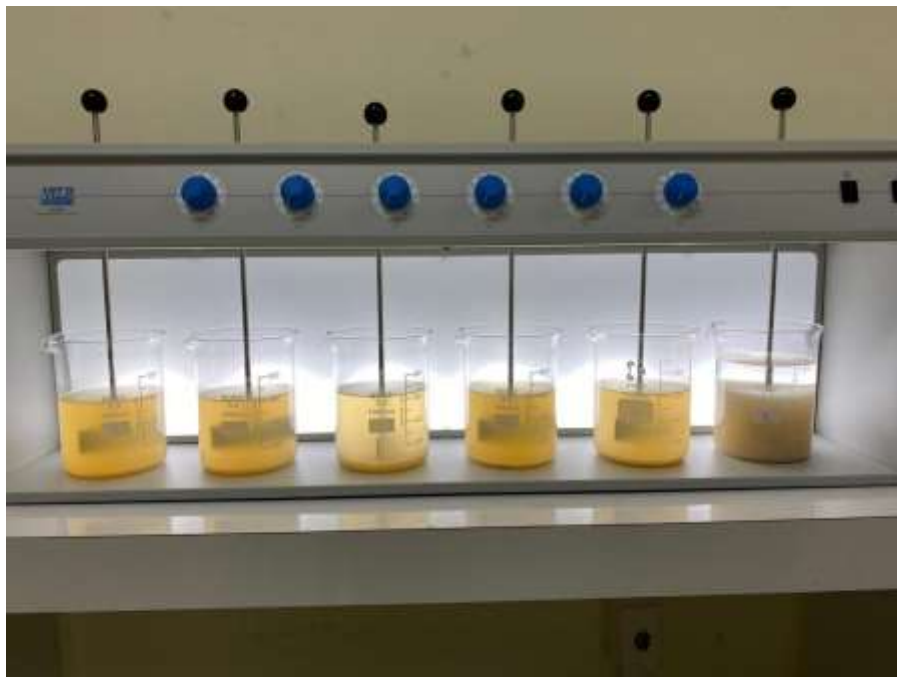
Anexo 18 Incorporación de reactivo sulfato de aluminio al 1% a las muestras de agua.



Anexo 19 Integración de reactivo sulfato de aluminio al agua.



Anexo 20 Pruebas de jarra # 1 en reposo realizadas el 29/junio/2023.



Anexo 21 Pruebas de jarra # 2 realizada el 30 de junio del 2022.



Anexo 22 Toma de pH para su posterior ajuste.



Anexo 23 Ajustado el pH se incorporan solución floculante a la muestra de agua.



Anexo 24 Test de jarra final del análisis 2 – 30 de junio del 2023.



Anexo 25 Inicio pruebas de jarra #3 – 30 de junio del 2023.



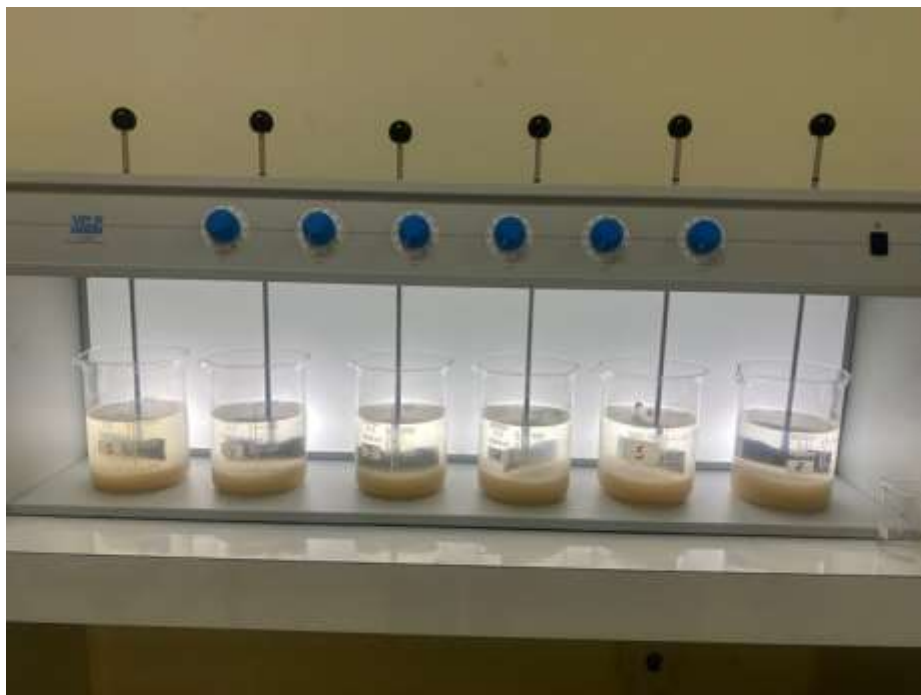
Anexo 26 Adición de sulfato de aluminio a las nuevas pruebas.



Anexo 27 Pruebas en agitación y luego en reposo.



Anexo 28 Test de jarra final, se logró encontrar la dosis óptima.



Fase 3. Análisis de demás parámetros.

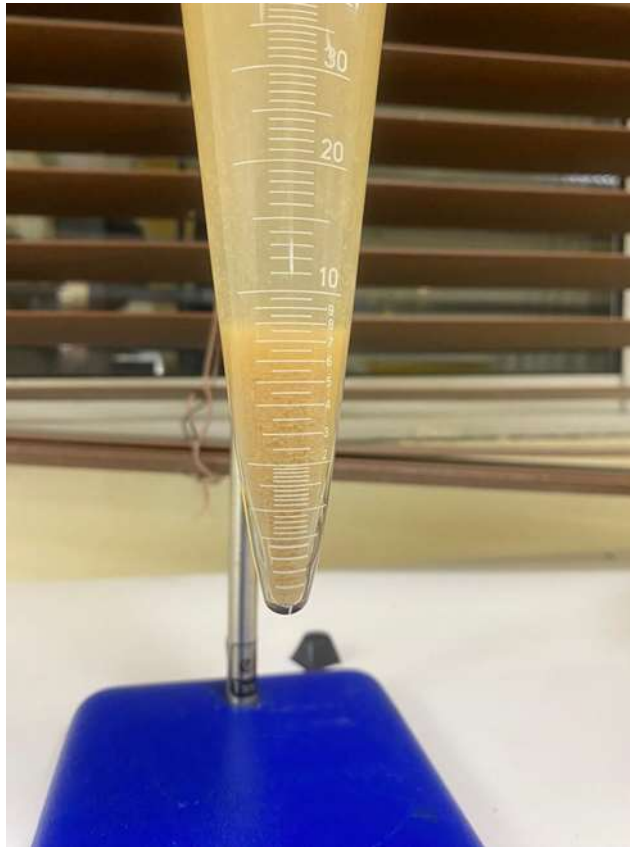
Anexo 29 Determinación de solidos sedimentables.



Anexo 30 Solidos sedimentables en reposo



Anexo 31 Resultado final en ml de sólidos sedimentables.



Anexo 32 Análisis Nitrógeno total de Kjeldahl.



Anexo 33 Introducción del agua en tubo de ensayo.



Anexo 34 Preparación de muestras



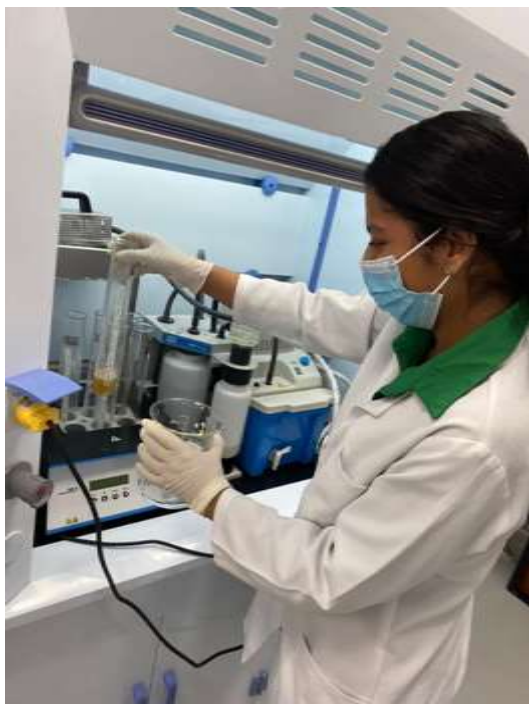
Anexo 35 Uso de sustancias de laboratorio.



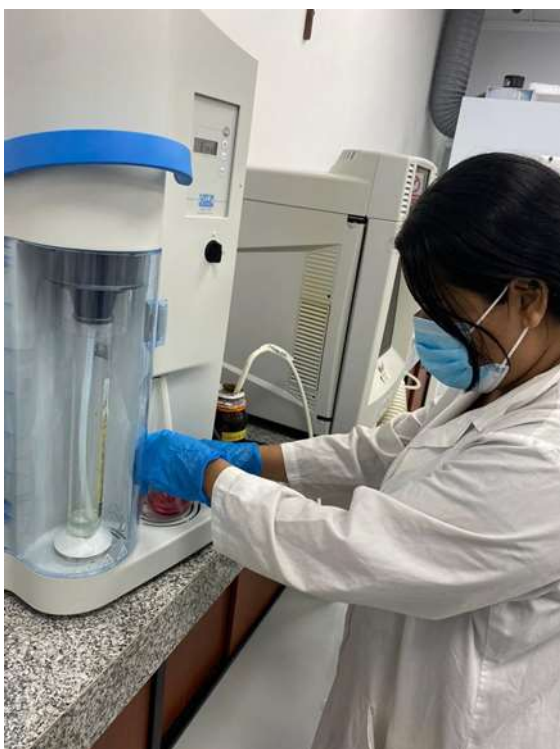
Anexo 36 Variantes químicas empleadas en laboratorio.



Anexo 37 Muestras sometidas a proceso de digestión variando tanto la temperatura como el tiempo.



Anexo 38 Una vez culminada la digestión continuamos con la destilación.



Anexo 39 Resultante de las muestras habiendo culminado la etapa de destilación



Anexo 40 Titulación de las muestras.



Anexo 41 Valoración de los sólidos suspendidos,



Anexo 42 Resultado de una de las muestras que fueron expuestas al secado en horno.



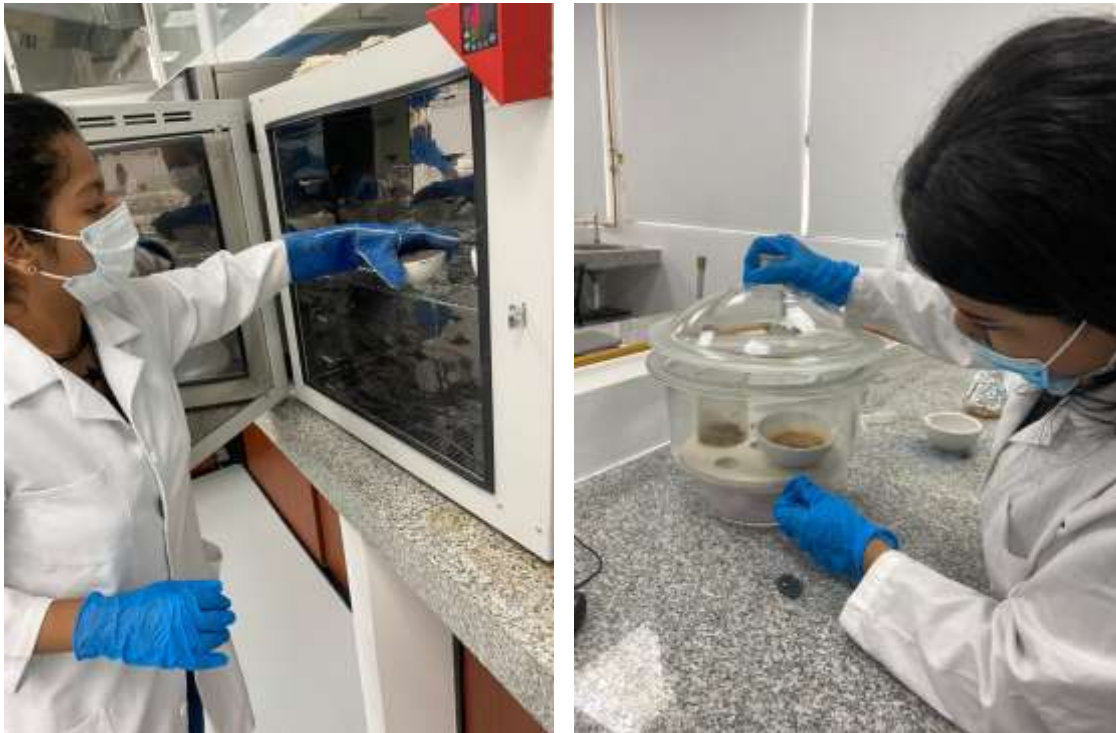
Anexo 43 Obtención de resultados de sólidos Totales



Anexo 44 Realización del proceso indicado para obtener ponderación de sólidos suspendidos.



Anexo 45 Muestras sometidas al horno de secado y luego depositadas en el desecador para su enfriamiento.



Anexo 46 Resultado final de sólidos en suspensión.



Anexo 47 Medición de Caudal



Anexo 48 Agua con dosis óptima

