PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

Escuela de Posgrado

Tratamiento de efluentes de lavandería doméstica mediante *Opuntia ficus-indica*

Tesis para obtener el grado académico de

Maestra en Química que presenta:

Erika Vanesa Llacsahuanga Alfaro

Asesor:

Dr. Maynard Jorge Kong Moreno

Lima, 2024

Informe de Similitud

Yo, Maynard Jorge Kong Moreno, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis de investigación titulado ***Tratamiento de efluentes de lavandería doméstica mediante Opuntia ficus-indica***, de la autora Erika Vanesa Llacsahuanga Alfaro, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 19 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 30/09/ 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 30 de septiembre de 2024.

Apellidos y nombres del asesor: Kong Moreno, Maynard Jorge	
DNI: 06391106	Firma
ORCID: 0000-0001-5789-3063	

DEDICATORIA

A Dios quien nos concede cada día el hermoso milagro de la vida.

A nuestro planeta Tierra, nuestro hogar, porque nuestra huella de carbono generada en todas nuestras actividades a lo largo de nuestra vida se dé con un mínimo impacto y se mantenga siempre el equilibrio y la armonía.

A mi esposo Carlos y mis hijos Carla y Gabriel por el gran apoyo e inspiración en la realización de esta investigación.

AGRADECIMIENTO

Mi gran agradecimiento a mi asesor, Dr. Maynard Jorge Kong Moreno, por su gran apoyo, orientación y comprensión a lo largo de la elaboración de la presente tesis.

A los maestros integrantes del jurado examinador y calificador:
Dra. Emma Patricia Morales Bueno
Dra. Maribel Giovana Guzmán Córdova
Muchas gracias por su apoyo y observaciones

Gracias sinceras a cada uno de los maestros del Departamento Académico de Ciencias – Sección Química de la Pontificia Universidad Católica del Perú, por las enseñanzas compartidas alrededor de todos los años brindados.

RESUMEN

Se estudió el efecto coagulante de la penca de tuna *Opuntia ficus-indica* en la forma de licuado, así como el efecto sinergizante del alumbre, como método de tratamiento de efluentes de lavandería doméstica.

Se instaló un sistema de tratamiento de fácil manejo domiciliario, el cual consistía en un tanque de almacenamiento de 250 L donde se realizó y evaluó la coagulación por parte del licuado de la tuna con un tiempo de reposo de 48 h, seguido finalmente por una etapa de filtración con algodón, piedra y arena.

Se evaluó inicialmente el efecto purificador (coagulación – filtración) por parte de la tuna, *Opuntia ficus-indica* con el primer enjuague de lavado de 62.5 L, empleando cantidades de 100 g, 200 g, 400 g y 800 g de la penca licuada, frente al grupo control. Se obtuvo el mejor resultado del efecto purificador del efluente con el uso de 200 g de penca de tuna licuada en 62.5 L de efluente de lavandería doméstica.

Se desarrolló un sistema de uso domiciliario con biocoagulante eficaz para el tratamiento de efluentes de lavandería doméstica, sustituyendo a los coagulantes químicos convencionales utilizados en el tratamiento de aguas residuales, proporcionando alternativas tecnológicas amigables con el medio ambiente que generan menos contaminantes y mejor reutilización del agua.

En cuanto al tratamiento del enjuague total final o ciclo completo de lavado de 250 L, se evaluó el efecto purificador (coagulación – filtración) por parte de la tuna, *Opuntia ficus-indica*, empleando cantidades de 100 g, 200 g, 400 g y 800 g, frente al grupo control.
Se obtuvo el mejor resultado de efecto purificador del efluente con el uso de 200 g de penca de tuna licuada en 250 L de efluente de lavandería doméstica.

Se evaluó el efecto purificador sinergizante (coagulación – filtración) de alumbre, adicionando al tratamiento con tuna, *Opuntia ficus-indica,* con el primer enjuague de lavado de 62.5 L, empleando cantidades de 100 g, 200 g, 400 g y 800 g del concentrado de la penca licuada, así como 5625 mg de alumbre frente al grupo control.
Se obtuvo el mejor resultado del efecto purificador del efluente con el uso de 200 g de penca de tuna licuada con alumbre en 62.5 L de efluente de lavandería doméstica.

Se evaluó el efecto purificador sinergizante (coagulación – filtración) del alumbre, en el enjuague total al final o ciclo completo de lavado de 250 L, se evaluó el efecto purificador (coagulación – filtración) por parte de la tuna, *Opuntia ficus-indica*, empleando cantidades de 100 g, 200 g, 400 g y 800 g, así como 22500 mg de alumbre frente al grupo control.
Se obtuvo el mejor resultado de efecto purificador del efluente con el uso de 200 g de penca de tuna licuada con alumbre en 250 L de efluente de lavandería doméstica.

Se evaluó el grado de purificación del efluente tratado con los análisis de parámetros como la DQO (demanda química de oxígeno), pH, sólidos totales y sulfatos.

Los resultados fueron comparados frente a un tratamiento convencional de la sustancia coagulante como lo es el cloruro férrico.

ABSTRACT

The coagulant effect of the prickly pear stalk *Opuntia ficus-indica* in liquefied form was studied, as well as the synergizing effect of alum, as a method of treatment of domestic laundry effluents.

An easy-to-use treatment system was installed at home, which consisted of a 250 L storage tank where coagulation was performed and evaluated by the prickly pear liquefaction with a resting time of 48 h, finally followed by a filtration stage with cotton, stone and sand.

The purifying effect (coagulation – filtration) of the prickly pear, *Opuntia ficus-indica*, was initially evaluated with the first wash rinse of 62.5 L, using amounts of 100 g, 200 g, 400 g and 800 g of the liquefied stalk, compared to the control group. The best result of the effluent purification effect was obtained with the use of 200 g of liquefied prickly pear stalk in 62.5 L of domestic laundry effluent.

A system for home use with effective biocoagulant was developed for the treatment of domestic laundry effluents, replacing conventional chemical coagulants used in wastewater treatment, providing environmentally friendly technological alternatives that generate fewer pollutants and better water reuse.

Regarding the treatment of the final total rinse or complete wash cycle of 250 L, the purifying effect (coagulation – filtration) of the prickly pear, *Opuntia ficus-indica*, was evaluated, using quantities of 100 g, 200 g, 400 g and 800 g, compared to the control group.
The best result of the effluent purification effect was obtained with the use of 200 g of liquefied prickly pear stalk in 250 L of domestic laundry effluent.

The synergizing purifying effect (coagulation – filtration) of alum was evaluated, adding *Opuntia ficus-indica* to the prickly pear treatment, with the first wash rinse of 62.5 L, using quantities of 100 g, 200 g, 400 g and 800 g of the liquefied stalk concentrate, as well as 5625 mg of alum compared to the control group.
The best result of the purifying effect of the effluent was obtained with the use of 200 g of prickly pear stalk liquefied with alum in 62.5 L of domestic laundry effluent.

The synergizing purifying effect (coagulation – filtration) of the alum was evaluated, in the total rinsing at the end or complete washing cycle of 250 L, the purifying effect (coagulation – filtration) by the prickly pear, *Opuntia ficus-indica*, using amounts of 100 g, 200 g, 400 g and 800 g, as well as 22500 mg of alum compared to the control group.
The best result of the effluent purification effect was obtained with the use of 200 g of prickly pear stalk liquefied with alum in 250 L of domestic laundry effluent.

The degree of purification of the treated effluent was evaluated with the analysis of parameters such as COD (chemical oxygen demand), pH, total solids and sulfates.

The results were compared with a conventional treatment of the coagulant substance such as ferric chloride.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INDICE DE CONTENIDO	5
INDICE DE TABLAS	9
INDICE DE FIGURAS	15
SIMBOLOS Y ABREVIATURAS	19
I. INTRODUCCIÓN	21
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	23
III. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	24
IV.APORTE Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	25
V. OBJETIVOS	
5.1 Objetivo general	26
5.2 Objetivos específicos	26
VI.FUNDAMENTO TEORICO	27
6.1 Características económicas de Lima	27
6.2 Normativa	28
6.3 Definiciones	29
6.3.1 Desagües urbanos	29
6.3.2 Efluente residual industrial	29
6.3.3 Efluente residual doméstico	29
6.3.3.1 Clasificación	29
6.3.3.1.1 Agua negra	29
6.3.3.1.2 Aguas grises	29
6.3.3.2 Tipos de contaminantes	32
6.3.3.3.1 Características físicas	32
6.3.3.3.2 Características químicas	32
6.3.4 Los tensioactivos	34

6.3.4.1 Tipo de detergentes 34

6.3.4.1.1 Detergentes no biodegradables 34

6.3.4.1.2 Detergentes degradables 34

6.3.4.2 Composición química detergente Ariel 34

6.3.4.3 Principales problemas por la contaminación de detergentes en el agua 36

6.3.4.4 Eutroficación o eutrofización 36

6.3.5 Sistemas de tratamiento de efluentes residuales 36

6.3.5.1 Tipos de tratamiento 38

6.3.5.2 Técnicas específicas utilizadas 38

6.3.6 Biocoagulantes 40

6.3.6.1 Características químicas de los biocoagulantes 41

6.3.6.2 Ventajas de los biocoagulantes 41

6.3.7 Alumbre 42

6.3.8 Parámetros que cuantifican los contaminantes 43

6.3.8.1 Demanda química de oxígeno (DQO) 43

6.3.8.2 Sólidos disueltos totales (TSD) 44

6.3.8.3 pH 44

6.3.8.4 Sulfatos 44

VII PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

7.1 Etapa preliminar: Procedimiento de pruebas analíticas 46

7.2 Primera etapa: Diagnóstico y análisis del problema con los vertimientos del agua utilizada en el proceso de lavado. 50

7.2.1 Características generales 50

7.2.2 Análisis de la muestra sin tratamiento 50

7.2.2.1 Recolección de la muestra 53

7.2.2.2 Análisis de la muestra 54

7.3 Segunda etapa: Diseño del equipo de tratamiento 54

7.3.1 Evaluación de pasos para el tratamiento 54

7.3.2 Implementación piloto del proceso de tratamiento 55

7.3.2.1 Partes del equipo 55

7.3.3 Composición y técnicas de purificación del equipo 58

7.3.4 Diseño de tratamiento de la muestra 58

7.3.4.1 Preparación del biocoagulante 58

7.3.4.2 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 62.5 L de efluente Doméstico 59

7.3.4.3 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 250 L de efluente Doméstico 59

7.3.4.4 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 62.5 L de efluente y con alumbre 60

7.3.4.5 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 250 L de efluente y con alumbre 60

7.3.4.6 Colección de muestra de coagulante convencional cloruro férrico en el tratamiento de 62.5 L de efluente doméstico 61

7.3.4.7 Colección de muestra de coagulante convencional cloruro férrico en el tratamiento de 250 L de efluente 61

7.3.5 Características del equipo de tratamiento de efluentes domésticos 61

7.4 Tercera etapa: Análisis de laboratorio a fin de determinar la concentración de contaminantes en las aguas residuales tratadas 62

VIII. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

8.1 Resultados de tratamiento de 62.5 L efluente doméstico con tuna, *Opuntia ficus-indica* 64

8.2 Resultados del tratamiento de 250 L efluente de lavandería doméstico con penca de tuna *Opuntia ficus-indica* 67

8.3 Resultados de sólidos disueltos totales en tratamiento de 62.5 L de efluente de lavandería doméstica con penca de tuna *Opuntia ficus-indica* 71

8.4 Resultados de sólidos disueltos totales en tratamiento de 250 L de Efluente de lavandería doméstica con tuna *Opuntia ficus-indica* 74

8.5 Resultados de sulfatos en el tratamiento de 62.5 L efluente de lavandería doméstico con tuna *Opuntia ficus-indica* 79

8.6 Resultados de sulfatos en el tratamiento de 250 L efluente de lavandería doméstica con tuna *Opuntia ficus-indica* 82

8.7 Resultados de pH en el tratamiento de 62.5 L efluente de lavandería doméstica con tuna *Opuntia ficus-indica* 85

8.8 Resultados de pH en el tratamiento de 250 L efluente de lavandería doméstico con tuna *Opuntia ficus-indica* 89

IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 94

X. CONCLUSIONES 98

XI. RECOMENDACIONES 99

XII. BIBLIOGRAFÍA 100

XIII. ANEXOS 105

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Compuestos biocoagulantes en plantas 41

Tabla 2. Taxonomía de tuna *Opuntia ficus-indica* 42

Tabla 3. Composición química de la penca de tuna 42

Tabla 4. Materiales y aparatos usados en el estudio del DQO por el método miniaturizado o alternativo (espectrofotométrico UV-VIS) 46

Tabla 5. Reactivos usados en el estudio del DQO por el método miniaturizado 46

Tabla 6. Efluente de lavandería doméstica valores de parámetros encontrados 54

Tabla 7. Componentes y costo de equipo de tratamiento de efluente de lavandería doméstica 62

Tabla 8. Promedio obtenido de DQO en las diferentes muestras analizadas a 62.5 L (primer agua de enjuague) 64

Tabla 9. Comparación de DQO obtenido en el tratamiento del efluente de lavandería Doméstica por 62.5 L (Primer agua de enjuague) con el método convencional de cloruro férrico, frente a los mejores valores de reducción obtenidos con penca de tuna 200g y penca de tuna 200g con alumbre 65

Tabla 10. DQO obtenido con los diferentes tratamientos evaluados a 250 L (Drenaje completo de efluente por la lavadora) 68

Tabla 11. DQO obtenido con los diferentes tratamientos evaluados a 250 L (drenaje completo de efluente por la lavadora) 69

Tabla 12. Sólidos suspendidos totales obtenidos con los diferentes tratamientos evaluados 72

Tabla 13. Porcentaje de sólidos suspendidos totales obtenidos con los diferentes tratamientos evaluados 73

Tabla 14. Sólidos disueltos totales obtenidos con los diferentes tratamientos evaluados en 250 L 73

Tabla 15. % Sólidos disueltos totales obtenido con los diferentes tratamientos evaluados a 250 L 76

Tabla 16. Sulfatos obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluentes 79

Tabla 17. Sulfatos obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluentes 81

Tabla 18. Sulfatos obtenidos con los diferentes tratamientos en 250 L de efluentes (enjuague completo). 83

Tabla 19. % Sulfatos obtenidos con los diferentes tratamientos en 250 L de efluente (Enjuague completo) 84

Tabla 20. pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluente (Primer enjuague) 86

Tabla 21. Mejores valores de pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluente (Enjuague completo) 87

Tabla 22. pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 250 L de efluente (Enjuague completo) 90

Tabla 23. Valores de pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 250 L de efluente de lavandería doméstica (Enjuague completo) 91

Tabla 24. Resultado final estudio efluente 62.5 L 93

Tabla 25. Resultado final estudio efluente 250 L 93

Tabla 26. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g, 800 g y con penca de tuna 100 g más 100 g de alumbre 105

Tabla 27. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g 108

Tabla 28. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g 111

Tabla 29. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna más alumbre y efluente de lavandería doméstica de 250 L tratado con 200 g de penca de tuna más alumbre 113

Tabla 30. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L y 250 L tratado con solución cloruro férrico 114

Tabla 31. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g, 200g, 400 g, 800 g de penca de tuna, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g penca de tuna 121

Tabla 32. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g, 200g, 400g, 800 g de penca de tuna más alumbre, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna más alumbre 127

Tabla 33. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en agua purificada muestra Nº1 a Nº5 132

Tabla 34. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en agua potable muestra Nº1 a Nº5 132

Tabla 35. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L muestra Nº1 a Nº5 133

Tabla 36. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L filtrado muestra Nº1 a Nº5 133

Tabla 37. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 100 g de penca de tuna muestra Nº1 a Nº5 134

Tabla 38. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 200 g de penca de tuna muestra Nº1 a Nº5 134

Tabla 39. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 400 g de penca de tuna muestra Nº1 a Nº5 135

Tabla 40. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 800 g de penca de tuna muestra Nº1 a Nº5 135

Tabla 41. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 100 g de penca de tuna muestra y alumbre muestra Nº1 a Nº5 136

Tabla 42. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5L tratado con 200g de penca de tuna muestra y alumbre muestra Nº1 a Nº5 136

Tabla 43 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 400 g de hoja de penca de tuna y alumbre muestra Nº1 a Nº5 137

Tabla 44 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 800 g de penca de tuna y alumbre muestra Nº1 a Nº 137

Tabla 45 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L muestra Nº1 a Nº5 138

Tabla 46 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L filtrado muestra Nº1 a Nº5 138

Tabla 47 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con penca de tuna 100g muestra Nº1 a Nº5 139

Tabla 48 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con penca de tuna 200 g muestra Nº1 a Nº5 139

Tabla 49 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con tuna 400 g muestra Nº1 a muestra Nº5. 140

Tabla 50 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con tuna 800 g muestra Nº1 a muestra Nº3. 140

Tabla 51 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con tuna 100 g y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº3. 141

Tabla 52 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de solidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con penca de tuna 100 g y alumbre muestra Nº1 a Nº5 141

Tabla 53 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con tuna tuna 400 g y alumbre muestra Nº1. 142

Tabla 54 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con tuna tuna 800 g y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº5. 142

Tabla 55 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con cloruro férrico muestra Nº1 a muestra Nº5. 143

Tabla 56 Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con cloruro férrico muestra Nº1 a muestra Nº5. 143

Tabla 57 Sólidos disueltos totales obtenidos con los diferentes tratamientos evaluados 144

Tabla 58 Valores de absorción UV-vis de análisis de sulfatos en agua purificada, agua potable, en 62.5 L de efluente, en 250 L de efluente, en 250 L de efluente filtrado, en 62.5 L de efluente tratado con hoja de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g 146

Tabla 59 Valores de absorción UV-Vis de análisis sulfatos en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, 200 g,400 g,800 g; en 62.5 L y 250L de efluente tratado con alumbre y con penca de tuna 100 g, 200 g,400 g, 800 g. 148

Tabla 60. Valores de absorción UV-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, efluente 250L, efluente 250L filtrado 149

Tabla 61 Valores de absorción UV-VIS de análisis SULFATOS en agua purificada, agua potable, en 62.5L y 250 L de efluente tratado con cloruro férrico. 152

Tabla 62 Valores de absorción UV-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, agua potable, en 62.5 L de efluente, en 62.5 L de efluente filtrado, en 62.5 L y 250 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g; en 62.5 L y 250 L de efluente tratado con alumbre y penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g. 155

Tabla 63 Valores de pH en agua purificada 162

Tabla 64 Valores de pH en agua potable 162

Tabla 65. Valores de pH en efluente 62.5 L 162

Tabla 66 Valores de pH en efluente 62.5 L filtrado 162

Tabla 67 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con cloruro férrico 162

Tabla 68 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con 100 g penca de tuna 163

Tabla 69 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con 200 g de penca de tuna 163

Tabla 70 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con 400 g de penca de tuna 163

Tabla 71 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con 800 g de penca de tuna 163

Tabla 72 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con alumbre y 100 g de penca de tuna 163

Tabla 73 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con alumbre y 200 g de penca de tuna 163

Tabla 74 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con alumbre y 400 g de penca de tuna 164

Tabla 75 Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con y 800 g de penca de tuna 164

Tabla 76 Valores de pH en efluente 250 L 164

Tabla 77 Valores de pH en efluente 250 L filtrado 164

Tabla 78 Valores de pH en efluente 250 L tratado con cloruro férrico 164

Tabla 79 Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 100 g 164

Tabla 80 Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 200 g 165

Tabla 81 Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 400 g 165

Tabla 82	Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 800 g	165
Tabla 83	Valores de pH en efluente 250 L tratado con alumbre 100 g y hoja de tuna 100 g	165
Tabla 84	Valores de pH en efluente 250 L tratado con 100 g y penca de tuna 200 g	165
Tabla 85	Valores de pH en efluente 250 L tratado con alumbre y penca de tuna 400 g	165
Tabla 86	Valores de pH en efluente 250 L tratado con alumbre y penca de tuna 800 g	166

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Esquema del tratamiento de efluentes residuales domésticos	22
Figura 2	Mapa del Departamento de Lima	27
Figura 3	Recuperación de efluentes residuales con diferentes soluciones naturales	30
Figura 4	Reutilización de aguas grises	30
Figura 5	Esquema de generación de efluentes residuales domésticos	31
Figura 6	Tratamiento y reutilización de efluentes residuales domésticos, dentro y fuera del domicilio	31
Figura 7	Estructura química de algunos surfactantes	33
Figura 8	Características de aguas grises por categorías	35
Figura 9	Cuadro comparativo de parámetros de calidad de agua a reutilizar en el baño	37
Figura 10	Fuerzas de interacción que actúan sobre una partícula en suspensión	39
Figura 11	Mecanismo de coagulación de partículas coloidales	39
Figura 12	Penca de tuna *Opuntia ficus-indica*	41
Figura 13	Piedra de alumbre	43
Figura 14	Tubos con reactivos para las curvas de calibración DQO de izquierda a derecha de menor a mayor concentración de DQO	48
Figura 15	Equipo digestor para determinación de DQO	48
Figura 16	Espectrofotómetro UV-visible Hitachi	48
Figura 17	Detergente utilizado marca Ariel	48
Figura 18	Pesada de detergentes por evento	52
Figura 19	Detergente utilizado por evento 180 g	53
Figura 20	Lavadora utilizada	53
Figura 21	Obtención del efluente doméstico	53
Figura 22	Tanque de almacenamiento	53
Figura 23	Contenedor con muestra tomada	53
Figura 24	Esquema de tratamiento y reciclaje de efluentes domésticos	55

Figura 25	Equipo de tratamiento de efluente de lavandería doméstica	56
Figura 26	Esquema del diseño para el tratamiento de filtración del efluente residual doméstico	57
Figura 27	Secuencia de preparación del biocoagulante utilizado	59
Figura 28	Promedio obtenido de DQO en las diferentes muestras analizadas a 62.5 L (primer agua de enjuague)	65
Figura 29	Porcentaje de reducción de valor de DQO para efluente doméstico de 62.5 L	66
Figura 30	Promedio obtenido de DQO en las diferentes muestras analizadas a 250 L (Drenaje completo de efluente por la lavadora)	69
Figura 31	Concentración de muestra con mejor % de reducción de valor de DQO para efluente domestico de 250 L	70
Figura 32	Solidos suspendidos totales obtenidos en las diferentes muestras analizadas a 62.5 L (primer drenaje de efluente por la lavadora)	72
Figura 33	Porcentaje de reducción de valor de sólidos disueltos totales para efluente domestico de 62.5L	73
Figura 34	Solidos disueltos totales obtenidos en las diferentes muestras analizadas a 250 L (drenaje completo de efluentes por la lavadora)	76
Figura 35	Concentración de muestra con mejor % de reducción de valor de sólidos suspendidos totales para efluente doméstico de 250 L	77
Figura 36	Aspecto de las diferentes muestras analizadas en la prueba de sólidos disueltos totales	78
Figura 37	Sulfatos obtenidos en las diferentes muestras analizadas a 62.5 L (primer drenaje por la lavadora)	80
Figura 38	Porcentaje de reducción de valor de sulfatos en efluentes de Lavandería doméstica de 62.5 L	81
Figura 39	Sulfatos obtenidos en las diferentes muestras analizadas en 250 L (Enjuague completo)	83
Figura 40	Concentración de muestra con mejor % de reducción de valor de sulfatos en efluente doméstico de 250 L	84
Figura 41	Valores de pH obtenidos en las diferentes muestras analizadas en 62.5 L de efluente de lavandería doméstica	87
Figura 42	Valor de pH en efluente de lavandería doméstico de 62.5 L	88

Figura 43 pH obtenidos en las diferentes muestras analizadas en 250 L de efluente (Enjuague completo) 90

Figura 44 Reducción de valor de pH en efluente doméstico de 250 L 91

Figura 45 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g, 800 g y con penca de tuna 100 g más 100 g de alumbre 105

Figura 46 Curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua purificada, en 62.5L de efluente - Tratado con penca de tuna 200 g, 400 g, 800 g y con penca de tuna 100 g más 100 g de alumbre 106

Figura 47 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g 107

Figura 48 Curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g 110

Figura 49 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g 110

Figura 50 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada y agua potable 111

Figura 51 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en efluente de lavandería doméstica tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna más alumbre 112

Figura 52 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en efluente de lavandería doméstica tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna más alumbre 113

Figura 53 Curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua potable, efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna más alumbre y de 250 L tratado con 200 g de penca de tuna más alumbre 114

Figura 54 Curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua purificada, agua potable, efluente de lavandería doméstica 62.5 L y 250 L tratado con solución de cloruro férrico, efluente 117

Figura 55 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna 120

Figura 56 Curva de calibración de estándares DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, 250 L, 250 L filtrado tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna 124

Figura 57 Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, 250 L, 250 L filtrado tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna más alumbre 126

Figura 58 Curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, 250 L, 250 L filtrado tratado con 100 g, 200 g, 400 g, 800 g de penca de tuna más alumbre 131

Figura 59 Balanza utilizada 131

Figura 60 Estufa utilizada 131

Figura 61 Espectro de absorción UV-visible en análisis de sulfatos en agua purificada, agua potable, en 62.5 L de efluente, en 250 L de efluente, en 250 L de efluente filtrado, en 62.5 L de efluente tratado con hoja de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g 146

Figura 62 Espectro de absorción UV-Visible en análisis de sulfatos en 62.5 L y 250 L de efluente tratado con penca de tuna y con mezcla de alumbre - penca de tuna 100 g, 200 g,400 g,800 g 147

Figura 63 Espectro de absorción UV-visible en análisis de sulfatos en agua purificada, efluente 250 L, efluente 250 L filtrado 149

Figura 64 Espectro de absorción UV-visible en análisis de sulfatos en agua purificada, agua potable, en 250 L de efluente tratado con cloruro férrico; en 62.5 L de efluente tratado con cloruro férrico 151

Figura 65 Espectro de absorción UV-Visible en análisis de sulfatos en agua purificada, agua potable, en 62.5 L y 62.5 L de efluente filtrado y 250 L – 250 L filtrado, tratado con penca de tuna y con alumbre y penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g,800 g 155

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA:	Autoridad Nacional del Agua
AES:	Alcohol éter sulfato
AE:	Alcohol etoxilato
APHA:	American Public Health Association
AS:	Sulfato alquilo
CMC:	Carboximetil celulosa
csp:	Cantidad suficiente para
DEEDMAC:	Dietil éster dimetil cloruro de amonio
DBO:	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO:	Demanda química de oxígeno
DS:	Decreto Supremo
DSR:	Desviación estándar relativa
Efl.:	Efluente
ECAs:	Estándares de Calidad Ambiental
h.:	Hoja
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú
LAS:	Alquilbenceno sulfonato lineal
MEA:	Monoetanol amina
m:	Muestra
O & G:	Aceite y grasa
PEG:	Glicoles de polietileno
PEO:	Óxido de polietileno
POE:	Polioxietileno
STPP:	Trifosfato de sodio
SEIA :	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
SEDAPAL:	Servicio de agua potable y alcantarillado

LISTA DE ABREVIATURAS

SS-EDDS:	Etileno diamina disuccionato
SS:	Sólidos suspendidos
TAED:	Diamina tetracetil etileno
TS:	Sólidos totales
TSD:	Sólidos totales disueltos
ZPS:	Sulfonato ftalacianida de zinc
VMA:	Valores Máximos Admisibles

I. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se realizó el desarrollo de un método de tratamiento de efluentes residuales de lavandería del tipo doméstico, el cual logró la mejora de la calidad del efluente eliminado al alcantarillado, así como se ofrece propuestas alternativas para su reutilización.

El tratamiento de efluentes de lavandería doméstica, con contaminantes originados por el uso de detergentes, fue realizado por el tratamiento con secuencia de etapas como son la coagulación con penca de tuna y/o alumbre, seguida de filtración (con piedra, arena gruesa, arena fina), este tratamiento se comparó con otro método realizado con un coagulante convencional como fue cloruro férrico.

Tras el tratamiento de efluentes de lavandería doméstica, estos fueron analizados a fin de corroborar el cumplimiento de los valores máximos admisibles, de algunos parámetros exigidos por el DS 021-2009- vivienda (Ministerio de Vivienda del Perú 2019), como son la demanda química de oxígeno, pH, sólidos totales disueltos y sulfatos.
El desarrollo de la tecnología apropiada como paso previo para la eliminación al alcantarillado de los efluentes residuales domésticos, así como su reutilización, refleja una concepción integral en la problemática del saneamiento básico.

El tratamiento a nivel domiciliario de efluentes de lavandería doméstica es una solución al problema del vertido de efluentes domésticos, sin tratamiento alguno, el cual debe cumplir con un contenido de contaminantes dentro de los valores máximos permisibles según DS 021-2009- vivienda (Ministerio de Vivienda del Perú 2019), así como corresponde optimizar el consumo de recursos hídricos al poder reutilizar el efluente tratado en otras actividades domésticas, como el regado de jardines, etc.

De aproximadamente 2600 ciudades del país, solo 61 cuentan con sistemas para el tratamiento de desagües. Sin embargo, no existe información precisa sobre el estado de operación de estas plantas de tratamiento, y mucho menos sobre el re uso de estos efluentes tratados; además, según la legislación vigente, el tratamiento de las aguas o efluentes residuales es competencia directa de las municipalidades provinciales (Zambrano 1997).

En general, los efluentes se vierten a los ríos o a los cuerpos de aguas superficiales. Así, la contaminación biológica, física y química atenta contra la ecología de las aguas superficiales y representa un riesgo para la salud de la población (Zambrano 1997).

En el Perú en el año 2003, del 84,5% del saneamiento de agua potable utilizada, solo el 47% era tratado para su vertido al alcantarillado, el 53% restante no es tratado (Viceministerio de Gestión Ambiental 2016).

La situación de las aguas residuales a nivel nacional, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI), en 1998 el 9,1% de las aguas residuales generadas tenían algún tipo de tratamiento. Asimismo, se han detectado 2420 hectáreas agrícolas regadas con aguas residuales tratadas, mientras que otras 4 766 hectáreas se riegan con aguas no tratadas (Rossi 2010).

En países vecinos como Chile el 80% de sus aguas residuales es tratada y se les reutiliza en la agricultura, cumpliendo estándares internacionales. Si hiciéramos lo propio, se irrigaría gran parte de la costa peruana carente de agua, ampliando la frontera agrícola y generando más polos de desarrollo (Ministerio de Trabajo 2009).

Actualmente el concepto de saneamiento urbano adoptado solo corresponde a la centralización de las redes como agua y alcantarillado (Kami 2020).

Las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales deben alentar a establecer un sistema de reutilización de agua para reducir la crisis de este valioso recurso. Existen empresas de tratamiento y re-uso de paquetes de reciclaje de agua que han visto el potencial de comercializar un tratamiento de aguas grises a escala domiciliaria (Seenirajan M. 2018).

En la Figura 1 se muestra el esquema de reutilización de efluentes residuales domésticos a escala domiciliaria.

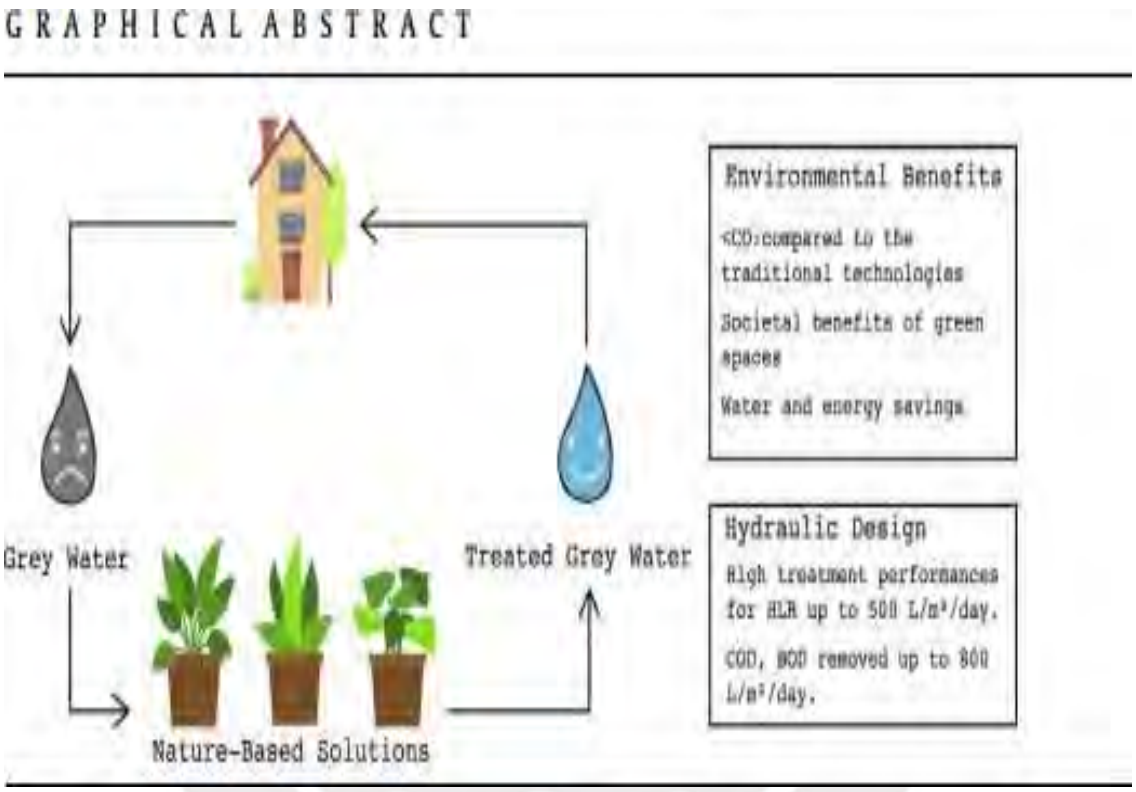


Figura 1: Esquema del tratamiento de efluentes residuales domésticos (Seenirajan 2018).

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La cantidad de efluentes generados por cada vivienda y el poder contar con un método accesible en cuanto a la forma de uso y a la economía familiar, para poder recuperar los efluentes y darles un nuevo uso, planteo las alternativas de desarrollo de la presente investigación.

Se planteo el uso del gasto energético ya utilizado por la lavadora convencional, en cuanto el impulso del efluente de lavandería doméstica a recuperar a un depósito el cual servirá de tanque de almacenamiento para la aplicación del método de tratamiento adecuado.

El método de coagulación por un biocoagulante eficaz fue evaluado, se determinó la concentración de mayor efecto del biocoagulante penca de tuna.

Se comprobó la sinergia que presentaba el biocoagulante junto a un mineral natural como el alumbre.

Así como se realizó la comparación frente a un coagulante convencional.

Los denominados biocoagulantes o coagulantes naturales son originalmente seguros, eco – amigables, no son tóxicos y sus residuos también son reciclables o reutilizables.

Los componentes bioactivos de la penca de tuna son proteínas, polisacáridos, mucílagos, grasa, fibra, vitamina C, calcio, sodio, potasio y fierro (Guzmán D. 2007).

En la remediación de efluentes de lavandería doméstica los coagulantes naturales permiten la desestabilización de la contaminación coloidal (sólidos suspendidos) y remoción de sólidos disueltos en términos de DQO, se ha comprobado la eficiencia en la adsorción de metales pesados como plomo, cromo, cadmio y zinc mediante extractos de plantas, los coagulantes naturales no consumen alcalinidad en comparación con los compuestos basados en aluminio o hierro; por tanto, no generan cambios bruscos de pH (Banchón 2016).

III. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera se puede promover el reciclaje doméstico de los efluentes de lavandería doméstica?

IV. APORTE Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación constituye la implementación de un método de tratamiento con biocoagulante, accesible en el uso y en el costo, que permita tratar el fluente residual de lavandería doméstica en unidades de viviendas y que obtenga la mejora de la calidad agua.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general:

Elaborar un sistema de uso domiciliario con biocoagulante eficaz para el tratamiento de efluente de lavandería doméstica, en reemplazo de coagulantes químicos convencionales usados en el tratamiento de aguas residuales, dando alternativas tecnológicas amigables con el ambiente que generan menos contaminantes y una mejor reutilización del agua.

5.2 Objetivos específicos:

5.2.1 Evaluar la efectividad descontaminante del biocoagulante obtenido de la penca de tuna *Opuntia ficus-indica*, en la proporción gramos de penca de tuna respecto al volumen de efluente de lavandería doméstica tratada, para volúmenes de 62.5 L (enjuague inicial) y 250 L (enjuague final).

5.2.2 Evaluar la efectividad descontaminante del biocoagulante obtenido de la penca de tuna *Opuntia ficus-indica* a diferentes concentraciones, con el efecto sinergizante de la piedra natural de “alumbre” a una proporción establecida, para volúmenes de 62.5 L (Enjuague inicial) y 250 L (Enjuague final) de efluente de lavandería doméstica.

5.2.3 Demostrar la efectividad de la descontaminación del efluente de lavandería doméstica a realizar con la cuantificación de parámetros fisicoquímicos como demanda química de oxígeno, sólidos totales en suspensión, contenido de sulfatos y pH.

5.2.4 Realizar la evaluación comparativa de la efectividad descontaminante del biocoagulante de penca de tuna, respecto al tratamiento convencional de coagulación con cloruro férrico como coagulante químico.

VI. FUNDAMENTO TEÓRICO

6.1 Características económicas de Lima

A fin de determinar la población la cual podría reutilizar el agua generada, se tiene al departamento de Lima representa cerca del 3% del territorio peruano debido a su extensión de 35.892,49 km², está ubicado en la costa central del país, limita con el Departamento de Ancash por el norte, con el Departamento de Huánuco por el noreste, con el Departamento de Ica por el sur, con los de Junín y Pasco por el este, con el Departamento de Huancavelica por el sureste y con la Provincia Constitucional del Callao por el oeste (Programa de las Naciones Unidas 2013).

En la Figura 2 se muestra el mapa del Departamento de Lima.

Figura 2: Mapa del Departamento de Lima (INEI 2014)

Lima es el principal centro de la actividad económico-financiera, de servicios y manufacturera del país, su producción representa el 72.8 % del PBI nacional. En la región se concentra el 70 % de las industrias del país, como las que procesan aceite y harina de pescado (en Chancay, Supe y Huacho), refinan petróleo (en La Pampilla y Conchán) y zinc (en Cajamarquilla), o que se dedican a la metal-mecánica, la textilería, la manufactura y el procesamiento de alimentos, productos farmacéuticos, etc. (Programa de las Naciones Unidas 2013).

Lima es el departamento más poblado del país, es la capital de la República del Perú y el área metropolitana más populosa, con una población de 8 751 741 lo que equivale al 28,4 % de la totalidad de habitantes en el Perú (INEI 2014).

El mercado de detergentes peruano está compuesto por empresas, tanto de capital nacional como extranjero. Al año 2022, estas empresas y las marcas que comercializan

son:

Procter & Gamble (P&G) con Ariel y Ace

Alicorp con Bolívar, Opal, Marsella

Intradevco con Sapolio y Patito

Reckitt Benckiser (RB) con Woolite

Unilever con Skip

PDC con Magia Blanca

Codina con La Oca y

Blend que es el principal productor de marcas blancas para supermercados como Aro, Wong, Metro, Tottus y Uno.

El mayor uso de productos del cuidado del hogar impulsado por la preocupación en la higiene y limpieza tuvo mayor impacto en el Perú que en el resto del mundo. Las ventas en dólares de estos productos se elevaron en 9.8 % de 2019 a 2020, a nivel global, mientras que en el Perú se incrementaron en un 16 % (Kantar 2021). El consumidor peruano refleja una mayor preocupación por la limpieza y presenta perspectivas de crecimiento (Huasupoma 2023).

Según INEI (2024) indica que el 34,2 % de hogares en el Perú disponen de una lavadora de ropa.

Los efluentes residuales se han identificado como una fuente potencial de agua para poder ser reutilizada en una serie de aplicaciones, por ejemplo, descarga de inodoros, lavado en primer enjuague, limpieza de pisos, irrigación, riego de jardines. El mayor obstáculo para su reutilización se relaciona con patógenos, nutrientes y materia orgánica que se encuentran en los efluentes residuales. Se persigue con el diseño, desarrollo y ejecución de los diferentes tratamientos de estos efluentes, producir agua de alta calidad privada de bacterias y con un valor adecuado en una amplia gama de parámetros de calidad como carbono orgánico total, DQO, nitratos, sulfatos, fosfatos, amonio, pH, sólidos totales, etc., con un valor próximo o similar a los valores del agua potable (Wurochekke 2024).

6.2 Normativa

El diseño y la construcción del sistema de tratamiento de efluente de lavandería doméstica, debe cumplir con todos los lineamientos ambientales, de otro modo se puede incurrir en impactos ambientales. A continuación, se muestran las principales normas que se deben ser consideradas.

La ley Nº 29338 “Ley General de Recursos Hídricos”, esta ley pretende regular recursos hídricos que comprenden al agua continental, ya sea superficial o subterránea. Además, se define la licencia de uso de agua en el cual el ANA quien tiene el objetivo de regular y otorgar facultades de uso del agua, así como lo referido al vertimiento de aguas residuales tratadas que deberán cumplir con los ECAs vigentes.

La ley Nº 28611 “Ley General del Ambiente”, señala que toda persona tiene derecho de vivir en un ambiente saludable y que los recursos naturales son propiedad del estado.

La ley también señala la necesidad de contar con estudios de impacto ambiental y que toda construcción que genera un impacto significativo en el medio ambiente deberá estar sujeto al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Respecto a las emisiones, efluentes y descargas, así como los impactos que se generen en el medio ambiente, deberán ser asumidos por el responsable de la operación de las actividades; sin embargo, menciona la ley, que existe un riesgo compartido entre los titulares de la operación, así como los profesionales o técnicos que elaboraron el expediente.

El Decreto Supremo Nº 021-2009-VIVIENDA, aprueba valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

Los VMA son los límites de concentración de ciertos parámetros que tienen que ser cumplidos por las industrias y comercios antes de eliminar sus aguas residuales a la red de alcantarillado. Normalmente las aguas residuales domésticas que se recogen de los usuarios domésticos tienen parámetros ya establecidos para los cuales se ha diseñado la infraestructura de alcantarillado, sin embargo, si se sobrepasan esos valores se generan perjuicios en el sistema de alcantarillado.

SEDAPAL exhorta a las industrias y comercios, que generan y vierten aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado; a cumplir con la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, como lo señala la norma de los VMA, evitando el deterioro de la infraestructura de alcantarillado, daño a la salud pública y la contaminación del ambiente (Rossi 2010).

En la actualidad no existe una normativa que vigile la calidad de descargas de aguas residuales domesticas al alcantarillado.

6.3 Definiciones:

6.3.1 Desagües urbanos:
O alcantarillado urbano, contiene típicamente más del 99.9 % de agua. Las características de la parte restante varían de una población a otra, dependiendo en primer lugar de los aportes de instalaciones industriales (Efluente residual industrial) que se mezclan con la más predecible composición del agua proveniente de las zonas residenciales (Efluente residual doméstico) (Flórez-Mojica 2016).

6.3.2 Efluente residual industrial.
Es el tipo de agua denominada residual, la cual incluye a aguas contaminadas con desechos industriales típicos del rubro y a sus combinaciones (Rodier 1981).

6.3.3 Efluente residual doméstico:
Es el tipo de agua denominada residual, la cual incluye a aguas contaminadas con desechos de las actividades diarias del ser humano (Rodier 1981).

6.3.3.1 Clasificación de efluentes residual doméstico

6.3.3.1.1 Agua negra
Se definen como efluente residuales domésticas hechas de todos los desechos de agua con descargas de los inodoros (por ejemplo, urinarios, Waters) (Eriksson 2001).

6.3.3.1.2 Aguas grises
Se definen como efluente residuales domésticas hechas de todos los desechos de agua con la excepción de las descargas de los inodoros (por ejemplo, aguas residuales producido en bañeras, duchas y lavadoras) (Eriksson 2001).

Esto es tomado en cuenta en las plantas de tratamiento de aguas residuales, a fin de minimizar la energía necesaria para su tratamiento, porque solo la fracción menos contaminada del agua residual doméstica es enviada a la planta de tratamiento (Li 2009).

Adicionalmente el agua gris recuperado se puede reciclar localmente para otros usos (por ejemplo, inodoro lavado, riego) que de otro modo emplearía agua potable regular; de esta forma, se promueve una economía circular (Boano 2020).

En la Figura 3 se muestra con escala de barras el % de recuperación de efluentes residuales, así como el número de artículos de investigación materia de estudios con el paso de los años.

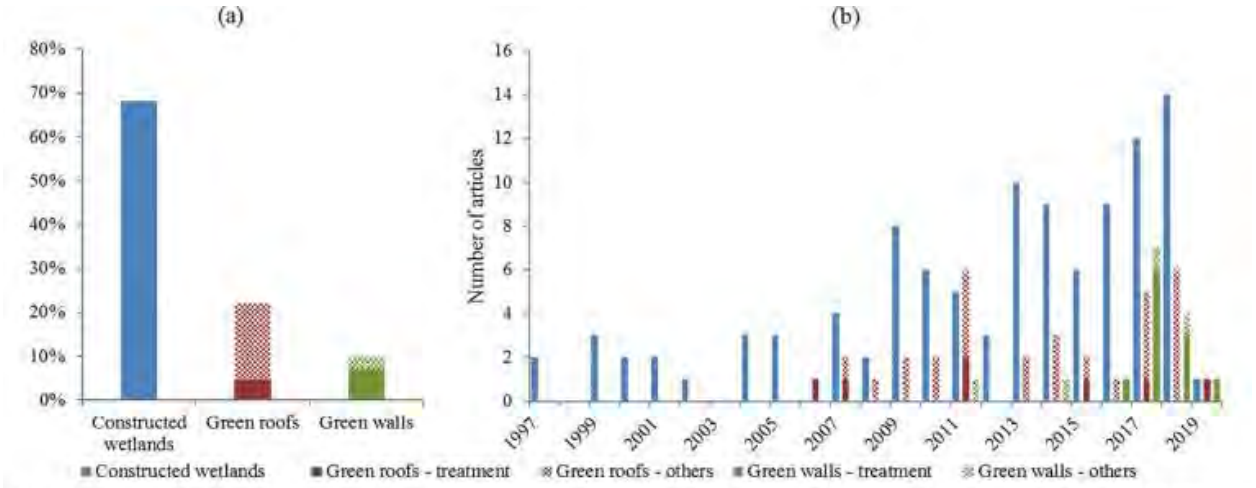


Fig. 1. (a) Relative contributions of the 154 studies regarding greywater use coupled with different nature-based solutions (105 on constructed wetlands, 34 on green roofs and 15 on green walls) and (b) number of articles about NBS based on greywater treatment published per year. Solid colours are related to NBS applications concerning greywater treatment and reuse, while hatched fillings indicate other types of applications. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Figura 3: Recuperación de efluentes residuales con diferentes soluciones naturales (Abu Ghunmi 2009)

Se propusieron varias reutilizaciones de efluentes residuales domésticos, que van desde el riego hasta el lavado de los inodoros, así como reutilizaciones más productivas, como la agricultura y la reutilización industrial.

En la Figura 4 se muestra tipo de reutilización del efluente residual doméstico en jardinería e irrigación de cultivos.

Fig. 5. Examples of CWs for greywater treatment and reuse: on the left, VF for treatment of GW from the College of Engineering in Pune (India), reused for gardening and toilet flushing; on the right, beduin village in the West Bank (Palestine), GW treated by a VF and reused for irrigation of olive plantation and fodder (Courtesy: IRIDRA srl).

Figura 4: En la Figura se muestra la reutilización de aguas grises (Boano 2020)

Es importante destacar que solo se está presentando una parte de las aplicaciones reales, se espera que exista un número mucho mayor de aplicaciones.

En la Figura 5 se muestra la cantidad de efluentes residuales domésticos generados por una persona por día.

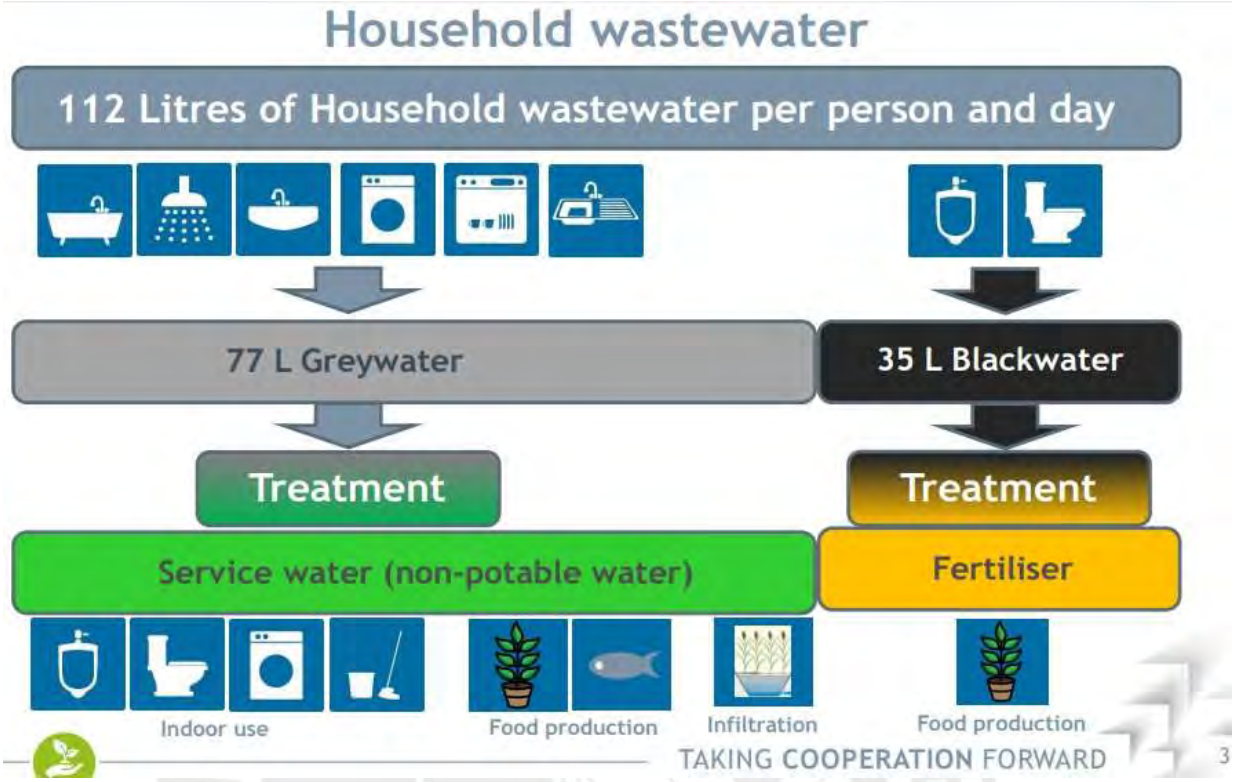


Figura 5: Esquema de generación de efluentes residuales domésticos (Boano 2020)

En la Figura 6 se muestra sobre la utilización de efluentes residuales domésticos.

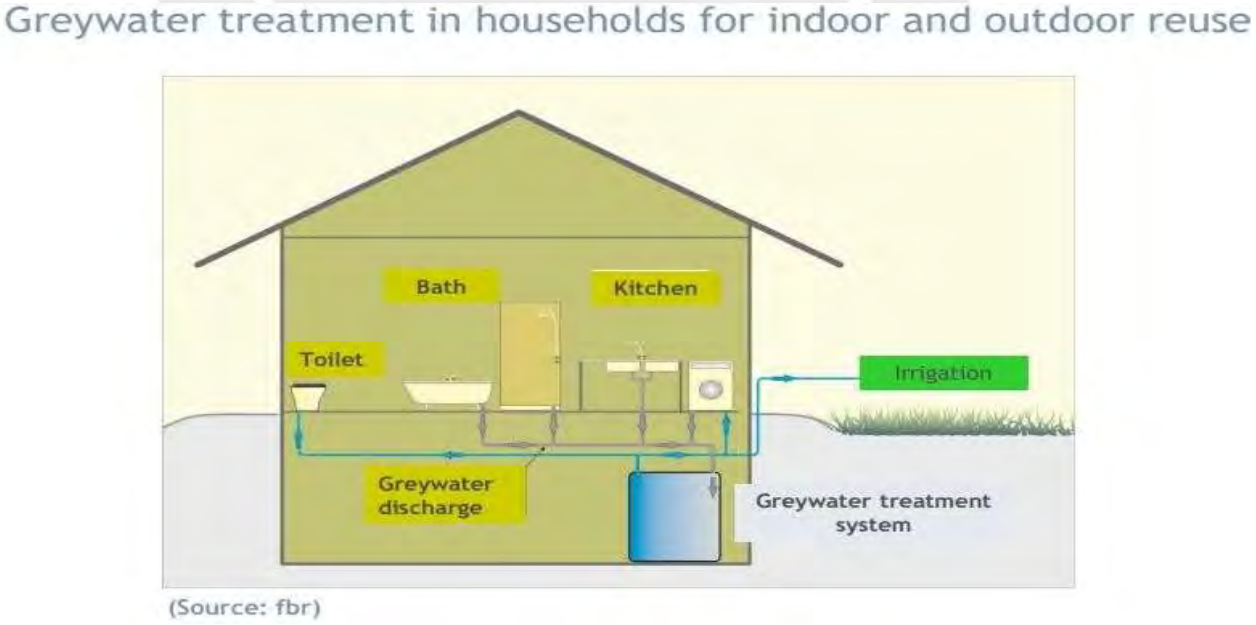


Figura 6: Tratamiento y reutilización de efluentes residuales domésticos, dentro y fuera del domicilio (Boano 2020)

6.3.3.2 Tipos de contaminantes existentes en los efluentes generados:
Son los contaminantes que provienen de la actividad doméstica del lavado de ropa. Estos desechos presentan un alto contenido de:

- Materia orgánica,
- Detergentes y
- Grasas (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo 2013).

Esta composición varía según los hábitos de la población que los produce, así como la composición química de los productos utilizados para este fin.
El agua utilizada en el lavado de ropa genera alrededor de 25 – 35 % del total de aguas grises, esta varía en calidad de agua de lavado del primer al segundo enjuague, esta puede tener contaminación fecal con el asociado patógenos y parásitos como bacterias (Arugam 2018).

6.3.3.3 Características de contaminantes:
Son influenciadas por varios factores como accesorios de plomería y electrodomésticos presentes, frecuencia de uso, características de familia residente en términos de número de miembros de la familia, edad, situación económica de la familia (Municipalidad de Lima 2012).

6.3.3.3.1 Características físicas:
a) Temperatura
Es a menudo más alta que la del suministro de agua y varía dentro de un rango de 18 - 30ºC. Esto se atribuye al uso de agua tibia para higiene personal y descarga de agua de cocción, puede causar un aumento del crecimiento bacteriano y una disminución de la solubilidad de los carbonatos, provocando precipitación en tanques de almacenamiento o sistemas de tuberías (Martínez 2007).

b) Sólidos en suspensión
Las partículas de comida, aceite, tierra, cabellos, fibras de la ropa, pueden producir un mayor contenido de sólidos contenido en aguas grises. Estas partículas y coloides pueden causar turbidez en el agua e incluso puede resultar en obstrucción física de tuberías, bombas y filtros utilizados en procesos de tratamiento. Especialmente fibras no biodegradables de la ropa (poliéster, nailon y polietileno), detergentes y jabones, así como coloides son las principales razones de la obstrucción física (Arugam 2018).

6.3.3.3.2 Características microbianas
Los efluentes residuales domésticos pueden representar un riesgo para la salud debido a su contaminación con patógenos proceden de excrementos de personas infectadas, del lavado de manos después de usar el baño, lavado de bebés y niños después de la defecación, pañal cambios o lavado de pañales (Hernández 2010). Algunos patógenos también pueden entrar en el sistema mediante el lavado de verduras y carnes crudas; sin embargo, los patógenos de las heces origen plantean los principales riesgos para la salud. La contaminación fecal con indicadores como la bacteria coli fecal depende de la distribución por edades de los miembros del hogar; se debe esperar una alta contaminación cuando hay bebés y niños pequeños presentes (Arugam 2018).

6.3.3.3.3 Características químicas:
a) pH y alcalinidad
Se determina si el efluente es ácido o básico. Para un tratamiento más fácil y para evitar impactos negativos en el suelo y en las plantas cuando se reutilizan el efluente s debe mostrar un pH en el rango de 6.5 – 8.4. El valor de pH depende en gran medida del valor de pH del suministro de agua observaron valores de pH de 9.3 -10 en aguas grises provenientes del lavado como resultado del hidróxido de sodio jabones, detergentes y lejía utilizados (Arugam 2018).

b) Demanda química de oxígeno (DQO)
Describe la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica que se encuentra en las aguas grises (Namiesnik 2001). Los principales grupos de orgánicos de las sustancias que se encuentran en las aguas residuales comprenden proteínas (principalmente de alimentos), carbohidratos, grasas y aceites, así como diferentes tensoactivos sintéticos de moléculas orgánicas que no son fáciles de biodegradar, la concentración de DQO depende en gran medida de la cantidad de agua y productos utilizados en el hogar (especialmente detergentes, jabones, aceites y grasas), con un consumo de agua relativamente bajo, las concentraciones de DBO y DQO son altas (Rodier 1981).

c) Nutrientes (nitrógeno, fósforo)
Especialmente el alto contenido de fósforo que a veces se observa en efluentes residuales puede dar lugar a problemas como el crecimiento de algas al recibir agua (60). Las aguas residuales de la cocina son la principal fuente de nitrógeno en aguas grises domésticas, los niveles más bajos de nitrógeno se observan generalmente en el baño y el efluente residual doméstico de lavandería. El nitrógeno en las aguas grises se origina a partir del amoníaco y productos de limpieza que contienen amoníaco, así como de proteínas en carnes, verduras, proteínas que contienen champús y otros productos para el hogar (Rodier 1981).

d) Aceite y grasa
Los efluentes residuales pueden contener cantidades significativas de grasas como aceite y grasa provenientes principalmente de fregaderos de cocina y lavavajillas (por ejemplo, grasa para cocinar, aceite vegetal, grasa, etc.), también pueden ser observado en efluentes residuales de baño y lavandería, con concentraciones que oscilan entre 37 y 7 mg / L y 8 -35 mg / L, respectivamente (Rodier 1981).

e) Surfactantes y otros productos químicos domésticos
También llamados tensioactivos, son el componente principal de la limpieza del hogar, son productos químicos orgánicos que alteran las propiedades del agua, consisten en una cabeza hidrófila y una cola hidrófoba, se utilizan para disminuir la tensión superficial (He 2007), permiten la solución de limpieza para mojar una superficie (por ejemplo, ropa, platos, etc.) más rápidamente, también emulsionan las manchas grasas y las mantienen dispersos y suspendidos para que no vuelvan a asentarse la superficie.
Jabones, líquidos para lavar platos, detergentes para la ropa y champús son los usos más comunes de los compuestos surfactantes (Ministerio de Protección Social 2007). Es a través de la descarga al desagüe como se introducen principalmente en el medio ambiente debido a su alto uso en áreas industriales y urbanas. Debido a la gran aplicación que tienen en la industria textil, papelera, agrícola, de aceites, combustibles, metales y de plásticos (Ribeiro 2010) se ha estudiado la concentración de estos contaminantes en aguas superficiales como ríos o aguas costeras (Environmental Protection Agency 1983). Los surfactantes aniónicos representan el 55 % los no iónicos representan un poco menos del 40 % del total. Se ha demostrado que los productos de degradación son más tóxicos que los agentes que los originan, siendo capaces de imitar a los estrógenos (Rodier 1981).

En la Figura 7 se muestra la estructura química de algunos surfactantes.

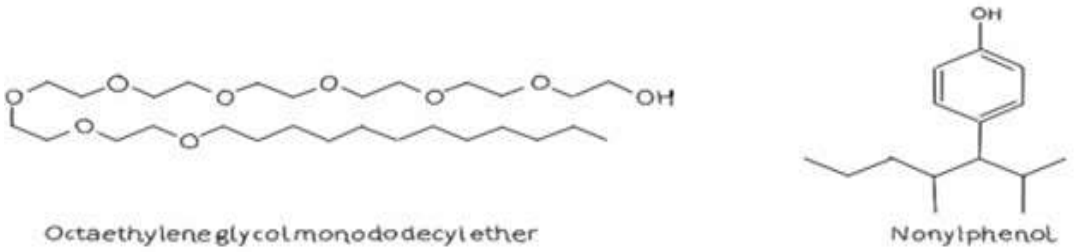


Figura 7: Estructura química de algunos surfactantes (Rodier 1981).

6.3.4 Los tensioactivos

Los más utilizados en la limpieza del hogar son:

- Alquilbenceno sulfonato lineal (LAS)
- Alcohol éter sulfato (AES)
- Alcohol etoxilato (AE)

Los detergentes para lavandería y lavavajillas automáticos son las principales fuentes de tensioactivos.

La cantidad de tensioactivos presentes depende en gran medida del tipo y la cantidad de detergente de uso. Varios estudios revelaron que la concentración de surfactante oscila entre 1 y 60 mg/L, y con un promedio de 17- 40 mg/L, las más altas concentraciones donde se observaron en lavandería, ducha y las cocinas (Zambrano 1997).

Tipo de detergentes:

Detergentes no biodegradables:

También llamados detergentes duros, considerados contaminantes persistentes. Siendo el agente tensoactivo derivado del arilalquilsulfonatos de sodio ($R\text{-}C_6H_4\text{-}SO_3Na$) como el dodecilbencensulfonato de sodio ($C_{12}H_{25}\text{-}C_6H_4\text{-}SO_3Na$) (AbuGhunmi 2009).

Si la cadena alquílica larga es ramificada no pueden ser degradados por los microorganismos, por lo que se dice que son persistentes y causan grandes problemas de contaminación del agua de lagos, ríos y depósitos subterráneos (Arroyo 2006).

Detergentes degradables:

También llamados detergentes blandos. Siendo el agente tensoactivo derivado del arilalquilsulfonatos de sodio ($R\text{-}C_6H_4\text{-}SO_3Na$) como el dodecilbencensulfonato de sodio ($C_{12}H_{25}\text{-}C_6H_4\text{-}SO_3Na$), si la cadena alquílica es lineal el detergente es biodegradable o contaminante biodegradable (Arroyo 2006).

Composición química del detergente Ariel (Procter & Gamble 2024**)**

a) Alcohol etoxilado (AE):

Surfactante no iónico. Elimina las manchas grasosas y de aceite de las prendas

a) Sulfato etoxialquilo (AES) (o alcohol) y sulfato alquilo (AS)

Son surfactantes aniónicos, dos de las herramientas más utilizadas para eliminar manchas.

b) Sulfonato alquilbenceno lineal (LAS)

El surfactante aniónico más ampliamente utilizado en el mundo. Elimina las manchas de las prendas.

c) Óxido amino

Surfactante amfotérico. Se utiliza junto con otros surfactantes para eliminar manchas. Puede ser aniónico, catiónico o no iónico.

f) Carboximetil celulosa (CMC)

Un polímero que proviene de la celulosa natural. Ayuda a evitar que las manchas regresen a las prendas de las que fueron eliminadas.

g) Ácido cítrico

Ayuda a eliminar malos olores de la ropa. Se conoce como agente quelante.

h) Ciclodextrina

Otro agente quelante que elimina los malos olores de las prendas.

i) Dietil éster dimetil cloruro de amonio (DEEDMAC)

Compuesto de amonio que se utiliza en los acondicionadores de telas para mantenerlas suaves.

j) Etanol
Alcohol transparente y sin color que se utiliza como solvente en los detergentes.

k) Etileno diamina disuccionato (SS-EDDS)
Acumulador y agente quelante.

l) Peróxido de hidrógeno
Agente blanqueador de lo más sencillo y común.

m) Monoetanol amina (MEA), 2-aminoetanol o etanolamina
Amina orgánica y alcohol primario que se utiliza como solvente en una base débil (mantiene el balance del pH en el lavado).

n) Percarbonato
Es un agente blanqueador que se utiliza en detergentes.

o) Glicoles de polietileno (PEG), Óxido de polietileno (PEO) o Polioxietileno (POE)
Compuesto de poliéter que se utiliza para muchas cosas, incluyendo como lubricante y surfactante.

p) Propilenglicol
Compuesto orgánico que se utiliza como solvente.

q) Carbonato de sodio
Sal del ácido carbónico que se utiliza como acumulador en los detergentes.

r) Disilicato de sodio
Se utiliza como acumulador en los detergentes.

s) Hipoclorito de sodio
Un agente blanqueador basado en cloro.

t) Trifosfato de sodio (STPP)
Históricamente se utiliza en detergentes como acumulador. Siendo el más común el Metafosfato llamado tripolifosfato de sodio ($Na_5P_3O_{10}$):
También se les llama formadores de fosfato y tienen tres funciones:
Actúan como bases haciendo que el agua del lavado sea alcalina (pH alto), lo cual es necesario para la acción detergente; forman complejos solubles con los iones calcio, fierro, magnesio y manganeso, quitando las manchas que estos ocasionan en la ropa.
Ayudan a mantener en suspensión a las partículas de mugre de manera que pueden ser eliminadas fácilmente por el lavado.
Los detergentes hechos a base de fosfatos provocan un efecto destructor en el medio ambiente porque aceleran el proceso de eutroficación o eutrofización de las aguas de lagos y ríos. Como el uso de detergentes fosfatados ha generado problemas muy graves en el agua, algunos países han prohibido el uso de detergentes de este tipo.

u) Diamina tetracetil etileno (TAED)
Activador de blanqueo y agente oxidante que se usa en detergentes y blanqueadores.

v) Titanio y dióxido de titanio
El pigmento blanco de uso más común.

w) Sulfonato ftalacianida de zinc (ZPS)
Se utiliza como agente foto blanqueador en ocasiones en que la ropa se seca colgada en el exterior de la vivienda.

Principales problemas por la contaminación de detergentes en el agua (Quimtia 2023):

a) Provocando la disminución de la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua con lo cual se dificulta la vida acuática.
b) Quitan la grasa de las plumas a las aves acuáticas, les provoca que se escape el aire aislante de entre las plumas y que se mojen, lo cual puede ocasionarles la muerte por hipotermia o que se ahoguen, situación similar al derrame de petróleo en el mar.
c) Inhibe el proceso de fotosíntesis en vegetales acuáticos, originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas.
d) Lesiones en las branquias de los peces, dificultándoles la respiración y provocándoles la muerte.
e) La capacidad contaminante de los detergentes es tal, que su composición ha sido motivo de prohibiciones y regulaciones por los gobiernos y localidades de muchos países, donde el lavado a máquina, derrama enormes cantidades de agua con detergentes a las alcantarillas.
f) Detergentes constituyen uno de los principales contaminantes que producen eutroficación o eutrofización de las aguas de lagos y ríos.

Eutroficación o eutrofización

Proceso natural de envejecimiento de agua estancada o de corriente lenta con exceso de nutrientes (por utilización de fosfatos, nitratos, etc. como fertilizantes en los cultivos agrícolas, de la materia orgánica de la basura, de los detergentes hechos a base de fosfatos, que son arrastrados o arrojados a los ríos y lagos) y que acumula en el fondo materia vegetal en descomposición. Las plantas se apoderan del lago hasta convertirlo en pantano y luego se seca. Los problemas se inician cuando el hombre contamina lagos y ríos con exceso de nutrientes que generan la aceleración del proceso de eutroficación, que ocasiona el crecimiento acelerado de algas, la muerte de peces y demás flora y fauna acuática, las cuales consumen el oxígeno disuelto generando condiciones anaeróbicas (Agua.org.mx 2019).

6.3.5 Sistemas de tratamiento de efluentes residuales

Los diversos sistemas de tratamiento incorporan procesos físicos químicos y/o biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y/o biológicos introducidos por el uso humano cotidiano (Boano 2020).

La ventaja de reciclar los efluentes es que es una gran fuente con bajo contenido orgánico. Las aguas grises representan hasta el 70 % del total de agua consumida, pero contiene solo el 30% de la fracción orgánica y del 9 al 20 % de los nutrientes (Kiely 1999). Además, en un hogar individual, se ha establecido que las aguas grises podrían soportar la cantidad de agua necesaria para la descarga del inodoro y usos al aire libre, como para el lavado y riego de jardines.

Por ejemplo, en el Reino Unido, en promedio, la descarga del inodoro y el uso al aire libre representan el 41 % del uso total de agua doméstica, mientras que las aguas grises de ducha, bañera, lavabo, lavadero y lavavajillas corresponden al 44 %.

Sin embargo, a gran escala, son consideradas otras aplicaciones como riego de parques, riego de patios escolares, riego de cementerios y campos de golf, protección contra incendios y aire acondicionado (Pidou 2007).

Las aguas grises de la lavandería son deficientes tanto en nitrógeno como en fósforo. Todos los tipos de aguas grises muestran una buena biodegradabilidad en términos de las relaciones DQO. Las aguas grises del baño y la lavandería están menos contaminadas por los microorganismos en comparación con las otras corrientes de aguas grises (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo 2007).

En la Figura 8 se muestra las características físicas, químicas y microbiológicas de efluentes residuales domésticos del baño, lavandería, cocina.

	Bathroom	Laundry	Kitchen	Mixed
pH (−)	6.4–8.1	7.1–10	5.9–7.4	6.3–8.1,
TSS (mg/l)	7–505	68 – 465	134–1300	25–183
Turbidity (NTU)	44–375	50 – 444	298.0	29–375
COD (mg/l)	100–633	231 – 2950	26–2050	100–700
BOD (mg/l)	50–300	48 – 472	536–1460	47–466
TN (mg/l)	3.6–19.4	1.1 – 40.3	11.4–74	1.7–34.3
TP (mg/l)	0.11– >48.8	ND – >171	2.9– >74	0.11–22.8
Total coliforms (CFU/100 ml)	$10–2.4\times10^{7}$	$200.5–7\times10^{5}$	$>2.4\times10^{8}$	$56–8.03\times10^{7}$
Faecal coliforms (CFU/ 100 ml)	$0–3.4\times10^{5}$	$50–1.4\times10^{3}$	-	$0.1–1.5\times10^{8}$

Figura 8: Características físicas, químicas y microbiológicas de efluentes residuales domésticos Por tipo de generación (Li F. 2009).

En la Figura 9 se muestra parámetros de calidad de agua para el uso en baño basado en autoridades sanitarias americanas.

Organisation	Parameter	Value
United States Environmental Protection Agency (US EPA) [11]	BOD	≤10 mg/L
	COD	-
	Turbidity	≤ 2 NTU
	TSS	-
World Health Organization [12]	BOD	≤10 mg/L
	COD	-
	Turbidity	-
	TSS	≤10 mg/L
Canada Health Department [13]	BOD	≤10 mg/L
	COD	-
	Turbidity	≤ 2 NTU
	TSS	≤10 mg/L
The International Water Quality published book titled Milestone in Water Reuse [14]	BOD	-
	COD	≤30 mg/L
	Turbidity	-
	TSS	-

Figura 9: Cuadro comparativo de parámetros de calidad de agua a reutilizar en el baño (Li 2009)

El efluente residual doméstico recuperado para su reutilización debe cumplir cuatro criterios: Seguridad higiénica, estética, tolerancia ambiental y viabilidad económica. Las normas o directrices han obstaculizado la reutilización adecuada de aguas grises (Interreg central Europe 2020).

6.3.5.1 Tipos de tratamiento:

a) Tratamiento primario:

Es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos; es decir el proceso de asentamiento de los sólidos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria. Por tal razón, es conocido también como tratamiento mecánico (Carrasco 2009).

b) Tratamiento secundario:

Es designado para degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan desperdicios generados por el hombre (desechos fecales, orines, residuos de comida, detergentes, etc.) (Carrasco 2009).

c) Tratamiento terciario:

Etapa final que permite aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que este sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.); es decir son pasos adicionales al tratamiento (micro - filtración o desinfección). Se puede utilizar más de un proceso terciario de tratamiento en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica en el proceso final, este proceso se denomina “pulir el efluente” (WHO 2023).

6.3.5.2 Técnicas especificas utilizadas:

a) Enrejado y desarenado:

Donde se retiran los residuos flotantes de cierto tamaño y arenas y otros restos que sedimentan muy rápido, y podrían dañar el equipo subsiguiente.

b) Etapa primaria de clarificación:

También llamada clarificación, donde se separan las partículas que sedimentan por la sola acción de la gravedad en el plazo de unas horas. La sedimentación o precipitación gravitacional de las partículas suspendidas en el agua, es una de las formas más simples y antiguas de tratamiento de aguas. Simplemente permitiendo al agua reposar en cualquier lugar, desde una jarra hasta un embalse, decantando el agua y utilizando la superficie de ésta, a menudo se mejora considerablemente su calidad. Un depósito de sedimentación (también llamado clarificador) es un tanque grande, de forma rectangular o circular, diseñado para contener agua durante un periodo de tiempo suficiente como para permitir que la mayoría de las partículas sólidas que se hallan suspendidas, precipiten. Cuanto mayor sea el tiempo teórico calculado para la masa de agua, mayor y más caro tendrá que ser el tanque, pero de manera proporcional, más calidad tendrá el proceso. Estos depósitos suelen estar equipados con un dispositivo que permite limpiar los sedimentos residuales recogidos en el fondo (Carrasco 2009).

c) Mezcla y coagulación rápida:

Proceso que utiliza sustancias químicas y agitación para ayudar a determinadas partículas suspendidas a colisionar y adherirse, formando partículas mayores. El agua cruda puede contener partículas en suspensión que son demasiado pequeñas para sedimentar mediante la sola fuerza de la gravedad en un periodo de tiempo razonable y no pueden ser remadas por una simple filtración. Muchas de estas partículas son coloides (partículas con un tamaño entre 0,001 y 1um). El objetivo de la coagulación consiste en alterar las superficies de la partícula de tal modo que las permita adherirse a cada una de las demás. Así, pueden crecer y alcanzar un tamaño que permitirá su deshecho mediante la filtración o la sedimentación. La coagulación se considera un proceso de tratamiento químico que desestabiliza las partículas (las hace «pegajosas») como opuesto ante una operación de tratamiento físico, como la floculación, la sedimentación o la filtración. El propósito del coagulante es neutralizar la carga superficial, permitiendo así a las partículas unirse formando partículas mayores que pueden limpiarse con mayor facilidad. El coagulante habitual es el sulfato de aluminio, aunque pueden utilizarse cloruro férrico, sulfato férrico, y otros coagulantes (Martínez 2007).

En la Figura 10 se muestra un esquema de fuerzas de interacción que actúan sobre una partícula en suspensión.

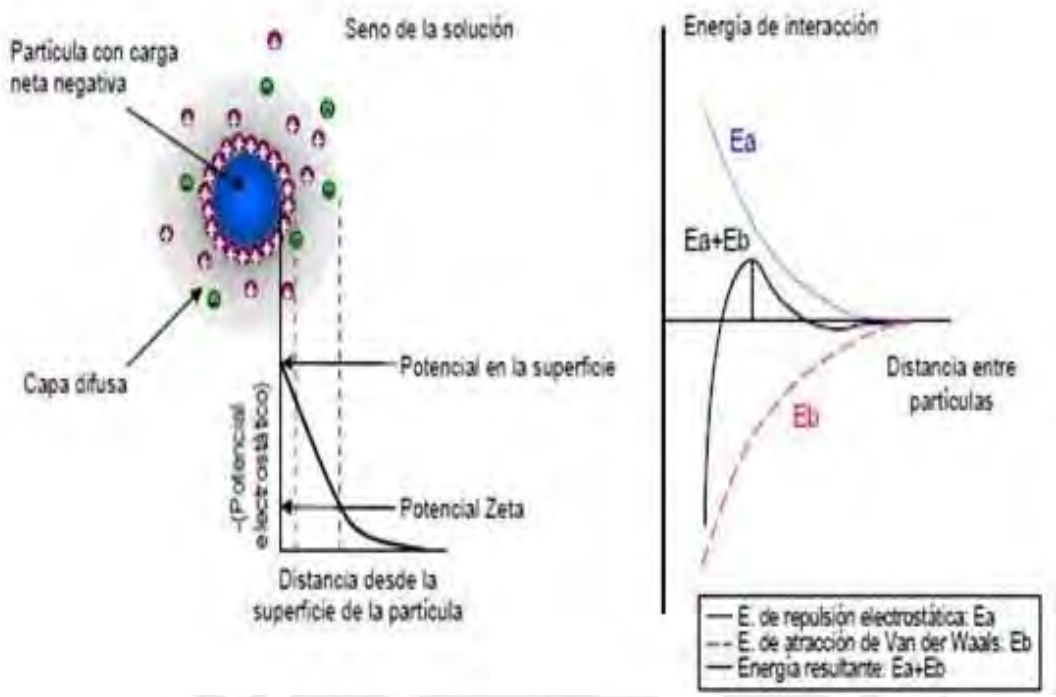


Figura 10: Fuerzas de interacción que actúan sobre una partícula en suspensión (Martínez 2007)

En la Figura 11 se muestra el mecanismo de coagulación de partículas coloidales.

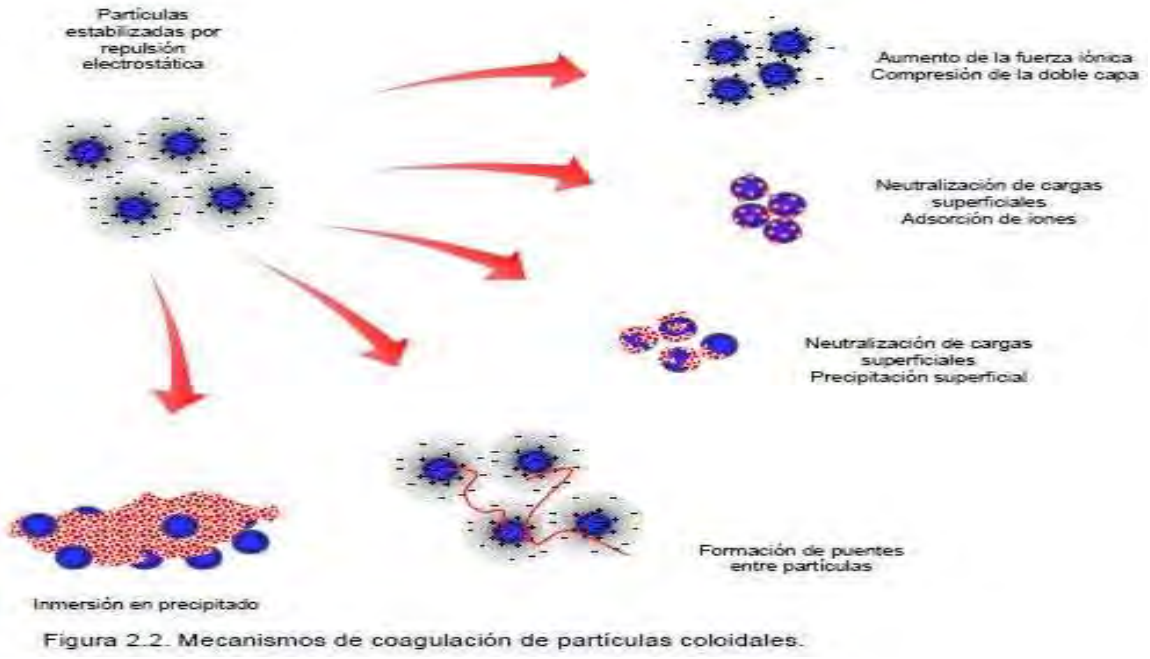


Figura 11: Mecanismo de coagulación de partículas coloidales (Martínez 2007)

39

d) Floculación:
Proceso durante el cual el agua se remueve de manera suave para facilitar la formación de copos que sedimentarán más fácilmente (Martínez 2007).

e) Segunda sedimentación:
Donde se ralentiza el flujo del caudal para que los copos sedimenten debido a la fuerza de gravedad.

f) Filtración:
Retira partículas y copos demasiado pequeños o ligeros como para sedimentar a consecuencia de la gravedad.
La filtración es uno de los medios más utilizados y de mayor efectividad para separar del agua las pequeñas partículas. Estas incluyen también los patógenos, los cuales son esencialmente pequeñas partículas. En la filtración del agua potable, la técnica más común se denomina filtración rápida. La filtración rápida consiste en una o varias capas de un medio filtrante cuidadosamente tamizado, como arena, antracita o tierra de diatomeas sobre un lecho de gravilla. Las oquedades porosas entre los granos del medio son a menudo, mayores que el tamaño de las partículas que se pretende erradicar, de modo que gran parte de la filtración se ejecuta mediante procedimientos distintos al simple escurrimiento. La adsorción, seguida de la floculación y de la sedimentación en los espacios porosos son importantes mecanismos de limpieza. Cuando el filtro se atasca de partículas, hay que detener su funcionamiento durante un breve periodo y limpiarse con agua a presión en sentido contrario. Tras este retro lavado, el medio queda en disponibilidad de continuar operativo (Arboleda J. 2000).

g) Desinfección por contacto:
Donde se añaden desinfectantes que permanecen el tiempo suficiente para inactivar cualquier patógeno que pudiera quedar, antes de distribuir el agua. La operación final, pero de importancia primaria en la mayoría de los trenes de tratamiento es la desinfección, la cual debe cumplir dos objetivos: la desinfección primaria, matar todos los patógenos del agua, y la desinfección secundaria (o residual) para prevenir el hecho de que nuevos patógenos vuelvan a crecer y desarrollarse en el agua durante el periodo que transcurre antes de su consumo. El método de desinfección más utilizado en los Estados Unidos es la desinfección con cloro libre porque resulta barato, fiable y fácil de usar. El cloro libre en el agua se desarrolla dosificando con gas cloro ($Cl_2(g)$), hipoclorito de sodio NaOCl (ac) o hipoclorito de calcio $Ca(OCl)_2(ac)$ Aunque el cloro libre es sumamente efectivo contra las bacterias, su eficacia es menor cuando tratamos con oocitos (óvulos u ovocitos) de protozoos, especialmente los de Giardia lamblia y Cryptosporidium, y con virus. Una de las principales ventajas de la cloración sobre otras formas de desinfección es que se crea un residuo del cloro que actúa como desinfectante secundario en el agua tratada después de que esta haya abandonado la depuradora (Garay 1993).

6.3.6 Biocoagulantes:
Provienen de seres vivos o de sus partes y son totalmente orgánicos y biodegradables; por lo tanto, son respetuosos con el medio ambiente y tienen impactos mínimos en la salud humana, han demostrado ser eficientes para su aplicación a procesos de tratamiento como una sustitución de los coagulantes y/o floculantes químicos ampliamente utilizados actualmente.
Suelen ser polímeros solubles en agua (polielectrolitos) originados a partir de varios compuestos de macromoléculas naturales, incluidas poliaminas, polidialildimetilamonio cloruro, dimetilamina y poliacrilamidas.
Para coagulantes/floculantes de origen vegetal, los grupos funcionales de hidroxilos, ácidos carboxílicos y aminas se consideran los ingredientes principales que promueven las funciones como biocoagulantes.

Los procesos de coagulación eliminan aproximadamente entre el 60 % y el 70 % de la materia orgánica natural; por lo tanto, procesos posteriores, como la filtración y oxidación, tendrán una carga menor (Budi 2020).
Evaluaremos la actividad biocoagulante de la penca de tuna *Opuntia ficus-indica.*

6.3.6.1 Características químicas de los biocoagulantes:
Las características de estas fuentes que permiten su uso como biocoagulantes son el contenido de polisacáridos, polímeros de proteínas y algunos grupos funcionales como hidroxilo y grupos carboxilo.
Los polisacáridos, las proteínas y algunos grupos funcionales promueven los mecanismos de adsorción, puenteo de polímeros y neutralización de carga (Budi 2020).
En la Tabla 1 se muestran los componentes con propiedades biocoagulantes.

Tabla 1: Compuestos biocoagulantes en plantas (Budi 2020)

11	Plant-based	Rice starch	Cellulose, lignin, aldehydes, ketones, esters, and carboxylic acids
12	Plant-based	*Lens culinaris*	Hydroxyl and carboxyl groups
13	Plant-based	Cassava	Amino acids, carboxyl group, and hydroxyl group
14	Plant-based	*Dillenia indica*	Polysaccharides
15	Plant-based	Potato starch	Branched-structure polymers
16	Plant-based	*Moringa oleifera* seed	Cationic protein, starch, glucose, fatty acids, and phenolic compounds
17	Plant-based	*Moringa oleifera* seed	Alcoholic compound, polysaccharides, and amides
18	Plant-based	*Moringa oleifera* seed	Amines, carboxylate groups, and alcoholic compounds

6.3.6.2 Ventajas de los biocoagulantes:
Los biocoagulantes son una tecnología respetuosa con el medio ambiente y presentan una fiabilidad de rendimiento, dan como resultado la reducción de residuos/utilización de recursos locales, son aplicables en áreas remotas, reducen producción de lodos y permiten la posible utilización de subproductos como acondicionador/fertilizante del suelo (Budi 2020).

En la Figura 12 se muestra la penca de tuna *Opuntia ficus-indica*

Figura 12: Penca de tuna *Opuntia ficus-indica*

En la Tabla 2 se muestra la taxonomía de tuna *Opuntia ficus-indica*

Tabla 2: Taxonomía de tuna *Opuntia ficus-indica.* (Espino 2012)

REINO	Phantae
SUBREINO	Embriophita
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Caryophyllidae
ORDEN	Carophyllales
FAMILIA	Cactaceae
TRIBU	Opuntiae
GÉNERO	*Opuntia*
ESPECIE	*ficus indica*
NOMBRE COMÚN	Tuna, higo de cacto, higo chambo

En la Tabla 3 se muestra la composición química de penca de tuna *Opuntia ficus-indica*

Tabla 3: Composición química de penca de tuna *Opuntia ficus-indica* (Espino 2012)

COMPONENTE	CONTENIDO (%)	
	1 mes de edad	1 año de edad
Humedad	92.57	94.33
Proteína	0.94	0.48
Grasa	0.17	0.11
Fibra	0.30	1.06
Cenizas	0.08	1.60
carbohidratos	5.96	2.43
Vitamina C (mg/100 g*	37.27	23.11
Ca	0.042	0.339
Na	0.0018	0.0183
K	0.00098	0.145
Fe	0.0792	0.322

* Los resultados se dan en mg de ácido ascórbico /100 g de penca frresca.

6.3.7 Alumbre:

Su nombre real es alumbre de potasio, más conocido como alumbre y es una sal doble de aluminio y potasio hidratada, muy soluble en agua. El alumbre de potasio (Aluminio de potasio) contiene carga iónica negativa y una peculiar estructura molecular $KAl(SO_4)_2.12H_2O$ (Carhuachin 2022).

Según el diagrama de operación para la coagulación con alumbre elaborado por Amirtharajha y Mills [2], el empleo de una dosis de 90 mg/L de alumbre promueve la coagulación (Camargo 1999). En la Figura 13 se muestra imagen de la piedra de alumbre.

Figura 13: Piedra de alumbre

6.3.8 Parámetros que cuantifican los contaminantes

6.3.8.1 Demanda química de oxígeno (DQO)
Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente el contenido de materia orgánica e inorgánica (sin considerar la actividad biológica) mediante un oxidante fuerte. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno. Es un indicador útil para apreciar el funcionamiento de las estaciones depuradoras (Crespi 1986).

Se usará el método miniaturizado, siendo el fundamento del método el mismo que el tradicional, pero con un menor consumo de reactivos y muestra, por lo que también se le conoce como método simplificado o de reflujo cerrado miniaturizado (Ramírez M. 2008). Se basa en la reacción de una muestra de agua contaminada con un oxidante enérgico, como es el dicromato potásico, en medio de ácido sulfúrico y la valoración por colorimetría de la cantidad de dicromato consumida en este proceso (Lapara 2000).

Los compuestos orgánicos oxidables actúan reduciendo el dicromato, Cr(VI), a ion crómico Cr(III). La cantidad de dicromato consumido proporciona una medida de la concentración de cantidad de dicromato consumido, proporcional a una medida de la concentración de contaminantes del agua (Jin 2004).

La utilización de la colorimetría (Absorción visible-ultravioleta) para la determinación de la DQO se basa en los diferentes espectros de absorción del Cr (VI) (Color naranja, absorbe en longitudes de onda en torno a 440nm) y el Cr(III) (Color verde, absorbe en torno a 600nm), por lo que ambas especies se pueden detectar independientemente (Martínez 2006).

Se ha establecido una alta correlación entre las señales espectrofotométricas y el DQO para diversos efluentes. La precisión y exactitud del método es equivalente a la del método normalizado. No obstante, para muestras que contengan sustancias volátiles, la exactitud es superior al método tradicional o normalizado. Se encontró un límite de detección del método, LD igual a 29.21 mg O_2/L y un límite de cuantificación, LC igual a 97.39 mg O_2/L. Una ventaja importante de este método es que los cambios pueden cuantificarse espectrofotométricamente (Akhoundzadeh 2013).

Semireacción para el Dicromato:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Naranja **Verde**

Semireacción para el oxígeno disuelto:

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$$

Como se puede observar, cada $Cr_2O_7^{-2}$ consume 6 electrones al reducirse, mientras que cada molécula de oxígeno consume 4 electrones.
El consumo de 1 mol de $Cr_2O_7^{-2}$ en la oxidación, es equivalente al consumo de 1.5 moles de O_2.

Realizar la lectura de las muestras en el espectrofotómetro UV-visible en el intervalo 370 - 670nm. Localizar las longitudes de onda de máxima absorción en los intervalos de:

480 - 420nm para Cr(VI) (450nm)
580 - 640nm para Cr(III) (610nm)

El biftalato ($C_8H_6O_4$) tiene una DQO teórica de 1,176 mg O_2/mg y la solución tiene una DQO teórica de 500 µg O_2/mL.

Cálculos:

$$C_8H_6O_4 + 7.5\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 3\ H_2O$$

Ftalato ácido de potasio 850 mg/L requiere 1000 mg/L de O_2 para su oxidación.
El DQO de una solución de 850 mg/L de Ftalato ácido de potasio, es de 1000 mg/L.

6.3.8.2 Sólidos disueltos totales (TSD)
Los sólidos totales son la suma de sólidos suspendidos (SS) y sólidos totales disueltos (TSD). La parte de sólidos suspendidos es la porción del total que pueden separarse con un filtro de membrana (de alrededor de 1,5 - 1,7um de tamaño de poro). La parte restante (TSD) que no puede ser filtrada o retenida comprende sólidos disueltos, sólidos coloidales y partículas suspendidas muy pequeñas. El agua acumula de forma natural una diversidad de sólidos disueltos, o sales, a medida que atraviesa suelos y rocas en su camino hacia el mar. Estas sales típicas incluyen cationes como el sodio, el calcio, el magnesio y el potasio y aniones como el cloruro, el sulfato y el bicarbonato. Un análisis cuidadoso daría como resultado una lista de las concentraciones de los aniones y cationes primarios, una manera simple y común en la medición de la salinidad es la concentración de los sólidos totales disueltos (TSD).
Los sólidos totales disueltos se definen como el residuo filtrable de una muestra de agua natural, residual, industrial o doméstica, residuo que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante (Harris 2001).

6.3.8.3 pH
En un efluente doméstico alcanza un valor aproximado entre 7 y 8. Cuando es más bajo indica la existencia de volcamientos ácidos y, si es alto, estos son alcalinos y ambos provienen de comercios o actividades industriales diversas.
En cualquier caso, son perjudiciales para las cañerías, equipos de bombeo e impactan en los sitios de disposición final (Orellana 2018)

6.3.8.4 Sulfatos.
Los sulfatos en el agua pueden tener su origen en el contacto con terrenos ricos en yesos, así como por la contaminación con aguas residuales industriales; el contenido de estos no suele presentar problemas de potabilidad en las aguas de consumo humano, pero

contenidos superiores a 300 mg/L pueden causar trastornos gastrointestinales en los niños (Orozco 2005).
Los agentes tensoactivos los cuales están formados por moléculas de gran tamaño, contiene sulfatos en su composición por lo que les confiere propiedades de ser ligeramente solubles en agua, así como ser que son responsables de la aparición de espumas en la superficie de los cuerpos de agua receptores de los vertidos de agua residual, se concentran en la superficie de las burbujas de aire creando una espuma muy estable, los agentes tensoactivos presentes en detergentes sintéticos como sulfatos de alquilo benceno, eran fuente de muchos problemas debido a su resistencia a la descomposición por medios biológicos por lo cual fueron sustituidos por sulfatos de alquilo lineales (LAS), que son sustancias biodegradables, reduciendo notablemente el problema de las espumas.

Recolección y preservación:
El ion sulfato precipita en medio ácido con cloruro de bario formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme. La cantidad de cristales es proporcional a la concentración de sulfatos en la muestra y la absorbancia luminosa de la suspensión; se puede medir espectrofotométricamente a 420 nm, siendo la concentración de sulfato determinada respecto a una curva de calibración, según los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales preparados por la Asociación Americana de Salud Pública, Asociación Americana de Trabajos del Agua, Federación para el Control de la Polución del Agua (APHA 2012).
El método turbidimétrico establece como valor máximo admisible 250 mg/L para el ion sulfato (ASTM 1995).

VII. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El plan del sistema de tratamiento de efluentes residuales domésticas fue dado en tres etapas, las cuales dieron como resultado la evaluación de la mejora en los valores de demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, sulfatos, pH.

7.1 Etapa preliminar: Procedimiento de pruebas analíticas:

7.1.1 Demanda química de oxígeno (DQO)
Se consideró una evaluación de 12 muestras en serie.
En las tablas 4 y 5 se detallan los materiales y reactivos utilizados en la prueba.
En la Figura 14 se muestran los tubos con lo solución de estándares para la construcción de la Curva de calibración de la prueba, nótese el color menos amarillo con el aumento de la concentración de DQO, En la Figura 15 y 16 se muestran los equipos usados en el desarrollo de la prueba como son el mini digestor y el espectrofotómetro UV-VIS.

Tabla 4. Materiales y aparatos usados en el estudio de la DQO por el método miniaturizado o alternativo (espectrofotométrico UV-VIS).

Material	*Cantidad (Unidad)*
Tubo de ensayo 10mL resistente al calor con tapa	12
Plancha de calentamiento con regulador de temperatura y potencia de al menos 1.4 W/cm^2 o su equivalente.	1

Tabla 5. Reactivos usados en el estudio de la DQO por el método miniaturizado o alternativo (espectrofotométrico UV-VIS).

Nombre – tipo	*Cantidad*
Dicromato de potasio (Grado reactivo CAS 7778-50-9)	0.12g
Ácido sulfúrico (Para análisis CAS 7664-93-9)	30mL
Sulfato mercúrico (Grado reactivo CAS 7783-35-9)	0.12g
Ftalato ácido de potasio (Grado reactivo CAS 877-24-7)	0.085g
Agua purificada	140mL

Preparación de reactivos:

1. Solución estándar de dicromato de potasio 0.04M:
   Se disolvió 600 mg de dicromato de potasio, grado estándar primario previamente secado durante 2 h a 103º C, en agua destilada y se diluyó a 50mL en un balón volumétrico clase A.

2. Reactivo de ácido sulfúrico:
   Solución concentrada del 98 % de ácido sulfúrico en agua.

3. Ftalato ácido de potasio (biftalato de potasio):
Se trituró ligeramente y se secó el biftalato de potasio hasta peso constante a 120º C; se disolvió 85 mg en agua purificada y se diluyó a 100mL.
El biftalato tiene un DQO teórico de 1.176 mg O_2/mg y la solución tiene un DQO teórico de 500ug O_2/mL.

Preparación de estándares:

Tubos con estándar de solución de ftalato ácido de potasio:
Estándar 1 (25 DQO): 0.075 mL de solución ftalato ácido de potasio
Estándar 2 (50 DQO): 0.15 mL de solución ftalato ácido de potasio
Estándar 3 (100 DQO): 0.30 mL de solución ftalato ácido de potasio
Estándar 4 (200 DQO): 0.60 mL de solución ftalato ácido de potasio
Estándar 5 (400 DQO): 1.20 mL de solución ftalato ácido de potasio
Estándar 6 (600 DQO): 1.80 mL de solución ftalato ácido de potasio
Estándar 7 (800 DQO): 2.40 mLde solución ftalato ácido de potasio
Estándar 8 (1000 DQO): 3.00 mL de solución ftalato ácido de potasio

Se agregó aproximadamente 10 mg de $HgSO_4$, en cada tubo de ensayo.
Se agregó agua purificada ultra pura csp 3,0 mL.
Se agregó 0.4 mL de solución de dicromato de potasio.
Muy lentamente se agregó ácido sulfúrico 2,5 mL.
Se agitó para disolver el $HgSO_4$.

Preparación de muestras:

Tubo con 1,5 mL de agua purificada
Tubo con 1,5 mL de agua potable
Tubo con muestra:
Muestra 1: 1,5 mL de solución muestra
Muestra 2: 1,5 mL de solución muestra
Muestra 3: 1,5 mL de solución muestra
Se agregó aproximadamente 10 mg de $HgSO_4$, en cada tubo de ensayo.
Se agregó agua purificada ultra pura csp 3,0 mL.
Se agregó 0.4 mL de solución de dicromato de potasio.
Muy lentamente se agregó ácido sulfúrico 2,5 mL.
Se agitó para disolver el $HgSO_4$.

Procedimiento:

Se colocaron los tubos en placa de calentamiento a 150 °C por 20 minutos.
Se procedió a realizar lectura en el espectrofotómetro.
Se utilizó agua purificada para poner a cero el equipo.
Se registró los espectros de absorción UV-visible obtenidos.
Se construyó la recta de calibrado representando ($A_{patrones} - A_{blanco}$) frente a la DQO de los patrones utilizados. A_{blanco} es la absorbancia del tubo 1 (el blanco, sin materia orgánica), que no se incluyó en la gráfica.
A partir de la ecuación de la recta de calibrado y la absorbancia de los tubos de la muestra, se determinó la DQO (en mg/L de O_2) de la muestra problema.
Se multiplicó por el factor de dilución apropiado (recordar que se ha diluido la muestra problema para realizar el experimento).
Se realizó la calibración del método con ftalato ácido de potasio.
La solución de cloruro férrico utilizada es de 34 mg por litro de efluente (Martínez 2019)

Figura 14: Tubos con reactivos para las curvas de calibración DQO de izquierda a derecha de menor a mayor concentración de DQO

Figura 15: Equipo digestor para determinación de DQO

Figura 16: Espectrofotómetro UV-Vis Hitachi usado en las lecturas de la determinación de DQO

7.1.2 Sólidos totales disueltos (TSD)

Se filtra la muestra del efluente con filtro de vidrio de 1,5 – 1,7um.
Se toma la muestra del efluente doméstico filtrado con una pipeta volumétrica de 25 mL y se agrega a un beaker limpio y previamente secado a 105º C por una hora.
Se llevó casi a sequedad en cocinilla a 200º C.
Faltando aproximadamente 5mL se colocó en estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante, se colocó en un desecador y se procedió a pesar.
Se repitió el ciclo de pesado: Enfriado, desecado y pesado hasta obtener peso constante. (Harris 2001)

Cálculos:

$$\text{mg de solidos totales disueltos/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volumen de muestra mL}} \times 1000$$

Donde:

A: Peso del filtro + residuo seco mg
B: Peso del filtro mg
Pipeta volumétrica de 25 mL +/- 0.025 mL ex 20ºC Blau Brand Colordur Brand tipo A

7.1.3 pH

Contar con beaker limpio y seco.
Se agregó la muestra del efluente doméstico con una pipeta volumétrica de 25 mL.
Se utilizó un potenciómetro previamente verificado.
Se procedió a realizar la determinación del pH.
(Orellana J. 2018)

7.1.4 Sulfatos (46)

Las muestras se colectaron en frascos de plástico o vidrio. Dado que ciertas bacterias pueden reducir el sulfato a sulfito y luego a sulfuro, especialmente en aguas contaminadas. (ASTM 1995)

Para su preservación se refrigeró la muestra a temperatura ≤ 6 °C y por un período máximo de 28 días.
Se realizó la preparación de reactivos, patrones y muestras, se empleó agua purificada y todos los reactivos de grado analítico.

Solución acondicionadora para sulfato:
Se usó como forma de acondicionamiento esta solución, proporcionó un medio para que los iones sulfato se mantuvieran en suspensión a la hora de lectura en el espectrofotómetro, ya que su no uso, precipitaría todo el analito al momento de la adición del cloruro de bario.

Preparación:
Se colocó en un vaso de precipitados en el siguiente orden y mezclando después de cada adición:
300 mL de agua purificada,
30 mL de ácido clorhídrico concentrado
100 mL de alcohol isopropílico
75 g de cloruro de sodio
Finalmente, se añadió 50 mL de glicerol previamente medidos en una probeta.
Se mezcló todo y se llevó a volumen final de 500 mL con agua.
Esta solución es estable seis meses almacenada en frasco de vidrio ámbar a temperatura ambiente
Cloruro de bario dihidratado ($BaCl_2.2H_2O$), se empleó reactivo comercial

Solución patrón de sulfato:
Se utilizó solución trazable de Sulfato de sodio de 2, 20, 50, 100 mg/L
Solución patrón de sulfato 2 mg/L:
Se pesó 73.9 mg de sulfato de sodio y se llevó a fiola de 250 mL. Se tomó 1,0 mL y se llevó a csp 100 mL con agua.
Se transfirió 25 mL del patrón a un vaso de precipitado de 100 mL.

Solución patrón de sulfato 20 mg/L:
Se pesó 73.9 mg de sulfato de sodio y se llevó a fiola de 250 mL. Se tomó 5,0 mL y se llevó a csp 50 mL con agua.
Se transfirió 25 mL del patrón a un vaso de precipitado de 100 mL.

Solución patrón de sulfato 50 mg/L:
Se pesó 184,75 mg de sulfato de sodio y se llevó a fiola de 250 mL. Se tomó 5,0 mL y se llevó csp 50 mL con agua.
Se transfirió 25 mL del patrón a un vaso de precipitado de 100 mL

Solución patrón de sulfato 100 mg/L:
Se pesó 184.75 mg de sulfato de sodio y se llevó a fiola de 250 mL. Se tomó 10,0 mL y se llevó csp 50 mL con agua.
Se transfirió 25 mL del patrón a un vaso de precipitado de 100 mL.

Procedimiento:
Las condiciones ambientales no influyen para la realización de este ensayo.

Preparación de la curva de calibración:
A los 25 mL del patrón transferido a un vaso de precipitado de 100 mL, se adicionó:
2,5 mL de solución acondicionadora y se agitó con varilla de vidrio; se adicionó la cantidad de una cucharilla de cristales de cloruro de bario y se agitó en forma vigorosa.
Se realizó la lectura antes de los 5 minutos en espectrofotómetro a 420 nm con celdas de cuarzo de 1cm de paso óptico.

B. Determinación de sulfatos en muestras:

Se transfirió 10 mL de muestra y se llevó a fiola de 100 mL con agua purificada (En caso de turbiedad evidente, debe ser previamente centrifugada o filtrada).
Se colocó 25 mL en un vaso de precipitados de 100 mL, se adicionó 2,5mL de solución acondicionadora y se agitó; se adcionó una cantidad equivalente a una cucharilla de cristales de cloruro de bario y se agitó en forma vigorosa.

Condiciones espectrofotométricas:

Se realizó la lectura antes de los 5 minutos en espectrofotómetro a 420 nm con celdas de cuarzo de 1cm de paso óptico, se utilizó scan de 200 a 600 nm (ASTM 1995).

7.2 Primera etapa: Diagnóstico y análisis del problema con los vertimientos del agua utilizada en el proceso de lavado.

7.2.1 Características generales

El desarrollo de la investigación fue realizado con un volumen de agua utilizado en un proceso de lavado por una familia promedio de 5 miembros.

El proceso de lavado fue realizado en lavadora LG de 8 kg.

El primer enjuague de agua de un proceso de lavado en lavadora LG de 8kg correspondió aproximadamente a 62.5 L de agua.

Un proceso de lavado completo en lavadora de 8 kg estuvo compuesto de 4 etapas de lavado y consumió aproximadamente 250 L de agua.

Considerando 6 procesos de lavado semanales, se consume aproximadamente solo en lavado de ropa 1500 L de agua potable, las cuales se eliminan directamente al desagüe.

Al año una familia de 5 miembros estaría eliminado directamente al desagüe aproximadamente 78150 L de este tipo de efluente residual doméstico, sin aprovechamiento alguno.

En un proceso de lavado en lavadora de 8 kg se consumió aproximadamente 180 g de detergente en polvo.

Considerando 6 procesos de lavado semanales, se consumió aproximadamente en el lavado de ropa 1080 g de detergente.

Al año una familia de 5 miembros estaría utilizando 56280 g de detergente aproximadamente.

Características del detergente comercial utilizado en el desarrollo experimental:
Marca: Ariel.
Lote: 20712101
Código de barras: 50043169585
Cantidad empleada: 180 g por proceso de lavado en lavadora de 8 Kg. En la Figura 17 se muestra el tipo de detergente utilizado “Ariel pro cuidado”.

Figura 17: Detergente utilizado marca Ariel

En la Figura 18 y 19 se muestran la cantidad de detergente “Ariel pro cuidado” utilizado por evento.

Figura 18: En la Figura se muestra pesada de detergente por evento

Figura 19: En la Figura se muestra detergente utilizado por evento (180 g)

7.2.2 Análisis de la muestra sin tratamiento:

A fin de establecer valores de punto de partida del grado de contaminación, se realizó el análisis de determinación de valores de los siguientes parámetros:

- Demanda química de oxígeno,
- Sólidos suspendidos totales,
- Sulfatos,
- pH

En las siguientes muestras:

- Agua purificada
- Agua potable
- Efluente de lavandería doméstica 62.5 L (primer enjuague)
- Efluente de lavandería doméstica 250 L (enjuague completo)

En las figuras 20 a 23 se muestran la lavadora utilizada en la generación de los efluentes residuales domésticos, la forma como se colectan los efluentes, el tipo de tanque utilizado como reservorio para la colecta de los efluentes y la realización de la reacción de la coagulación, así como la colecta de la muestra para análisis.

Figura 20: En la Figura se muestra la la lavadora utilizada

Figura 21: En la Figura se muestra

Figura 22: En la Figura se muestra el tanque almacenamiento

Figura 23: En la Figura se muestra de contenedor con muestra tomada

7.2.2.1 Recolección de la muestra:
Se recolectaron las siguientes muestras.

7.2.2.1.1 Agua purificada, fue tomada directamente a la salida de equipo purificador de agua.

7.2.2.1.2 Agua potable, fue tomada directamente a la salida del grifo de la vivienda.

7.2.2.1.3 Efluente de lavandería doméstica 62.5 L (primer enjuague): Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg y se colectó el primer enjuague en tanque apropiado para el posterior análisis.

7.2.2.1.4 Efluente de lavandería doméstica 250 L (enjuague completo): Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg y se colectó el enjuague total compuesto por 4 etapas de lavado obteniéndose 250 L de efluente en tanque apropiado para el posterior análisis.

7.2.2.2 Análisis de las muestras obtenidas:
Se realizó el análisis de acuerdo a los métodos descritos anteriormente.
Se procedió a recopilar los resultados analíticos de los efluentes domésticos realizados, tal como se muestra En la Tabla 6, donde para ambos efluentes domésticos de 62.5L y 250L se analizaron y obtuvieron los valores iniciales de los parámetros en evaluación como son demanda química de oxígeno, sólidos totales, sulfatos, pH, fuera de los valores permitidos, siendo las especificaciones permitidas según decreto supremo DS 021-2009, para los efluentes de lavandería doméstica generados.

Tabla 6. Efluente de lavandería doméstica valores de parámetros encontrados

Parámetro	Expresión.	VMA (mg/L) DS 021-2009-VIVIENDA	**Primer Enjuague 62.5 L**	**Enjuague completo 250 L**
Demanda química de oxígeno mg/L	DQO	Máximo 500	2629	590
Sólidos disueltos totales mg/L	SDT	Máximo 1000	3508	6814
Sulfatos mg/L	S04	Máximo 100	1073	916
pH	pH	5,0 - 9,0	9.9	9.3

7.3 Segunda etapa: Diseño del equipo de tratamiento.
7.3.1 Evaluación de pasos para el tratamiento

Se procedió a diseñar el equipo de tratamiento, partiendo que el sistema de tratamiento de efluentes domésticos debía considerar diferentes pasos, dependiendo de la calidad requerida del efluente.
Se utilizaron varios métodos o tecnologías de tratamiento en cada paso.
Las tecnologías examinadas para el tratamiento de efluentes domésticos se clasificaron según sea el principio de tratamiento: físico, químico o combinación de estos.
Además, las tecnologías se revisaron en términos de rendimiento, operación y los problemas encontrados.
En la Figura 24 se muestra esquema del tratamiento y reciclaje de efluentes domésticos.

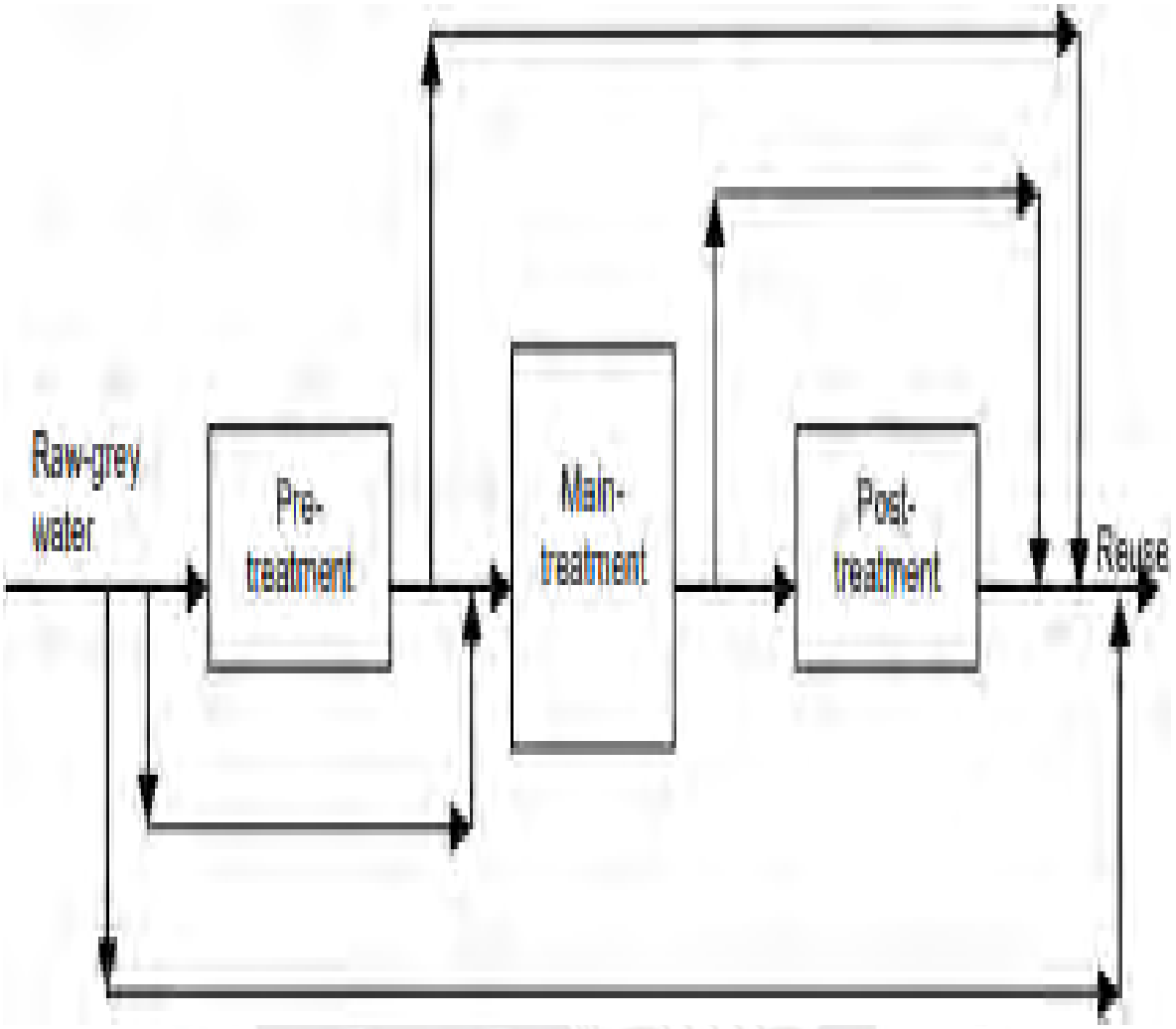


Figura 24: Esquema de tratamiento y reciclaje de efluentes domésticos (Kami 2020)

7.3.2 Implementación piloto del proceso de tratamiento:

Se realizó en un cilindro plástico de 250 L, donde se recibieron los efluentes, antes de sedimentar los componentes coloidales mediante la acción de agentes coagulantes.
Se emplearon biocoagulantes en el tanque de tratamiento y en el filtro de purificación (capa de piedra, arena gruesa, arena fina) a fin que retengan sustancias hidrofóbicas, se revisó el tratamiento de espuma remanente con alumbre.
Se esperó que al culminar el proceso el contenido de contaminantes cumpla con las especificaciones exigidas por el DS021-2009-Vivienda (Para el alcantarillado).

7.3.2.1 Partes del equipo:

En la Figura 25 se detalla las partes del equipo utilizado para el tratamiento de reciclaje del efluente de lavandería doméstica.
Principalmente consta de materiales de fácil acceso como un tanque de almacenamiento de PVC donde se reciben los efluentes y se realizará el tratamiento con el biocoagulante, después de un periodo de tiempo determinado para después utilizar el cartucho de filtración para terminar de purificar el efluente doméstico y poder reutilizarlo.

Figura 25: Equipo de tratamiento de efluente de lavandería doméstica

1. Tanque de tratamiento

   La adsorción y coagulación se realizó en el contenedor de PVC de 250 L, con capacidad de contener:
   Primera eliminación del efluente de lavandería doméstica de la lavadora por 62.5 L.
   Cuatro eliminaciones de un ciclo completo de lavado por 250 L.

   En el contenedor se realizó la reacción de biocoagulación con el licuado de penca de tuna y/o alumbre, así como también la coagulación del método convencional con solución de cloruro férrico.

Para el procedimiento de coagulación se dejó en reposo en el tanque de almacenamiento el efluente, el coagulante por 48 horas como tiempo de reacción.

2. Cartucho de filtración

Distribución del cartucho de filtración. En la Figura 26 se detalla la distribución de los Elementos de filtración.

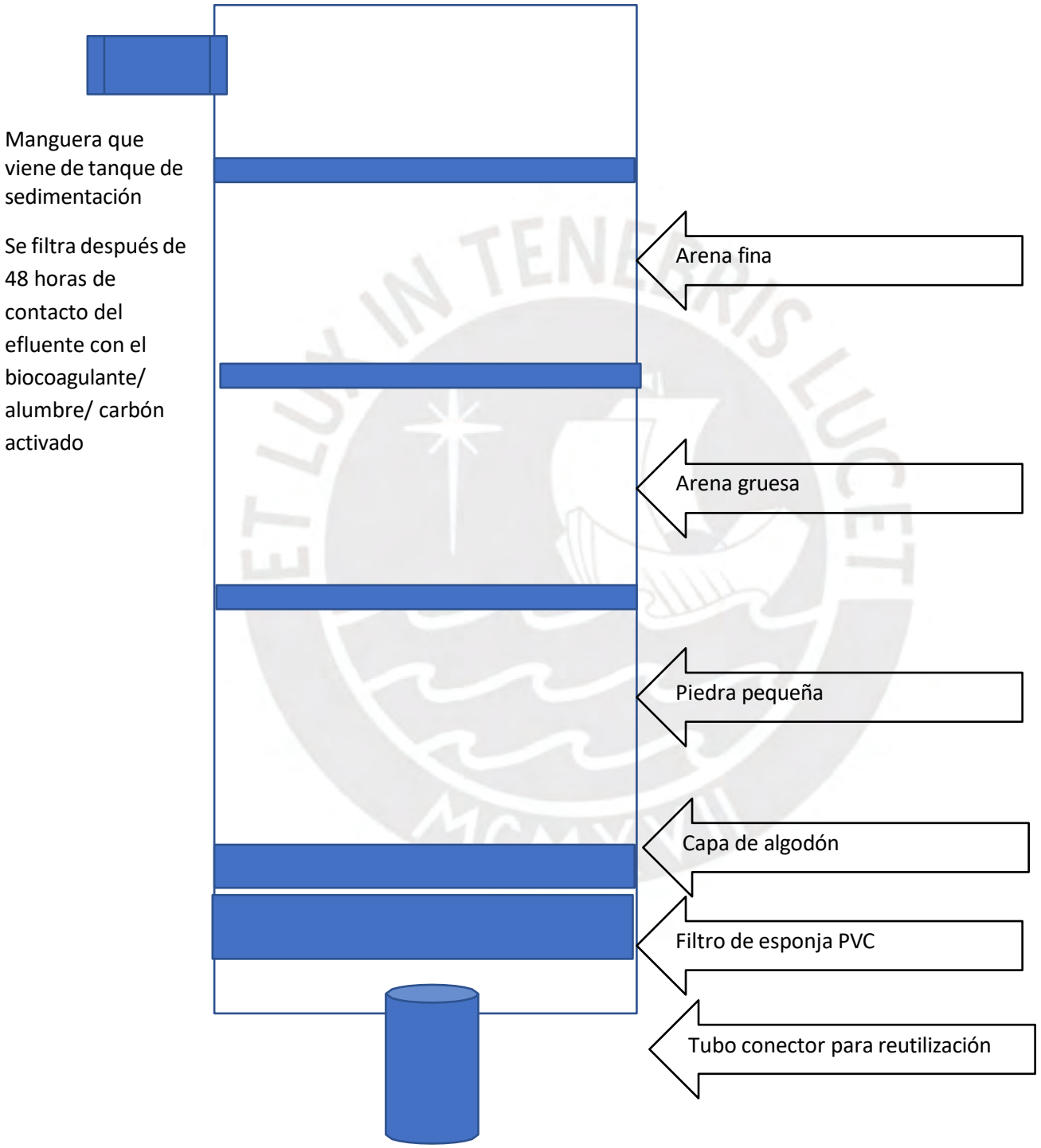


Figura 26: En la Figura se muestra esquema del diseño para el tratamiento de filtración del efluente residual doméstico

El sistema de filtración lenta, presenta un tubo de PVC de 110 mm de diámetro x 60cm de longitud, el cual contiene en su interior:
Arena fina, arena gruesa, piedra fina, piedra gruesa, algodón y esponja fina.

Estos elementos se encuentran contenidos en el chasis y el conector. Este último se utiliza para conectar la etapa de pretratamiento (del tanque de coagulación) a la purificación final con filtración de arena- piedra – algodón.

7.3.3 Composición y técnicas de purificación del equipo:

La descontaminación de efluente se realizará de la siguiente manera:

- Solución coagulante de cloruro férrico

El coagulante convencional utilizado corresponde a cloruro férrico, con una concentración de 34 mg por litro de efluente (65)
Primer enjuague 62.5 L de efluente doméstico: 2125 mg
Enjuague completo por 250L de efluente doméstico: 8500 mg

- Biocoagulante de penca de tuna

Se utilizó diversas cantidades de penca de tuna licuada, a fin de determinar la concentración más adecuadas para la coagulación de los diferentes contaminantes, la preparación (licuado) se realizó diariamente y se expuso en el tanque de tratamiento por 48 horas.

- Coagulante de alumbre

El alumbre utilizado corresponde a una concentración de 90 mg por litro de efluente
Primer enjuague 62.5L de efluente doméstico: 5625 mg
Enjuague completo por 250 L de efluente doméstico: 22500 mg
La preparación se realizó diariamente y se expuso en el tanque de tratamiento por 48 horas.

- Arena fina/ Arena gruesa

Utilizado para tratamiento natural de efluentes residuales, presentan propiedades absorbentes y de separación.

- Piedra fina/ piedra gruesa:

Se utilizó para llevar a niveles adecuados de pH por su efecto neutralizante, así como para retener partículas contaminantes.

- Filtro de algodón/ Esponja:

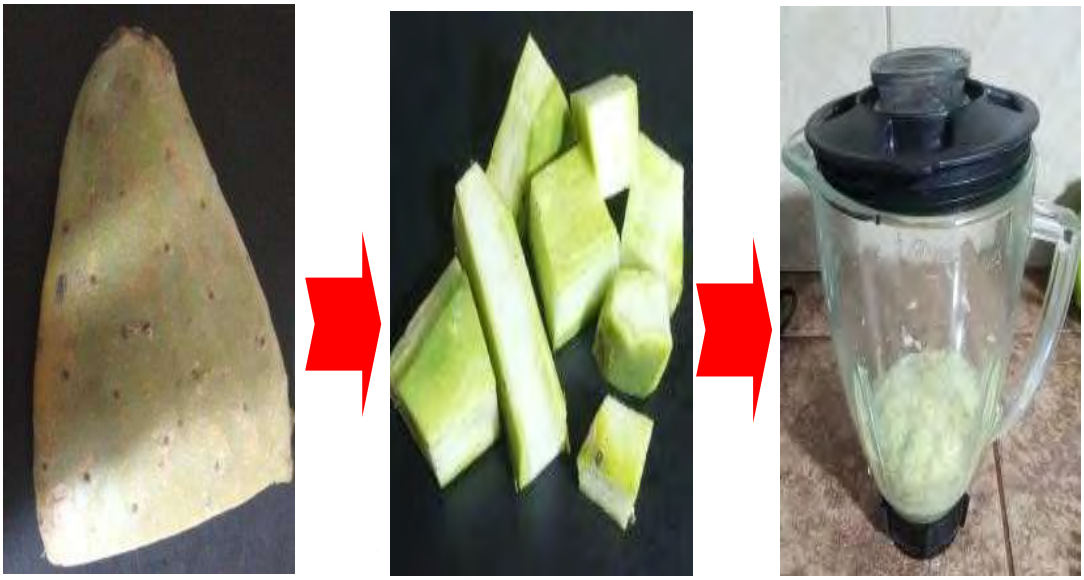
Se utilizó como barrera de separación física entre elementos a utilizar. Se procedió a realizar el análisis de los parámetros de DQO, sólidos totales solubles, pH, sulfatos.

7.3.4 Diseño de tratamiento de la muestra:

7.3.4.1 Preparación del biocoagulante:
El biocoagulante utilizado es la penca de tuna *Opuntia Ficus – Indica*.
Para tal efecto se preparó la penca retirando la piel, se cortó en cubos la pulpa y se realizó el licuado.

En la Figura 27 se muestra secuencia de preparación del biocoagulante utilizado

.



Penca de tuna | Retirar la piel delgada y Cortar en trozos | Proceder a licuar

Figura 27: Secuencia de preparación del biocoagulante utilizado

7.3.4.2 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 62.5 L de efluente doméstico.

1. Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg.

2. El efluente pasó de la lavadora al tanque de tratamiento.

3. Se colectó el primer enjuague de efluente doméstico por 62.5 L en el tanque de tratamiento.

4. Se agregó la cantidad determinada del biocoagulante de penca de tuna licuado.
   100 g
   200 g
   400 g
   800 g

5. Se procedió a agitar por 3 minutos.

6. Se dejó en reposo por 48 h

7. Se procedió a pasar por filtro de arena, piedra y algodón.

8. Se realizó el muestreo

7.3.4.3 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 250 L de efluente doméstico.

1. Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg.

2. El efluente pasó de la lavadora al tanque de tratamiento

3. Se colectó el total del enjuague compuesto por 4 etapas de lavado, se obtuvo 250 L de efluente de lavandería doméstica, para el posterior análisis.

4. Se agregó la cantidad determinada del biocoagulante de penca de tuna licuado.
   100 g
   200 g
   400 g
   800 g

5. Se procedió a agitar por 3 minutos.

6. Se dejó en reposo por 48 h

7. Se pasó por el filtro de arena, piedra y algodón.

8. Se realizó el muestreo

7.3.4.4 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 62.5 L de efluente con alumbre.

1. Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg.

2. El efluente pasó de la lavadora al tanque de tratamiento

3. Se colectó el primer enjuague de efluente doméstico por 62.5 L en el tanque de plástico.

4. Se agregó la cantidad determinada del biocoagulante de penca de tuna licuado, con 5.625g de alumbre
   100 g de penca de tuna licuada con alumbre o
   200 g de penca de tuna licuada con alumbre o
   400 g de penca de tuna licuada con alumbre o
   800 g de penca de tuna licuada con alumbre
   El alumbre utilizado correspondió a una concentración de 90 mg por litro de efluente.
   Primer enjuague 62.5 L de efluente doméstico: 5625 mg

5. Se procedió a agitar por 3 minutos.

6. Se dejó en reposo por 48 h

7. Se procedió a pasar por el filtro de arena, piedra y algodón.

8. Se realizó el muestreo

7.3.4.5 Colección de muestra de tratamiento con tuna de 250 L de efluente y con alumbre.

1. Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg.

2. El efluente pasó de la lavadora al tanque de tratamiento.

3. Se colectó el total del enjuague compuesto por 4 etapas de lavado, se obtuvo 250 L de efluente de lavandería doméstica, para el posterior análisis.

4. Se agregó la cantidad determinada del biocoagulante de penca de tuna licuado, con 22.5g de alumbre
   100 g de penca de tuna licuada con alumbre o
   200 g de penca de tuna licuada con alumbre o
   400 g de penca de tuna licuada con alumbre o
   800 g de penca de tuna licuada con alumbre
   El alumbre utilizado correspondió a una concentración de 90 mg por litro de efluente.
   Enjuague completo por 250L de efluente doméstico: 22500mg

5. Se procedió a agitar por 3 minutos.

6. Se dejó en reposo por 48 h

7. Se procedió a filtrar por el filtro de arena, piedra y algodón.

8. Se realizó el muestreo

7.3.4.6 Colección de muestra de coagulante convencional cloruro férrico en el tratamiento de 62.5 L de efluente doméstico.

1. Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg.

2. El efluente pasó de la lavadora al tanque de tratamiento

3. Se colectó el primer enjuague de efluente doméstico por 62.5 L en el tanque de plástico.

4. Se agregó la cantidad determinada del coagulante convencional cloruro férrico.
   Concentración de 34 mg por litro de efluente (65)
   Primer enjuague 62.5 L de efluente doméstico: 2125 mg

5. Se procedió a agitar por 3 minutos.

6. Se puso en reposo por 48 h.

7. Se procedió a pasar por el filtro de arena, piedra y algodón.

8. Se realizó el muestreo.

7.3.4.7 Colección de muestra de coagulante convencional cloruro férrico en el tratamiento de 250 L de efluente.

1. Se colocó la ropa a lavar en la lavadora LG de 8 kg.

2. El efluente pasó de la lavadora al tanque de tratamiento.

3. Se colectó el total del enjuague de efluente doméstico de un ciclo de lavado por 250 L en el tanque de plástico.

4. Se agregó la cantidad determinada del coagulante convencional cloruro férrico.
   Concentración de 34 mg por litro de efluente (65)
   Enjuague completo por 250 L de efluente doméstico: 8500 mg

5. Se procedió a agitar por 3 minutos.

6. Se dejó en reposo por 48 h

7. Se pasó por el filtro de arena, piedra y algodón.

8. Se realizó el muestreo

7.3.5 Características del equipo de tratamiento de efluentes domésticos

1. Económico en comparación a otros métodos de tratamiento más sofisticados
2. Técnicas de purificación accesibles como coagulación y filtración
3. Tamaño adecuado de uso a fin de ser implementado a escala domiciliaria en ambientes pequeños:
   Largo de 60 cm, diámetro de 15 cm, peso 2 kg
4. Bajo consumo energético: Solo se usó la energía eléctrica que proviene de la lavadora.

Se utilizó como medio de bombeo del efluente al filtro para la posterior obtención del efluente tratado, la propia energía eléctrica utilizada en la lavadora para eliminar el agua de desecho, con esto se espera darle un valor agregado al consumo de energía eléctrica usualmente utilizado en las lavadoras automáticas convencionales.

5. Reciclable

Después de su uso el filtro compuesto puede abrirse por la tapa y colocar cada componente a la luz solar para activarse y eliminar contaminante por degradación con el calor del sol.

6. Fácil manipulación

En la Tabla 7 se detallan los componentes utilizados en la fabricación del equipo de tratamiento del efluente de lavandería doméstica, clasificándose también a los consumibles, lo cual corresponde a las partes que deben ser cambiadas por cada proceso de tratamiento del efluente.

Tabla 7. Componentes y costo de equipo de tratamiento de efluente de lavandería doméstica

Material	Cantidad	Equipamiento Precio en soles (S/)	Consumibles Precio en soles (S/)
Tubo acrílico*	50 cm	5.00	....
Niple*	1 unidad	3.00	....
Manguera para drenaje*	1 unidad	25.00	....
Servicio de pegado*	1 unidad	1.0	....
Unión – niple*	1 unidad c/u	6.0	....
Tanque de plástico 250L*	1 unidad	200.0	....
Algodón	50 g	....	3.50
Hoja de tuna	200 g	....	0.5
Alumbre	100 g	....	0.8
Agua purificada	1 L	....	0.1
Piedra fina	1150 g	....	0.5
Arena fina	1500 g	....	0.5
Arena gruesa	1000 g	....	0.5
Carbón activado	2.5 g	....	0.125
Costo total de equipo (Incluyendo partes fijas)		**240.0**	**…**
Costo de consumibles		**…**	**6.53**

*Partes fijas del equipo

7.4 Tercera etapa: Análisis de laboratorio a fin de determinar la concentración de contaminantes en las aguas residuales tratadas

Según los resultados obtenidos en este análisis, se pudo cuantificar el rendimiento del proceso global y también ayudará en la decisión de como reutilizar el efluente tratado. Se espera que esta evaluación permita el uso del efluente tratado para el riego de plantas de tallo largo, como flores y arboles ornamentales, según lo dispuesto en el artículo Nº 1 del DS 003-2003-SA (6).

El análisis del laboratorio contempló la determinación de la concentración de contaminantes:

7.4.1 Demanda química de oxígeno
7.4.2 Sólidos totales disueltos
7.4.3 Sulfatos
7.4.4 pH

Se evaluó el efecto coagulante por parte de la penca de tuna *Opuntia ficus-indica*:
Muestra de tratamiento con tuna de 62.5 L de efluente doméstico.
Muestra de tratamiento con tuna de 250 L de efluente doméstico.
Muestra de tratamiento con tuna de 62.5 L de efluente con alumbre.
Muestra de tratamiento con tuna de 250 L de efluente con alumbre.
Muestra de tratamiento con cloruro férrico de 62.5 L de efluente doméstico.
Muestra de tratamiento con cloruro férrico de 250 L de efluente doméstico.
Data primaria: Ver anexo

VIII. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

8.1 Resultados de tratamiento de 62.5 L efluente de lavandería doméstica con penca de tuna *Opuntia ficus-indica.*

En la Tabla 8 se presentan los resultados de DQO obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de efluente de lavandería doméstica de 62.5L la cual se constituye como el primer enjuague o el efluente más contaminado por la mayor concentración de detergente visible incluso por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros. También se realiza el análisis del efluente de 62.5L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente a 62.5L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de DQO por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 62.5L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 8. Promedio de DQO en las diferentes muestras analizadas a 62.5 L (Primer efluente de lavandería doméstica obtenido)

MUESTRA	Promedio DQO (mg/L) entre muestras	DSR %
AGUA POTABLE	131.8	0.16
AGUA PURIFICADA	32.80	0.12
EFLUENTE 62.5 L	2628.51	0.24
EFLUENTE FILTRADO 62.5 L	703.12	0.09
PENCA DE TUNA (100g) 62.5 L	591.83	0.12
PENCA DE **TUNA (200g) 62.5 L**	**125.26**	**0.01**
PENCA DE TUNA (400g) 62.5 L	245.15	**0.03**
PENCA DE TUNA (800g) 62.5 L	350.17	0.16
PENCA DE TUNA (100g + ALUMBRE) 62.5 L	132.28	0.12
PENCA DE **TUNA (200g + ALUMBRE) 62.5 L**	**50.82**	0.24
PENCA DE TUNA (400g + ALUMBRE) 62.5 L	383.05	0.09
PENCA DE TUNA (800g + ALUMBRE) 62.5 L	676.66	0.12
62.5 L CLORURO FERRICO	**391.45**	**0.01**

En la Figura 28 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de DQO obtenido con el tratamiento del primer efluente de lavandería doméstica de 62.5 L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 62.5L, puede observarse también los bajos valores de DQO obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y un valor mucho menor aun con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, estos valores de DQO obtenidos incluso son mucho menores que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico.

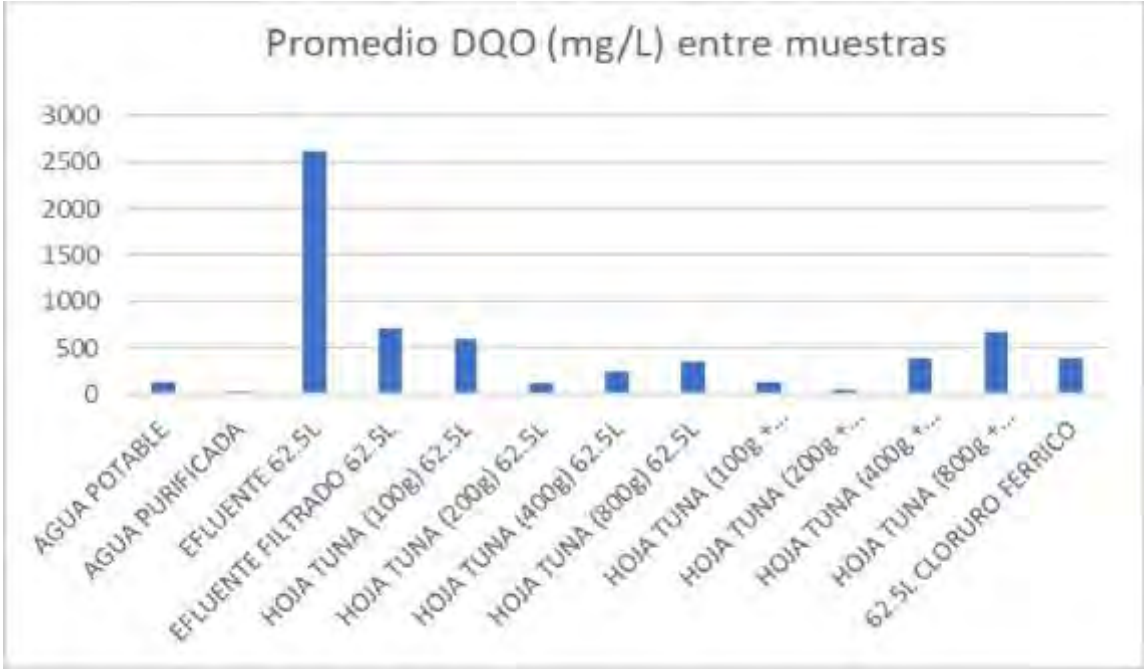


Figura 28: DQO obtenido en las diferentes muestras analizadas del efluente de lavandería doméstica por 62.5 L (Primer agua de enjuague)

En la Tabla 9 se muestra cuadro comparativo con valores de porcentaje (%) y DQO (mg/L) de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 62.5L, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico, con el cual se observa una mejora en la reducción del valor de DQO de 85.1%, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento metería de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de DQO de 95.2% con el tratamiento con penca de tuna 200g/62.5L y de 98.1% con penca de tuna 200g más alumbre.

Tabla 9. Comparación de DQO obtenido en el tratamiento del efluente de lavandería doméstica por 62.5 L (Primer agua de enjuague) con el método convencional de cloruro férrico, frente a los mejores valores de reducción obtenidos con penca de tuna 200g y penca de tuna 200g con alumbre

	Efluente 62.5 L	Cloruro férrico	Penca de tuna 200 g/62.5 L	Penca de tuna 200g/ 62.5 L – alumbre
% Reducción	0.0 %	85.1 %	95.2 %	98.1 %
DQO mg/L	2628.51	391.45	125.26	50.82

En la Figura 29 se muestra grafico lineal con los resultados en porcentaje de reducción del valor de DQO obtenido con el tratamiento del primer efluente de lavandería doméstica de 62.5 L representado como 0%, se observa un pico de reducción obtenido con el método convencional de cloruro férrico y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y un valor mucho mayor de reducción con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre.

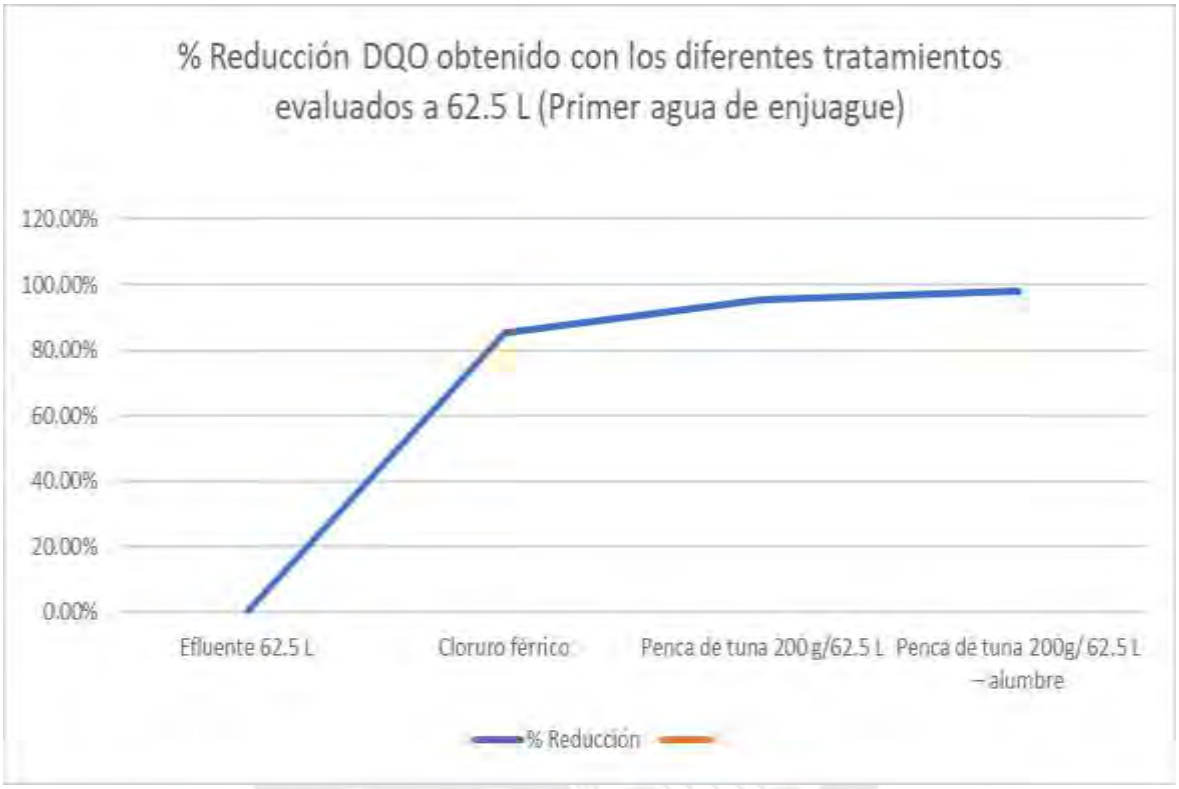


Figura 29: Porcentaje de reducción de valor de DQO para efluente doméstico de 62.5 L

Estudio de efluente de lavandería doméstica por 62.5 L (Primer drenaje de efluente por la lavadora)

En la primera etapa del tratamiento con licuado de penca de tuna *Opuntia ficus-indica* se aplicó al enjuague con 62.5 L del efluente en cantidades de 100 g, 200 g, 400 g y 800 g, frente al grupo control (Agua potable, efluente de lavandería doméstica de 62.5L).

El filtrado inicial del efluente de 62.5 L, se realizó mediante capas de piedra, arena gruesa y arena fina.

El mejor resultado de efecto purificador se obtuvo al agregar 200 g del concentrado de penca de tuna en 62.5 L del efluente de lavandería doméstica.

Se obtuvo para el agua purificada un DQO de 32.80 mg O_2/L el valor corresponde a un agua sin contaminantes obtenidos con equipo purificador de agua marca Gesmin del laboratorio de fisicoquímico.

Se obtuvo para el agua potable un DQO de 131.8 mg O_2/L, el cual corresponde a la muestra de Agua utilizada para el lavado a lavadora utilizado en cada prueba, este valor de DQO se considera como punto inicial, ya que es el agua que proviene de la red de agua SEDAPAL.

Se obtuvo para el efluente por 62.5 L un DQO de 2628.5 mg O_2/L, lo cual en promedio significa que el nivel de contaminación representada por el valor de DQO se incrementó en 200 veces.

Se obtuvo para el efluente filtrado por 62.5 L un DQO de 703.12 mg O_2/L, con lo que con el uso del cartucho filtrante solo se obtuvo una mejora (Decrecimiento) del valor DQO en 73.25 %.

Con respecto al uso de un método convencional comparativo, se utilizó la solución de cloruro férrico de 34 mg por litro de efluente 62.5 L con un valor de DQO de 391.45 mg O_2/L, con lo cual se observó que el valor de DQO se redujo en un 85.1 %.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/62.5 L, con un valor de DQO de 125.26 mg O_2/L con lo cual se observa que el valor de DQO se redujo en un 95.2 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que DQO se incrementaba para los 800g de penca de tuna utilizada se obtuvo un DQO de 350.17mg O_2/L, lo que significa que el DQO se redujo en un 86.7%.
Aun así, el resultado de la reducción del valor de DQO es considerable y favorable, pero económicamente es más alto debido al mayor consumo de la penca de tuna y mayor saturación del filtro.

Por lo tanto, se observó un mejor efecto de reducción de DQO con la penca de tuna a 200 g/ 62.5 L (95.2 %) en comparación al método convencional de solución de cloruro férrico (85.1 %).

Con respecto al uso de penca de tuna con alumbre como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/ 62.5 L con alumbre, con un valor de DQO de 50.82, con lo cual se observa que el valor de DQO se redujo en un 98.1 %, se observa incluso un valor de DQO menor que el agua potable, lo que se debe a que la sal de alumbre favorece la completa coagulación de contaminantes y componentes permitidos del agua potable.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que DQO se incrementaba, para los 800 g de penca de tuna con alumbre utilizada se obtuvo un DQO de 676.66 mg O/L, lo que significa que el DQO se redujo en un 74.6 %. Aun así, el resultado de la reducción del valor de DQO es considerable y favorable, pero económicamente es más caro por mayor consumo de la penca de tuna y mayor saturación del filtro.

Por lo tanto, se observó un mejor efecto de reducción de DQO con la penca de tuna a 200 g/62.5 L con alumbre (98.1 %) en comparación al método convencional de solución de cloruro férrico (85.1 %).

8.2 Resultados del tratamiento de 250 L efluente doméstico con penca de tuna *Opuntia ficus-indica.*

En la Tabla 10 se presentan los resultados de DQO obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de

efluente de lavandería doméstica de 250L la cual se constituye como el enjuague total, Se observa su contaminación por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros, aunque en menor cantidad de espuma e intensidad de color que el primer enjuague o efluente de lavandería doméstica de 62.5L.
También se realiza el análisis del efluente de 250L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente a 250L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de DQO por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 250L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 10 DQO obtenido con los diferentes tratamientos evaluados a 250 L (Drenaje completo de efluente de lavandería doméstica)

Muestra	**Promedio DQO (mg/L) entre muestras**	**DSR %**
AGUA POTABLE	131.8	0.16
AGUA PURIFICADA	32.80	0.12
EFLUENTE 250 L	589.79	0.20
EFLUENTE 250 L FILTRADO	330.11	0.01
PENCA TUNA (100 g) 250 L	284.65	0.19
PENCA **TUNA (200 g) 250 L**	**66.18**	**0.45**
PENCA TUNA (400 g) 250 L	326.98	0.04
PENCA TUNA (800 g) 250 L	691.09	0.05
PENCA TUNA 100 g ALUMBRE 250 L	345.78	0.11
PENCA **TUNA 200 g ALUMBRE 250 L**	**27.30**	**0.44**
PENCA TUNA 400 g ALUMBRE 250 L	297.82	001
PENCA TUNA 800 g ALUMBRE 250 L	421.29	0.01
250 L CLORURO FERRICO	213.75	0.11

En la Figura 30 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de DQO obtenido con el tratamiento del efluente de lavandería doméstica de 250L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 250L, puede observarse también los bajos valores de DQO obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y un valor mucho menor aun con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, estos valores de DQO obtenidos incluso son mucho menores que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico.

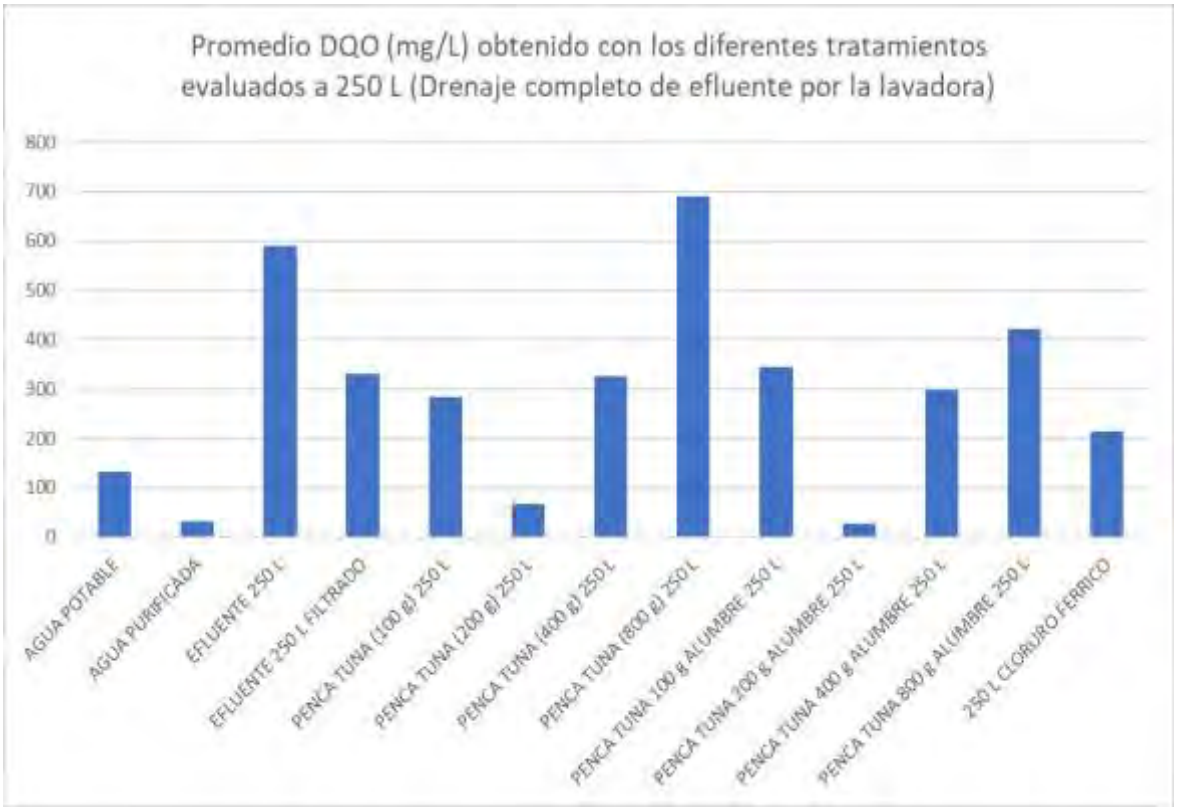


Figura 30: DQO en las diferentes muestras analizadas a 250 L (Drenaje completo de efluente de lavandería doméstica).

En la Tabla 11 se muestra cuadro comparativo con valores de porcentaje (%) y DQO (mg/L) de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 250L, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico, con el cual se observa una mejora en la reducción del valor de DQO de 63.8%, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento metería de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de DQO de 88.8% con el tratamiento con penca de tuna 200g/250L y de 95.4% con penca de tuna 200g/250L más alumbre.

Tabla 11. DQO obtenido con los diferentes tratamientos evaluados a 250 L (Drenaje completo de efluente por la lavadora)

	Efluente 250 L	Cloruro férrico	Penca de tuna 200 g/250 L	Penca de tuna 200 g/250 L – alumbre /250 L
% Reducción	0.0 %	63.8 %	88.8 %	95.4 %
DQO mg/L	589.79	213.75	66.18	27.30

En la Figura 31 se muestra grafico lineal con los resultados en porcentaje de reducción del valor de DQO obtenido con el tratamiento del primer efluente de lavandería doméstica de 250 L representado como 0%, se observa un pico de reducción obtenido con el método convencional de cloruro férrico y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y un valor mucho mayor de reducción con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre.

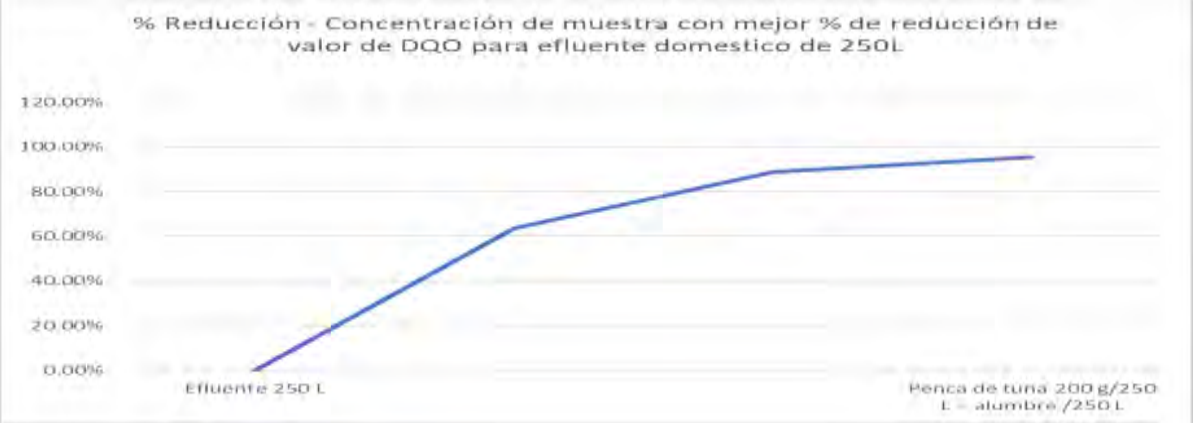


Figura 31: Porcentaje de reducción de valor de DQO para efluente doméstico de 250 L

Se obtiene para el agua purificada un DQO de 32.80 mg O_2/L el valor corresponde a un agua sin contaminantes obtenidos con equipo purificador de agua marca Gesmin del laboratorio de fisicoquímico.

Se obtiene para el agua potable un DQO de 131.8 mg O_2/L, el cual corresponde a la muestra de agua utilizada para el lavado a lavadora utilizado en cada prueba, este valor de DQO se considera como punto inicial, ya que es el agua que proviene de la red de agua SEDAPAL.

Se obtiene para el efluente por 250 L un DQO de 589.79 mg O_2/L, lo cual en promedio significa que el nivel de contaminación representada por el valor de DQO se incrementó en 4 veces.

Con el uso del cartucho filtrante se obtuvo un DQO de 330.11 mg O_2/L, solo se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor DQO del 44.03 %.

Con respecto al uso de un método convencional comparativo se utilizó la solución de cloruro férrico mg/mL con un valor de DQO de 213.75 mg O_2/L, con lo cual se observa que el valor de DQO se redujo en un 63.8 %.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/250 L, con un valor de DQO de 66.18 mg O_2/L, con lo cual se observa que el valor de DQO se redujo en un 88.8 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no Favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que DQO se incrementaba, para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo un DQO de 691.09 mg O_2/L, lo que significa que el DQO se incrementó en un 17.2 % el valor de DQO del efluente no tratado.

Por lo tanto, se observa un mejor efecto de reducción de DQO con la penca de tuna a 200 g/ 250 L (88.8 %) en comparación al método convencional de solución de cloruro férrico (63.8 %).

Con respecto al uso de penca de tuna con alumbre como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/250 L con alumbre, con un valor de DQO de 27.30 mg O_2/L, con lo cual se observa que el valor de DQO se redujo en un 95.4%, se observa incluso un valor de DQO menor que el agua potable y agua purificada, lo que se debe a que la sal de alumbre favorece la completa coagulación de contaminantes y componentes permitidos del agua potable para llegar a valores del agua purificada.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que DQO se incrementaba, para los 800 g de penca de tuna con alumbre utilizada se obtuvo un DQO de 421.29 mg O_2/L, lo que significa que el DQO se redujo en un 28.6 %, aun así, el resultado de la reducción del valor de DQO es considerable y favorable, pero económicamente es más caro por mayor consumo de la penca de tuna y mayor saturación del filtro.
Por lo tanto, se observa un mejor efecto de reducción de DQO con la penca de tuna a 200 g/250 L Con alumbre (95.4 %) en comparación al método convencional de solución de cloruro férrico (63.8%).

8.3 Resultados de solidos totales disueltos en tratamiento de 62.5 L de efluente de Lavandería doméstica con penca de tuna *Opuntia ficus-indica.*

En la Tabla 12 se presentan los resultados de sólidos totales disueltos obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de efluente de lavandería doméstica de 62.5L la cual se constituye como el primer enjuague o el efluente más contaminado por la mayor concentración de detergente visible incluso por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros. También se realiza el análisis del efluente de 62.5L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente a 62.5L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de sólidos totales disueltos por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 62.5L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 12. Sólidos totales disueltos obtenidos con los diferentes tratamientos evaluados 62.5 L

MUESTRA	Sólidos totales disueltos (mg/L) entre muestras	DSR %
AGUA PURIFICADA	0	0.0%
AGUA POTABLE	508	0.05%
EFLUENTE 62.5 L	**3508**	**0.05%**
EFLUENTE FILTRADO 62.5 L	3134	0.03%
PENCA TUNA (100g) 62.5 L	5382.4	0.04%
PENCA TUNA (200g) 62.5 L	**2326.4**	**0.07%**
PENCA TUNA (400g) 62.5 L	4975	0.1%
PENCA TUNA (800g) 62.5 L	6770.4	0.08%
PENCA TUNA (100g + ALUMBRE) 62.5 L	4955.2	0.4%
PENCA TUNA (200g + ALUMBRE) 62.5 L	**3636**	**0.4%**
PENCA TUNA (400g + ALUMBRE) 62.5 L	4036.8	0.4%
PENCA TUNA (800g + ALUMBRE) 62.5 L	5838.4	0.4%
62.5 L CLORURO FERRICO	**2627**	**0.41%**

En la Figura 32 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de sólidos disueltos totales obtenido con el tratamiento del efluente de lavandería doméstica de 62.5 L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 62.5 L, puede observarse también los bajos valores de sólidos disueltos totales obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor obtenido incluso es mucho menor que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico, se observa que el valor del sólido total disuelto se incrementa en la muestra del efluente de lavandería doméstica tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, ya que dada la naturaleza mineral del alumbre esta se solubiliza en mayor proporción en el agua del efluente, evidenciándose esto en los resultados obtenidos.

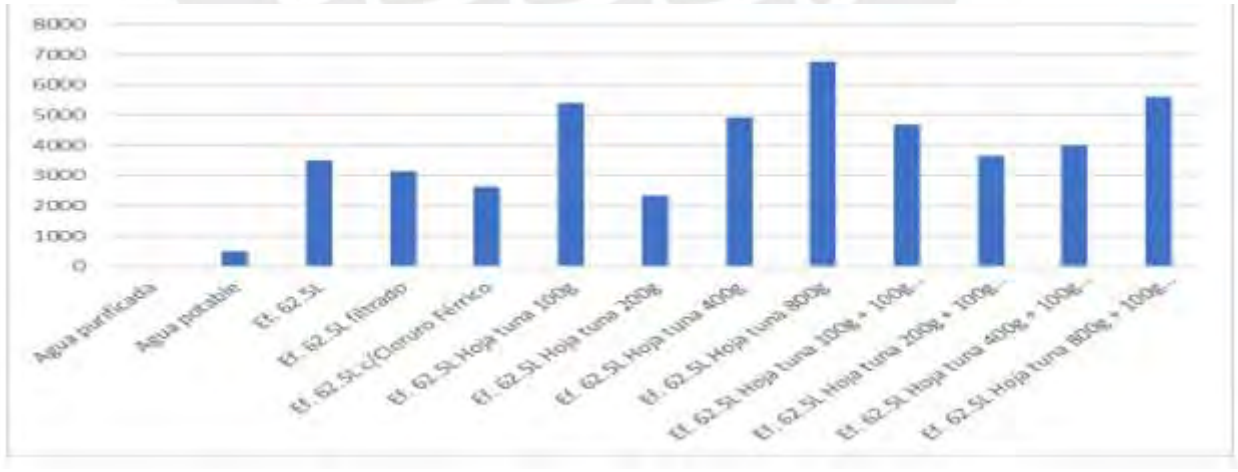


Figura 32: Sólidos suspendidos totales obtenidos en las diferentes muestras analizadas a 62.5 L (Primer drenaje de efluente por la lavadora)

En la Tabla 13 se muestra cuadro comparativo con valores de porcentaje (%) y de sólidos totales disueltos (mg/L) de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 62.5L, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico, con el cual se observa una mejora en la reducción del valor de sólido total disuelto de 25.1%, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento materia de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de sólidos totales disueltos de 33.7% con el tratamiento con penca de tuna 200g/62.5L y de -3.6% con penca de tuna 200g/62.5 L más alumbre, evidenciando en este último caso que el alumbre al ser un mineral soluble en agua, se disuelve fácilmente y contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

Tabla 13. Porcentaje de reducción de sólidos disueltos totales obtenido con los diferentes tratamientos evaluados a 62.5 L

	Efluente 62.5 L	Cloruro férrico	Penca de tuna 200 g/62.5 L	Penca de tuna 200 g/62.5 L – alumbre
% REDUCCIÓN	0.0%	25.1 %	33.7 %	-3.6 %
Sólidos totales disueltos mg/L	3508	2627	2326.4	3636

En la Figura 33 se muestra grafico lineal con los resultados en porcentaje de reducción del valor de sólidos disueltos totales con el tratamiento del primer efluente de lavandería doméstica de 62.5L representado como 0%, se observa un pico de reducción obtenido con el método convencional de cloruro férrico y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor se reduce a cero con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, en este último caso se observa que el alumbre al ser un mineral soluble en agua, se disuelve fácilmente y contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

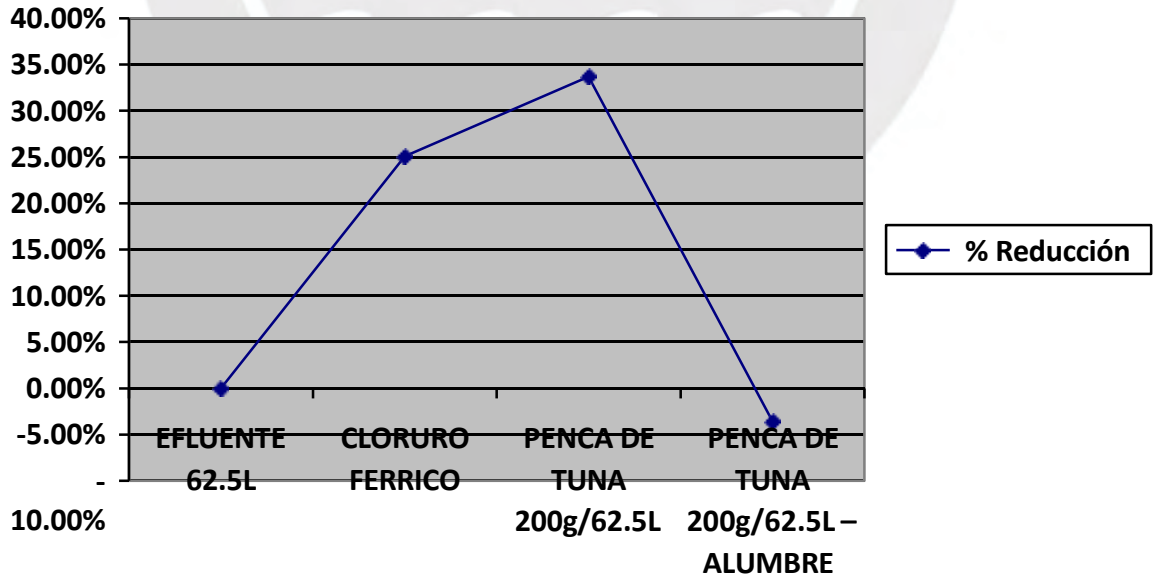


Figura 33: Porcentaje de reducción de valor de sólidos suspendidos totales para efluente de lavandería doméstica de 62.5 L.

Estudio de los efluentes por 62.5 L (Primer drenaje de efluente por la lavadora)

Se observó que el efluente presenta mayor cantidad de sólidos disueltos totales por el aspecto opalescente con respecto a la muestra tratada.

Se obtuvo para el agua purificada un valor de sólidos disueltos totales de 0,0 mg/L.

Se obtuvo para el agua potable un valor de sólidos disueltos totales de 508 mg/L.

Se obtuvo para el efluente por 62.5 L un valor de sólidos disueltos totales de 3508 mg/L, se observa que por el proceso de lavado el efluente presentó 7 veces la cantidad de contaminantes encontrados en el agua potable y esto es fácilmente observable en el aspecto.

Para el efluente filtrado por 62.5 L se encontró un valor de sólidos disueltos totales de 3134 mg/L con lo que con el uso del cartucho filtrante se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor encontrado de 10.7 %.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna 200 g/62.5 L, con un valor de sólidos totales disueltos de 2326.4 mg/L, con lo cual se observa que se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de sólidos totales disueltos de 33.7 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que el valor de sólidos totales disueltos se incrementaba. Para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo un valor de sólidos totales disueltos de 6770.4 mg/L lo que significa que el valor de sólidos totales disueltos se incrementó en 93 %.

Con respecto al uso de la penca de tuna y 100 g de alumbre como coadyuvante a la Coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la Penca de tuna a 200 g hoja de tuna + 100 g alumbre/62.5 L, con un valor de sólidos disueltos Totales de 3636 mg/L, con lo cual se observa que no representa una reducción de los sólidos Disueltos totales, dado que por la composición del alumbre esta se solubiliza en el efluente y no es retenida por el filtro.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada y manteniendo la cantidad de alumbre, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que los sólidos totales disueltos se incrementaban. Para los 800g de hoja de tuna utilizada se obtuvo un valor de 6770.4 mg/L lo que significa que el valor de sólidos disueltos totales se incrementó en 93 %.

8.4 Resultados de sólidos disueltos totales en tratamiento de 250 L efluente doméstico con tuna *Opuntia ficus-indica.*

En la Tabla 14 se presentan los resultados de sólidos disueltos totales obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de efluente de lavandería doméstica de 250 L la cual se constituye como el primer enjuague o el efluente más contaminado por la mayor concentración de detergente visible

incluso por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros. También se realiza el análisis del efluente de 250 L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente a 250 L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de sólidos disueltos totales por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 250 L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 14. Valor de sólidos disueltos totales obtenidos con los diferentes tratamientos evaluados en 250 L

MUESTRA	Sólidos disueltos totales (mg/L) entre muestras	DSR%
AGUA PURIFICADA	0	0,0%
AGUA POTABLE	508	0.05%
EFLUENTE 250L	**6813.6**	**0.09%**
EFLUENTE FILTRADO 250 L	4847.2	0.40%
HOJA TUNA (100 g) 250 L	2816.8	0.40%
HOJA TUNA (200 g) 250 L	**1355.2**	**0.40%**
HOJA TUNA (400 g) 250 L	2515.2	0.40%
HOJA TUNA (800 g) 250 L	2629.3	0.51%
HOJA TUNA (100 g + ALUMBRE) 250 L	2432	0.54%
HOJA TUNA (200 g + ALUMBRE) 250 L	**1596.8**	**0.43%**
HOJA TUNA (400 g + ALUMBRE) 250 L	2432	0.0%
HOJA TUNA (800 g + ALUMBRE) 250 L	3416	0.40%
250 L CLORURO FERRICO	**6222**	**0.41%**

En la Figura 34 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de sólidos disueltos totales obtenido con el tratamiento del efluente de lavandería doméstica de 250 L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 250 L, puede observarse también los bajos valores de sólidos disueltos totales obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor obtenido incluso es mucho menor que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico, se observa que el valor del sólido total

disuelto se incrementa en la muestra del efluente de lavandería doméstica tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, ya que dada la naturaleza mineral del alumbre esta se solubiliza en mayor proporción en el agua del efluente, evidenciándose esto en los resultados obtenidos.

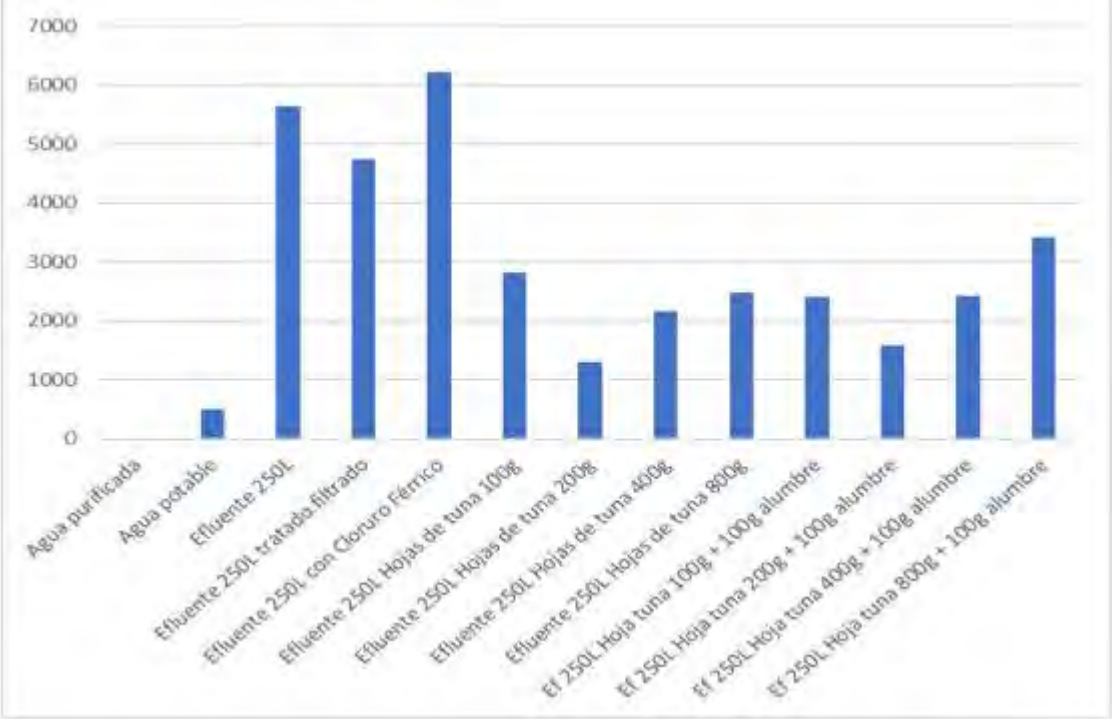


Figura 34: Sólidos disueltos totales obtenidos en las diferentes muestras analizadas a 250 L (Drenaje completo de efluentes por la lavadora)

En la Tabla 15 se muestra cuadro comparativo con valores de porcentaje (%) y de sólidos disueltos totales (mg/L) de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 250 L, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico, con el cual se observa una mejora en la reducción del valor de sólido total disuelto de solo 8.7%, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento materia de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de sólidos totales disueltos de 80.1% con el tratamiento con penca de tuna 200g/62.5L y de 76.6% con penca de tuna 200g/62.5 L más alumbre, evidenciando en este último caso que el alumbre al ser un mineral soluble en agua, se disuelve fácilmente y contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

Tabla 15. % Sólidos disueltos totales obtenido con los diferentes tratamientos evaluados a 250 L

	EFLUENTE 250 L	CLORURO FERRICO	PENCA DE TUNA 200 g/250 L	PENCA DE TUNA 200 g/250 L – ALUMBRE
% REDUCCIÒN	0.0 %	8.7 %	80.1 %	76.6 %
Solidos disueltos totales mg/L	6813.6	6222	1355.2	1596.8

En la Figura 35 se muestra grafico lineal con los resultados en porcentaje de reducción del valor de sólidos disueltos totales con el tratamiento de los efluentes de lavandería doméstica de 250 L representado como 0%, se observa un pico pequeño de reducción obtenido con el método convencional de cloruro férrico y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor se reduce ligeramente con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, en este último caso se observa que el alumbre al ser un mineral soluble en agua, se disuelve fácilmente y contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

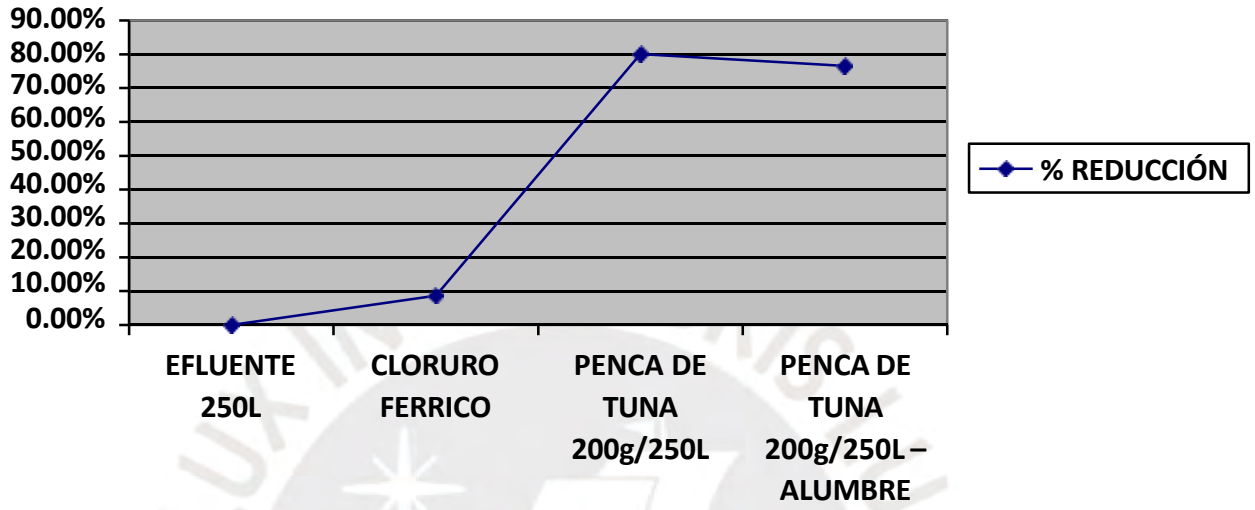


Figura 35: Sólidos disueltos totales obtenidos en las diferentes muestras analizadas – Concentración de muestra con mejor % de reducción para efluente de lavandería doméstica de 250 L.

Estudio de los efluentes por 250 L (Drenaje completo de efluentes por la lavadora)
Se observó que el efluente presentó menor cantidad de sólidos disueltos totales por el aspecto opalescente con respecto a la muestra tratada.

Dentro del límite de detección posible se registró para el agua purificada un valor de sólidos disueltos totales de 0,0 mg/L.

En cambio, para el agua potable, se obtuvo un valor de sólidos disueltos totales de 508 mg/L.

Se obtuvo para el efluente por 250 L un valor de sólidos disueltos totales de 5633 mg/L. Se observó que por el proceso de lavado el efluente presenta 11 veces la cantidad de contaminantes encontrados en el agua potable y es incluso mayor que el valor encontrado en el efluente de 62.5 L. Este hecho no guarda relación con la observación de que el efluente de 62.5 L se vio más opalescente que el efluente de 250 L, pero aparentemente este último presentó una mayor cantidad de contaminantes solubles que no son retenidos por el filtro.

Para el efluente filtrado por 250 L se encontró un valor de sólidos disueltos totales de 4738 mg/L con lo que con el uso del cartucho filtrante se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de 15.9 %.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g /250 L, con un valor de sólidos disueltos totales de 1312 mg/L, con lo cual se obtuvo una mejora

(decrecimiento) del valor de sólidos disueltos totales de 76.7 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que el valor de sólidos disueltos totales se incrementaban. Para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo un valor de sólidos disueltos totales de 2474 mg/L, con lo cual se observa que se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de sólidos disueltos totales de 56.1 %.

Con respecto al uso de penca de tuna y alumbre como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g + alumbre/250 L, con un valor de sólidos disueltos totales de 1582.7 mg/L, con lo cual se observa se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de sólidos disueltos totales de 72 %, pero Ligeramente menor que el obtenido con la penca de tuna 200g, esto a lo ya observado en cuanto a la solubilidad del alumbre en agua, lo que termina incrementando el valor de los sólidos disueltos totales.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada y manteniendo la cantidad de alumbre, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que los sólidos disueltos totales se incrementaban. Para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo un valor de sólidos disueltos totales de 3416 mg/L, con lo cual se observa se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de 39.4 %.

En la Figura 36 de izquierda a derecha se muestra imagen del aspecto de las diferentes muestras analizadas tras la realización de la prueba de sólidos disueltos totales, se observa gran opalescencia en la muestra de efluentes de lavandería doméstica y como este aspecto va tornándose mas claro con las diferentes cantidades de penca de tuna utilizada en el tratamiento, siendo el vial con los 200g de penca de tuna el cual se visualiza más claro.

Figura 36: Aspecto de las diferentes muestras analizadas en la prueba de sólidos disueltos totales

8.5 Resultados de sulfatos en el tratamiento de 62.5 L efluente de lavandería doméstica con tuna *Opuntia ficus-indica.*

En la Tabla 16 se presentan los resultados de sulfatos obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de efluente de lavandería doméstica de 62.5L la cual se constituye como el primer enjuague o el efluente más contaminado por la mayor concentración de detergente visible incluso por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros. También se realiza el análisis del efluente de 62.5L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente a 62.5L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de sulfatos por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 62.5L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 16. Sulfatos obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluentes

MUESTRA	Contenido promedio de sulfatos mg/L	DSR %
AGUA PURIFICADA	30.37	0.67
AGUA POTABLE	228.09	0.04
EFLUENTE 62.5 L	**1073.12**	**0.06**
EFLUENTE 62.5 L C/FILTRO	551.59	0.101
62.5 L CLORURO FERRICO	**449.28**	**0.05**
PENCA TUNA 100 g 62.5 L	810.1	0.19
PENCA TUNA 200 g 62.5L	**425.49**	**0.35**
PENCA TUNA 400g62.5L	573.82	027
PENCA TUNA 800g62.5L	640.1	0.0
PENCA TUNA 100g62.5L ALUMBRE	1205.91	0.0
PENCA TUNA 200g62.5L ALUMBRE	**865.3**	**0.20**
PENCA TUNA 400g62.5L ALUMBRE	1064.48	0.03
PENCA TUNA 800g62.5L ALUMBRE	1088.53	0.16

En la Figura 37 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de sulfatos obtenidos en el tratamiento del efluente de lavandería doméstica de 62.5 L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 62.5 L, siendo este nuestro punto de partida, puede observarse también los bajos valores de sulfatos obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor obtenido incluso es mucho menor que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico, se observa que el

valor de sulfatos se incrementa en la muestra del efluente de lavandería doméstica tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, ya que, dada su composición química, esta presenta también sulfatos.

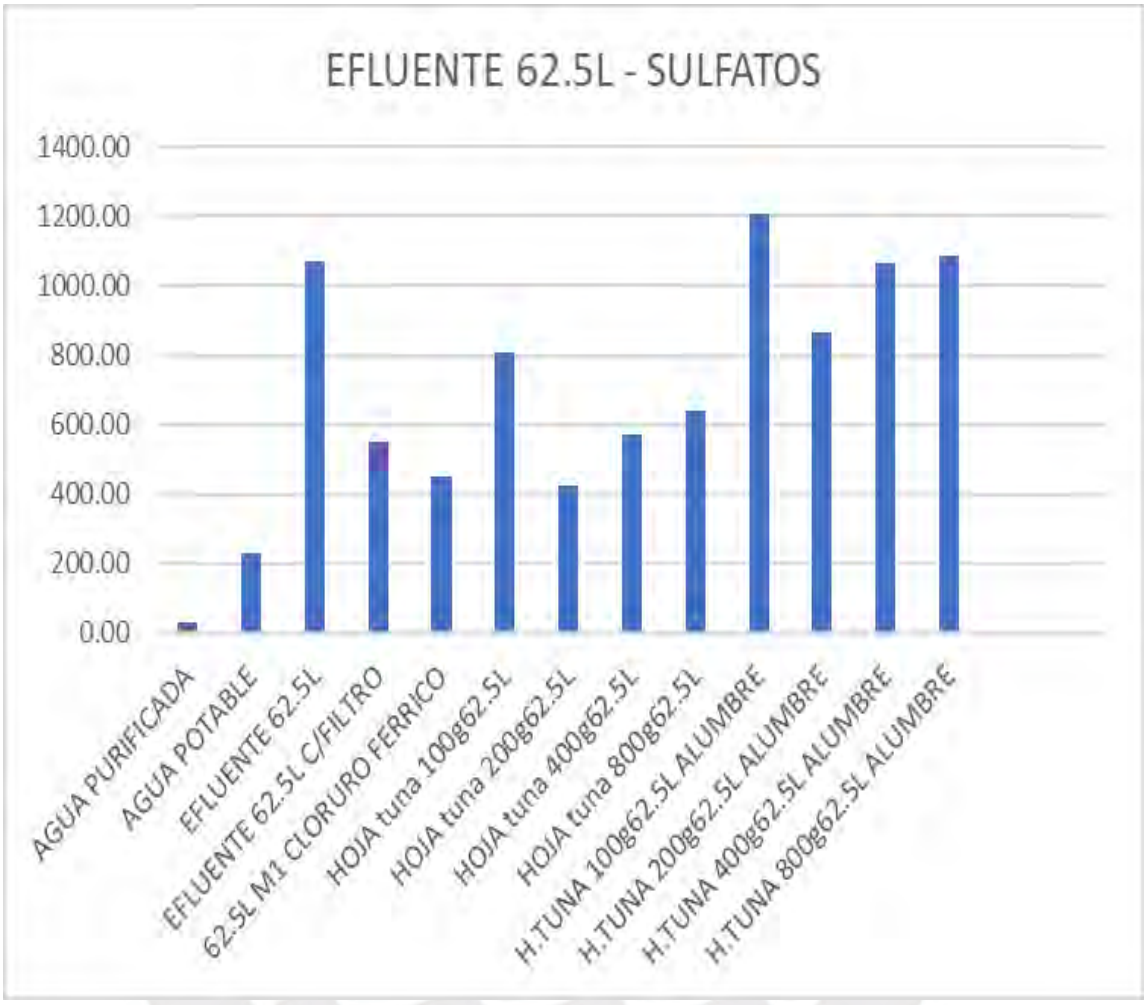


Figura 37: Sulfatos obtenidos en las diferentes muestras analizadas en los 62.5 L de efluente (Primer drenaje por la lavadora)

En la Tabla 17 se muestra cuadro comparativo con valores de porcentaje (%) y de sulfatos (mg/L) de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 62.5L, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico, con el cual se observa una mejora en la reducción del valor de sulfatos de 58.1%, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento materia de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de sulfatos de 60.4% con el tratamiento con penca de tuna 200g/62.5L y 19.4% con penca de tuna 200g/62.5 L más alumbre, evidenciando en este último caso que el alumbre al contar en su composición química con sulfatos contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

Tabla 17. % Sulfatos obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluente (primer enjuague)

	Efluente 62.5 L	Cloruro férrico	Penca de tuna 200 g/62.5 L	Penca de tuna 200g/ 62.5 L100 g alumbre 62.5 L
% reducción	0.0 %	58.1 %	60.4 %	19.4 %
Sulfatos (ppm)	1073.12	449.28	425.49	865.3

En la Figura 38 se muestra grafico lineal con los resultados en porcentaje de reducción del valor de sulfatos con el tratamiento de los efluentes de lavandería doméstica de 62.5 L representado como 0%, se observa un pico de reducción obtenido con el método convencional de cloruro férrico y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor se reduce con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, en este último caso se observa que el alumbre al contar en su composición con sulfatos, el cual contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

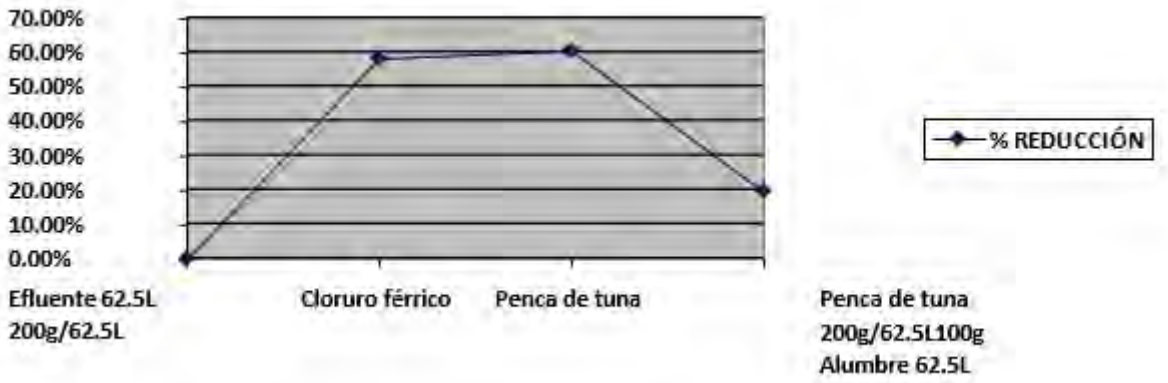


Figura 38: Porcentaje de reducción de valor de sulfatos en efluente de lavandería doméstica De 62.5 L

Estudio de los efluentes por 62.5 L (Primer drenaje de efluente por la lavadora)
Se obtuvo para el agua purificada un valor de sulfatos de 30.37 mg/L el valor corresponde a un agua sin contaminantes obtenido con equipo purificador de agua marca Gesmin del laboratorio de fisicoquímico.

Se obtuvo para el agua potable un valor de sulfatos de 228.09 mg/L, el cual corresponde a la muestra de agua utilizada para el lavado a lavadora utilizado en cada prueba. Este valor de sulfatos se consideró como punto inicial, ya que es el agua que proviene de la red de agua SEDAPAL.

Se obtuvo para el efluente por 62.5 L un valor de sulfatos de 1073.12 mg/L, lo cual en promedio significó que el nivel de contaminación representado por el valor de sulfatos se incrementó en 5 veces.

Para el efluente filtrado por 62.5L, se registró una concentración de sulfatos de 551.59 mg/L, con lo que, al usar el cartucho filtrante, se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de sulfatos en 48.6 %.

Con respecto al uso de un método convencional comparativo, se utilizó la solución de cloruro férrico 34 mg por litro de efluente, con un valor de sulfatos de 449.28 mg/L, con lo cual se observó que el valor de sulfatos se redujo en un 58.1 %.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/62.5L, con un valor de sulfato de 425.49 mg/L, con lo cual se observó que el valor de sulfatos se redujo en un 60.4 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que la concentración de sulfatos se incrementaba, pero, aun así, presentaba valores menores que el efluente no tratado. Para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo una concentración de sulfatos de 640.1 mg/L, lo que significa que la concentración de sulfatos disminuyó en 40,4 %.

Con respecto al uso de penca de tuna y alumbre como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el alumbre por su composición química agregó un porcentaje de sulfatos al efluente, por lo que se observó un porcentaje mayor de sulfatos con respecto al tratamiento solo con penca de tuna.

El mejor resultado en el tratamiento de 62.5 L de efluente lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/62.5 L con alumbre, con un valor de sulfatos de 865.3 mg/L lo que significó que la concentración de sulfatos disminuyó en 19,4 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que la concentración de sulfatos se incrementó. Para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo una concentración de sulfatos de 1088.53 mg/L, lo que significa que la concentración de sulfatos se incrementó en 1,4 %, por lo que se concluye que el efluente es contaminado a mayor cantidad de penca de tuna con alumbre.

8.6 Resultados de sulfatos en el tratamiento de 250 L efluente doméstico con tuna *Opuntia ficus-indica.*

En la Tabla 18 se presentan los resultados de sulfatos obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de efluente de lavandería doméstica de 250L la cual se constituye como el enjuague total de todos los ciclos de lavado, se constituye como el efluente contaminado con gran concentración de detergente visible incluso por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros. También se realiza el análisis del efluente de 250 L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente a 250 L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de sulfatos por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 250 L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 18. Sulfatos obtenidos con los diferentes tratamientos en 250 L de efluentes (Enjuague completo)

MUESTRA - EFLUENTE 250L	mg/L sulfatos ppm Sulfatos PROMEDIO	DSR %
AGUA POTABLE	30.37	0.67
AGUA PURIFICADA	228.09	0.04
EFLUENTE 250L	**552.59**	0.07
EFLUENTE FILTRADO 250L	533.64	0.01
250L CLORURO FERRICO	**1192.89**	**0.09**
PENCA TUNA (100g) 250L	1002.38	0.11
PENCA TUNA (200g) 250L	**500.18**	**0.09**
PENCA TUNA (400g) 250L	717.3	0.13
PENCA TUNA (800g) 250L	1112.29	0.0
PENCA TUNA (100g + ALUMBRE) 250L	861.27	0.08
PENCA TUNA (200g + ALUMBRE) 250L	**661.5**	0.07
PENCA TUNA (400g + ALUMBRE) 250L	786.65	0.04
PENCA TUNA (800g + ALUMBRE) 250L	1019.31	0.04

En la Figura 39 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de sulfatos obtenidos en el tratamiento del efluente de lavandería doméstica de 250 L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 250 L, siendo este nuestro punto de partida, puede observarse también los bajos valores de sulfatos obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor obtenido incluso es mucho menor que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico, se observa que el valor de sulfatos se incrementa en la muestra del efluente de lavandería doméstica tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, ya que, dada la composición química del alumbre, esta presenta también sulfatos.

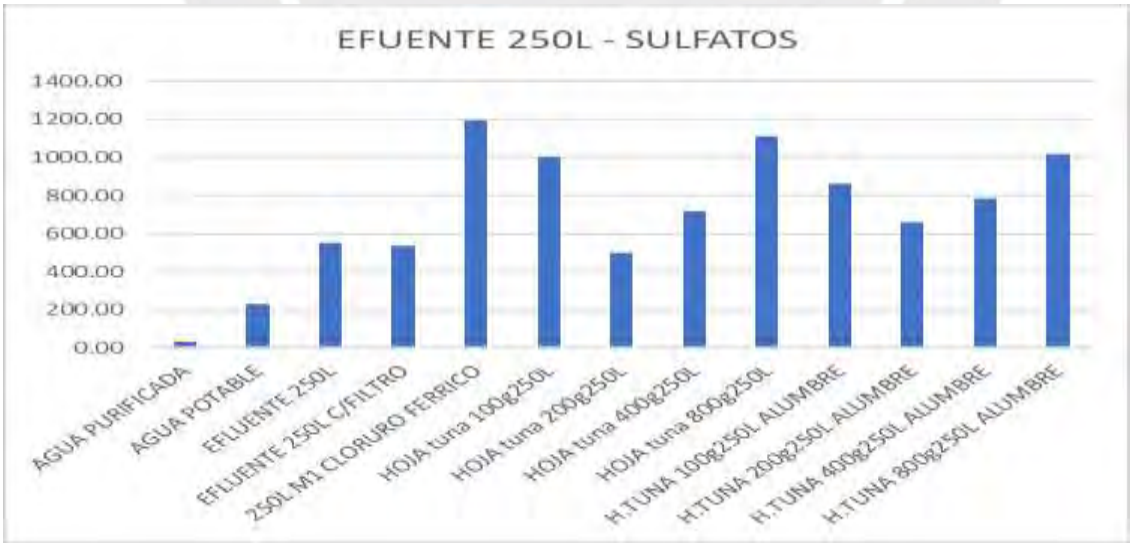


Figura 39: En la Figura se muestra valores en mg/L de sulfatos obtenidos en las diferentes Muestras analizadas en 250 L de efluente (Enjuague completo).

En la Tabla 19 se muestra cuadro comparativo con valores de porcentaje (%) y de sulfatos (mg/L) de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 250 L, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico, con el cual se observa un incremento en el valor de sulfatos de 115.8%, siendo por tanto no adecuado en la reducción de estos valores, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento materia de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de sulfatos de 9.4% con el tratamiento con penca de tuna 200g/62.5L y un incremento de 19.8% con penca de tuna 200g/62.5 L más alumbre, evidenciando en este último caso que el alumbre al contar en su composición química con sulfatos contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

Tabla 19. % Sulfatos obtenidos con diferentes tratamientos en 250 L de efluente (Enjuague completo).

	Efluente 250 L	Cloruro férrico	Penca de tuna 200 g/250 L	Penca de tuna 200g/ 250 L alumbre
% REDUCCIÓN	0.0 %	-115.8 %	9.4 %	-19.8 %
SULFATOS (ppm)	552.59	1192.89	500.8	661.5

En la Figura 40 se muestra grafico lineal con los resultados en porcentaje de reducción del valor de sulfatos con el tratamiento de los efluentes de lavandería doméstica de 250 L representado como 0%, se observa un pico de incremento del valor de sulfatos obtenido con el método convencional de cloruro férrico y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor se reduce con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, en este último caso se observa que el alumbre al contar en su composición con sulfatos, el cual contribuye en el incremento del valor de esta prueba.

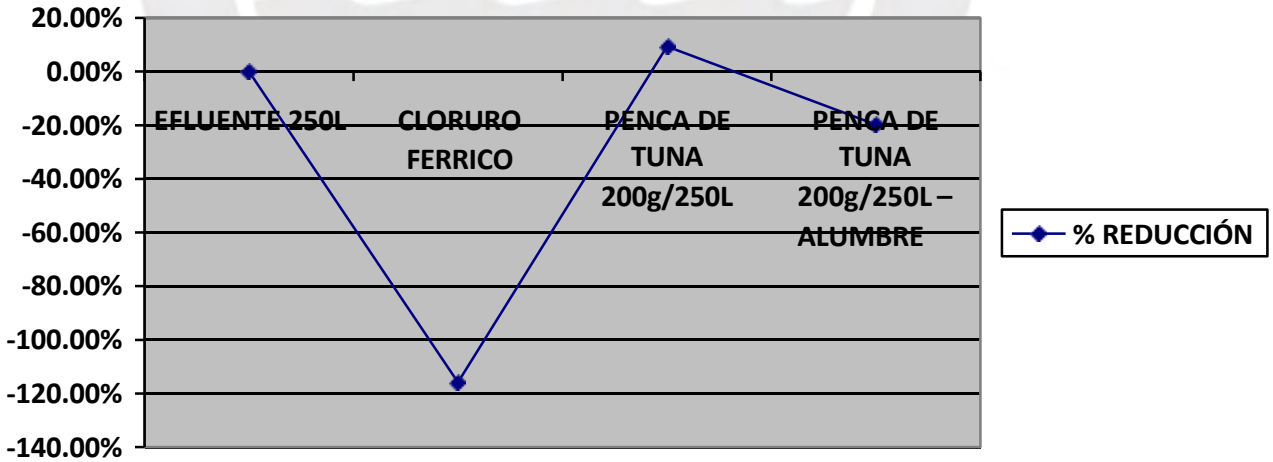


Figura 40: En la Figura se muestra la concentración de muestra con mejor % de reducción de valor de sulfatos en efluente doméstico de 250 L

Para el estudio de los efluentes por 250 L

Se obtuvo para el agua purificada un valor de sulfatos de 30.37 mg/L. El valor corresponde a un agua sin contaminantes obtenido con equipo purificador de agua marca Gesmin del laboratorio de Fisicoquímica.

Se obtuvo para el agua potable un valor de sulfatos de 228.09 mg/L, el cual corresponde a la muestra de agua utilizada para el lavado a lavadora utilizado. En cada prueba, este valor de sulfatos se considera como punto inicial, ya que es el agua que proviene de la red de agua SEDAPAL.
Se obtuvo para el efluente por 250 L un valor de sulfatos de 552.59 mg/L, lo cual en promedio significó que el nivel de contaminación representada por el valor de sulfatos se incrementó en 2 veces.

Para el efluente filtrado por 250 L, se determinó una concentración de sulfatos de 533.64 mg/L por lo que, con el uso del cartucho filtrante, se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de sulfatos de 3.4%.

Con respecto al uso de un método convencional comparativo, se utilizó la solución de cloruro férrico a 34 mg por litro de efluente, con un valor de sulfatos de 1192.89 mg/L, con lo cual se observó que el valor de sulfatos se incrementó en un 115.8 %.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/250 L, con un valor de sulfatos de 500.8 mg/L, con lo cual se observó que el valor de sulfatos se redujo en un 9.4 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que la concentración de sulfatos se incrementaba. Para los 800 g de penca de tuna utilizada, se obtuvo una concentración de sulfatos de 1112.29 mg/L, lo que significó que la concentración de sulfatos se incrementó en 101.3 %.

Con respecto al uso de penca de tuna y alumbre como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el alumbre por su composición química agrega un porcentaje de sulfatos al efluente, por lo que se observó un porcentaje mayor de sulfatos con respecto al tratamiento solo con penca de tuna.

El mejor resultado en el tratamiento de 250 L de efluente lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/250 L con alumbre, con un valor de concentración de sulfatos de 661.5 mg/L, lo que significa que la concentración de sulfatos se incrementó 19.7 %.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que la concentración de sulfatos se incrementaba, para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo una concentración de sulfatos de 1019.31 mg/L, lo que significa que la concentración de sulfatos se incrementó en 84.5 %, por lo que se concluye que el efluente es contaminado a mayor cantidad de penca de tuna con alumbre.

8.7 Resultados de pH en el tratamiento de 62.5 L efluente de lavandería doméstico con tuna *Opuntia ficus-indica.*

En la Tabla 20 se presentan los resultados de pH obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de efluente de lavandería doméstica de 62.5L la cual se constituye como el primer enjuague del ciclo de lavado, se constituye como el efluente más contaminado con gran concentración de detergente visible incluso por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del

arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros. También se realiza el análisis del efluente de 62.5 L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente a 62.5 L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de pH por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 62.5 L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 20. pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluente de lavandería doméstica (Primer enjuague)

Muestra	pH
Agua purificada	6.29
Agua potable	7.543
Efluente 62.5 L	**9.901**
Efluente 62.5 L filtrado	8.798
Efluente 62.5 L con Cloruro Férrico	**8.389**
Efluente 62.5 L + 100 g de tuna	8.227
Efluente 62.5 L + 200 g de tuna	**7.382**
Efluente 62.5 L + 400 g de tuna	7.951
Efluente 62.5 L + 800 g de tuna	7.967
Efluente 62.5 L + 100 g de tuna + alumbre	7.962
Efluente 62.5 L + 200 g de tuna+ alumbre	**7.845**
Efluente 62.5 L + 400 g de tuna+ alumbre	7.902
Efluente 62.5 L + 800 g de tuna+ alumbre	7.996

En la Figura 41 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de pH obtenidos en el tratamiento del efluente de lavandería doméstica de 62.5 L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 62.5 L, siendo este nuestro punto de partida, puede observarse también los bajos valores de pH obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor obtenido incluso es mucho menor que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico, se observa que el valor de pH se incrementa ligeramente en la muestra del efluente de lavandería doméstica tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, ya que, dada la composición química del alumbre,

esta tiende a la alcalinidad, pero el valor obtenido aun así es menor al valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico.

Figura 41: Valores de pH obtenidos en las diferentes muestras analizadas en 62.5 L de efluente de lavandería doméstica (Primer enjuague)

En la Tabla 21 se muestra cuadro comparativo con valore de pH obtenido de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 62.5 L de 9.901, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico de 8.389, con el cual se observa una disminución del valor de pH, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento materia de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de pH a 7.382 con el tratamiento con penca de tuna 200g/62.5L y un incremento ligero incremento en el valor de pH a 7.845 con la penca de tuna 200g/62.5 L más alumbre, evidenciando en este último caso que el alumbre por su composición química presenta un valor más alcalino.

Tabla 21. Mejores valores de pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 62.5 L de efluente (Enjuague completo)

	EFLUENTE 62.5 L	CLORURO FERRICO	PENCA DE TUNA 200 g/62.5 L	PENCA DE TUNA 200 g/62.5 L – ALUMBRE
pH	9.901	8.389	7.382	7.845

En la Figura 42 se muestra grafico lineal con los resultados del valor de pH con el tratamiento de los efluentes de lavandería doméstica de 62.5 L representado como 9.901, se observa una disminución del valor de pH obtenido con el método convencional de cloruro férrico de 8.389 y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada de 7.382, este valor también se reduce a 7.845 con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre pero es ligeramente mayor que el valor de pH del tratamiento de penca de tuna 200g/62.5 L.

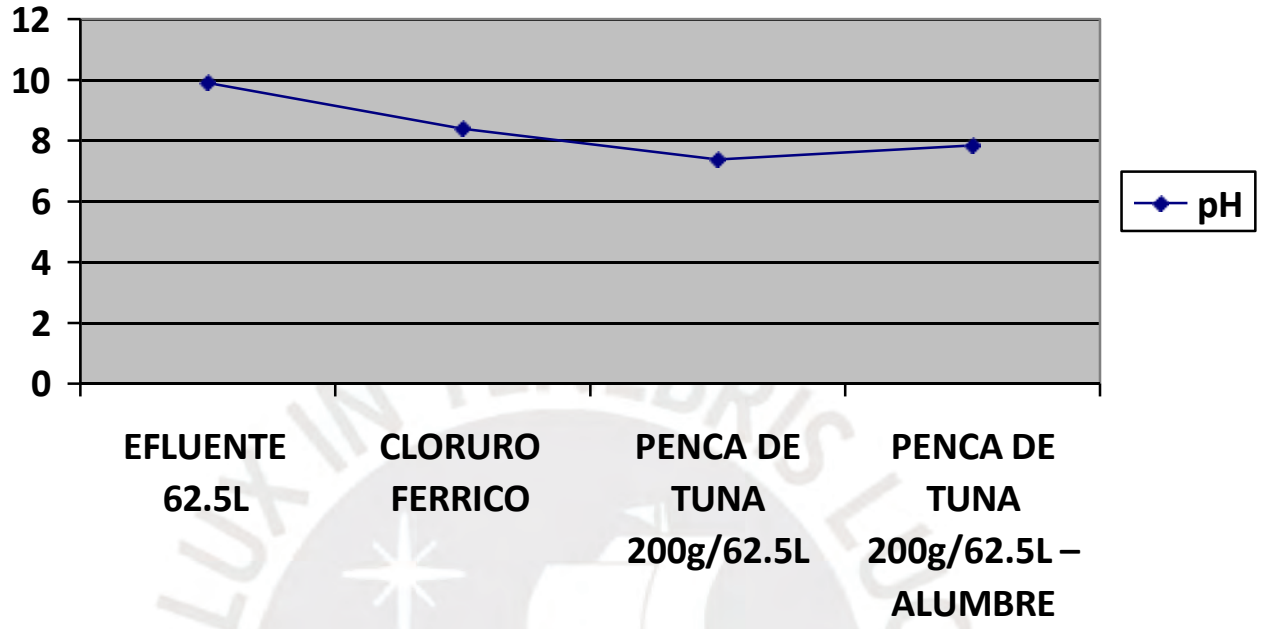


Figura 42: Valor de pH en efluente de lavandería doméstico de 62.5 L.

Para el estudio de los efluentes por 62.5 L
Se obtuvo para el agua purificada un valor de pH de 6.313. Este valor corresponde a un agua sin contaminantes obtenidos con equipo purificador de agua marca Gesmin del laboratorio de Fisicoquímica.

Se obtuvo para el agua potable un valor de pH de 7.543, el cual corresponde a la muestra de agua utilizada para el lavado a lavadora utilizado en cada prueba. Este valor de pH se considera como punto inicial, ya que es el agua que proviene de la red de agua SEDAPAL.

Se obtuvo para el efluente por 62.5 L un valor de pH de 9.901, lo cual en promedio significa que el nivel de contaminación representada por el valor de pH que aumentó casi en 1.5 en la escala logarítmica.

Para el efluente filtrado por 62.5 L, se obtuvo un valor de pH de 8.798 con lo que, con solo el uso del cartucho filtrante, se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de pH en 1.103 unidades.

Con respecto al uso de un método convencional comparativo, se utilizó la solución de cloruro férrico 34 mg por litro de efluente, con un valor de pH de 8.389, con lo cual se observa que el valor de pH se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de pH en 1.512 unidades.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/62.5 L, con un valor de pH de 7.382. Se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de pH en 2.512 unidades.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que el valor de pH se incrementaba. Para los 800 g de hoja de tuna utilizada se obtuvo un valor de pH de 7.967, lo que significa que el valor de pH se redujo en 1.934 unidades. Aún a esta concentración el resultado obtenido era mejor que el valor de pH obtenido con el método convencional comparativo de solución de cloruro férrico.

Con respecto al uso de penca de tuna y alumbre como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer el mejor resultado en el tratamiento de 62.5 L de efluente lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/62.5 L con alumbre, con un valor de pH 7.845, lo que significa que el valor de pH disminuyó en 2.056 unidades.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que el valor de pH se incrementaba. Para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo un valor de pH de 7.996, lo que significa que el valor de pH disminuyó en 1.905 unidades, por lo que se concluye que el efluente es contaminado a mayor cantidad de penca de tuna con alumbre. Aún a esta concentración el resultado obtenido era mejor que el valor de pH obtenido con el método convencional comparativo de solución de cloruro férrico.

Con el método convencional comparativo de solución de cloruro férrico, el valor de pH se redujo en 1.512 unidades.

8.8 Resultados de pH en el tratamiento de 250 L efluente de lavandería doméstica con tuna *Opuntia ficus-indica*

En la Tabla 22 se presentan los resultados de pH obtenidos en las diferentes muestras evaluadas desde las muestras utilizadas como comparativas como son las muestras de agua potable la cual se constituyen como el punto de partida, ya que el agua potable es el agua que proviene de la red de abastecimiento público y la que se utiliza para lavar con la lavadora doméstica. La muestra de agua purificada, es el agua pura utilizada para la preparación de los diferentes reactivos utilizados en el análisis. La muestra de efluente de lavandería doméstica de 250 L la cual se constituye como el enjuague completo de los ciclos de lavado, este se constituye como el efluente contaminado con gran concentración de detergente visible incluso por la cantidad de espuma generada y color oscuro producto del arrastre de la suciedad, colorantes de la ropa entre otros. También se realiza el análisis del efluente de 250 L tratado únicamente con el cartucho filtrante a fin de comparar la mejora con respecto al tratamiento completo con biocoagulante y los resultados de las muestras de efluente de 250 L tratado con cantidades de penca de tuna licuada de 100, 200, 400 y 800g a fin de determinar cuál es la concentración que ofrece un mejor valor de pH por tanto un mejor efecto de purificación del efluente de lavandería doméstica, así mismo se analiza el efluente de lavandería domestica por 250 L tratado con la penca de tuna en conjunto con una determinada concentración de alumbre como sinergizante de la coagulación de los contaminantes de los efluentes. Así como el resultado de la muestra de efluente tratado con una concentración determinada de coagulante convencional como lo es el cloruro férrico a fin de comparar los resultados obtenidos y deducir si se puede mejorar el grado de purificación del efluente con la concentración de la penca de tuna.

Tabla 22. pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 250 L de efluente de lavandería doméstica (Enjuague completo)

Muestra	pH
Agua purificada	6.29
Agua potable	7.543
Efluente 250 L	**9.253**
Efluente 250 L filtrado	8.088
250 L Cloruro férrico	**8.074**
Efluente 250 L + 100 g de tuna	7.926
Efluente 250 L + 200 g de tuna	**7.511**
Efluente 250 L + 400 g de tuna	8.002
Efluente 250 L + 800 g de tuna	8.329
Efluente 250 L + 100 g de tuna+100 g alumbre	8.122
Efluente 250 L + 200 g de tuna+100 g alumbre	**7.715**
Efluente 250 L + 400 g de tuna+100 g alumbre	8.198
Efluente 250 L + 800 g de tuna+100 g alumbre	8.566

En la Figura 43 se muestra el diagrama de barras con los resultados promedio de pH obtenidos en el tratamiento del efluente de lavandería doméstica de 250 L, observándose un valor bastante alto relacionado con la contaminación presente del efluente de lavandería doméstica por 250 L, siendo este nuestro punto de partida, puede observarse también los bajos valores de pH obtenidos con las muestras de efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada, este valor obtenido incluso es mucho menor que el valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico, se observa que el valor de pH se incrementa ligeramente en la muestra del efluente de lavandería doméstica tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre, ya que, dada la composición química del alumbre, esta tiende a la alcalinidad, pero el valor obtenido aun así es menor al valor obtenido con el método convencional de cloruro férrico.

Figura 43: En la Figura se muestra valores de pH obtenidos en las diferentes muestras analizadas en 250 L de efluente (Enjuague completo)

En la Tabla 23 se muestra cuadro comparativo con valores de pH obtenidos de la muestra punto de partida como es el efluente de lavandería doméstica de 250 L de 9.253, este resultado puede compararse con los resultados obtenidos con el método convencional de cloruro férrico de 8.074, con el cual se observa una disminución del valor de pH, este resultado también es comparado con el resultado obtenido con el tratamiento materia de esta investigación donde se determina en la reducción del valor de pH a 7.511 con el tratamiento con penca de tuna 200g/250 L y un incremento ligero incremento en el valor de pH a 7.715 con la penca de tuna 200g/250 L más alumbre, evidenciando en este último caso que el alumbre por su composición química presenta un valor más alcalino.

Tabla 23. Valores de pH obtenidos con los diferentes tratamientos en 250 L de efluente de lavandería doméstica (Enjuague completo)

	EFLUENTE 250 L	CLORURO FERRICO	PENCA DE TUNA 200 g/250 L	PENCA DE TUNA 200 g/250 L – ALUMBRE
PH	9.253	8.074	7.511	7.715

En la Figura 44 se muestra grafico lineal con los resultados del valor de pH con el tratamiento de los efluentes de lavandería doméstica de 250 L representado como 9.253, se observa una disminución del valor de pH obtenido con el método convencional de cloruro férrico de 8.074 y un valor de reducción más alto del efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada de 7.511, este valor también se reduce a 7.715 con el efluente doméstico tratado con 200g de penca de tuna licuada y alumbre pero es ligeramente mayor que el valor de pH del tratamiento de penca de tuna 200g/62.5 L.

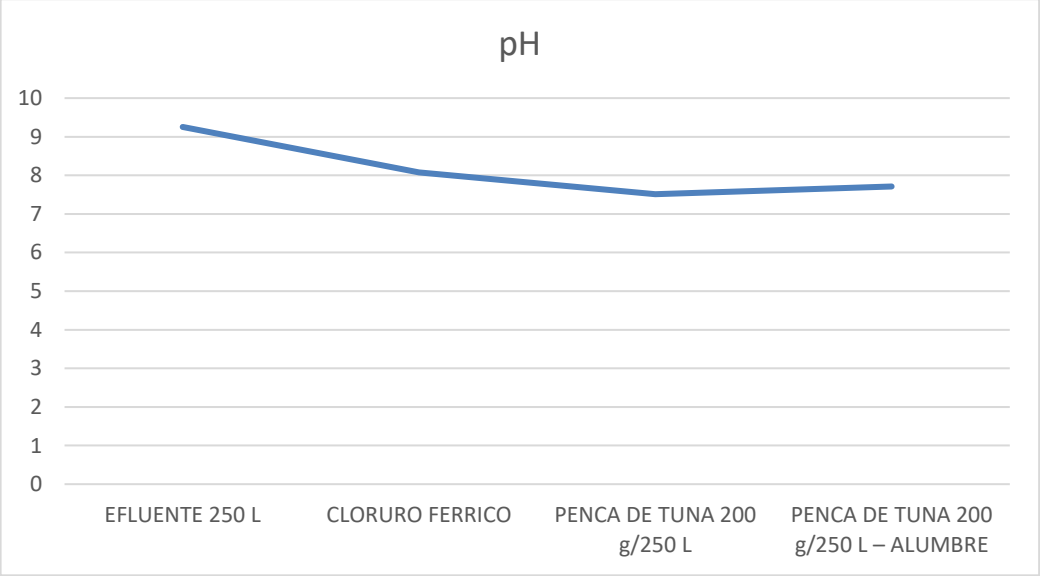


Figura 44: Reducción de valor de pH en efluente doméstico de 250 L

Para el estudio de los efluentes de lavandería doméstica por 250 L

Se obtiene para el agua purificada un valor de pH de 6.313. Este valor corresponde a un agua sin contaminantes obtenidos con equipo purificador de agua marca Gesmin del Laboratorio de Fisicoquímica.

Se obtiene para el agua potable un valor de pH de 7.543, el cual corresponde a la muestra de agua utilizada para el lavado a lavadora utilizado en cada prueba. Este valor de pH se considera como punto inicial, ya que es el agua que proviene de la red de agua SEDAPAL.

Se obtiene para el efluente por 250 L un valor de pH de 9.253, lo cual en promedio significa que el nivel de contaminación representada por el valor de pH se incrementó en aproximadamente 1.2 unidades.

Para el efluente filtrado por 250 L un valor de pH de 8.088 con lo que, con solo el uso del cartucho filtrante, se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de pH en 1.165 unidades.

Con respecto al uso de un método convencional comparativo, se utilizó la solución de cloruro férrico 34 mg por litro de efluente, con un valor de pH de 8.074, con lo cual se observa que el valor de pH mejoró (decrecimiento) en 1.179 unidades.

Con respecto al uso de penca de tuna como coadyuvante a la coagulación de contaminantes, se pudo establecer que el mejor resultado lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/250 L, con un valor de pH de 7.511. Asi se obtuvo una mejora (decrecimiento) del valor de pH en 1.742 unidades.

Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que el valor de pH se incrementaba. Para los 800 g de penca de tuna utilizada, se obtuvo un valor de pH de 8.566, lo que significa que el valor de pH se redujo en 0.687 unidades.

Con respecto al uso de penca de tuna y alumbre como coadyuvante a la coagulación de Contaminantes. Se pudo establecer que el mejor resultado en el tratamiento de 250 L de efluente lo obtuvo la penca de tuna a 200 g/250 L con alumbre, con un valor de pH 7.715, lo que significa que el valor de pH disminuyó en 1.538 unidades.
Al ir incrementando las cantidades de penca de tuna utilizada, se pudo observar que no favorecía al proceso de purificación del efluente, puesto que el valor de pH se incrementaba, para los 800 g de penca de tuna utilizada se obtuvo un valor de pH de 8.566, lo que significa que el valor de pH disminuyó en 0.687 unidades, por lo que se concluye que el efluente es contaminado a mayor cantidad de penca de tuna con alumbre.

En las tablas 24 y 25 se presenta el consolidado de todos los resultados obtenidos para el Tratamiento de efluentes de lavandería doméstica por 62.5 L y 250 L
En las diferentes concentraciones de tratamiento para las pruebas de DQO, sólidos disueltos totales (SDT), Sulfatos y pH.
Se pudo establecer que se obtuvieron mejores resultados con respecto al método convencional de cloruro férrico con el tratamiento de penca de tuna 200 g/62.5 L – 250 L y con penca de tuna 200 g/ 62.5 L – 250 L con alumbre, de la siguiente manera:
Prueba de DQO: Mejor resultado con tratamiento de penca de tuna 200 g/62.5 L y alumbre, 200 g/250 L y alumbre
Prueba de sulfatos, pH y sólidos disueltos totales: Mejor resultado con el tratamiento de penca de tuna 200g/62.5 L y 200g/250 L.

Tabla 24. Resultados finales DQO, sólidos disueltos totales (SDT), sulfatos y pH en efluente de lavandería doméstica por 62.5 L

MUESTRA - EFLUENTE 62.5L	Promedio DQO (mg/L) entre muestras	% Reducción DQO	Sólidos disueltos totales (mg/L) entre muestras	% Reducción SDT	mg/L sulfatos ppm Sulfatos promedio	% Reducción Sulfatos	pH	% Reducción Ph
AGUA POTABLE	131.8	....	0	....	30.37	....	6.29	....
AGUA PURIFICADA	32.8	....	508	....	228.09	....	7.543	....
EFLUENTE 62.5 L	**2628.51**	0	**3508**	0	**1073.12**	0	**9.901**	0
EFLUENTE FILTRADO 62.5 L	703.12	73.25	3134	10.66	551.59	48.60	8.798	11.14
62.5 L CLORURO FERRICO	391.45	85.11	2627	25.11	449.28	58.13	8.389	15.27
HOJA TUNA (100 g) 62.5 L	591.83	77.48	5382.4	-53.43	810.1	24.51	8.227	16.91
HOJA TUNA (200 g) 62.5 L	**125.26**	**95.23**	**2326.4**	33.68	**425.49**	**60.35**	**7.382**	**25.44**
HOJA TUNA (400 g) 62.5 L	245.15	90.67	4975	-41.82	573.82	46.53	7.951	19.69
HOJA TUNA (800 g) 62.5 L	350.17	86.68	6770.4	-93.00	640.1	40.35	7.967	19.53
HOJA TUNA (100 g + ALUMBRE) 62.5 L	132.28	94.97	4955.2	-41.25	1205.91	-12.37	7.962	19.58
HOJA TUNA (200 g + ALUMBRE) 62.5 L	**50.82**	**98.07**	**3636**	-3.65	**865.3**	**19.37**	**7.845**	**20.77**
HOJA TUNA (400 g + ALUMBRE) 62.5 L	383.05	85.43	4036.8	-15.07	1064.48	0.81	7.902	20.19
HOJA TUNA (800 g + ALUMBRE) 62.5 L	676.66	74.26	5838.4	-66.43	1088.53	-1.44	7.996	19.24

Tabla 25. Resultados finales DQO, sólidos disueltos totales (SDT), sulfatos y pH en efluente de lavandería doméstica por 250 L

MUESTRA - EFLUENTE 250L	Promedio DQO (mg/L) entre muestras	% Reducción DQO	Solidos disueltos totales (mg/L) entre muestras	% Reducción SDT	mg/L sulfatos ppm Sulfatos PROMEDIO	% Reducción Sulfatos	pH	% Reducción pH
AGUA POTABLE	131.8	....	0	....	30.37	....	6.29	....
AGUA PURIFICADA	32.8	....	508	....	228.09	....	7.543	....
EFLUENTE 250 L	**589.79**	0	**6813.6**	0	**552.59**	0	**9.253**	0.00
EFLUENTE FILTRADO 250 L	330.11	44.03	4847.2	28.86	533.64	3.43	8.088	12.59
250 L CLORURO FERRICO	213.75	63.76	6222	8.68	1192.89	-115.87	8.074	12.74
HOJA TUNA (100 g) 250 L	284.65	51.74	2816.8	58.66	1002.38	-81.40	7.926	14.34
HOJA TUNA (200 g) 250 L	**66.18**	**88.78**	**1355.2**	**80.11**	**500.18**	**9.48**	**7.511**	**18.83**
HOJA TUNA (400 g) 250 L	326.98	44.56	2515.2	63.09	717.3	-29.81	8.002	13.52
HOJA TUNA (800 g) 250 L	691.09	-17.18	2629.3	61.41	1112.29	-101.29	8.329	9.99
HOJA TUNA (100 g + ALUMBRE) 250 L	345.78	41.37	2432	64.31	861.27	-55.86	8.122	12.22
HOJA TUNA (200 g + ALUMBRE) 250 L	**27.3**	**95.37**	**1596.8**	**76.56**	**661.5**	-19.71	**7.715**	**16.62**
HOJA TUNA (400 g + ALUMBRE) 250 L	297.82	49.50	2432	64.31	786.65	-42.36	8.198	11.40
HOJA TUNA (800 g + ALUMBRE) 250 L	421.29	28.57	3416	49.86	1019.31	-84.46	8.566	7.42

IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El filtrado final después del tratamiento de bio coagulación, tanto del efluente de 62.5 L como el de 250 L, se realizó mediante capas de algodón, piedra, arena gruesa y arena fina.

En cuanto al efluente de lavandería doméstica de 250 L, su nivel inicial de contaminantes es menor respecto al del efluente de 62.5 L.

El tratamiento con tuna *Opuntia ficus-indica* como bio coagulante logró reducir significativamente el grado de contaminación del efluente de 62.5 L como el de 250 L, como lo evidencian los resultados de los análisis de las pruebas de DQO (Tablas 9 y 11), pH (Tablas 21 y 23), sólidos disueltos totales (Tablas 13 y 15) y de sulfatos (Tablas 17 y 19).

En cuanto a la etapa del tratamiento con el bio coagulante, el concentrado de la tuna se aplicó al primer enjuague por 62.5 L y al enjuague final de 250 L del efluente de lavandería doméstica en cantidades de 100 g, 200 g, 400 g y 800 g, frente al grupo control.

Aquí se obtuvo el mejor resultado de efecto purificador con el uso de 200 g del concentrado en 62.5L y 250 L del efluente de lavandería doméstica.

En cuanto a la medición de DQO (demanda química de oxígeno) se registraron los siguientes valores promedios durante el proceso de tratamiento (Tabla 24): DQO inicial del efluente en 2628.51 mg/L respecto a DQO de 131.78 mg/L en agua potable, logrando luego reducir en 95.23 % este valor inicial (hasta DQO de 125.27 mg/L) al aplicar 200 g del concentrado de la tuna en 62.5 L del efluente.

Este promedio de reducción del valor inicial de DQO (95.23%) con 200g de tuna en 62.5 L de efluente (Tabla 24) supera a los respectivos valores promedios obtenidos con el filtrado simple (73.25%), con 100g (77.48%), 400g (90.67%) y 800g (86.68%) de tuna en 62.5 L del efluente.

Al combinar el concentrado de la tuna con alumbre, se reforzó el efecto coagulante-floculante en 62.5 L del efluente, con mayores valores promedios de reducción de DQO inicial, comparando con las respectivas aplicaciones en ausencia del alumbre (Tabla 24).

También se observa un mayor promedio de reducción del valor inicial de DQO (98.07%) al aplicar alumbre con 200 g de tuna en 62.5 L del efluente, superando a los respectivos valores promedios obtenidos al agregar alumbre en 100 g (94.97%), 400 g (85.43%) y 800 g (74.26%) de tuna en 62.5 L del efluente (Tabla 24).

En cuanto a la medición de DQO en el último enjuague con 250 L del efluente (Tabla 25), se registraron los siguientes valores promedios durante el proceso de tratamiento: DQO inicial del efluente en 589.79 mg/L respecto a DQO de 131.78 mg/L en agua potable, logrando luego reducir en 88.78% este valor inicial (hasta DQO de 66.18 mg/L) al aplicar 200 g del concentrado de la tuna en 250 L del efluente.

Como se muestra en la Tabla 25, este promedio de reducción del valor inicial de DQO (88.78 %) con 200 g de tuna en 250 L de efluente supera a los respectivos valores promedios obtenidos con el filtrado simple (44.029%), con 100 g (51.74%) y 400 g (44.56%) de tuna en 250 L de efluente; en el caso de 800 g de tuna en 250 L, se observó el aumento del contenido de DQO (en 17.18%).

Al combinar el concentrado de la tuna con alumbre, se reforzó este efecto (Tabla 25) coagulante-floculante en 250L del efluente, con mayores valores promedios de reducción de DQO inicial, comparando con las respectivas aplicaciones en ausencia del alumbre.

También se observa un mayor promedio de reducción del valor inicial de DQO (95.37 %) al aplicar alumbre con 200 g de tuna en 250 L del efluente, superando los respectivos valores promedios obtenidos al agregar alumbre en 100 g (41.37%), 400 g (49.50%) y 800 g (28.57%) de tuna en 250 L del efluente (Tabla 25).

El uso de la proporción adecuada de 200 g de tuna en 62.5 L (Tabla 24) del efluente inicial logra superar la reducción promedio porcentual de DQO respecto al coagulante convencional de cloruro férrico, el cual registró un descenso de 85.10% del DQO inicial (2628.51 mg/L).

En cambio, esta disminución fue de 95.23% con 200 g de tuna en 62.5 L del efluente inicial y de 98.07% con 200 g de tuna más alumbre en el efluente inicial de 62.5 L (Tabla 24).

Algo similar ocurre en el tratamiento del efluente final de 250 L (Tabla 25) donde, con una proporción adecuada de 200 g de tuna en 250 L del efluente final, se logra también superar la reducción promedio porcentual de DQO respecto al coagulante convencional de cloruro férrico, el cual registró un descenso de 63.76% del DQO inicial (589.79 mg/L).

En cambio, esta disminución fue de 88.78% con 200 g de tuna en 250 L del efluente inicial, y de 95.37% con 200 g de tuna más alumbre en el efluente inicial de 250 L (Tabla 25).

Las concentraciones preparadas con 100 g del coagulante convencional de cloruro férrico (masa molar de 162 g/mol) que se utilizaron en ambos efluentes (9.87 mM en efluente de 62.5 L y 2.47 mM en el de 250 L) superaron largamente el nivel crítico requerido para iniciar el proceso de coagulación según la teoría DLVO (Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek) que es del orden de 0.10 mM de cloruro férrico, por lo que el exceso de la sal férrica no es aprovechado en la mezcla acuosa en la acción coagulante, constituyendo en sí un contaminante adicional que se agrega a los efluentes.

El cloruro libre que proviene del cloruro férrico disuelto es proclive a ser oxidado a Cl_2, por lo que contribuye a aumentar la DQO del medio acuoso.

En cambio, tanto en Tabla 24 como 25, el tratamiento con masas semejantes (100 - 800 g, y especialmente 200 g) de concentrados de penca de tuna *Opuntia ficus-indica* logra niveles similares o incluso mejores de reducción de la DQO que, en el caso de cloruro férrico, considerando además que el concentrado de la tuna aporta un material biodegradable al medio acuoso.

La demanda química de oxígeno (DQO) cuantifica la concentración del oxidante (expresado en forma equivalente a mg de oxígeno por litro de muestra acuosa) que se requiere para degradar totalmente a los contaminantes presentes en la muestra. Los tratamientos en ambos efluentes (de 62.5 L en Tabla 24 y de 250 L en Tabla 25) por parte del concentrado de la tuna, así como por alumbre y cloruro férrico, han logrado disminuir la DQO del medio acuoso a valores finales aceptables, debido a su acción coagulante-floculante, y no tanto por un proceso oxidativo, conduciendo a la separación y precipitación de componentes sólidos delmedio acuoso.

Pese a esa disminución de DQO y la consecuente mejora en la calidad del efluente, se observa que las variaciones en las cantidades de sólidos totales en suspensión (Tabla 12) se mantienen en niveles relativamente altos (entre 1597 - 6813 mg/L comparado a 508 mg/L para el agua potable) y recién disminuye a niveles no detectables (0 mg/L) posterior a la adsorción con carbón por 48 h, seguido finalmente por una etapa de filtración con algodón, piedra y arena.

En esta etapa final, el valor de DQO disminuyó hasta 32.8 mg/L (Tabla 8), es decir, por debajo del límite máximo permisible de 200 mg/L para agua residual tratada, representando una reducción de 98.75 % respecto al DQO del agua potable que se estudió (131.78 mg/L).

En cuanto al contenido de sulfatos en el efluente, al estar esta especie totalmente oxidada, no influye directamente en los valores de DQO, pero sí constituye un contaminante adicionalen el medio acuoso. Por otro lado, este contenido de sulfatos influye sobre el proceso de coagulación-floculación y determina también el contenido de sólidos totales en suspensión.

La interpretación del mecanismo de coagulación-floculación es muy complejo, y una interpretación del rol del sulfato requiere analizar conjuntamente varios parámetros cinéticos en las etapas del tratamiento.

En la presente investigación se compara el contenido de sulfato como parte de los sólidos totales en suspensión.

Se observa que las variaciones en las cantidades de sulfato (Tablas 16 y18) se mantienen en niveles relativamente altos (entre 425 -1206 mg/L comparado a 228.09 mg/L para el agua potable) y disminuyó luego significativamente hasta 30.37 mg/L (siendo el máximo permisible de 250 mg/L, tanto para agua residual tratada como potable) posterior a la adsorción con carbón por 48 h, seguido por una etapa de filtración con algodón, piedra y arena.

Como era de esperar, en todos los casos medidos a lo largo del tratamiento, el contenido de sólidos disueltos totales fue mayor que el de sulfatos, excepto en la fase final luego de la adsorción con carbón y filtración con algodón, piedra y arena (Tablas 24 y 25).

Aquí el contenido de sulfato fue de 30.37 mg/L (siendo el límite máximo permisible 250 mg/L para sulfato), en tanto que el nivel de sólidos disueltos totales estuvo por debajo del límite de detección (y de su límite máximo permisible 300 mg/L). Esto implica que la adsorción y filtración final fue efectiva en retirar las partículas coloidales remanentes, pero parte del sulfato queda disuelto en el medio acuoso.

En cuanto al porcentaje de sulfato respecto a los sólidos totales en suspensión, según los datos registrados en la Tabla 24, hay una proporción mayor de 45.09% (228.09 mg/L de sulfato respecto a 508 mg/L de sólidos totales disueltos) para el agua purificada debido al menor contenido de partículas en suspensión. Al inicio del efluente de 62.5 L, la proporción era 30.59% (1073 mg/L de sulfato respecto a 3508 mg/L de sólidos totales disueltos) debido al contenido de contaminantes en forma coloidal. Conforme procedió el tratamiento de este efluente de 62.5 L con el concentrado de tuna, el porcentaje de sulfato respecto a los sólidos suspendidosdisminuyó con la cantidad de tuna.

Este resultado se debió a un aumento significativo de los coloides (Tabla 24) en el tratamiento (de 500 mg/L en agua potable a valores por encima de 3500 mg/L en el efluente de 62.5L), en tanto que el contenido de sulfato se mantuvo en el rango de 425 - 810 mg/L.

Al tratar el efluente inicial de 62.5 L (Tabla 24) mediante la combinación del concentrado de tuna con alumbre, la proporción de sulfato a coloides se mantuvo bastante estable alrededor de 25% para 100 g, 200 g y 400 g de tuna combinados con 90 mg de alumbre por litro de efluente, siendo de 5625 mg para 62.5 L de efluente de lavandería doméstica. En todos estos casos, había un aporte importante de sulfato por parte del alumbre agregado. Sin embargo, al incrementar el concentrado de tuna a 800 g con alumbre, la proporción de sulfato a coloides bajó a 18.64 %, casi al mismo nivel (17.10%) que cuando se trató el efluente inicial (62.5 L) con cloruro férrico, un coagulante tradicional que no aporta sulfato al medio acuoso.

Una interpretación a la observación anterior podría ser que la proporción cercana a 25% de sulfato a coloides, para diferentes proporciones de tuna respecto a alumbre, se deba a que se contó con una cantidad fija de alumbre de 34 mg por litro de efluente (Tabla 24) y que el concentrado de tuna que a su vez es un bio adsorbente con interacciones sobre su superficie saturada, regulaba bajo equilibrio entre fases al contenido de coloides en suspensión.

Sin embargo, al agregar un exceso con 800 g de tuna en 62.5 L (Tabla 24), se contó con una mayor superficie libre del bio adsorbente y consecuentemente, una mayor capacidad para adsorber y retirar sulfato del medio acuoso, decayendo la proporción de sulfato a coloides hasta 18.64 %.

Este porcentaje correspondería al equilibrio de distribución de sulfato entre la fase acuosa y la fase coloidal, casi el mismo valor (17.10%) en que se distribuiría el sulfato entre ambas fases al utilizar cloruro férrico, sin agregar sulfato adicional.

En cuanto al efluente de 250 L, su nivel inicial de contaminantes coloidales es menor respecto al del efluente de 62.5 L (Tablas 24 y 25) y por tal motivo es muy probable que la superficie de la tuna bio adsorbente no se encontró aun saturada. Por ello, la proporción entre sulfatos y coloides no se mantuvo en un rango estable, situación que sí se observó con el efluente de 62.5 L con mayor nivel de contaminación.

Por último, todos los niveles de DQO, sólidos en suspensión, sulfatos y pH (Tabla 25) llegaron al final de los procesos del tratamiento de efluentes de lavandería doméstica a valores por debajo de los límites máximos permisibles obtenidos con tratamiento convencional con cloruro férrico.

X. CONCLUSIONES

1. El licuado de penca de tuna *Opuntia ficus-indica* mostró ser útil como biocoagulante para reducir efectivamente los niveles de DQO, sólidos disueltos totales, sulfatos y pH, en efluente de lavandería doméstica a valores por debajo de los respectivos límites máximos permisibles. Este estudio se comprobó sobre un sistema de tratamiento a base de biocoagulante por 48 h seguido por filtración con algodón, piedra y arena, en un primer ciclo de enjuague de 62.5 L de efluente de lavandería doméstica y luego en un enjuague completo de 250L de efluente de lavandería doméstica.

2. La eficiencia de este tratamiento es comparable al de un exceso de coagulante convencional como $FeCl_3$, con la ventaja que la tuna es un material biodegradable y amigable con el medio ambiente ya que se pueden reutilizar los residuos de tuna como abono, etc. incluso se ha comprobado que ciertas proporciones de tuna sola (200g para ciclo de enjuague de 62.5L y enjuague completo de 250L) y tuna combinada con alumbre, puede superar la eficiencia de remoción respecto a $FeCl_3$.

3. Se ha analizado el contenido de sulfato y de sólidos disueltos totales, así como la proporción entre ellos, con la eficiencia del tratamiento; y se ha propuesto una justificación de estos resultados considerando la posibilidad de que la penca de tuna, además de biocoagulante, también esté operando como un bioadsorbente, regulando el contenido de sulfato que se distribuye entre la fase acuosa y en forma de sólidos coloidales.

4. El diseño del sistema de tratamiento corresponde a un tamaño práctico que permite su aplicación a escala doméstica con un equipo de costo y manipulación accesible.

XI. RECOMENDACIONES

1. Según los resultados obtenidos en este análisis, se podrá cuantificar el rendimiento del proceso global y también ayudará en la decisión final de como reutilizar el efluente tratado. Tal decisión dependerá de la evaluación final de parámetros tales como la demanda química de oxígeno, sólidos disueltos totales, pH, sulfatos.

2. Continuar estudios del tratamiento de efluente residual doméstico, reciclando la arena, tierra, piedra del filtro sometiendo a tratamiento solar y tamizaje con malla.

3. Realizar estudios del tratamiento a las 24 h, 72 h y 96 h de tratamiento con el biocoagulante, para evidenciar que se obtiene un mejor rendimiento del efecto de coagulación.

XII. BIBLIOGRAFIA

Abu Ghunmi, L. Characterization and treatment of grey water; options for (re)use. Thesis Wageningen University. Wageninen, The Netherlands 2009.

Aguilera I.; Pérez R., Marañn A. Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. Validación del método. *Rev. Cub. Qca*. (Cuba). Vol. 22, 2010

Agua.org.mx 2019. Contaminación del agua por detergentes. http://www.sagan-gea.org.

Akhoundzadeh, J., Costas, M., Lavilla, I., Chamsaz, M. & Bendicho, C. Miniaturized and green method for determination of chemical oxygen demand using UV-induced oxidation with hydrogen peroxide and single drop microextraction. *Microchim. Acta* 180, 1029-1036 (2013).

American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. en *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater* (1999).

APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC, USA, 2012. www.scirp.org.

Arboleda J. Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá: Ed. Mc Graw Hill, 2000.

Arugam K., Ghadimi A., Chang L. Design and optimisation of home scale greywater recycling package. MATEC Web Conf. 152, 02005, 2018.

Arroyo A., Cai D., Carazas P., Castillo E. Tópico de negociaciones nacionales comerciales internacionales - Metodologías y apreciaciones relevantes en el Perú. Editorial de la Universidad del Pacífico. Páginas 511 - 522. Lima 2006.

ASTM. Standard test methods for sulfate ion in water. Ed ASTM annual book, Barr Harbor Drive - USA, 1995. www.scirp.org.

Banach, J. L., Sampers, I., Haute, S. Van & van der Fels-Klerx, H. J. Effect of disinfectants on preventing the cross-contamination of pathogens in fresh produce washing water. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 8658-8677 (2015).

Banchón C., Baquerizo R., Muñoz D., Zambrano D. Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UTE*, 7, 4, 111-126 (2016).

Battenberg G. Métodos y procesos de filtración de agua, contando las formas. https://agualatinoamerica.com/2022/

Boano F., Caruso A., Costamagna E., Ridolfi L., Fiore S., Demichelis F., Galvão A., Pisoeiro J., Rizzo A., Masi F. A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design and environmental benefits. *Science of the Total Environment* 711, 134731 (2020).

Bolong A., Ismail A.F., Salim, M.R., Matsuura T. Review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. *Desalination* 239, 1-3, 229-246, 2009.

Budi S., Siti K., Sheikh S., Fauzul M., Sakinah N., Izzati N., Hassimi I., Razi A., Fitri I. Challenges and opportunities of biocoagulant/bioflocculant application for drinking water and wastewater treatment and its potential for sludge recovery. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17(24), 9313, 2020.

Camargo M., Cruz L. Remoción de sustancias húmicas por coagulación con alumbre. *Revista Ingeniería e* Investigación No. 44. Lima. 1999.

Cárdenas, F. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en efluentes de Industrias Lácteas empleando un método amigable con el Medio Ambiente. Tesis Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador 2009.

Carhuachin N. Lozada D. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de desodorante de alumbre (Potassium alum) Tesis Universidad de Lima. Lima. 2022.

Carrasco F., Díaz J. Nuevos materiales y tecnología para el tratamiento del agua. Editorial de la Universidad Internacional de Andalucía. Páginas 150 -165. Andalucía 2009.

Cortes G. Lineamientos para el control de calidad analítica. Ed. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá, 1999.

Crespi, M. & Huertas, J. A. Determinación Simplificada de la Demanda Química de Oxígeno por el Método del Dicromato. *Bol. Intextar* 89, 89-98 (1986).

Desarrollo humano Perú 2013 - Cambio climático y territorio. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. https://hdr.undp.org.

Detergente Ariel Perú 2024. Características, composición. http: //www.P&G.org.

Encuesta económica anual Perú 2024. Instituto Nacional de Estadística en Informática. https://www.gob.pe inei.

Eriksson E., Auffarth K., Mogens A., Ledin A. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water* 4, 85-104, 2002.

Espino E., Rafael H., Tingal I. Morfofisiología de tuna (O*puntia ficus-indica* Mill.) Tesis de Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca 2012.

Flórez-Mojica G., López M., Mannsbach M. Evaluación de sales de aluminio y hierro en la remoción química de materia orgánica y sedimentos presentes en aguas residuales domésticas. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. https://www.eumed.net/rev/caribe/2017/01/

Garay, J. Panizzo, L. Lesmes, L. Ramírez, G. Sánchez, J. Manual técnicas analíticas de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos. Tercera edición. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Cartagena. 1993.

Guzmán D., Chávez J. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 73(1), 2007.

Harris, D. *Análisis Químico Cuantitativo*. *Ed. Reverté, SA* . Barcelona, 2001.

He, Y., Tang, L., Wu, X., Hou, X. & Lee, Y. Spectroscopy: The Best Way Toward Green Analytical Chemistry *Appl. Spectrosc. Rev.* 42, 119-138 (2007).

Hernández L. Removal of micropollutants from grey water combining biological and physical chemical processes. Thesis Wageningen University, The Netherlands, 2010.

Huasupoma F., Torres D. Factores psicológicos y su relación en la variación de la necesidad de compra de detergente en los consumidores de Lima Metropolitana durante el primer año de pandemia por COVID 19.
Tesis Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2023.

Household Wastewater- Grey water, Italy 2020. Interreg Central Europe, European Union, European Regional, Development Fund, CWC. http: //www.interreg-central.eu.

Jin, B. *et al.* Measurement of chemical oxygen demand (COD) in natural water samples by flow injection ozonation chemiluminescence (FI-CL) technique. *J. Environ. Monit.* 6, 673-8 (2004).

Kami G., Marszałek A. Advanced treatment of real grey water by SBR followed by ultrafiltration performance. *Water* 2020, 12, 154, 1-16.

Kiely G., Veza J. Ingeniería ambiental fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, Editorial McGraw Hill/ Interamericana de España. Volumen II. Páginas 119 – 135. Madrid 1999.

LaPara, T. M., Alleman, J. E. & Pope, P. G. Miniaturized closed reflux, colorimetric method for the determination of chemical oxygen demand. *Waste Manag.* 20, 295-298 (2000).

Li F. , K. Wichmann, R. Otterpohl. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. Hamburg – Germany. 2009.

Martínez F. Tratamiento de aguas residuales industriales, mediante electrocoagulación y Coagulación convencional. Universidad Castilla-La Mancha. Albacete, 2007.

Martínez J., Moreno J., Fernández J. Química Verde: Eliminación de contaminantes emergentes en efluentes mediante biomasas lignocelulósicas de bajo costo procedentes de la industria agroalimentaria. Tesis Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena – Colombia. 2019.

Martínez, A. D. Métodos de análisis físicos y espectrofotométricos para el análisis de aguas residuales. *Tecnología en Marcha* 19-2, 31-40 (2006).

Methods for chemical analysis of water and wastes. United States Environmental Protection Agency. Cincinnati, 1983.

Ministerio de Protección Social, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá, D.C., 2007.

Ministerio de Salud del Perú. Decreto Supremo DS 003-2003-SA. Modificación de estándares de calidad ambiental.

Ministerio de Trabajo. Dirección de la Promoción del Empleo, Subdirección de Intermediación y Orientación Laboral – tendencia de la demanda de ocupaciones. Página web del Ministerio de Trabajo: www.mintra.gob.pe. Lima 2009.

Ministerio de Vivienda del Perú. Decreto Supremo DS 021-2009- Vivienda, aprueban valores máximos admisibles de la descarga de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Lima 2009.

Municipalidad de Lima. Diagnóstico técnico participativo del plan regional de desarrollo concertado de Lima. Lima 2012 – 2025.

Namiesnik, J. Green analytical chemistry - Some remarks. J. Sep. Sci. 24, 151-153 (2001).

Orellana J. Ingeniería Sanitaria- UTN – FRRO. J. Características de los residuales. Buenos Aires – 2018.

Organización Panamericana de la Salud. Evaluación global de los servicios de abastecimientos de agua y saneamiento. Washington, D.C. 2001.

Orozco C., Pérez A., González M., Rodríguez F., Alfayate J. Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Ed. Thomson, España, 2005.

Pidou M., Ayyaz F., Memon A., Stephenson T., Jefferson B., Jeffrey P. Greywater recycling: A review of treatment options and applications. *Institution of Civil Engineers. Proceedings. Engineeering Sustainability* 160, 119-131, 2007.

Plan Nacional de Calidad Turística del Perú- Caltur. Manual técnico de difusión. Sistema de tratamiento de aguas Residuales para albergues en zonas rurales. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Gestión Ambiental. Páginas 10 - 17. Lima 2007.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Informe sobre Desarrollo Humano en el Perú. Cambio climático y territorio: Desafíos y respuestas para un futuro sostenible. Lima 2013.

Ramírez, M. L. Validación del método colorimétrico de reflujo cerrado para determinar la demanda química de oxígeno (DQO) en aguas residuales. Tesis Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua 2008.

Ribeiro, M. G. T. C., Costa, D. A., Machado, A. A. S. C. «Green Star»: a holistic green chemistry metric for evaluation of teaching laboratory experiments. *Green Chem. Lett. Rev.* 3, 2010.

Rodier, J. Análisis de aguas: Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona, 1981.

Rossi M. Oportunidad de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú. Fondo Nacional del Ambiente del Perú. Lima, Perú 2010.

Sawyer, C. Mc Carty, P. Chemistry for environmental engineering. McGraw Hill New York, 1996.

Seenirajan M., Sasikumar S., Antony E. Design of grey water treatment units. *IRJET* 5(5), 4243-4250, 2018.

Standard Methods for the examination of wáter and wastewater. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 19 ed, New York, 1995.

Stolyar S., Van Dien S., Hillesland K., Pinel N., Lie T., Leigh J., Stahl D. Metabolic modeling of a mutualistic microbial community. *Molecular Systems Biology* Vol. 3, No. 92, 1-14, 2007.

Tratamiento de efluentes domésticos. 2023. http://www.quimtiamedioambiente.com/blog/tratamiento-efluentes-industriales domésticos importancia.

Vieno N., Harki H., Tuhkanen T., Kronberg L. Occurrence of pharmaceuticals in river water and their elimination in a pilot-scale drinking water treatment plant. *Environmental Sci.Technology*. 41, 5077-5084, 2007.

Viceministerio de Gestión Ambiental. Dirección General de Gestión Ambiental, 2016: Curso virtual en tratamiento de aguas residual doméstica y municipales para su re uso. Lima, Perú.

World Health Organization. Water sanitation and health. 2023. http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/info_sheet_pharmaceutical.

Wilson D., Fernández A., Zayas Y. Desarrollo y validación de un método de valoración anemométrica para la determinación del ion sulfato en muestras de aguas naturales y residuales. Rev. Cub. Qca. (Cuba). 2007.

Wurochekke A., Mohamed R., Al-Gheethi A., Atiku H., Amir S., Matias-Peralta S. Household greywater treatment methods using natural materials and their hybrid system. *Water Health*, 14(6) 914-928, 2024.

Yang D., Yuan J. Advanced Treatment of Sodium Acetate in Water by Ozone Oxidation. *Water Environ. Res.* 86(2) 141-146, 2014.

Yu H., Ma C. Flow Injection Analysis of Chemical Oxygen Demand (COD) by Using a Boron-Doped Diamond (BDD) Electrode. *Environmental Science and Technology* 43, 1935-1939, 2009.

Zambrano D. Agua y saneamiento experiencia en el Perú. Organización Panamericana de la Salud. Editorial tarea asociación gráfica educativa. Lima, Perú 1997.

XIII. ANEXOS

13.1 Demanda química de oxígeno (DQO)

Data primaria

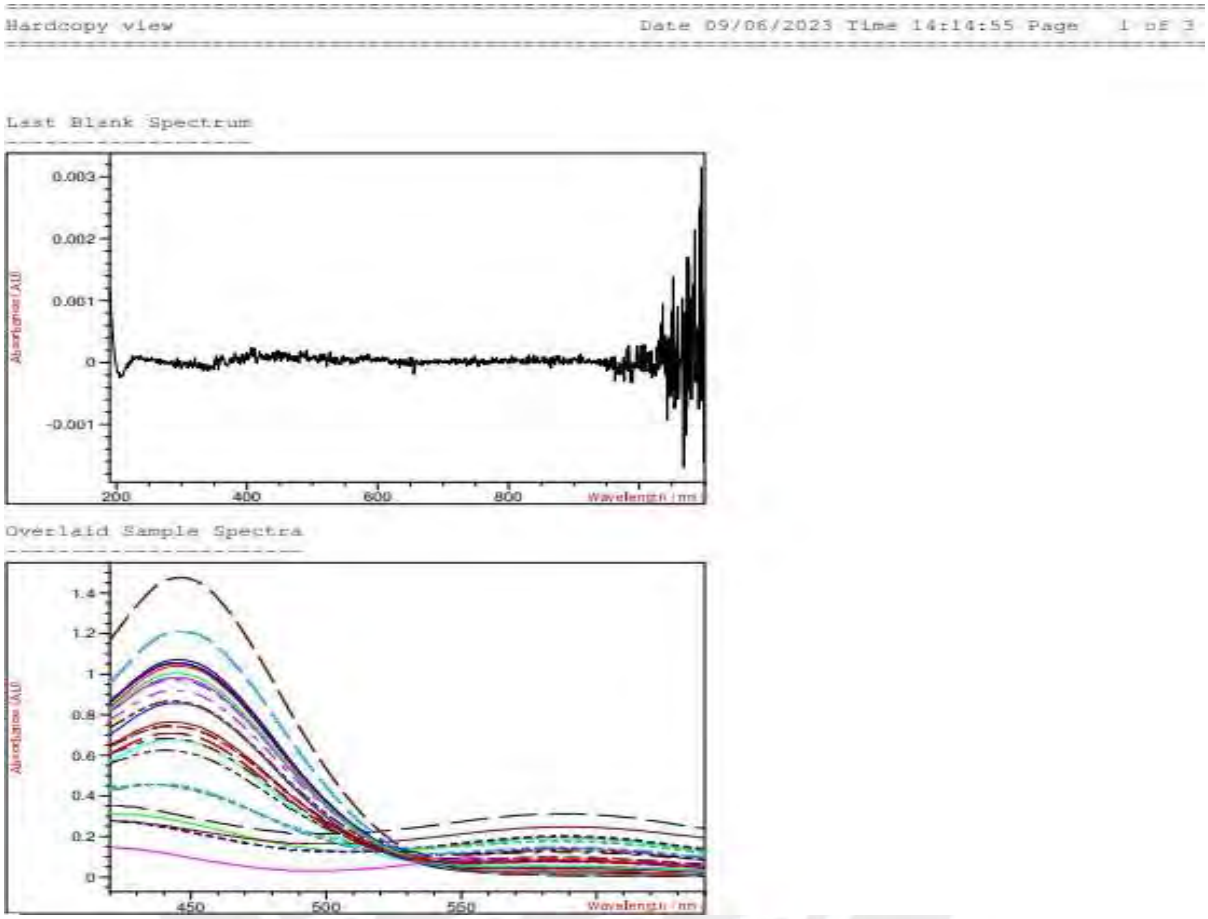


Figura 45: Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g, 800 g y con penca de tuna 100 g más 100g de alumbre.

Tabla 26. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g, 800 g y con penca de tuna 100 g más 100g de alumbre.

#	Name	Abs<640nm>	#	Name	Abs<640nm>
1	ESTANDAR 1	7.8964E-3	19	EFLUENTE FILTRAD	0.12047
2	ESTANDAR 2	1.3394E-2	20	EFLUENTE FILTRAD	0.12043
3	ESTANDAR 3	2.5012E-2	21	HOJA TUNA 100g	6.0705E-2
4	ESTANDAR 4	4.0476E-2	22	HOJA TUNA 100g	6.0237E-2
5	ESTANDAR 5	8.2681E-2	23	HOJA TUNA 100g	6.1315E-2
6	ESTANDAR 6	0.13058	24	HOJA TUNA 200g	5.8362E-2
7	ESTANDAR 7	0.19243	25	HOJA TUNA 200g	5.5832E-2
8	ESTANDAR 8	0.24023	26	HOJA TUNA 200g	5.6188E-2
9	AGUA POTABLE	5.3782E-3	27	HOJA TUNA 400g	8.2722E-2
10	AGUA POTABLE	5.3902E-3	28	HOJA TUNA 400g	8.4360E-2
11	AGUA POTABLE	5.4073E-3	29	HOJA TUNA 400g	8.6715E-2
12	AGUA PURIFICADA	2.9259E-3	30	HOJA TUNA 800g	9.5141E-2
13	AGUA PURIFICADA	2.7914E-3	31	HOJA TUNA 800g	9.7575E-2
14	AGUA PURIFICADA	2.9202E-3	32	HOJA TUNA 800g	9.8922E-2
15	EFLUENTE	0.13707	33	HOJA TUNA 100g-A	4.4754E-2
16	EFLUENTE	0.14006	34	HOJA TUNA 100g-A	4.6715E-2
17	EFLUENTE	0.14016	35	HOJA TUNA 100g-A	4.6839E-2
18	EFLUENTE FILTRAD	0.11876	36	HOJA TUNA 200g-A	2.3254E-2

Hardcopy view Date 09/06/2023 Time 14:14:55 Page 3 of 3

#	Name	Abs<640nm>	#	Name	Abs<640nm>
37	HOJA TUNA 200g-A	2.5276E-2	41	HOJA TUNA 400g-A	2.8299E-2
38	HOJA TUNA 200g-A	2.5953E-2	42	HOJA TUNA 800g-A	4.6558E-2
39	HOJA TUNA 400g-A	2.8881E-2	43	HOJA TUNA 800g-A	4.7041E-2
40	HOJA TUNA 400g-A	3.0519E-2	44	HOJA TUNA 800g-A	4.8058E-2

*** End Hardcopy view ***

MUESTRA	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	ftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)
ESTANDAR 1	0.075	0	2.925	21.25	0.019911	25.00
ESTANDAR 2	0.15	0	2.85	42.50	0.027909	50.00
ESTANDAR 3	0.3	0	2.7	85.00	0.044638	100.00
ESTANDAR 4	0.6	0	2.4	170.00	0.068003	200.00
ESTANDAR 5	1.2	0	1.8	340.00	0.12812	400.00
ESTANDAR 6	1.8	0	1.2	510.00	0.17913	600.00
ESTANDAR 7	2.4	0	0.6	680.00	0.23554	800.00
ESTANDAR 8	3	0	0	850.00	0.29563	1000.00

MUESTRA	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	ftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)	Promedio DQO (mg/L)
AGUA PURIFICADA	0	0	3.0	0	0.0053964	30.64	30.72
AGUA PURIFICADA	0	0	3.0	0	0.0052934	31.01	
AGUA PURIFICADA	0	0	3.0	0	0.0054317	30.52	
HOJA TUNA (200g)	0	1.5	1.5	0	0.077736	228.23	220.41
HOJA TUNA (200g)	0	1.5	1.5	0	0.074246	215.74	
HOJA TUNA (200g)	0	1.5	1.5	0	0.074664	217.24	
HOJA TUNA (400g)	0	1.5	1.5	0	0.11205	351.03	362.29
HOJA TUNA (400g)	0	1.5	1.5	0	0.11374	357.08	
HOJA TUNA (400g)	0	1.5	1.5	0	0.1198	378.77	
HOJA TUNA (800g)	0	1.5	1.5	0	0.13203	422.53	430.36
HOJA TUNA (800g)	0	1.5	1.5	0	0.13459	431.69	
HOJA TUNA (800g)	0	1.5	1.5	0	0.13603	436.85	
HOJA TUNA (100g + ALUMBRE)	0	1.5	1.5	0	0.067083	190.11	195.46
HOJA TUNA (100g + ALUMBRE)	0	1.5	1.5	0	0.06919	197.65	
HOJA TUNA (100g + ALUMBRE)	0	1.5	1.5	0	0.069463	198.63	

x	y
DQO	Absorbancia (610 nm)
1000.00	0.29563
800.00	0.23554
600.00	0.17913
400.00	0.12812
200.00	0.068003
100.00	0.044638
50.00	0.027909
25.00	0.019911

		calculo b
		0.01619492
		0.01199194
y=	mx + b	0.01146895
x=	y-b/m	0.01634597
b=	y-mx	0.01211598
CORR	0.999780262	0.01669449
R2	0.999560571	0.01393725
		0.01292512
	Promedio	0.01395933
m		0.000279435

Figura 46: Curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua purificada, en 62.5 L de efluente - Tratado con penca de tuna 200 g, 400 g, 800 g y con penca de tuna 100 g más 100 g de alumbre.

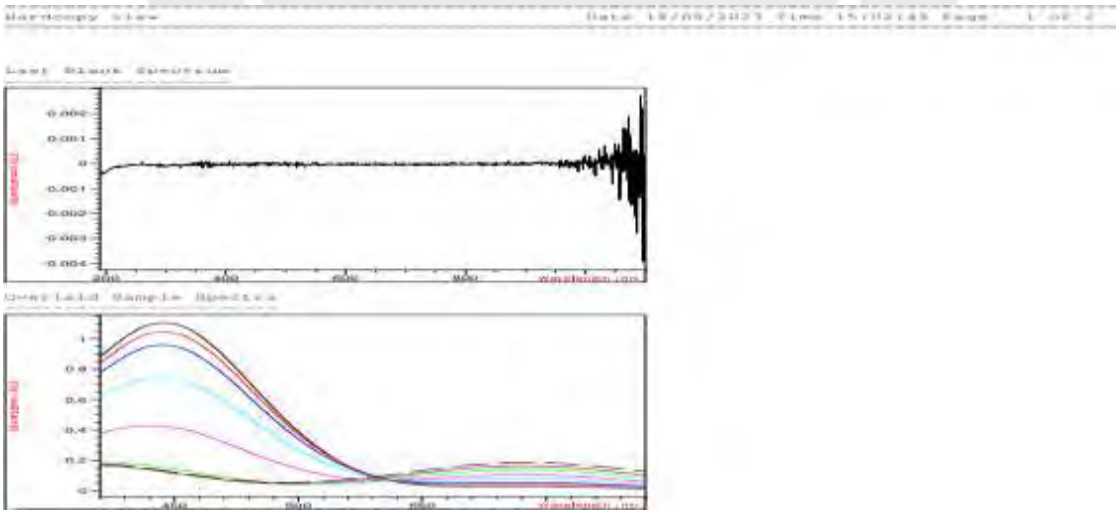


Figura 47: Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g.

Tabla 27. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g

Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	ESTANDAR 1	1.09720	2.5700E-2
2	ESTANDAR 2	1.03660	4.0918E-2
3	ESTANDAR 3	0.95000	5.0549E-2
4	ESTANDAR 4	0.73717	7.2270E-2
5	ESTANDAR 5	0.41501	9.5543E-2
6	ESTANDAR 6	0.14378	0.12943
7	ESTANDAR 7	0.11536	0.15151
8	ESTANDAR 8	0.12284	0.17474

Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	AGUA POTABLE	1.48530	9.8534E-3
2	AGUA POTABLE	1.48500	9.8271E-3
3	AGUA POTABLE	1.48530	9.7766E-3
4	AGUA PURIFICADA	1.41050	1.0712E-2
5	AGUA PURIFICADA	1.41100	1.0860E-2
6	AGUA PURIFICADA	1.41150	1.0783E-2

Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	EFLUENTE 62.5L	0.20777	0.19739
2	EFLUENTE 62.5L	0.20730	0.19702
3	EFLUENTE 62.5L	0.20747	0.19724
4	EFLUENTE62.5LFIL	0.68950	0.10511
5	EFLUENTE62.5LFIL	0.69173	0.10538
6	EFLUENTE62.5LFIL	0.69303	0.10382

Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	EFLUENTE 250L	0.69437	7.2112E-2
2	EFLUENTE 250L	0.69444	7.2271E-2
3	EFLUENTE 250L	0.69448	7.2459E-2
4	EFLUENTE250FILTR	1.06260	2.4387E-2
5	EFLUENTE250FILTR	1.06270	2.4229E-2
6	EFLUENTE250FILTR	1.06120	2.4139E-2

Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	62.5LTUNA 100g	0.70319	0.13405
2	62.5LTUNA 100g	0.70385	0.13480
3	62.5LTUNA 100g	0.70467	0.13572
4	62.5LTUNA 200g	0.98791	8.5511E-2
5	62.5LTUNA 200g	0.98786	8.5646E-2
6	62.5LTUNA 200g	0.98765	8.5994E-2
7	62.5LTUNA 400g	0.57750	0.11732
8	62.5LTUNA 400g	0.57810	0.11867
9	62.5LTUNA 400g	0.57839	0.11927
10	62.5LTUNA 800g	0.27119	0.22171

Hardcopy View Date 18/09/2023 Time 16:21:10 Page 2 of 2

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
11	62.5LTUNA 800g	0.27147	0.22057
12	62.5LTUNA 800g	0.27187	0.22064

Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	250LTUNA 100g	1.11690	3.9189E-2
2	250LTUNA 100g	1.11740	3.9211E-2
3	250LTUNA 100g	1.11740	3.9192E-2
4	250LTUNA 200g	1.14290	3.0553E-2
5	250LTUNA 200g	1.14310	3.1195E-2
6	250LTUNA 200g	1.11150	3.0682E-2
7	250LTUNA 400g	0.96379	4.1917E-2
8	250LTUNA 400g	0.96423	4.1942E-2
9	250LTUNA 400g	0.96501	4.2621E-2
10	250LTUNA 800g	0.96613	4.3839E-2

Hardcopy View Date 18/09/2023 Time 16:52:19 Page 2 of 2

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
11	250LTUNA 800g	0.96627	4.3802E-2
12	250LTUNA 800g	0.96598	4.4047E-2

MUESTRA	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	ftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)	
ESTANDAR 1	0.075	0	2.925	21.25	0.0257	25.00	
ESTANDAR 2	0.15	0	2.85	42.50	0.040918	50.00	
ESTANDAR 3	0.3	0	2.7	85.00	0.050549	100.00	
ESTANDAR 4	0.6	0	2.4	170.00	0.07227	200.00	
ESTANDAR 5	1.2	0	1.8	340.00	0.095543	400.00	
ESTANDAR 6	1.8	0	1.2	510.00	0.12943	600.00	
ESTANDAR 7	2.4	0	0.6	680.00	0.15151	800.00	
ESTANDAR 8	3	0	0	850.00	0.17474	1000.00	
MUESTRA	**SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)**	**MUESTRA (mL)**	**AGUA (mL)**	**ftalato (mg/L)**	**Abs (610nm)**	**DQO (mg/L)**	**Promedio DQO (mg/L)**
AGUA POTABLE	0	0	3.0	0	0.0098534	166.02	166.25
AGUA POTABLE	0	0	3.0	0	0.0098271	166.19	
AGUA POTABLE	0	0	3.0	0	0.0097766	166.54	
HOJA TUNA (100g)62.5L	0	1.5	1.5	0	0.13405	679.02	684.51
HOJA TUNA (100g)62.5L	0	1.5	1.5	0	0.1348	684.12	
HOJA TUNA (100g)62.5L	0	1.5	1.5	0	0.13572	690.38	
HOJA TUNA (200g)250L	0	1.5	1.5	0	0.030553	25.18	23.43
HOJA TUNA (200g)250L	0	1.5	1.5	0	0.031195	20.81	
HOJA TUNA (200g)250L	0	1.5	1.5	0	0.030682	24.30	
HOJA TUNA (400g)250L	0	1.5	1.5	0	0.041917	52.15	53.80
HOJA TUNA (400g)250L	0	1.5	1.5	0	0.041942	52.32	
HOJA TUNA (400g)250L	0	1.5	1.5	0	0.042621	56.94	

X	y
DQO	Absorbancia (610 nm)
1000.00	0.17474
800.00	0.15151
600.00	0.12943
400.00	0.095543
200.00	0.07227
100.00	0.050549
50.00	0.040918
25.00	0.0257

		calculo de b
		0.02776815
		0.03393252
y=	mx + b	0.04124689
x=	y-b/m	0.03675426
b=	y-mx	0.04287563
CORR	0.992217545	0.03585181
R2	0.984495657	0.03356941
		0.0220257
M	0.000146972	
		0.03425305
		promedio

Figura 48: Curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g

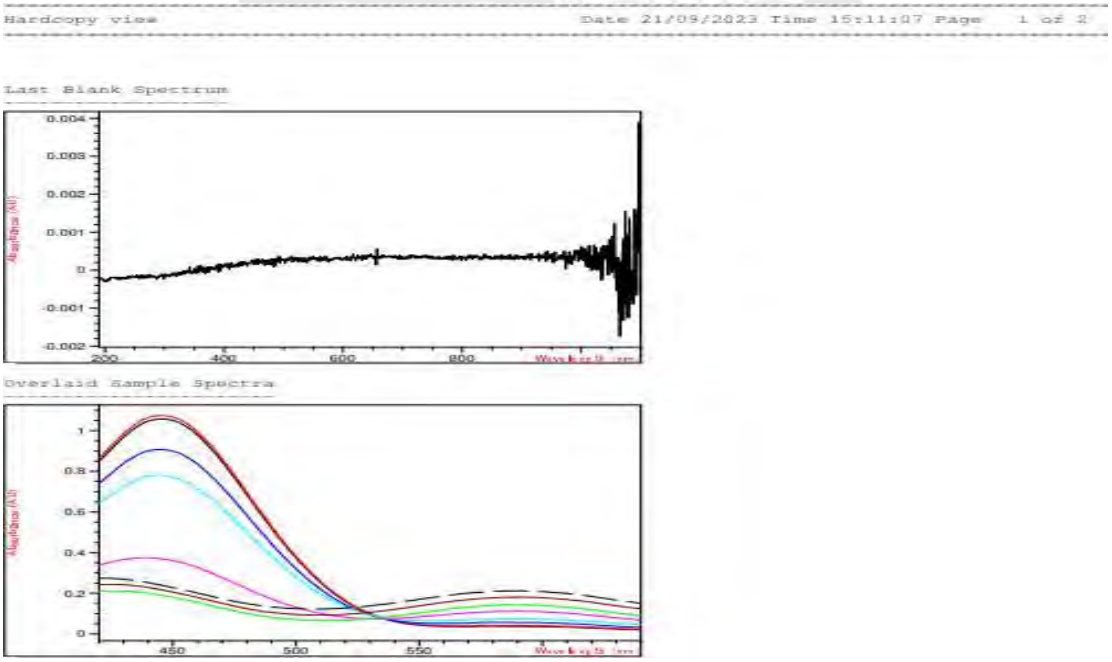
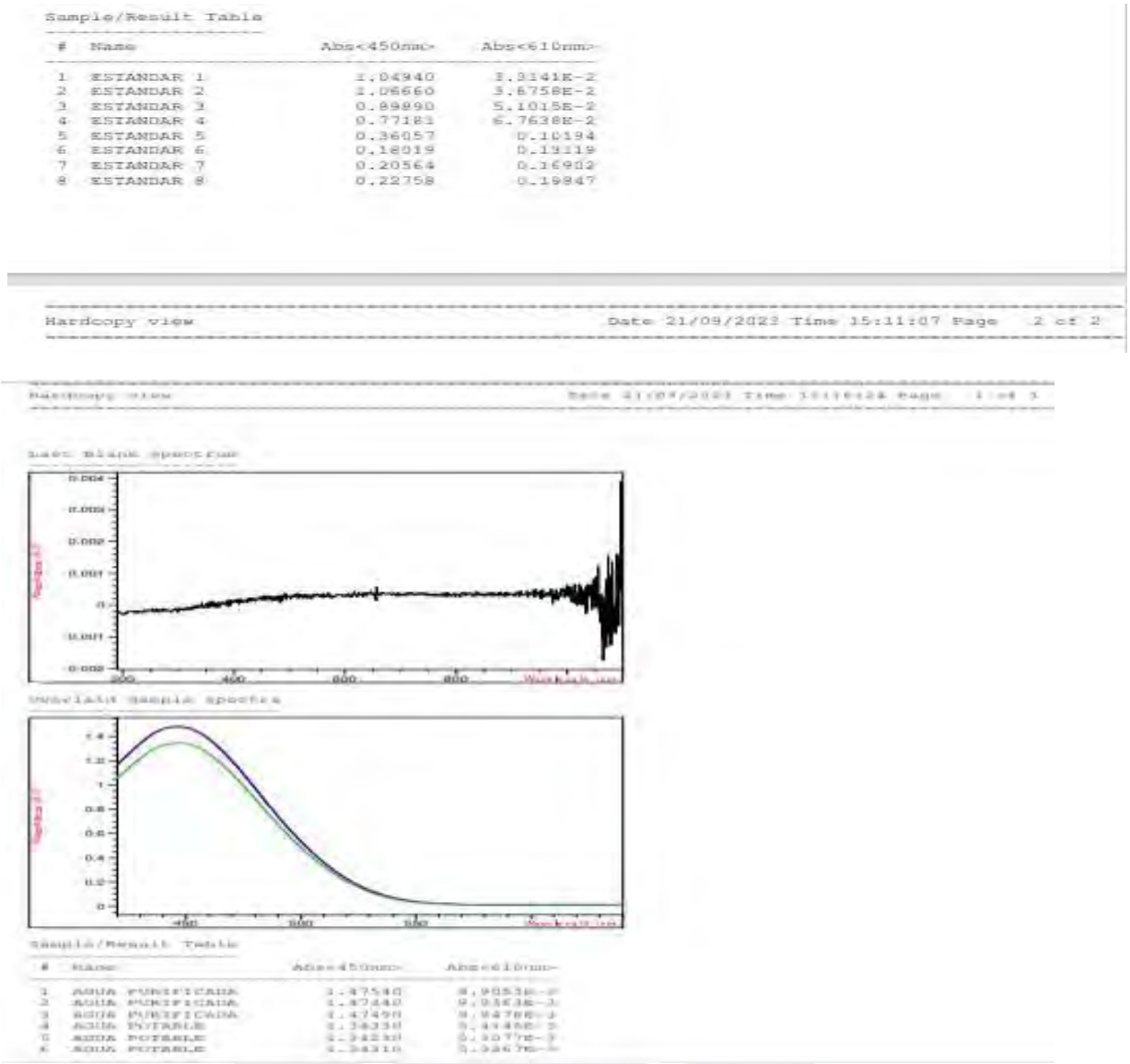


Figura 49: En la Figura se muestra espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g

Tabla 28. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, en 62.5 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 200 g, 400 g



Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	ESTANDAR 1	1.04940	3.3141E-2
2	ESTANDAR 2	1.06660	3.6758E-2
3	ESTANDAR 3	0.89890	5.1015E-2
4	ESTANDAR 4	0.77181	6.7638E-2
5	ESTANDAR 5	0.36057	0.10194
6	ESTANDAR 6	0.18019	0.13119
7	ESTANDAR 7	0.20564	0.16902
8	ESTANDAR 8	0.22758	0.19847

Hardcopy view Date 21/09/2023 Time 15:11:07 Page 2 of 2

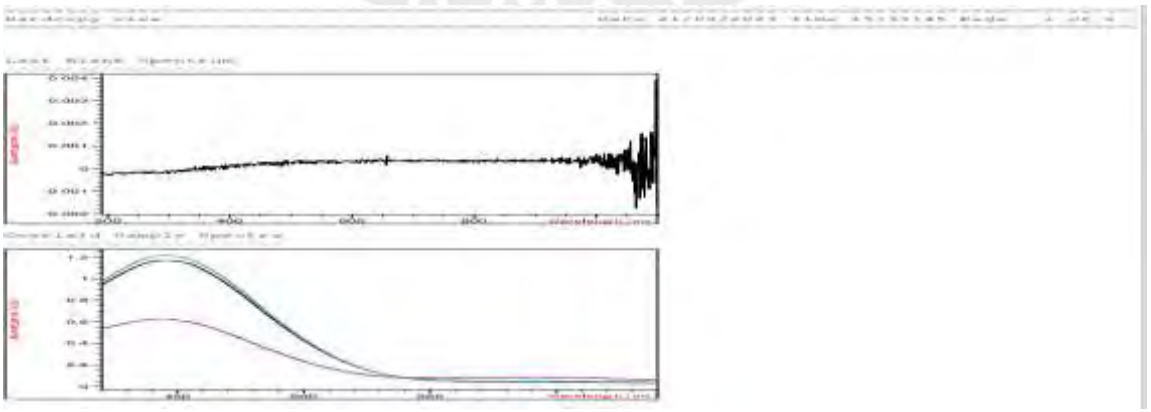
Last Blank Spectrum

Overlaid Sample Spectra

Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	AGUA PURIFICADA	1.47540	8.9053E-2
2	AGUA PURIFICADA	1.47440	9.0363E-2
3	AGUA PURIFICADA	1.47490	8.9478E-2
4	AGUA POTABLE	1.34330	5.4346E-2
5	AGUA POTABLE	1.34230	5.3077E-2
6	AGUA POTABLE	1.34310	5.3267E-2

Figura 50: Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada y potable.



Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	HTUNA100gALUMBRE	1.16210	4.3688E-2
2	HTUNA100gALUMBRE	1.16210	4.4608E-2
3	HTUNA100gALUMBRE	1.16300	4.5144E-2
4	HTUNA200gALUMBRE	1.20570	3.6216E-2
5	HTUNA200gALUMBRE	1.20610	3.8000E-2
6	HTUNA200gALUMBRE	1.20770	3.9265E-2
7	HTUNA400gALUMBRE	0.61261	7.7198E-2
8	HTUNA400gALUMBRE	0.61330	7.8743E-2
9	HTUNA400gALUMBRE	0.61377	7.9595E-2
10	HTUNA800gALUMBRE	0.61409	8.0033E-2

Hardcopy view Date 21/09/2023 Time 15:33:45 Page 2 of 2

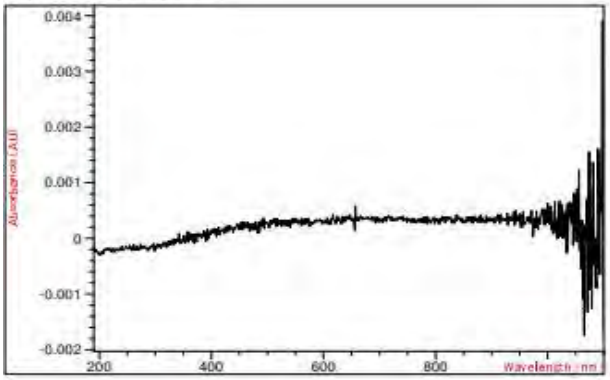
#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
11	HTUNA800gALUMBRE	0.61400	8.0114E-2
12	HTUNA800gALUMBRE	0.61418	8.0413E-2

*** End Hardcopy view ***

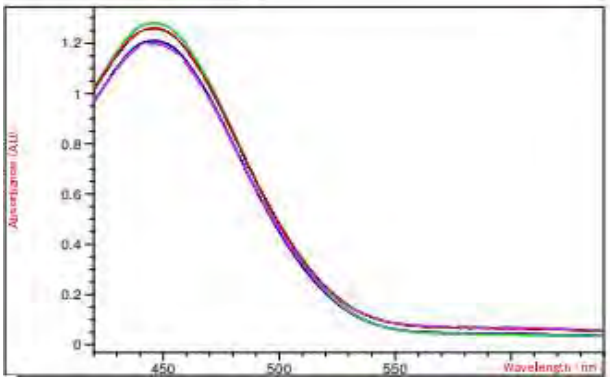
Figura 51: Espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en efluente de lavandería doméstica tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g de penca de tuna más alumbre, 800 g de penca de tuna más alumbre.

Hardcopy view Date 21/09/2023 Time 15:47:56 Page 1 of 2

Last Blank Spectrum



Overlaid Sample Spectra



Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	HTUNA100gALUMBRE	1.20400	4.1564E-2
2	HTUNA100gALUMBRE	1.20380	4.1943E-2
3	HTUNA100gALUMBRE	1.20490	4.2316E-2
4	HTUNA200gALUMBRE	1.27740	3.8738E-2
5	HTUNA200gALUMBRE	1.27350	3.7668E-2
6	HTUNA200gALUMBRE	1.27300	3.8169E-2
7	HTUNA400gALUMBRE	1.25320	6.2181E-2
8	HTUNA400gALUMBRE	1.25330	6.2450E-2
9	HTUNA400gALUMBRE	1.25270	6.2941E-2
10	HTUNA800gALUMBRE	1.19270	6.6418E-2

Hardcopy view Date 21/09/2023 Time 15:47:56 Page 2 of 2

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
11	HTUNA800gALUMBRE	1.19340	6.6772E-2
12	HTUNA800gALUMBRE	1.19230	6.6751E-2

Figura 52: En la Figura se muestra espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en efluente de lavandería doméstica tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g de penca de tuna más alumbre, 800 g de penca de tuna más alumbre.

Tabla 29. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g de penca de tuna más alumbre, 800 g de penca de tuna más alumbre, fluente de lavandería doméstica 250 L tratado con 200 g de penca de tuna más alumbre

MUESTRA	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	ftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)	
ESTANDAR 1	0.075	0	2.925	21.25	0.033141	25.00	
ESTANDAR 2	0.15	0	2.85	42.50	0.036758	50.00	
ESTANDAR 3	0.3	0	2.7	85.00	0.051015	100.00	
ESTANDAR 4	0.6	0	2.4	170.00	0.067638	200.00	
ESTANDAR 5	1.2	0	1.8	340.00	0.10194	400.00	
ESTANDAR 6	1.8	0	1.2	510.00	0.13119	600.00	
ESTANDAR 7	2.4	0	0.6	680.00	0.16902	800.00	
ESTANDAR 8	3	0	0	850.00	0.19847	1000.00	
MUESTRA	**SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)**	**MUESTRA (mL)**	**AGUA (mL)**	**ftalato (mg/L)**	**Abs (610nm)**	**DQO (mg/L)**	**Promedio DQO (mg/L)**
AGUA POTABLE	0	0	3.0	0	0.0054145	154.10	
AGUA POTABLE	0	0	3.0	0	0.0053077	154.73	154.48
AGUA POTABLE	0	0	3.0	0	0.0053267	154.61	
HTUNA200gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.036216	27.93	
HTUNA200gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.038	38.47	37.45
HTUNA200gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.039265	45.95	
HTUNA400gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.077198	270.12	
HTUNA400gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.078743	279.25	277.89
HTUNA400gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.079595	284.29	
HTUNA800gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.080033	286.88	
HTUNA800gALUMBRE62.5L	0	1.5	1.5	0	0.080114	287.35	287.78
HTUNA800gALUMBRE 62.5L	0	1.5	1.5	0	0.080413	289.12	

x	y			
DQO	Absorbancia (610 nm)			calculo de b
1000.00	0.19847			0.02925599
800.00	0.16902			0.03364879
600.00	0.13119	y=	mx + b	0.02966159
400.00	0.10194	x=	y-b/m	0.03425439
200.00	0.067638	b=	y-mx	0.0337952
100.00	0.051015	CORR	0.999092898	0.0340936
50.00	0.036758	R2	0.998186619	0.0282973
25.00	0.033141			0.02891065
		m	0.000169214	
				promedio 0.03148969

Figura 53: En la Figura se muestra curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua potable, efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g de penca de tuna más alumbre, 800 g de penca de Tuna más alumbre, efluente de lavandería doméstica 250 L tratado con 200 g de penca de tuna más alumbre

Tabla 30. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua purificada, agua potable, efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con solución de cloruro férrico, efluente de lavandería doméstica 250 L tratado con solución de cloruro férrico

Sample/Result Table

#	Name	Abs<420nm>	Abs<450nm>	Abs<480nm>	Abs<580nm>	Abs<610nm>
1	ESTANDAR 1	0.90813	1.13310	0.74478	3.3838E-2	3.0187E-2
2	ESTANDAR 2	0.87622	1.08760	0.71705	4.7390E-2	4.2645E-2
3	ESTANDAR 3	0.78137	0.95661	0.62463	5.9105E-2	5.3964E-2
4	ESTANDAR 4	0.59869	0.70929	0.45643	8.1776E-2	7.5655E-2
5	ESTANDAR 5	0.41163	0.45408	0.28326	0.10824	0.10099
6	ESTANDAR 6	0.36941	0.38401	0.23686	0.13740	0.12927
7	ESTANDAR 7	0.18040	0.12182	5.8925E-2	0.17171	0.16155
8	ESTANDAR 8	0.24042	0.19313	0.12209	0.20651	0.19672
9	AGUA PURIFICADA	1.06400	1.35080	0.89990	1.7149E-2	1.4624E-2
10	AGUA PURIFICADA	1.06380	1.35110	0.89913	1.6015E-2	1.3482E-2

#	Name	Abs<420nm>	Abs<450nm>	Abs<480nm>	Abs<580nm>	Abs<610nm>
11	AGUA PURIFICADA	1.06430	1.35190	0.89944	1.6036E-2	1.3458E-2
12	AGUA PURIFICADA	1.06510	1.35210	0.89927	1.6049E-2	1.3455E-2
13	AGUA PURIFICADA	1.06520	1.35240	0.89919	1.6110E-2	1.3528E-2
14	AGUA PURIFICADA	1.06510	1.35290	0.89964	1.6091E-2	1.3504E-2
15	AGUA POTABLE 1	1.06110	1.34920	0.89196	5.2648E-3	2.7328E-3
16	AGUA POTABLE 1	1.06200	1.35040	0.89278	6.0167E-3	3.5949E-3
17	AGUA POTABLE 1	1.06260	1.34910	0.89300	6.0811E-3	3.6988E-3
18	AGUA POTABLE 2	1.06140	1.35000	0.89261	5.8756E-3	3.5100E-3
19	AGUA POTABLE 2	1.06160	1.34900	0.89210	5.8827E-3	3.4776E-3
20	AGUA POTABLE 2	1.06120	1.34890	0.89275	5.8808E-3	3.5434E-3
21	250L FECL3 M1	0.73182	0.85824	0.55738	7.0379E-2	6.4150E-2
22	250L FECL3 M1	0.73321	0.85945	0.55948	7.2903E-2	6.6823E-2
23	250L FECL3 M1	0.73540	0.86182	0.56116	7.4610E-2	6.8290E-2
24	250L FECL3 M2	0.73362	0.86035	0.55996	7.4064E-2	6.7914E-2
25	250L FECL3 M2	0.73362	0.86011	0.55968	7.4033E-2	6.7876E-2
26	250L FECL3 M2	0.73389	0.85996	0.55983	7.4086E-2	6.7932E-2
27	250L FECL3 M3	0.84707	1.00530	0.65557	7.2722E-2	6.6651E-2
28	250L FECL3 M3	0.84687	1.00460	0.65479	7.1489E-2	6.5272E-2
29	250L FECL3 M3	0.84807	1.00680	0.65654	7.3215E-2	6.7151E-2
30	250L FECL3 M4	0.83426	0.99085	0.64755	7.4018E-2	6.8717E-2
31	250L FECL3 M4	0.83556	0.99146	0.64908	7.6673E-2	7.1279E-2
32	250L FECL3 M4	0.83631	0.99288	0.65049	7.7619E-2	7.2138E-2
33	250L FECL3 M5	0.79322	0.93652	0.61233	8.0622E-2	7.4868E-2
34	250L FECL3 M5	0.79235	0.93535	0.61117	8.0329E-2	7.4992E-2
35	250L FECL3 M5	0.79334	0.93636	0.61266	8.2267E-2	7.6878E-2
36	62.5L FECL3 M1	0.80840	0.95835	0.63761	0.10529	9.6979E-2
37	62.5L FECL3 M1	0.80877	0.95789	0.63764	0.10496	9.6512E-2
38	62.5L FECL3 M1	0.80869	0.95842	0.63760	0.10503	9.6454E-2
39	62.5L FECL3 M2	0.75930	0.89527	0.59306	0.10022	9.1506E-2
40	62.5L FECL3 M2	0.76200	0.89813	0.59643	0.10496	9.6488E-2
41	62.5L FECL3 M2	0.76261	0.89908	0.59747	0.10598	9.7621E-2
42	62.5L FECL3 M3	0.74697	0.88210	0.58705	0.10675	9.8796E-2
43	62.5L FECL3 M3	0.74739	0.88303	0.58742	0.10715	9.9283E-2
44	62.5L FECL3 M3	0.74778	0.88285	0.58784	0.10760	9.9731E-2
45	62.5L FECL3 M4	0.74781	0.88326	0.58781	0.10766	9.9777E-2
46	62.5L FECL3 M4	0.74805	0.88326	0.58791	0.10756	9.9671E-2
47	62.5L FECL3 M4	0.74793	0.88294	0.58758	0.10740	9.9572E-2
48	62.5L FECL3 M5	0.75365	0.88774	0.59019	0.10741	9.9299E-2
49	62.5L FECL3 M5	0.75333	0.88768	0.58981	0.10675	9.8658E-2
50	62.5L FECL3 M5	0.75366	0.88769	0.59034	0.10776	9.9647E-2

#	Name	Abs<640nm>
1	ESTANDAR 1	1.8111E-2
2	ESTANDAR 2	2.7826E-2
3	ESTANDAR 3	3.3565E-2
4	ESTANDAR 4	4.7860E-2
5	ESTANDAR 5	6.4659E-2
6	ESTANDAR 6	8.6379E-2
7	ESTANDAR 7	0.10843
8	ESTANDAR 8	0.14646
9	AGUA PURIFICADA	1.1342E-2
10	AGUA PURIFICADA	1.0332E-2
11	AGUA PURIFICADA	1.0206E-2
12	AGUA PURIFICADA	1.0188E-2
13	AGUA PURIFICADA	1.0293E-2
14	AGUA PURIFICADA	1.0220E-2
15	AGUA POTABLE 1	-1.2064E-4
16	AGUA POTABLE 1	5.8985E-4
17	AGUA POTABLE 1	6.7663E-4
18	AGUA POTABLE 2	5.0449E-4
19	AGUA POTABLE 2	4.5824E-4
20	AGUA POTABLE 2	5.5075E-4
21	250L FECL3 M1	4.3530E-2
22	250L FECL3 M1	4.5984E-2
23	250L FECL3 M1	4.6947E-2
24	250L FECL3 M2	4.6984E-2

#	Name	Abs<640nm>
25	250L FECL3 M2	4.7003E-2
26	250L FECL3 M2	4.7002E-2
27	250L FECL3 M3	4.6884E-2
28	250L FECL3 M3	4.5048E-2
29	250L FECL3 M3	4.6705E-2
30	250L FECL3 M4	4.9685E-2
31	250L FECL3 M4	5.2136E-2
32	250L FECL3 M4	5.2836E-2
33	250L FECL3 M5	5.4190E-2
34	250L FECL3 M5	5.4227E-2
35	250L FECL3 M5	5.6083E-2
36	62.5L FECL3 M1	7.1654E-2
37	62.5L FECL3 M1	7.1116E-2
38	62.5L FECL3 M1	7.1120E-2
39	62.5L FECL3 M2	6.5925E-2
40	62.5L FECL3 M2	7.0622E-2
41	62.5L FECL3 M2	7.1931E-2
42	62.5L FECL3 M3	7.2783E-2
43	62.5L FECL3 M3	7.3648E-2
44	62.5L FECL3 M3	7.4103E-2
45	62.5L FECL3 M4	7.4090E-2
46	62.5L FECL3 M4	7.3948E-2
47	62.5L FECL3 M4	7.3803E-2
48	62.5L FECL3 M5	7.3549E-2
49	62.5L FECL3 M5	7.2805E-2
50	62.5L FECL3 M5	7.3706E-2

*** End Hardcopy view ***

ESTANDAR	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	ftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)	
ESTANDAR 1	0.075	0	2.925	21.25	0.030187	25.00	
ESTANDAR 2	0.15	0	2.85	42.50	0.042645	50.00	
ESTANDAR 3	0.3	0	2.7	85.00	0.053964	100.00	
ESTANDAR 4	0.6	0	2.4	170.00	0.075655	200.00	
ESTANDAR 5	1.2	0	1.8	340.00	0.10099	400.00	
ESTANDAR 6	1.8	0	1.2	510.00	0.12927	600.00	
ESTANDAR 7	2.4	0	0.6	680.00	0.16155	800.00	
ESTANDAR 8	3	0	0	850.00	0.19672	1000.00	
MUESTRA	**SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)**	**MUESTRA (mL)**	**AGUA (mL)**	**ftalato (mg/L)**	**Abs (610nm)**	**DQO (mg/L)**	**Promedio DQO (mg/L)**
250L CLORURO FERRICO	0	1.5	1.5	0	0.06415	181.17	195.27
250L CLORURO FERRICO	0	1.5	1.5	0	0.066823	197.77	
250L CLORURO FERRICO	0	1.5	1.5	0	0.06829	206.89	
250L CLORURO FERRICO 2	0	1.5	1.5	0	0.067914	204.55	204.51
250L CLORURO FERRICO 2	0	1.5	1.5	0	0.067876	204.31	
250L CLORURO FERRICO 2	0	1.5	1.5	0	0.067932	204.66	
250L CLORURO FERRICO 3	0	1.5	1.5	0	0.066651	196.70	194.88
250L CLORURO FERRICO 3	0	1.5	1.5	0	0.065272	188.14	
250L CLORURO FERRICO 3	0	1.5	1.5	0	0.067151	199.81	
250L CLORURO FERRICO 4	0	1.5	1.5	0	0.068717	209.54	221.93
250L CLORURO FERRICO 4	0	1.5	1.5	0	0.071279	225.45	
250L CLORURO FERRICO 4	0	1.5	1.5	0	0.072138	230.79	
250L CLORURO FERRICO 5	0	1.5	1.5	0	0.074868	247.75	252.17
250L CLORURO FERRICO 5	0	1.5	1.5	0	0.074992	248.52	
250L CLORURO FERRICO 5	0	1.5	1.5	0	0.076878	260.24	
62.5L CLORURO FERRICO	0	1.5	1.5	0	0.096979	385.11	383.06
62.5L CLORURO FERRICO	0	1.5	1.5	0	0.096512	382.21	
62.5L CLORURO FERRICO	0	1.5	1.5	0	0.096454	381.85	
62.5L CLORURO FERRICO 2	0	1.5	1.5	0	0.091506	351.11	374.09
62.5L CLORURO FERRICO 2	0	1.5	1.5	0	0.096488	382.06	
62.5L CLORURO FERRICO 2	0	1.5	1.5	0	0.097621	389.10	
62.5L CLORURO FERRICO 3	0	1.5	1.5	0	0.098796	396.40	399.34
62.5L CLORURO FERRICO 3	0	1.5	1.5	0	0.099283	399.42	
62.5L CLORURO FERRICO 3	0	1.5	1.5	0	0.099731	402.21	
62.5L CLORURO FERRICO 4	0	1.5	1.5	0	0.099777	402.49	401.85
62.5L CLORURO FERRICO 4	0	1.5	1.5	0	0.099671	401.83	
62.5L CLORURO FERRICO 4	0	1.5	1.5	0	0.099572	401.22	
62.5L CLORURO FERRICO 5	0	1.5	1.5	0	0.099299	399.52	398.92
62.5L CLORURO FERRICO 5	0	1.5	1.5	0	0.098658	395.54	
62.5L CLORURO FERRICO 5	0	1.5	1.5	0	0.099647	401.69	

x	y
DQO	Absorbancia (610 nm)
1000.00	0.19672
800.00	0.16155
600.00	0.12927
400.00	0.10099
200.00	0.075655
100.00	0.053964
50.00	0.042645
25.00	0.030187

		calculo de b
		0.03575023
		0.03277418
y=	mx + b	0.03268814
x=	y-b/m	0.03660209
b=	y-mx	0.04346105
CORR	0.996545649	0.03786702
R2	0.99310323	0.03459651
		0.02616276
m	0.00016097	
	promedio	0.03498775

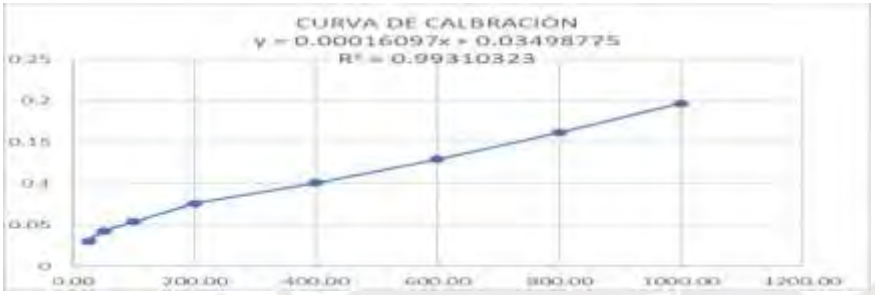
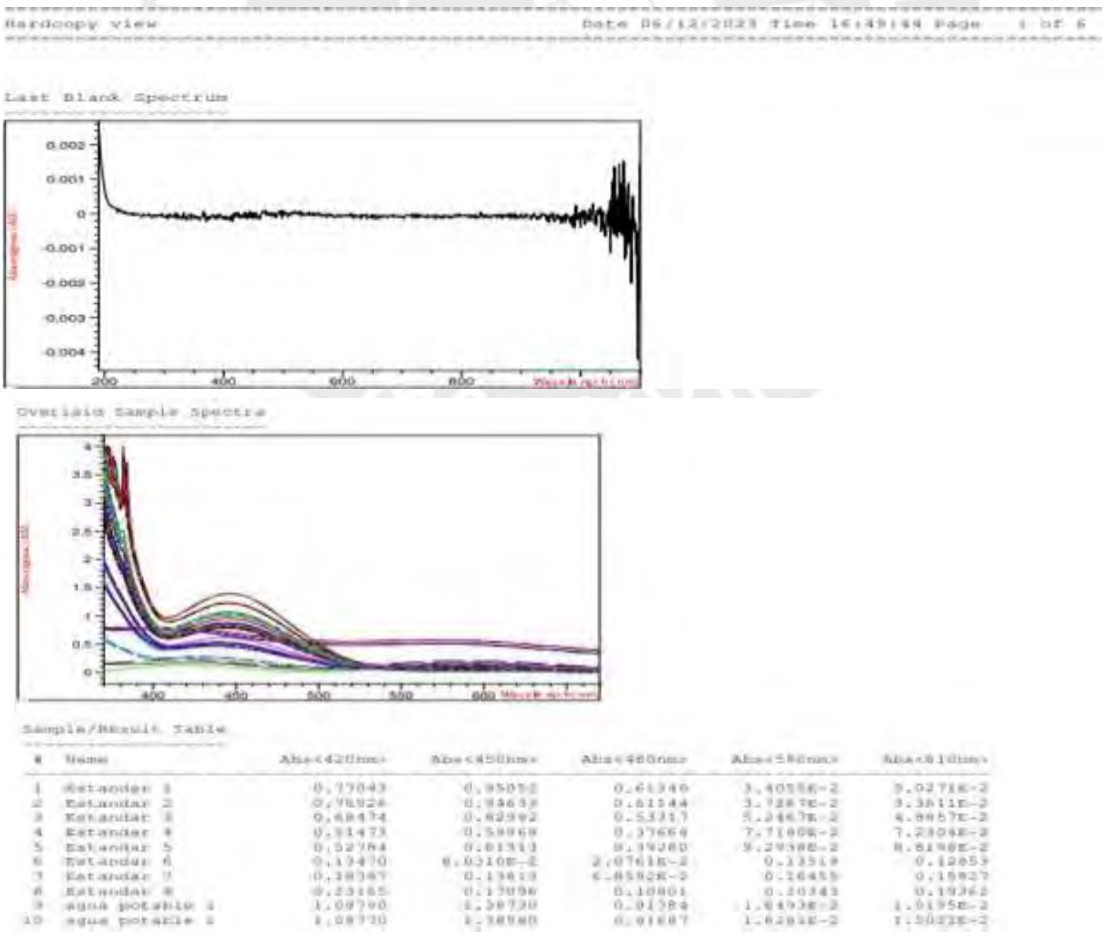


Figura 54: En la Figura se muestra curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua purificada, agua potable, efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con solución de cloruro férrico, efluente de lavandería doméstica 250 L tratado con solución de cloruro férrico.



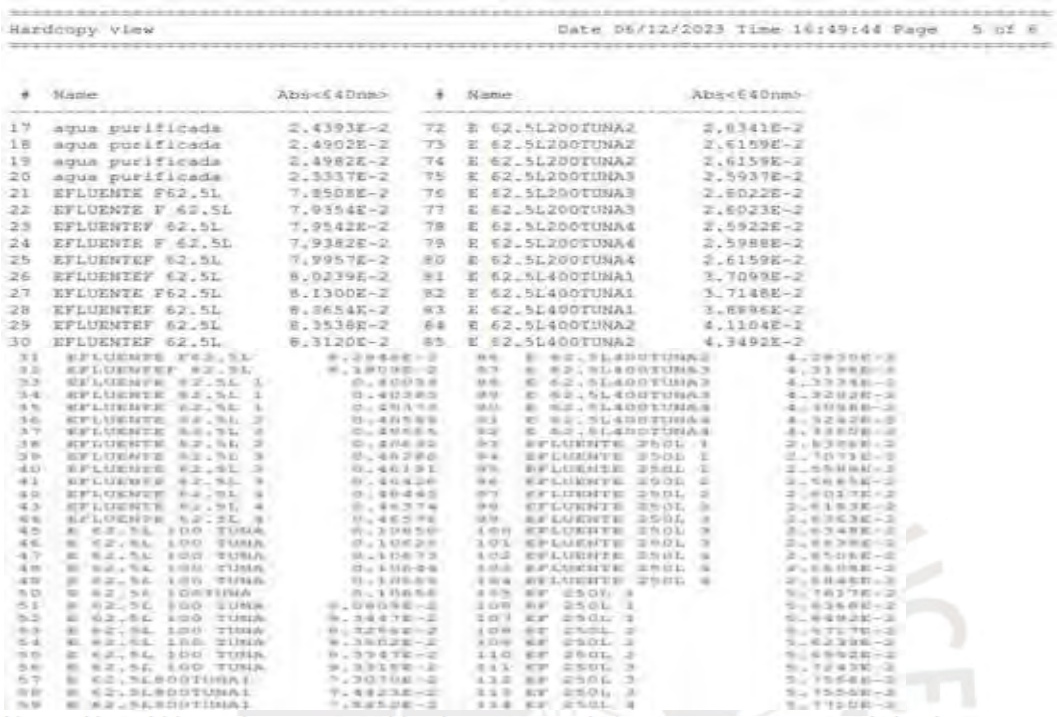
#	Name	Abs<420nm>	Abs<450nm>	Abs<480nm>	Abs<580nm>	Abs<610nm>
11	agua potable 1	1.09910	1.38800	0.91757	1.6901E-2	1.5469E-2
12	agua potable 2	1.09840	1.38710	0.91712	1.5923E-2	1.4390E-2
13	agua potable 2	1.09850	1.38750	0.91761	1.5656E-2	1.4151E-2
14	agua potable 2	1.09870	1.38760	0.91764	1.5884E-2	1.4364E-2
15	agua purificada	0.81680	1.03920	0.70161	2.4381E-2	2.2820E-2
16	agua purificada	0.81858	1.04120	0.70328	2.5815E-2	2.4088E-2
17	agua purificada	0.81779	1.03990	0.70239	2.5262E-2	2.3583E-2
18	agua purificada	0.81817	1.04020	0.70249	2.5593E-2	2.3984E-2
19	agua purificada	0.81775	1.04030	0.70245	2.5702E-2	2.4083E-2
20	agua purificada	0.81631	1.03920	0.70092	2.4158E-2	2.2399E-2
21	EFLUENTE F62.5L	0.26646	0.24002	0.13630	0.13084	0.12106
22	EFLUENTE F 62.5L	0.26675	0.24049	0.13680	0.13156	0.12186
23	EFLUENTEF 62.5L	0.26679	0.24036	0.13682	0.13190	0.12218
24	EFLUENTE F 62.5L	0.26621	0.23963	0.13611	0.13164	0.12199
25	EFLUENTEF 62.5L	0.26637	0.23988	0.13669	0.13226	0.12263
26	EFLUENTEF 62.5L	0.26182	0.23244	0.13144	0.13332	0.12342
27	EFLUENTE F62.5L	0.26223	0.23319	0.13212	0.13428	0.12446
28	EFLUENTEF 62.5L	0.26424	0.23512	0.13432	0.13668	0.12680
29	EFLUENTEF 62.5L	0.26400	0.23476	0.13412	0.13646	0.12660
30	EFLUENTEF 62.5L	0.26382	0.23459	0.13382	0.13609	0.12623
31	EFLUENTE F62.5L	0.26385	0.23445	0.13360	0.13587	0.12598
32	EFLUENTEF 62.5L	0.26366	0.23404	0.13290	0.13504	0.12500
33	EFLUENTE 62.5L 1	0.73975	0.63271	0.53198	0.50556	0.46995
34	EFLUENTE 62.5L 1	0.74158	0.63449	0.53412	0.50840	0.47277
35	EFLUENTE 62.5L 1	0.74145	0.63480	0.53392	0.50836	0.47287
36	EFLUENTE 62.5L 2	0.74113	0.63505	0.53483	0.51030	0.47494
37	EFLUENTE 62.5L 2	0.74119	0.63476	0.53468	0.51021	0.47473
38	EFLUENTE 62.5L 2	0.74109	0.63523	0.53521	0.51082	0.47521
39	EFLUENTE 62.5L 3	0.78794	0.68471	0.58945	0.56782	0.53130
40	EFLUENTE 62.5L 3	0.78532	0.68255	0.58717	0.56667	0.53033
41	EFLUENTE 62.5L 3	0.78715	0.68418	0.58973	0.56899	0.53287
42	EFLUENTE 62.5L 4	0.78648	0.68411	0.58932	0.56926	0.53300
43	EFLUENTE 62.5L 4	0.78544	0.68319	0.58830	0.56834	0.53241
44	EFLUENTE 62.5L 4	0.78753	0.68533	0.59031	0.57025	0.53440
45	E 62.5L 100 TUNA	0.68448	0.78799	0.52605	0.13530	0.13067
46	E 62.5L 100 TUNA	0.68425	0.78815	0.52557	0.13498	0.13034
47	E 62.5L 100 TUNA	0.68442	0.78801	0.52542	0.13540	0.13091
48	E 62.5L 100 TUNA	0.68411	0.78800	0.52555	0.13504	0.13054
49	E 62.5L 100 TUNA	0.68404	0.78830	0.52567	0.13527	0.13076
50	E 62.5L 100TUNA	0.68411	0.78803	0.52551	0.13520	0.13068
51	E 62.5L 100 TUNA	0.71764	0.84937	0.56639	0.11588	0.11156
52	E 62.5L 100 TUNA	0.71880	0.85100	0.56831	0.11831	0.11434
53	E 62.5L 100 TUNA	0.71874	0.85082	0.56797	0.11811	0.11407
54	E 62.5L 100 TUNA	0.71851	0.85085	0.56830	0.11837	0.11432
55	E 62.5L 100 TUNA	0.71838	0.85073	0.56775	0.11818	0.11412
56	E 62.5L 100 TUNA	0.71844	0.85075	0.56797	0.11817	0.11411
57	E 62.5L800TUNA1	0.86852	1.05810	0.70340	8.8693E-2	8.6377E-2
58	E 62.5L800TUNA1	0.87022	1.05960	0.70481	9.0192E-2	8.7848E-2
59	E 62.5L800TUNA1	0.87001	1.06000	0.70526	9.0874E-2	8.8703E-2
60	E 62.5L800TUNA2	0.87061	1.06020	0.70613	9.1372E-2	8.9199E-2
61	E 62.5L800TUNA2	0.87076	1.06030	0.70637	9.1449E-2	8.9264E-2
62	E 62.5L800TUNA2	0.87132	1.06100	0.70640	9.1895E-2	8.9633E-2
63	E 62.5L800TUNA3	0.67456	0.79236	0.51233	8.1558E-2	7.6700E-2
64	E 62.5L800TUNA3	0.67435	0.79221	0.51251	8.2372E-2	7.7541E-2
65	E 62.5L800TUNA3	0.67470	0.79258	0.51321	8.2893E-2	7.8086E-2

#	Name	Abs<420nm>	Abs<450nm>	Abs<480nm>	Abs<580nm>	Abs<610nm>
66	E 62.5L800TUNA4	0.67515	0.79258	0.51312	8.3481E-2	7.8659E-2
67	E 62.5L800TUNA4	0.67539	0.79261	0.51347	8.3732E-2	7.8897E-2
68	E 62.5L800TUNA4	0.67520	0.79280	0.51337	8.3815E-2	7.9043E-2
69	E 62.5L200TUNA1	0.71579	0.86939	0.55807	4.8535E-2	4.4496E-2
70	E 62.5L200TUNA1	0.71651	0.87066	0.55917	5.0608E-2	4.6583E-2
71	E 62.5L200TUNA1	0.71679	0.87081	0.55943	5.0902E-2	4.6919E-2
72	E 62.5L200TUNA2	0.71578	0.87010	0.55852	5.0341E-2	4.6346E-2
73	E 62.5L200TUNA2	0.71523	0.86945	0.55841	5.0165E-2	4.6190E-2
74	E 62.5L200TUNA2	0.71519	0.86909	0.55825	5.0133E-2	4.6244E-2
75	E 62.5L200TUNA3	0.71494	0.86890	0.55800	4.9886E-2	4.5918E-2
76	E 62.5L200TUNA3	0.71488	0.86891	0.55788	4.9977E-2	4.5974E-2
77	E 62.5L200TUNA3	0.71488	0.86924	0.55801	4.9899E-2	4.5982E-2
78	E 62.5L200TUNA4	0.71480	0.86918	0.55791	4.9946E-2	4.5980E-2
79	E 62.5L200TUNA4	0.71449	0.86872	0.55720	5.0015E-2	4.6014E-2
80	E 62.5L200TUNA4	0.71493	0.86906	0.55772	5.0205E-2	4.6197E-2
81	E 62.5L400TUNA1	0.65641	0.77560	0.49391	6.4236E-2	6.0007E-2
82	E 62.5L400TUNA1	0.65549	0.77374	0.49306	6.4457E-2	6.0140E-2
83	E 62.5L400TUNA1	0.65774	0.77649	0.49561	6.6137E-2	6.1877E-2
84	E 62.5L400TUNA2	0.65947	0.78096	0.50018	6.8644E-2	6.4209E-2
85	E 62.5L400TUNA2	0.66025	0.78189	0.50107	7.0721E-2	6.6562E-2
86	E 62.5L400TUNA2	0.65951	0.78072	0.50037	7.0241E-2	6.5961E-2
87	E 62.5L400TUNA3	0.65980	0.78101	0.50066	7.0571E-2	6.6322E-2
88	E 62.5L400TUNA3	0.65953	0.78089	0.50055	7.0590E-2	6.6360E-2
89	E 62.5L400TUNA3	0.65955	0.78096	0.50048	7.0521E-2	6.6254E-2
90	E 62.5L400TUNA4	0.65934	0.78087	0.50040	7.0413E-2	6.6182E-2
91	E 62.5L400TUNA4	0.65946	0.78056	0.50001	7.0458E-2	6.6288E-2
92	E 62.5L400TUNA4	0.65949	0.78077	0.50017	7.0609E-2	6.6359E-2
93	EFLUENTE 250L 1	0.82525	1.01030	0.65885	4.9311E-2	4.4786E-2

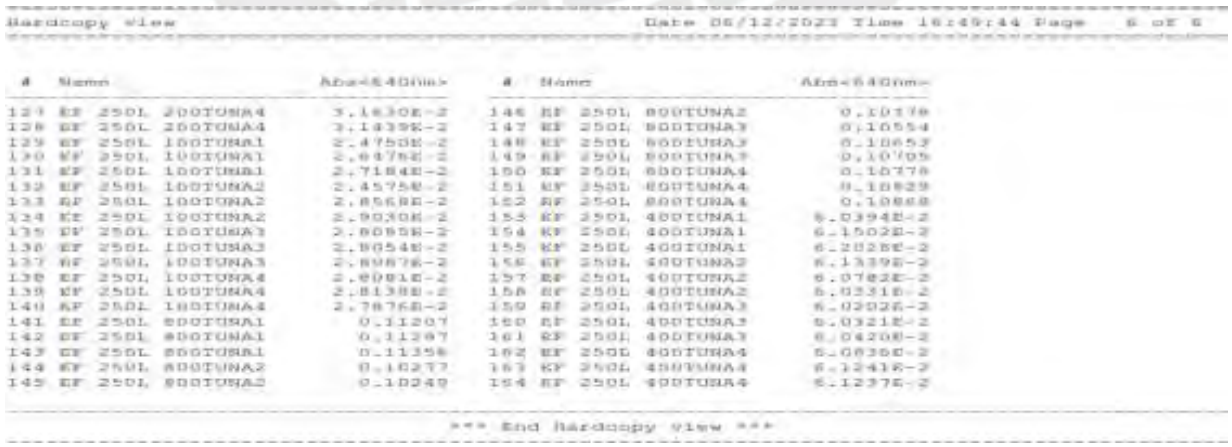
94	EFLUENTE 250L 1	0.82449	1.01000	0.65769	4.8306E-2	4.3757E-2
95	EFLUENTE 250L 1	0.82330	1.00830	0.65655	4.6343E-2	4.1783E-2
96	EFLUENTE 250L 2	0.82322	1.00820	0.65637	4.6521E-2	4.1881E-2
97	EFLUENTE 250L 2	0.82302	1.00770	0.65647	4.6858E-2	4.2284E-2
98	EFLUENTE 250L 2	0.82341	1.00860	0.65695	4.7012E-2	4.2388E-2
99	EFLUENTE 250L 3	0.82338	1.00900	0.65699	4.7105E-2	4.2568E-2
100	EFLUENTE 250L 3	0.82323	1.00880	0.65673	4.7021E-2	4.2431E-2
101	EFLUENTE 250L 3	0.82360	1.00870	0.65689	4.7232E-2	4.2682E-2
102	EFLUENTE 250L 4	0.82362	1.00900	0.65698	4.7226E-2	4.2665E-2
103	EFLUENTE 250L 4	0.82355	1.00940	0.65737	4.7317E-2	4.2776E-2
104	EFLUENTE 250L 4	0.82393	1.00890	0.65731	4.7478E-2	4.2975E-2
105	EF 250L 1	0.44830	0.50165	0.31153	9.6700E-2	9.0833E-2
106	EF 250L 1	0.44902	0.50228	0.31224	9.7270E-2	9.1499E-2
107	EF 250L 1	0.44905	0.50250	0.31225	9.7480E-2	9.1634E-2
108	EF 250L 2	0.44247	0.49107	0.30238	9.5615E-2	8.9474E-2
109	EF 250L 2	0.44301	0.49133	0.30295	9.6223E-2	9.0066E-2
110	EF 250L 2	0.44351	0.49186	0.30346	9.6845E-2	9.0742E-2
111	EF 250L 3	0.44363	0.49219	0.30359	9.7126E-2	9.1016E-2
112	EF 250L 3	0.44377	0.49257	0.30411	9.7632E-2	9.1421E-2
113	EF 250L 3	0.44394	0.49258	0.30419	9.7600E-2	9.1409E-2
114	EF 250L 4	0.44418	0.49277	0.30429	9.7707E-2	9.1525E-2
115	EF 250L 4	0.44411	0.49266	0.30417	9.7604E-2	9.1439E-2
116	EF 250L 4	0.44409	0.49270	0.30415	9.7576E-2	9.1347E-2
117	EF 250L 200TUNA1	0.99196	1.21570	0.79796	4.4571E-2	4.0132E-2
118	EF 250L 200TUNA1	0.99237	1.21600	0.79874	4.4651E-2	4.0072E-2
119	EF 250L 200TUNA1	0.99330	1.21800	0.79936	4.5734E-2	4.1211E-2
120	EF 250L 200TUNA2	0.99325	1.21780	0.79985	4.6326E-2	4.2000E-2

#	Name	Abs<420nm>	Abs<450nm>	Abs<480nm>	Abs<580nm>	Abs<610nm>
121	EF 250L 200TUNA2	0.99408	1.21810	0.80006	4.7082E-2	4.2714E-2
122	EF 250L 200TUNA2	0.99370	1.21880	0.80040	4.7076E-2	4.2764E-2
123	EF 250L 200TUNA3	0.99434	1.21820	0.80069	4.7078E-2	4.2698E-2
124	EF 250L 200TUNA3	0.99475	1.21890	0.80065	4.7152E-2	4.2780E-2
125	EF 250L 200TUNA3	0.99399	1.21850	0.80053	4.7072E-2	4.2673E-2
126	EF 250L 200TUNA4	0.99396	1.21890	0.80052	4.7164E-2	4.2780E-2
127	EF 250L 200TUNA4	0.99347	1.21820	0.80033	4.6973E-2	4.2581E-2
128	EF 250L 200TUNA4	0.99366	1.21800	0.80028	4.6704E-2	4.2317E-2
129	EF 250L 100TUNA1	0.71034	0.83805	0.52907	4.8417E-2	4.4822E-2
130	EF 250L 100TUNA1	0.71127	0.83929	0.53032	5.0153E-2	4.6628E-2
131	EF 250L 100TUNA1	0.71163	0.84000	0.53076	5.0960E-2	4.7504E-2
132	EF 250L 100TUNA2	0.69282	0.81553	0.51374	4.9396E-2	4.5454E-2
133	EF 250L 100TUNA2	0.69620	0.81957	0.51782	5.3582E-2	4.9729E-2
134	EF 250L 100TUNA2	0.69662	0.81974	0.51812	5.4043E-2	5.0299E-2
135	EF 250L 100TUNA3	0.69602	0.81914	0.51751	5.2980E-2	4.9093E-2
136	EF 250L 100TUNA3	0.69587	0.81889	0.51743	5.2911E-2	4.9038E-2
137	EF 250L 100TUNA3	0.69582	0.81884	0.51730	5.2917E-2	4.9101E-2
138	EF 250L 100TUNA4	0.69603	0.81916	0.51753	5.2983E-2	4.9104E-2
139	EF 250L 100TUNA4	0.69598	0.81908	0.51749	5.3030E-2	4.9193E-2
140	EF 250L 100TUNA4	0.69603	0.81907	0.51740	5.2738E-2	4.8785E-2
141	EF 250L 800TUNA1	0.43780	0.44712	0.28318	0.15538	0.14928
142	EF 250L 800TUNA1	0.43856	0.44816	0.28396	0.15648	0.15028
143	EF 250L 800TUNA1	0.43855	0.44813	0.28420	0.15700	0.15080
144	EF 250L 800TUNA2	0.48608	0.51352	0.32820	0.14213	0.13605
145	EF 250L 800TUNA2	0.48650	0.51358	0.32816	0.14223	0.13606
146	EF 250L 800TUNA2	0.48698	0.51417	0.32918	0.14352	0.13737
147	EF 250L 800TUNA3	0.48788	0.51530	0.33040	0.14519	0.13917
148	EF 250L 800TUNA3	0.48864	0.51616	0.33119	0.14602	0.14010
149	EF 250L 800TUNA3	0.48893	0.51634	0.33155	0.14647	0.14066
150	EF 250L 800TUNA4	0.48914	0.51676	0.33202	0.14722	0.14147
151	EF 250L 800TUNA4	0.49033	0.51801	0.33335	0.14798	0.14207
152	EF 250L 800TUNA4	0.49083	0.51851	0.33374	0.14842	0.14252
153	EF 250L 400TUNA1	0.46810	0.50243	0.30711	9.9710E-2	9.3515E-2
154	EF 250L 400TUNA1	0.46917	0.50371	0.30824	0.10076	9.4611E-2
155	EF 250L 400TUNA1	0.47011	0.50489	0.30906	0.10136	9.5151E-2
156	EF 250L 400TUNA2	0.47032	0.50493	0.30906	0.10058	9.4401E-2
157	EF 250L 400TUNA2	0.47056	0.50522	0.30921	9.9898E-2	9.3796E-2
158	EF 250L 400TUNA2	0.47125	0.50648	0.30993	9.9517E-2	9.3256E-2
159	EF 250L 400TUNA3	0.47141	0.50652	0.30983	9.9460E-2	9.3140E-2
160	EF 250L 400TUNA3	0.47093	0.50587	0.30975	9.9623E-2	9.3382E-2
161	EF 250L 400TUNA3	0.47058	0.50544	0.30934	9.9779E-2	9.3466E-2
162	EF 250L 400TUNA4	0.47051	0.50554	0.30935	0.10028	9.3967E-2
163	EF 250L 400TUNA4	0.47051	0.50531	0.30939	0.10064	9.4285E-2
164	EF 250L 400TUNA4	0.47063	0.50530	0.30920	0.10065	9.4392E-2

#	Name	Abs<640nm>	#	Name	Abs<640nm>
1	Estandar 1	1.4645E-2	9	agua potable 1	1.5901E-2
2	Estandar 2	1.6570E-2	10	agua potable 1	1.5909E-2
3	Estandar 3	2.7698E-2	11	agua potable 1	1.6327E-2
4	Estandar 4	4.2940E-2	12	agua potable 2	1.5327E-2
5	Estandar 5	6.0810E-2	13	agua potable 2	1.5257E-2
6	Estandar 6	8.0657E-2	14	agua potable 2	1.5536E-2
7	Estandar 7	0.11022	15	agua purificada	2.4246E-2
8	Estandar 8	0.14647	16	agua purificada	2.4880E-2



#	Name	Abs<640nm>	#	Name	Abs<640nm>
17	agua purificada	2.4393E-2	72	E 62.5L200TUNA2	2.0341E-2
18	agua purificada	2.4902E-2	73	E 62.5L200TUNA2	2.6159E-2
19	agua purificada	2.4982E-2	74	E 62.5L200TUNA2	2.6159E-2
20	agua purificada	2.3337E-2	75	E 62.5L200TUNA3	2.5937E-2
21	EFLUENTE F62.5L	7.8508E-2	76	E 62.5L200TUNA3	2.6022E-2
22	EFLUENTE F 62.5L	7.9354E-2	77	E 62.5L200TUNA3	2.6023E-2
23	EFLUENTEF 62.5L	7.9542E-2	78	E 62.5L200TUNA4	2.5922E-2
24	EFLUENTE F 62.5L	7.9382E-2	79	E 62.5L200TUNA4	2.5988E-2
25	EFLUENTEF 62.5L	7.9957E-2	80	E 62.5L200TUNA4	2.6159E-2
26	EFLUENTEF 62.5L	8.0239E-2	81	E 62.5L400TUNA1	3.7099E-2
27	EFLUENTE F62.5L	8.1300E-2	82	E 62.5L400TUNA1	3.7148E-2
28	EFLUENTEF 62.5L	8.3654E-2	83	E 62.5L400TUNA1	3.6996E-2
29	EFLUENTEF 62.5L	8.3536E-2	84	E 62.5L400TUNA2	4.1104E-2
30	EFLUENTEF 62.5L	8.3120E-2	85	E 62.5L400TUNA2	4.3492E-2
31	EFLUENTE F62.5L	8.2944E-2	86	E 62.5L400TUNA2	4.2930E-2
32	EFLUENTEF 62.5L	8.3908E-2	87	E 62.5L400TUNA3	4.3198E-2
33	EFLUENTE 62.5L 1	0.40038	88	E 62.5L400TUNA3	4.3334E-2
34	EFLUENTE 62.5L 1	0.40383	89	E 62.5L400TUNA3	4.3282E-2
35	EFLUENTE 62.5L 1	0.40418	90	E 62.5L400TUNA4	4.4098E-2
36	EFLUENTE 62.5L 2	0.40559	91	E 62.5L400TUNA4	4.5242E-2
37	EFLUENTE 62.5L 2	0.40555	92	E 62.5L400TUNA4	4.4380E-2
38	EFLUENTE 62.5L 2	0.40485	93	EFLUENTE 250L 1	2.6388E-2
39	EFLUENTE 62.5L 3	0.46286	94	EFLUENTE 250L 1	2.7071E-2
40	EFLUENTE 62.5L 3	0.46191	95	EFLUENTE 250L 1	2.5588E-2
41	EFLUENTEF 62.5L 3	0.46426	96	EFLUENTE 250L 2	2.5665E-2
42	EFLUENTE 62.5L 4	0.46443	97	EFLUENTE 250L 2	2.6017E-2
43	EFLUENTE 62.5L 4	0.46374	98	EFLUENTE 250L 2	2.6183E-2
44	EFLUENTE 62.5L 4	0.46576	99	EFLUENTE 250L 3	2.6363E-2
45	E 62.5L 100 TUNA	0.10050	100	EFLUENTE 250L 3	2.6348E-2
46	E 62.5L 100 TUNA	0.10029	101	EFLUENTE 250L 3	2.6396E-2
47	E 62.5L 100 TUNA	0.10073	102	EFLUENTE 250L 4	2.8508E-2
48	E 62.5L 100 TUNA	0.10084	103	EFLUENTE 250L 4	2.8388E-2
49	E 62.5L 100 TUNA	0.10055	104	EFLUENTE 250L 4	2.8446E-2
50	E 62.5L 100TUNA	0.10056	105	EF 250L 1	5.7637E-2
51	E 62.5L 100 TUNA	9.0809E-2	106	EF 250L 1	5.6366E-2
52	E 62.5L 100 TUNA	9.3467E-2	107	EF 250L 1	5.6492E-2
53	E 62.5L 100 TUNA	9.3259E-2	108	EF 250L 2	5.6717E-2
54	E 62.5L 100 TUNA	9.3502E-2	109	EF 250L 2	5.6238E-2
55	E 62.5L 100 TUNA	9.3747E-2	110	EF 250L 2	5.6992E-2
56	E 62.5L 100 TUNA	9.3315E-2	111	EF 250L 3	5.7243E-2
57	E 62.5L800TUNA1	7.3070E-2	112	EF 250L 3	5.7568E-2
58	E 62.5L800TUNA1	7.4823E-2	113	EF 250L 3	5.7556E-2
59	E 62.5L800TUNA1	7.3452E-2	114	EF 250L 4	5.7150E-2
60	E 62.5L800TUNA2	7.5782E-2	115	EF 250L 4	5.7619E-2
61	E 62.5L800TUNA2	7.5788E-2	116	EF 250L 4	5.7550E-2
62	E 62.5L800TUNA2	7.6157E-2	117	EF 250L 200TUNA1	2.9452E-2
63	E 62.5L800TUNA3	5.3548E-2	118	EF 250L 200TUNA1	2.9378E-2
64	E 62.5L800TUNA3	5.4224E-2	119	EF 250L 200TUNA1	3.0302E-2
65	E 62.5L800TUNA3	5.4827E-2	120	EF 250L 200TUNA2	3.1039E-2
66	E 62.5L800TUNA4	5.5392E-2	121	EF 250L 200TUNA2	3.1832E-2
67	E 62.5L800TUNA4	5.5628E-2	122	EF 250L 200TUNA2	3.1856E-2
68	E 62.5L800TUNA4	5.5796E-2	123	EF 250L 200TUNA3	3.1795E-2
69	E 62.5L200TUNA1	2.4566E-2	124	EF 250L 200TUNA3	3.1862E-2
70	E 62.5L200TUNA1	2.6495E-2	125	EF 250L 200TUNA3	3.1777E-2
71	E 62.5L200TUNA1	2.6929E-2	126	EF 250L 200TUNA4	3.1831E-2



#	Name	Abs<640nm>	#	Name	Abs<640nm>
127	EF 250L 200TUNA4	3.1630E-2	146	EF 250L 800TUNA2	0.10178
128	EF 250L 200TUNA4	3.1439E-2	147	EF 250L 800TUNA3	0.10554
129	EF 250L 100TUNA1	2.4750E-2	148	EF 250L 800TUNA3	0.10653
130	EF 250L 100TUNA1	2.6478E-2	149	EF 250L 800TUNA3	0.10705
131	EF 250L 100TUNA1	2.7184E-2	150	EF 250L 800TUNA4	0.10778
132	EF 250L 100TUNA2	2.4575E-2	151	EF 250L 800TUNA4	0.10829
133	EF 250L 100TUNA2	2.8568E-2	152	EF 250L 800TUNA4	0.10868
134	EF 250L 100TUNA2	2.9030E-2	153	EF 250L 400TUNA1	6.0394E-2
135	EF 250L 100TUNA3	2.8095E-2	154	EF 250L 400TUNA1	6.1502E-2
136	EF 250L 100TUNA3	2.8054E-2	155	EF 250L 400TUNA1	6.2028E-2
137	EF 250L 100TUNA3	2.8087E-2	156	EF 250L 400TUNA2	6.1339E-2
138	EF 250L 100TUNA4	2.8081E-2	157	EF 250L 400TUNA2	6.0782E-2
139	EF 250L 100TUNA4	2.8138E-2	158	EF 250L 400TUNA2	6.0331E-2
140	EF 250L 100TUNA4	2.7876E-2	159	EF 250L 400TUNA3	6.0202E-2
141	EF 250L 800TUNA1	0.11207	160	EF 250L 400TUNA3	6.0321E-2
142	EF 250L 800TUNA1	0.11207	161	EF 250L 400TUNA3	6.0420E-2
143	EF 250L 800TUNA1	0.11356	162	EF 250L 400TUNA4	6.0836E-2
144	EF 250L 800TUNA2	0.10277	163	EF 250L 400TUNA4	6.1241E-2
145	EF 250L 800TUNA2	0.10249	164	EF 250L 400TUNA4	6.1237E-2

*** End Hardcopy view ***

Figura 55: En la Figura se muestra espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna, 200 g de penca de tuna, 400 g penca de tuna, 800 g hoja de penca, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna, 200 g de penca de tuna, 400 g penca de tuna, 800 g penca de tuna.

Tabla 31. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna, 200 g de penca de tuna, 400 g penca de tuna, 800 g penca de tuna, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g penca de tuna, 200 g de penca de tuna, 400 g penca de tuna, 800 g penca de tuna.

ESTANDAR	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	Cftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)
ESTANDAR 1	0.075	0	2.925	21.25	0.030271	25.00
ESTANDAR 2	0.15	0	2.85	42.50	0.033611	50.00
ESTANDAR 3	0.3	0	2.7	85.00	0.048857	100.00
ESTANDAR 4	0.6	0	2.4	170.00	0.072304	200.00
ESTANDAR 5	1.2	0	1.8	340.00	0.088198	400.00
ESTANDAR 6	1.8	0	1.2	510.00	0.12853	600.00
ESTANDAR 7	2.4	0	0.6	680.00	0.15827	800.00
ESTANDAR 8	3	0	0	850.00	0.19362	1000.00

MUESTRA	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	Cftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)	Promedio DQO (mg/L)
AGUA POTABLE 2	0	1.5	1.5	0	0.01439	92.93	93.47
AGUA POTABLE 2	0	1.5	1.5	0	0.014151	94.39	
AGUA POTABLE 2	0	1.5	1.5	0	0.014364	93.09	
AGUA PURIFICADA 1	0	1.5	1.5	0	0.02282	41.20	37.04
AGUA PURIFICADA 1	0	1.5	1.5	0	0.024088	33.41	
AGUA PURIFICADA 1	0	1.5	1.5	0	0.023583	36.51	
AGUA PURIFICADA 2	0	1.5	1.5	0	0.023984	34.05	37.09
AGUA PURIFICADA 2	0	1.5	1.5	0	0.024083	33.44	
EFLUENTE 62.5 L-4 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.12623	593.38	590.35
EFLUENTE 62.5 L-4 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.12598	591.85	
EFLUENTE 62.5 L-4 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.125	585.83	
EFLUENTE 62.5 L	0	1.5	1.5	0	0.46995	2702.62	2714.36
EFLUENTE 62.5 L	0	1.5	1.5	0	0.47277	2719.92	
EFLUENTE 62.5 L	0	1.5	1.5	0	0.47287	2720.54	
EFLUENTE 62.5 L-2	0	1.5	1.5	0	0.47494	2733.24	2733.36
EFLUENTE 62.5 L-2	0	1.5	1.5	0	0.47473	2731.95	
EFLUENTE 62.5 L-2	0	1.5	1.5	0	0.47521	2734.90	
EFLUENTE 62.5 L-3	0	1.5	1.5	0	0.5313	3079.09	3080.32
EFLUENTE 62.5 L-3	0	1.5	1.5	0	0.53033	3073.14	
EFLUENTE 62.5 L-3	0	1.5	1.5	0	0.53287	3088.73	
EFLUENTE 62.5 L-4	0	1.5	1.5	0	0.533	3089.53	3091.18
EFLUENTE 62.5 L-4	0	1.5	1.5	0	0.53241	3085.91	
EFLUENTE 62.5 L-4	0	1.5	1.5	0	0.5344	3098.12	
EFLUENTE 62.5 L TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.13067	620.63	620.44
EFLUENTE 62.5 L TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.13034	618.60	
EFLUENTE 62.5 L TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.13091	622.10	

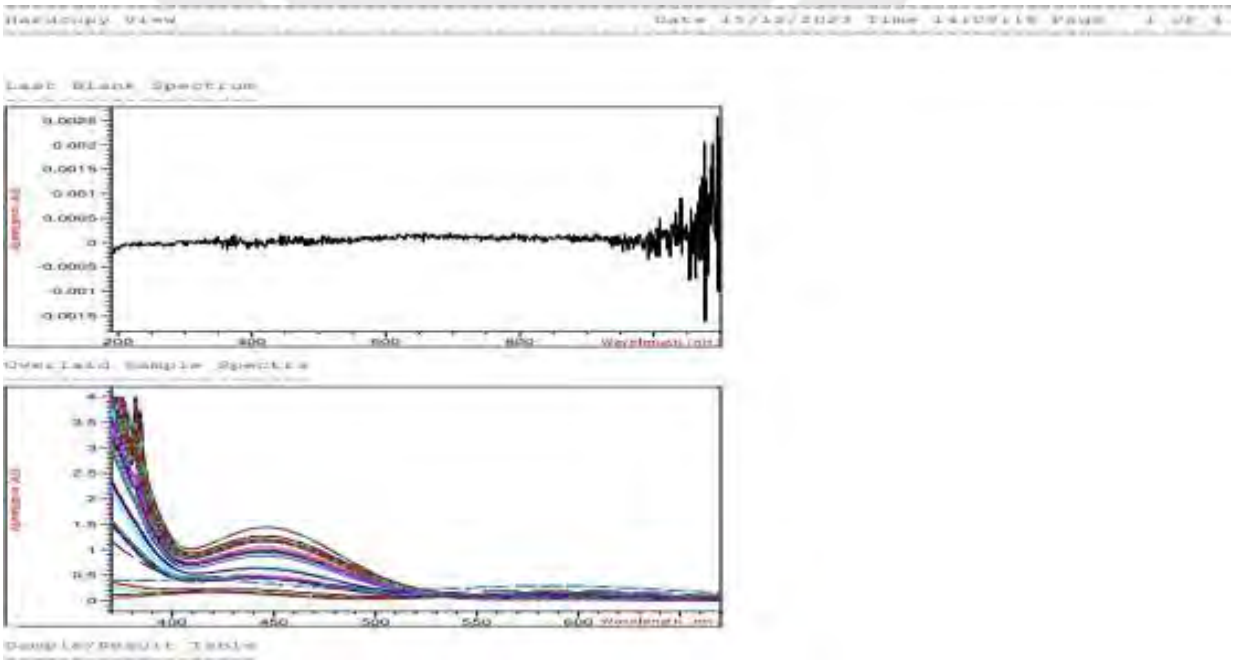
MUESTRA	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	Cftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)	Promedio DQO (mg/L)
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.13054	619.83	620.57
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.13076	621.18	
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.13068	620.69	
EFLUENTE 62.5 L-3 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.11156	503.36	514.18
EFLUENTE 62.5 L-3 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.11434	520.42	
EFLUENTE 62.5 L-3 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.11407	518.76	
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.11432	520.29	519.46
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.11412	519.07	
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 100 g	0	1.5	1.5	0	0.11411	519.01	
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.044496	91.82	101.04
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.046583	104.63	
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.046919	106.69	
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.046346	103.17	102.64
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.04619	102.21	
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.046244	102.55	
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.045918	100.55	100.79
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.045974	100.89	
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.045982	100.94	
EFLUENTE 62.5 L-4TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.04598	100.93	101.44
EFLUENTE 62.5 L-4TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.046014	101.13	
EFLUENTE 62.5 L-4TUNA 200 g	0	1.5	1.5	0	0.046197	102.26	
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.060007	187.00	191.10
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.06014	187.82	
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.061877	198.48	
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.064209	212.79	221.19
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.066562	227.23	
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.065961	223.54	
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.066322	225.75	225.69
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.06636	225.99	
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.066254	225.34	
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.066182	224.90	225.47
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.066288	225.55	
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.066359	225.98	
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 800 g	0	1.5	1.5	0	0.086377	348.82	356.59
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 800 g	0	1.5	1.5	0	0.087848	357.85	
EFLUENTE 62.5 L-1 TUNA 800 g	0	1.5	1.5	0	0.088703	363.10	
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 800 g	0	1.5	1.5	0	0.089199	366.14	367.16
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 800 g	0	1.5	1.5	0	0.089264	366.54	
EFLUENTE 62.5 L-2 TUNA 800 g	0	1.5	1.5	0	0.089633	368.80	
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.0767	289.44	293.99
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.077541	294.60	
EFLUENTE 62.5 L-3TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.078086	297.94	
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.078659	301.46	302.73
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.078897	302.92	
EFLUENTE 62.5 L-4 TUNA 400 g	0	1.5	1.5	0	0.079043	303.82	
EFLUENTE 250 L	0	1.5	1.5	0	0.090833	376.17	379.17
EFLUENTE 250 L	0	1.5	1.5	0	0.091499	380.25	
EFLUENTE 250 L	0	1.5	1.5	0	0.091634	381.08	
EFLUENTE 250 L FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.044786	93.60	85.35
EFLUENTE 250 L FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.043757	87.28	
EFLUENTE 250 L FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.041783	75.17	

EFLUENTE 250L-3 TUNA 100g	0	1.5	1.5	0	0.049093	120.03	119.93
EFLUENTE 250L-3 TUNA 100g	0	1.5	1.5	0	0.049038	119.69	
EFLUENTE 250L-3 TUNA 100g	0	1.5	1.5	0	0.049101	120.08	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.040132	65.04	67.12
EFLUENTE 250L-1 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.040072	64.67	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.041211	71.66	
EFLUENTE 250-2 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042	76.50	79.53
EFLUENTE 250-2 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042714	80.88	
EFLUENTE 250-2 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042764	81.19	
EFLUENTE 250L-3TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042698	80.79	80.90
EFLUENTE 250L-3TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.04278	81.29	
EFLUENTE 250L-3TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042673	80.63	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.04278	81.29	79.94
EFLUENTE 250L-4 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042581	80.07	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042317	78.45	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.093515	392.62	398.21
EFLUENTE 250L-1 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.094611	399.35	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.095151	402.66	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.094401	398.06	394.48
EFLUENTE 250L-2 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.093796	394.35	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.093256	391.04	
EFLUENTE 250L-3TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.09314	390.32	391.49
EFLUENTE 250L-3TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.093382	391.81	
EFLUENTE 250L-3TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.093466	392.32	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.093967	395.40	396.92
EFLUENTE 250L-4 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.094285	397.35	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 400g	0	1.5	1.5	0	0.094392	398.01	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.14928	734.83	739.98
EFLUENTE 250L-1 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.15028	740.96	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.1508	744.15	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.13605	653.64	656.36
EFLUENTE 250L-2 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.13606	653.70	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.13737	661.74	
EFLUENTE 250L-3TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.13917	672.79	677.74
EFLUENTE 250L-3TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.1401	678.49	
EFLUENTE 250L-3TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.14066	681.93	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.14147	686.90	690.28
EFLUENTE 250L-4 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.14207	690.58	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 800g	0	1.5	1.5	0	0.14252	693.34	

x	y
DQO	Absorbancia (610 nm)
1000.00	0.19362
800.00	0.15827
600.00	0.12853
400.00	0.088198
200.00	0.072304
100.00	0.048857
50.00	0.033611
25.00	0.030271

			calculo de b
			0.03066074
			0.02790259
y=	mx + b		0.03075444
x=	y-b/m		0.0230143
b=	y-mx		0.03971215
CORR	0.996298768		0.03256107
R2	0.992611235		0.02546304
			0.02619702
m	0.000162959		
		promedio	0.02953317

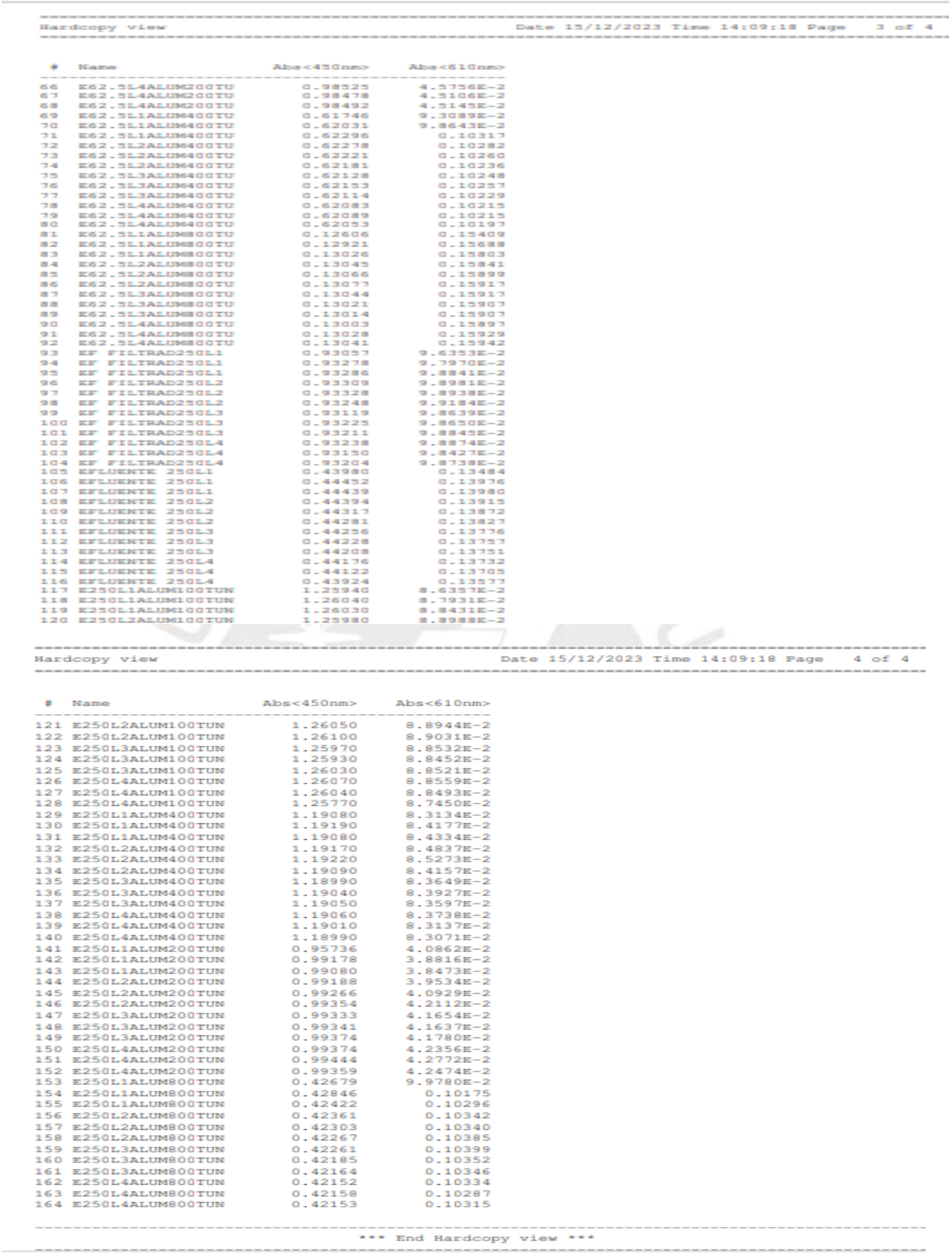
Figura 56: En la Figura se muestra curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna, 200 g de penca de tuna, 400 g penca de tuna, 800 g penca de tuna, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna, 200 g de penca de tuna, 400 g penca de tuna, 800 g penca de tuna.



Sample/Result Table

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
1	ESTANDAR 1	1.16210	3.8318E-2
2	ESTANDAR 2	1.04640	4.2264E-2
3	ESTANDAR 3	0.87093	5.6636E-2
4	ESTANDAR 4	0.65538	7.2946E-2
5	ESTANDAR 5	0.48939	9.9872E-2
6	ESTANDAR 6	0.14560	0.12876
7	ESTANDAR 7	0.10943	0.16149
8	ESTANDAR 8	0.45856	0.19498
9	AGUA POTABLE1	1.42850	1.6140E-2
10	AGUA POTABLE1	1.42960	1.7087E-2

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
11	AGUA POTABLE1	1.42920	1.8200E-2
12	AGUA POTABLE2	1.43100	1.9104E-2
13	AGUA POTABLE2	1.43140	1.9243E-2
14	AGUA POTABLE2	1.43060	1.9357E-2
15	AGUA PURIFICADA	1.20040	4.1604E-2
16	AGUA PURIFICADA	1.20070	4.2089E-2
17	AGUA PURIFICADA	1.20100	4.1990E-2
18	AGUA PURIF 2	1.20100	4.2047E-2
19	AGUA PURIF 2	1.20060	4.1890E-2
20	AGUA PURIF 2	1.20150	4.2102E-2
21	EFLUENTE 62.5L	0.32837	0.26926
22	EFLUENTE 62.5L	0.32835	0.27115
23	EFLUENTE 62.5L	0.32766	0.27278
24	EFLUENTE 62.5L2	0.32819	0.27351
25	EFLUENTE 62.5L2	0.32774	0.27327
26	EFLUENTE 62.5L2	0.32844	0.27388
27	EFLUENTE 62.5L3	0.32882	0.27435
28	EFLUENTE 62.5L3	0.33002	0.27542
29	EFLUENTE 62.5L3	0.32991	0.27541
30	EFLUENTE 62.5L4	0.33017	0.27583
31	EFLUENTE 62.5L4	0.32983	0.27563
32	EFLUENTE 62.5L4	0.32943	0.27539
33	EFL 62.5L FILTR1	0.19689	0.14696
34	EFL 62.5L FILTR1	0.19997	0.15131
35	EFL 62.5L FILTR1	0.20035	0.15189
36	EFL 62.5L FILTR2	0.20061	0.15224
37	EFL 62.5L FILTR2	0.20080	0.15244
38	EFL 62.5L FILTR2	0.20069	0.15224
39	EFL 62.5L FILTR3	0.20039	0.15245
40	EFL 62.5L FILTR3	0.19999	0.15249
41	EFL 62.5L FILTR3	0.20006	0.15238
42	EFL 62.5L FILTR4	0.19922	0.15212
43	EFL 62.5L FILTR4	0.19883	0.15214
44	EFL 62.5L FILTR4	0.19845	0.15199
45	E62.5LALUM100TUN	1.14730	1.5684E-2
46	E62.5LALUM100TUN	1.14900	1.6834E-2
47	E62.5LALUM100TUN	1.14980	1.9164E-2
48	E62.5L2ALUM100TU	1.15240	2.0357E-2
49	E62.5L2ALUM100TU	1.15300	1.9763E-2
50	E62.5L2ALUM100TU	1.15240	1.9940E-2
51	E62.5L3ALUM100TU	1.15220	1.9853E-2
52	E62.5L3ALUM100TU	1.15230	1.9872E-2
53	E62.5L3ALUM100TU	1.15240	1.9932E-2
54	E62.5L4ALUM100TU	1.15100	1.9487E-2
55	E62.5L4ALUM100TU	1.15000	1.9248E-2
56	E62.5L4ALUM100TU	1.15020	1.9139E-2
57	E62.5L1ALUM200TU	0.98937	4.6756E-2
58	E62.5L1ALUM200TU	0.98676	4.6875E-2
59	E62.5L1ALUM200TU	0.98663	4.5410E-2
60	E62.5L2ALUM200TU	0.98656	4.5834E-2
61	E62.5L2ALUM200TU	0.98611	4.5690E-2
62	E62.5L2ALUM200TU	0.98659	4.5782E-2
63	E62.5L3ALUM200TU	0.98577	4.5744E-2
64	E62.5L3ALUM200TU	0.98532	4.5763E-2
65	E62.5L3ALUM200TU	0.98497	4.5725E-2



Hardcopy view Date 15/12/2023 Time 14:09:18 Page 3 of 4

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
66	E62.5L4ALUM200TU	0.98525	4.5756E-2
67	E62.5L4ALUM200TU	0.98478	4.5106E-2
68	E62.5L4ALUM200TU	0.98492	4.5145E-2
69	E62.5L1ALUM400TU	0.61746	9.3089E-2
70	E62.5L1ALUM400TU	0.62031	9.8643E-2
71	E62.5L1ALUM400TU	0.62296	0.10317
72	E62.5L2ALUM400TU	0.62278	0.10282
73	E62.5L2ALUM400TU	0.62221	0.10260
74	E62.5L2ALUM400TU	0.62181	0.10236
75	E62.5L3ALUM400TU	0.62128	0.10248
76	E62.5L3ALUM400TU	0.62153	0.10257
77	E62.5L3ALUM400TU	0.62114	0.10229
78	E62.5L4ALUM400TU	0.62083	0.10215
79	E62.5L4ALUM400TU	0.62089	0.10215
80	E62.5L4ALUM400TU	0.62053	0.10197
81	E62.5L1ALUM800TU	0.12606	0.15409
82	E62.5L1ALUM800TU	0.12921	0.15688
83	E62.5L1ALUM800TU	0.13026	0.15803
84	E62.5L2ALUM800TU	0.13045	0.15841
85	E62.5L2ALUM800TU	0.13066	0.15899
86	E62.5L2ALUM800TU	0.13077	0.15917
87	E62.5L3ALUM800TU	0.13044	0.15917
88	E62.5L3ALUM800TU	0.13021	0.15907
89	E62.5L3ALUM800TU	0.13014	0.15907
90	E62.5L4ALUM800TU	0.13003	0.15897
91	E62.5L4ALUM800TU	0.13028	0.15929
92	E62.5L4ALUM800TU	0.13041	0.15942
93	EF FILTRAD250L1	0.93057	9.6353E-2
94	EF FILTRAD250L1	0.93278	9.7970E-2
95	EF FILTRAD250L1	0.93286	9.8841E-2
96	EF FILTRAD250L2	0.93309	9.8981E-2
97	EF FILTRAD250L2	0.93328	9.8938E-2
98	EF FILTRAD250L2	0.93248	9.9184E-2
99	EF FILTRAD250L3	0.93119	9.8639E-2
100	EF FILTRAD250L3	0.93225	9.8650E-2
101	EF FILTRAD250L3	0.93211	9.8845E-2
102	EF FILTRAD250L4	0.93238	9.8874E-2
103	EF FILTRAD250L4	0.93150	9.8427E-2
104	EF FILTRAD250L4	0.93204	9.8738E-2
105	EFLUENTE 250L1	0.43980	0.13484
106	EFLUENTE 250L1	0.44452	0.13976
107	EFLUENTE 250L1	0.44439	0.13980
108	EFLUENTE 250L2	0.44394	0.13915
109	EFLUENTE 250L2	0.44317	0.13872
110	EFLUENTE 250L2	0.44281	0.13827
111	EFLUENTE 250L3	0.44256	0.13776
112	EFLUENTE 250L3	0.44228	0.13757
113	EFLUENTE 250L3	0.44208	0.13751
114	EFLUENTE 250L4	0.44176	0.13732
115	EFLUENTE 250L4	0.44122	0.13705
116	EFLUENTE 250L4	0.43924	0.13577
117	E250L1ALUM100TUN	1.25940	8.6357E-2
118	E250L1ALUM100TUN	1.26040	8.7931E-2
119	E250L1ALUM100TUN	1.26030	8.8431E-2
120	E250L2ALUM100TUN	1.25980	8.8988E-2

Hardcopy view Date 15/12/2023 Time 14:09:18 Page 4 of 4

#	Name	Abs<450nm>	Abs<610nm>
121	E250L2ALUM100TUN	1.26050	8.8944E-2
122	E250L2ALUM100TUN	1.26100	8.9031E-2
123	E250L3ALUM100TUN	1.25970	8.8532E-2
124	E250L3ALUM100TUN	1.25930	8.8452E-2
125	E250L3ALUM100TUN	1.26030	8.8521E-2
126	E250L4ALUM100TUN	1.26070	8.8559E-2
127	E250L4ALUM100TUN	1.26040	8.8493E-2
128	E250L4ALUM100TUN	1.25770	8.7450E-2
129	E250L1ALUM400TUN	1.19080	8.3134E-2
130	E250L1ALUM400TUN	1.19190	8.4177E-2
131	E250L1ALUM400TUN	1.19080	8.4334E-2
132	E250L2ALUM400TUN	1.19170	8.4837E-2
133	E250L2ALUM400TUN	1.19220	8.5273E-2
134	E250L2ALUM400TUN	1.19090	8.4157E-2
135	E250L3ALUM400TUN	1.18990	8.3649E-2
136	E250L3ALUM400TUN	1.19040	8.3927E-2
137	E250L3ALUM400TUN	1.19050	8.3597E-2
138	E250L4ALUM400TUN	1.19060	8.3738E-2
139	E250L4ALUM400TUN	1.19010	8.3137E-2
140	E250L4ALUM400TUN	1.18990	8.3071E-2
141	E250L1ALUM200TUN	0.95736	4.0862E-2
142	E250L1ALUM200TUN	0.99178	3.8816E-2
143	E250L1ALUM200TUN	0.99080	3.8473E-2
144	E250L2ALUM200TUN	0.99188	3.9534E-2
145	E250L2ALUM200TUN	0.99266	4.0929E-2
146	E250L2ALUM200TUN	0.99354	4.2112E-2
147	E250L3ALUM200TUN	0.99333	4.1654E-2
148	E250L3ALUM200TUN	0.99341	4.1637E-2
149	E250L3ALUM200TUN	0.99374	4.1780E-2
150	E250L4ALUM200TUN	0.99374	4.2356E-2
151	E250L4ALUM200TUN	0.99444	4.2772E-2
152	E250L4ALUM200TUN	0.99359	4.2474E-2
153	E250L1ALUM800TUN	0.42679	9.9780E-2
154	E250L1ALUM800TUN	0.42846	0.10175
155	E250L1ALUM800TUN	0.42422	0.10296
156	E250L2ALUM800TUN	0.42361	0.10342
157	E250L2ALUM800TUN	0.42303	0.10340
158	E250L2ALUM800TUN	0.42267	0.10385
159	E250L3ALUM800TUN	0.42261	0.10399
160	E250L3ALUM800TUN	0.42185	0.10352
161	E250L3ALUM800TUN	0.42164	0.10346
162	E250L4ALUM800TUN	0.42152	0.10334
163	E250L4ALUM800TUN	0.42158	0.10287
164	E250L4ALUM800TUN	0.42153	0.10315

*** End Hardcopy view ***

Figura 57: En la Figura se muestra espectro de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g penca de tuna más alumbre, 800 g penca de tuna más alumbre, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g penca de tuna más alumbre, 800 g de penca de tuna más alumbre.

Tabla 32. Valores de absorción UV-VIS de análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g penca de tuna más alumbre, 800 g penca de tuna más alumbre, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g penca de tuna más alumbre, 800 g penca de tuna más alumbre.

ESTANDAR	SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)	MUESTRA (mL)	AGUA (mL)	ftalato (mg/L)	Abs (610nm)	DQO (mg/L)	
ESTANDAR 1	0.075	0	2.925	21.25	0.038318	25.00	
ESTANDAR 2	0.15	0	2.85	42.50	0.042264	50.00	
ESTANDAR 3	0.3	0	2.7	85.00	0.056636	100.00	
ESTANDAR 4	0.6	0	2.4	170.00	0.072946	200.00	
ESTANDAR 5	1.2	0	1.8	340.00	0.099872	400.00	
ESTANDAR 6	1.8	0	1.2	510.00	0.12876	600.00	
ESTANDAR 7	2.4	0	0.6	680.00	0.16149	800.00	
ESTANDAR 8	3	0	0	850.00	0.19498	1000.00	
MUESTRA	**SOL. BIFTALATO DE POTASIO (mL)**	**MUESTRA (mL)**	**AGUA (mL)**	**ftalato (mg/L)**	**Abs (610nm)**	**DQO (mg/L)**	**Promedio DQO (mg/L)**
AGUA POTABLE 1	0	1.5	1.5	0	0.01614	135.45	
AGUA POTABLE 1	0	1.5	1.5	0	0.017087	129.39	129.04
AGUA POTABLE 1	0	1.5	1.5	0	0.0182	122.28	
AGUA POTABLE 2	0	1.5	1.5	0	0.019104	116.50	
AGUA POTABLE 2	0	1.5	1.5	0	0.019243	115.61	115.66
AGUA POTABLE 2	0	1.5	1.5	0	0.019357	114.88	
AGUA PURIFICADA 1	0	1.5	1.5	0	0.041604	27.34	
AGUA PURIFICADA 1	0	1.5	1.5	0	0.042089	30.44	29.20
AGUA PURIFICADA 1	0	1.5	1.5	0	0.04199	29.81	
AGUA PURIFICADA 2	0	1.5	1.5	0	0.042047	30.17	
AGUA PURIFICADA 2	0	1.5	1.5	0	0.04189	29.17	29.95
AGUA PURIFICADA 2	0	1.5	1.5	0	0.042102	30.52	
EFLUENTE 62.5L FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.14696	700.87	
EFLUENTE 62.5L FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15131	728.68	720.64
EFLUENTE 62.5L FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15189	732.38	
EFLUENTE 62.5L-2 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15224	734.62	
EFLUENTE 62.5L-2 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15244	735.90	735.05
EFLUENTE 62.5L-2 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15224	734.62	
EFLUENTE 62.5L-3 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15245	735.96	
EFLUENTE 62.5L-3 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15249	736.22	735.90
EFLUENTE 62.5L-3 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15238	735.52	

EFLUENTE 62.5L-4 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15212	733.85	733.62
EFLUENTE 62.5L-4 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15214	733.98	
EFLUENTE 62.5L-4 FLTRADO	0	1.5	1.5	0	0.15199	733.02	
EFLUENTE 62.5L-4	0	1.5	1.5	0	0.27583	1524.72	1523.35
EFLUENTE 62.5L-4	0	1.5	1.5	0	0.27563	1523.44	
EFLUENTE 62.5L-4	0	1.5	1.5	0	0.27539	1521.90	
EF 62.5L-1 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.015684	138.36	128.50
EF 62.5L-1 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.016834	131.01	
EF 62.5L-1 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019164	116.12	
EF 62.5L-2TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.020357	108.49	110.64
EF 62.5L-2TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019763	112.29	
EF 62.5L-2TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.01994	111.16	
EF 62.5L-3TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019853	111.71	111.50
EF 62.5L-3TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019872	111.59	
EF 62.5L-3TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019932	111.21	
EF 62.5L-4TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019487	114.05	115.30
EF 62.5L-4TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019248	115.58	
EF 62.5L-4TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.019139	116.28	
EF 62.5L-1 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.046756	60.28	57.66
EF 62.5L-1 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.046875	61.04	
EF 62.5L-1 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.04541	51.67	
EF 62.5L-2 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045834	54.38	53.96
EF 62.5L-2 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.04569	53.46	
EF 62.5L-2 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045782	54.05	
EF 62.5L-3 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045744	53.81	53.81
EF 62.5L-3 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045763	53.93	
EF 62.5L-3 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045725	53.68	
EF 62.5L-4 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045756	53.88	51.20
EF 62.5L-4 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045106	49.73	
EF 62.5L-4 TUNA 200g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.045145	49.98	
EF 62.5L-1 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.093089	356.48	389.79
EF 62.5L-1 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.098643	391.98	
EF 62.5L-2 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10317	420.92	
EF 62.5L-2 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10282	418.69	417.24
EF 62.5L-2 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.1026	417.28	
EF 62.5L3 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10236	415.75	
EF 62.5L3 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10248	416.51	416.30
EF 62.5L3 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10257	417.09	
EF 62.5L4 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10229	415.30	
EF 62.5L4 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10215	414.40	414.02
EF 62.5L4 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10215	414.40	
EF 62.5L1 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10197	413.25	
EF 62.5L1 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15409	746.45	760.79
EF 62.5L1 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15688	764.28	
EF 62.5L2 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15803	771.64	

EF 62.5L2 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15841	774.07	
EF 62.5L2 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15899	777.77	776.92
EF 62.5L3 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15917	778.92	
EF 62.5L3 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15917	778.92	
EF 62.5L3 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15907	778.29	778.50
EF 62.5L4 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15907	778.29	
EF 62.5L4 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15897	777.65	
EF 62.5L4 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15929	779.69	779.29
EF 62.5L4 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.15942	780.52	
EFLUENTE 250L	0	1.5	1.5	0	0.13484	623.39	
EFLUENTE 250L	0	1.5	1.5	0	0.13976	654.84	644.44
EFLUENTE 250L	0	1.5	1.5	0	0.1398	655.09	
EFLUENTE 250L-2	0	1.5	1.5	0	0.13915	650.94	
EFLUENTE 250L-2	0	1.5	1.5	0	0.13872	648.19	648.15
EFLUENTE 250L-2	0	1.5	1.5	0	0.13827	645.31	
EFLUENTE 250L-3	0	1.5	1.5	0	0.13776	642.05	
EFLUENTE 250L-3	0	1.5	1.5	0	0.13757	640.84	641.12
EFLUENTE 250L-3	0	1.5	1.5	0	0.13751	640.45	
EFLUENTE 250L-4	0	1.5	1.5	0	0.13732	639.24	
EFLUENTE 250L-4	0	1.5	1.5	0	0.13705	637.51	635.36
EFLUENTE 250L-4	0	1.5	1.5	0	0.13577	629.33	
EFLUENTE 250L FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.096353	377.34	
EFLUENTE 250L FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.09797	387.68	386.09
EFLUENTE 250L FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098841	393.25	
EFLUENTE 250L-2 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098981	394.14	
EFLUENTE 250L-2 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098938	393.87	394.48
EFLUENTE 250L-2 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.099184	395.44	
EFLUENTE 250L-3 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098639	391.96	
EFLUENTE 250L-3 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.09865	392.03	392.42
EFLUENTE 250L-3 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098845	393.27	
EFLUENTE 250L-4 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098874	393.46	
EFLUENTE 250L-4 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098427	390.60	392.22
EFLUENTE 250L-4 FILTRADO	0	1.5	1.5	0	0.098738	392.59	
EF 250L-1 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.086357	313.44	
EF 250L-1 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.087931	323.50	321.21
EF 250L-1 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088431	326.70	
EF 250L-2 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088988	330.26	
EF 250L-2 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088944	329.98	330.26
EF 250L-2 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.089031	330.53	
EF 250L-3 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088532	327.34	
EF 250L-3 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088521	327.27	327.15
EF 250L-3 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088452	326.83	
EF 250L-4 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088559	327.52	
EF 250L-4 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.088493	327.10	404.56
EF 250L-4 TUNA 100g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.08745	559.06	

EFLUENTE 250L-1 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.040862	22.60	13.15
EFLUENTE 250L-1 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.038816	9.52	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.038473	7.32	
EFLUENTE 250-2 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.039534	14.11	22.57
EFLUENTE 250-2 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.040929	23.02	
EFLUENTE 250-2 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042112	30.59	
EFLUENTE 250L-3TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.041654	27.66	27.89
EFLUENTE 250L-3TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.041637	27.55	
EFLUENTE 250L-3TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.04178	28.46	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042356	32.15	33.29
EFLUENTE 250L-4 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042772	34.81	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 200g	0	1.5	1.5	0	0.042474	32.90	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.083134	292.84	297.62
EFLUENTE 250L-1 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.084177	299.50	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.084334	300.51	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.084837	303.72	303.20
EFLUENTE 250L-2 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.085273	306.51	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.084157	299.38	
EFLUENTE 250L-3TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.083649	296.13	296.46
EFLUENTE 250L-3TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.083927	297.91	
EFLUENTE 250L-3TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.083527	295.35	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.083738	296.70	294.00
EFLUENTE 250L-4 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.083137	292.85	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 400g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.083071	292.43	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10175	411.85	417.98
EFLUENTE 250L-1 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10296	419.58	
EFLUENTE 250L-1 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10342	422.52	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.1034	422.39	424.61
EFLUENTE 250L-2 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10385	425.27	
EFLUENTE 250L-2 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10399	426.17	
EFLUENTE 250L-3TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10352	423.16	422.65
EFLUENTE 250L-3TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10346	422.78	
EFLUENTE 250L-3TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10334	422.01	
EFLUENTE 250L-4 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10287	419.01	419.90
EFLUENTE 250L-4 TUNA 800g ALUMBRE	0	1.5	1.5	0	0.10315	420.80	

x	y				
DQO	Absorbancia (610 nm)				calculo de b
1000.00	0.19498				0.03855584
800.00	0.16149				0.03635067
600.00	0.12876	y=	mx + b		0.0349055
400.00	0.099872	x=	y-b/m		0.03730234
200.00	0.072946	b=	y-mx		0.04166117
100.00	0.056636	CORR	0.998771564		0.04099358
50.00	0.042264	R2	0.997544638		0.03444279
25.00	0.038318				0.0344074
		m	0.000156424		
				promedio	0.03732741

Figura 58: En la Figura se muestra curva de calibración de estándares para análisis DQO en agua potable, agua purificada, efluente de lavandería doméstica 62.5 L, 62.5 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g penca de tuna más alumbre, 800 g penca de tuna más alumbre, efluente de lavandería doméstica 250 L, 250 L filtrado, tratado con 100 g de penca de tuna más alumbre, 200 g de penca de tuna más alumbre, 400 g penca de tuna más alumbre, 800 g penca de tuna más alumbre.

13.2 Sólidos disueltos totales:

Materiales, equipos y reactivos:

Figura 59: En la Figura se muestra Balanza estufa utilizada

Figura 60: En la Figura se muestra utilizada

Tabla 33. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en agua purificada muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	49.3323	0.0
Peso final (g)	49.3323	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.6176	0.0
Peso final (g)	35.6176	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	44.5825	0.0
Peso final (g)	44.5835	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.2451	0.0
Peso final (g)	48.2455	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.2418	0.0
Peso final (g)	35.242	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 34. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en agua potable muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	34.7378	516
Peso final (g)	34.7507	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	32.1265	500
Peso final (g)	32.1390	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	32.1245	512
Peso final (g)	32.1373	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	50.2670	452
Peso final (g)	50.2783	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	44.1696	492
Peso final (g)	44.1819	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 35. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica de 62.5 L muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	35.7694	3284
Peso final (g)	35.8515	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	52.0429	3420
Peso final (g)	52.1284	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.3394	3556
Peso final (g)	49.4283	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.7658	3648
Peso final (g)	35.8570	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6153	3652
Peso final (g)	36.7066	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 36. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica de 62.5L filtrado muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	50.2794	3264
Peso final (g)	50.3610	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.3394	3164
Peso final (g)	49.4185	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.4997	3096
Peso final (g)	48.5771	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	30.9888	3128
Peso final (g)	31.0670	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	32.1326	3020
Peso final (g)	32.2081	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 37. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica de 62.5 L tratado con 100 g de penca de tuna muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	35.2375	5616
Peso final (g)	35.3779	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.5591	5168
Peso final (g)	49.6883	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.4352	5392
Peso final (g)	31.5700	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	34.7417	5132
Peso final (g)	34.8700	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.2384	5604
Peso final (g)	35.3785	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 38. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con 200 g de penca de tuna muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	46.4668	2508
Peso final (g)	46.5295	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6490	2064
Peso final (g)	36.7006	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.6096	2372
Peso final (g)	45.6689	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.3355	2364
Peso final (g)	49.3946	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.4352	2324
Peso final (g)	31.4933	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 39. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica de 62.5 L tratado con 400 g de penca de tuna muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	35.2418	5168
Peso final (g)	35.3710	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6136	4652
Peso final (g)	36.7299	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.3066	4336
Peso final (g)	35.4150	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.7066	5628
Peso final (g)	45.8473	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	32.1344	5092
Peso final (g)	32.2617	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 40. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica de 62.5 L tratado con 800 g de penca de tuna muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	32.1254	6312
Peso final (g)	32.2832	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	34.3631	7180
Peso final (g)	34.5426	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.2418	6272
Peso final (g)	35.3986	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	44.1696	6636
Peso final (g)	44.3355	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.3394	7452
Peso final (g)	49.5257	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 41. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 100 g de penca de tuna muestra y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	44.5792	5356
Peso final (g)	44.7131	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	52.0406	3988
Peso final (g)	52.1403	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6190	5172
Peso final (g)	36.7483	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6554	5620
Peso final (g)	36.7959	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.5016	4640
Peso final (g)	31.6176	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 42. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 200 g de penca de tuna muestra y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	44.5911	3584
Peso final (g)	44.6807	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.6192	3012
Peso final (g)	35.6945	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6059	4076
Peso final (g)	36.7078	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.4044	3592
Peso final (g)	31.4942	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	34.3612	3916
Peso final (g)	34.4591	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 43. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos suspendidos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 400 g de hoja de penca de tuna y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	36.6463	3860
Peso final (g)	36.7428	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.6008	4516
Peso final (g)	45.7137	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	52.0403	3840
Peso final (g)	52.1363	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.6113	3820
Peso final (g)	45.7068	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	34.7560	4148
Peso final (g)	34.8597	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 44. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos suspendidos totales en efluente residual doméstico de lavandería 62.5 L tratado con 800 g de penca de tuna y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	35.3025	5612
Peso final (g)	35.4428	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.2512	6636
Peso final (g)	48.4171	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	52.0433	5620
Peso final (g)	52.1838	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.3527	5508
Peso final (g)	49.4904	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	46.4782	5816
Peso final (g)	46.6236	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 45. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L muestra Nº1 a muestra Nº 5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	48.5047	6720
Peso final (g)	48.6727	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.5985	5772
Peso final (g)	45.7428	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.7882	7144
Peso final (g)	45.6096	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	34.3722	7156
Peso final (g)	34.5511	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.4466	7276
Peso final (g)	31.6285	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 46. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L filtrado muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	52.0348	4408
Peso final (g)	52.1450	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.1961	5068
Peso final (g)	31.3228	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.2094	4760
Peso final (g)	31.3284	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.0717	5144
Peso final (g)	31.2003	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.6862	4856
Peso final (g)	35.8076	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 47. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con penca de tuna 100 g muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	31.1949	2600
Peso final (g)	31.2599	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.3431	2656
Peso final (g)	49.4095	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	46.4708	2632
Peso final (g)	46.5465	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.4997	3148
Peso final (g)	48.5784	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.4352	3048
Peso final (g)	31.5114	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 48. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con penca de tuna 200 g muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	32.1256	1376
Peso final (g)	32.1600	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.3010	1248
Peso final (g)	35.3322	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.3227	1352
Peso final (g)	35.3565	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.5872	1368
Peso final (g)	48.6214	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.7943	1432
Peso final (g)	45.8301	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 49. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica de 250 L tratado con tuna 400 g muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	36.6518	2004
Peso final (g)	36.7019	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.4352	2324
Peso final (g)	31.4933	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.5327	2740
Peso final (g)	49.6012	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.0246	2568
Peso final (g)	31.0888	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.6110	2940
Peso final (g)	45.6845	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 50. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica 250 L tratado con tuna 800 g muestra Nº1 a muestra Nº3.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	34.3618	2588
Peso final (g)	34.4265	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.4352	2360
Peso final (g)	31.4942	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.6110	2940
Peso final (g)	45.6845	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 51. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica de 250 L tratado con tuna 100 g y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº3.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	45.6178	2412
Peso final (g)	45.6781	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.6192	2516
Peso final (g)	35.6821	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.2464	2368
Peso final (g)	48.3056	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 52. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica por 250 L tratado con penca de tuna 200 g y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	48.5112	1764
Peso final (g)	48.5553	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6154	1504
Peso final (g)	36.6530	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6153	1480
Peso final (g)	36.6523	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	34.7412	1872
Peso final (g)	34.788	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.3043	1364
Peso final (g)	35.3384	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 53. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica 250 L tratado con penca de tuna 400 g y alumbre muestra Nº1.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	35.2457	2432
Peso final (g)	35.3065	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 54. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica 250 L tratado con penca de tuna 800 g y alumbre muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	35.3071	3240
Peso final (g)	35.3881	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	30.9888	3304
Peso final (g)	31.0714	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.2449	3528
Peso final (g)	48.3331	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	48.5011	3280
Peso final (g)	48.5831	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	45.6023	3728
Peso final (g)	45.6955	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 55. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente de lavandería doméstica 62.5 L tratado con cloruro férrico muestra Nº1 a muestra Nº5.

Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	34.3619	2624
Peso final (g)	34.4275	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	30.9885	2636
Peso final (g)	31.0544	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	35.7660	2624
Peso final (g)	35.8316	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	31.1952	2676
Peso final (g)	31.2621	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	34.7411	2576
Peso final (g)	34.8055	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 56. Peso de beaker vacío y después del tratamiento para la determinación de sólidos disueltos totales en efluente residual doméstico de lavandería 250 L tratado con cloruro férrico muestra Nº1 a muestra Nº5.

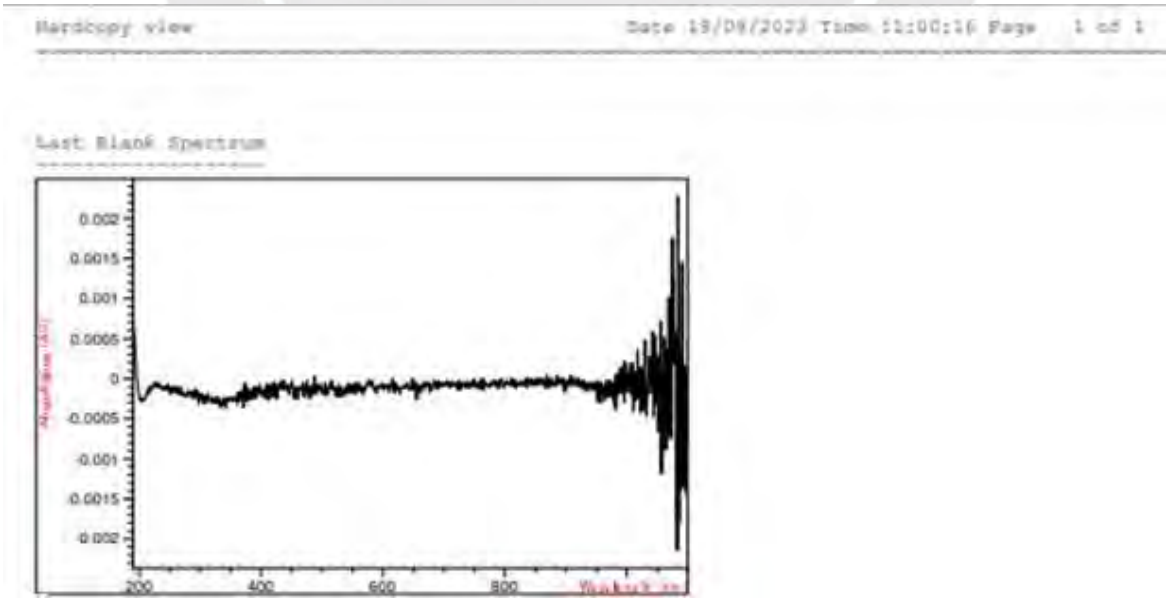
Descripción	Peso	Resultado mg/mL
Peso vacío (g)	46.4659	6212
Peso final (g)	46.6212	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	32.1252	6232
Peso final (g)	32.2810	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6489	6244
Peso final (g)	36.8050	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	49.3398	6204
Peso final (g)	49.4949	
Cantidad de muestra (mL)	25	
Peso vacío (g)	36.6148	6220
Peso final (g)	36.7703	
Cantidad de muestra (mL)	25	

Tabla 57. Sólidos suspendidos totales obtenidos con los diferentes tratamientos evaluados

Muestra	Solidos suspendidos totales mg/L	Promedio mg/L
Agua purificada	0	0
Agua purificada	0	
Agua purificada	0	
Agua purificada	0	
Agua purificada	0	
Agua potable	516	508
Agua potable	500	
Agua potable	512	
Agua potable	452	
Agua potable	492	
Efluente 250L	6720	6813.6
Efluente 250L	5772	
Efluente 250L	7144	
Efluente 250L	7156	
Efluente 250L	7276	
Efluente 250 L tratado filtrado	4408	4847.2
Efluente 250 L tratado filtrado	5068	
Efluente 250 L tratado filtrado	4760	
Efluente 250 L tratado filtrado	5144	
Efluente 250 L tratado filtrado	4856	
Efluente 250 L con cloruro Férrico	6212	
Efluente 250 L con cloruro Férrico	6232	
Efluente 250 L con cloruro Férrico	6244	6222
Efluente 250 L con cloruro Férrico	6204	
Efluente 250 L con cloruro Férrico	6220	
Efluente 250 L penca de tuna 100g	2600	2816.8
Efluente 250 L penca de tuna 100g	2656	
Efluente 250 L penca de tuna 100g	2632	
Efluente 250 L penca de tuna 100g	3148	
Efluente 250 L penca de tuna 100g	3048	
Efluente 250 L penca de tuna 200g	1376	1355.2
Efluente 250 L penca de tuna 200g	1248	
Efluente 250 L penca de tuna 200g	1352	
Efluente 250 L penca de tuna 200g	1368	
Efluente 250 L penca de tuna 200g	1432	
Efluente 250 L penca de tuna 400g	2004	2515.2
Efluente 250 L penca de tuna 400g	2324	
Efluente 250 L penca de tuna 400g	2740	
Efluente 250 L penca de tuna 400g	2568	
Efluente 250 L penca de tuna 400g	2940	

Efluente 250 L penca de tuna 800 g	2588	2629.3
Efluente 250 L penca de tuna 800 g	2360	
Efluente 250 L penca de tuna 800 g	2940	
Efluente 250 L penca de tuna 100 g + alumbre	2412	2432
Efluente 250 L penca de tuna 100 g + alumbre	2516	
Efluente 250 L penca de tuna 100 g + alumbre	2368	
Efluente 250 L penca de tuna 200 g + alumbre	1764	1596.8
Efluente 250 L penca de tuna 200 g + alumbre	1504	
Efluente 250 L penca de tuna 200 g + alumbre	1480	
Efluente 250 L penca de tuna 200 g + alumbre	1872	
Efluente 250 L penca de tuna 200 g + alumbre	1364	
Efluente 250 L penca de tuna 400 g + alumbre	2432	2432
Efluente 250 L penca de tuna 800 g + alumbre	3240	3416
Efluente 250 L penca de tuna 800 g + alumbre	3304	
Efluente 250 L penca de tuna 800 g + alumbre	3528	
Efluente 250 L penca de tuna 800 g + alumbre	3280	
Efluente 250 L penca de tuna 800 g + alumbre	3728	

13.3 Sulfatos: Materiales, equipos y reactivos:



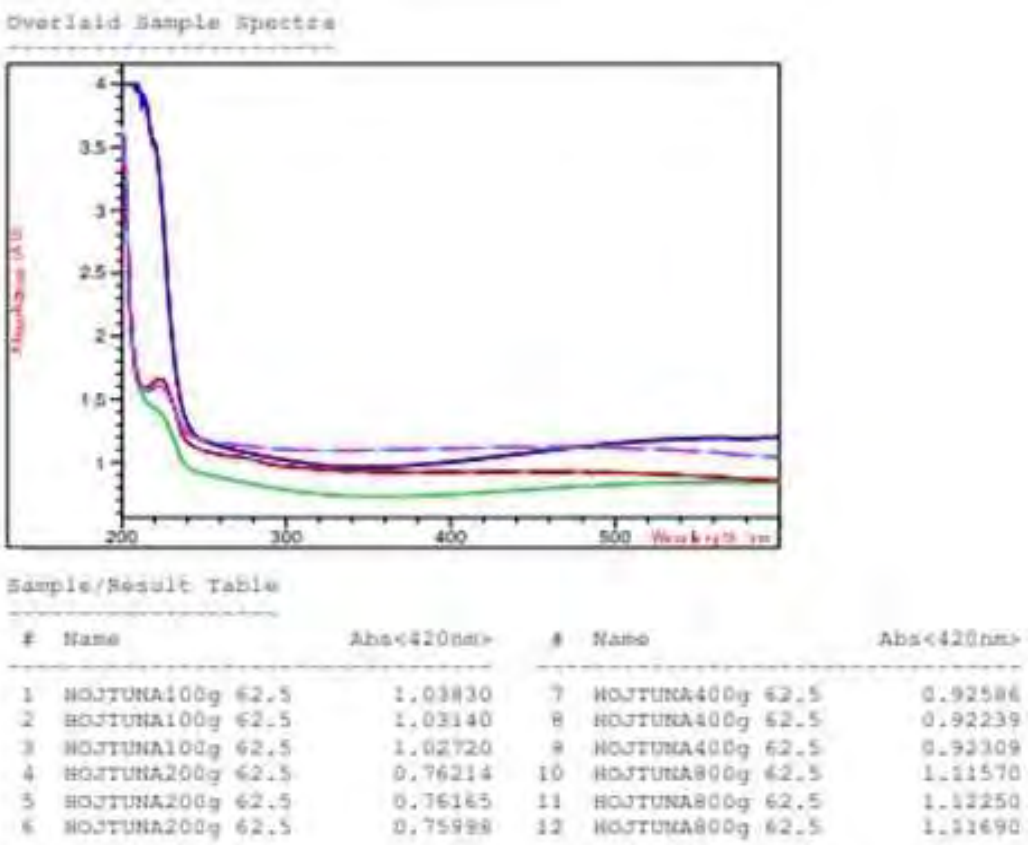


Figura 61: En la Figura se muestra espectro de absorción UV-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, agua potable, en 62.5 L de efluente, en 250 L de efluente, en 250 L de efluente filtrado, en 62.5 L de efluente tratado con hoja de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g.

Tabla 58. Valores de absorción UV-VIS de análisis SULFATOS en agua purificada, agua potable, en 62.5 L de efluente, en 250 L de efluente, en 250 L de efluente filtrado, en 62.5 L de efluente tratado con hoja de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g.

MUESTRA	PESO SULFATO DE SODIO (mg)	VOL FINAL (mL)	VoL (mL) ALICUOTA	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420 nm>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos
ESTANDAR 1	73.9	250	1	100	....	25	0.0020	0.067774	1.99967155
ESTANDAR 2	73.9	250	5	50	....	25	0.0200	0.25328	19.99671549
ESTANDAR 3	184.80	250	5	50	....	25	0.0500	0.61426	50.00531831
ESTANDAR 4	184.80	250	10	50	....	25	0.1000	1.1463	100.0106366

MUESTRA	VOL. DE MUESTRA	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420m>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos	mg/L sulfatos ppm Sulfatos PROMEDIO
AGUA PURIFICADA	10	100	....	....		25	0	0.052485	7.71	8.62
AGUA PURIFICADA	10	100	....	....	....	25	0	0.0539	8.99	
AGUA PURIFICADA	10	100	....	....	....	25	0	0.054101	9.17	
AGUA POTABLE	10	100	....	....	....	25	0	0.28951	221.64	220.76
AGUA POTABLE	10	100	....	....	....	25	0	0.28743	219.76	
AGUA POTABLE	10	100	....	....	....	25	0	0.28869	220.90	
EFLUENTE 62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.3259	1157.04	1154.66
EFLUENTE 62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.3224	1153.88	

EFLUENTE 62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.3215	1153.07	
EFLUENTE 250L	10	100	....	....	....	25	0	1.0624	919.21	
EFLUENTE 250L	10	100	....	....	....	25	0	1.0568	914.16	915.54
EFLUENTE 250L	10	100	....	....	....	25	0	1.0558	913.26	
EFLUENTE 250L C/FILTRO	10	100	....	....	....	25	0	1.0113	873.09	
EFLUENTE 250L C/FILTRO	10	100	....	....	....	25	0	1.0102	872.10	870.54
EFLUENTE 250L C/FILTRO	10	100	....	....	....	25	0	1.0039	866.41	
Tuna 100g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.0383	897.46	
Tuna 100g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.0314	891.23	892.05
Tuna 100g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.0272	887.44	
Tuna 200g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.76214	648.21	
Tuna 200g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.76165	647.77	647.41
Tuna 200g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.75998	646.26	
Tuna 400g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.92586	795.98	
Tuna 400g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.92239	792.85	794.10
Tuna 400g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.92309	793.48	
Tuna 800g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.1157	967.32	
Tuna 800g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.1225	973.46	969.73
Tuna 800g62.5L	10	100	....	....	....	25	0	1.1169	968.40	

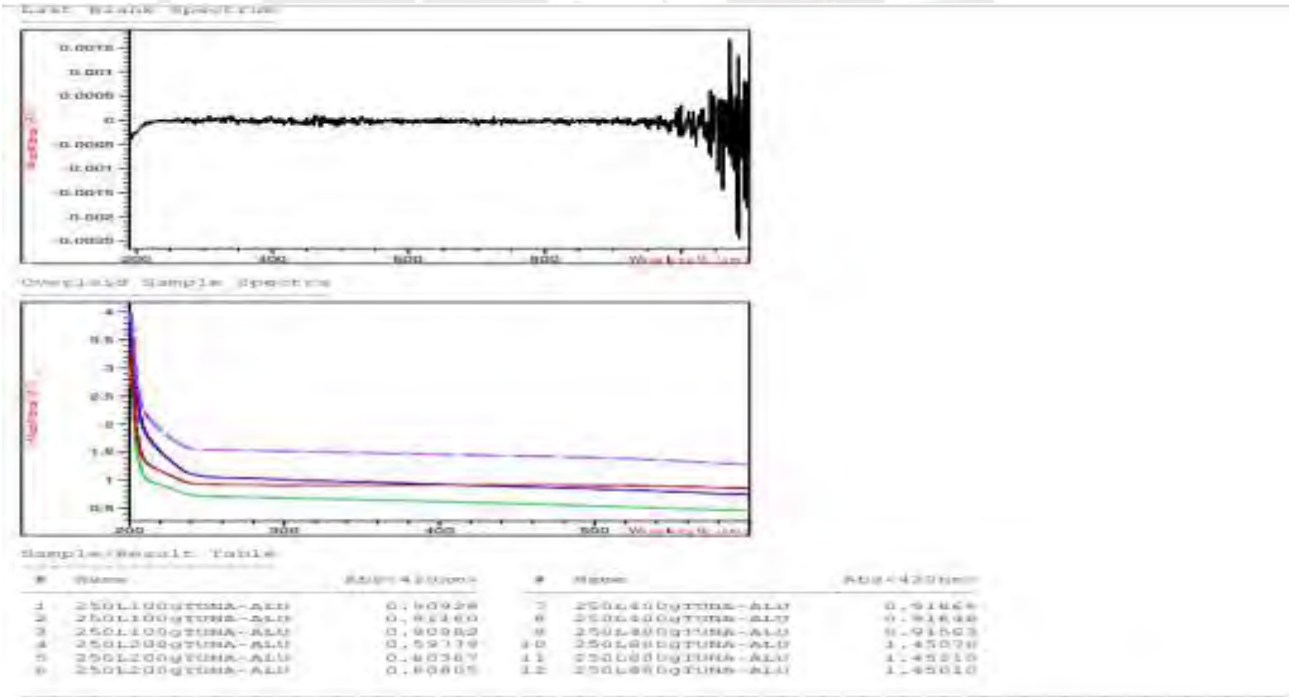


Figura 62: En la Figura se muestra espectro de absorción Uv-Vis de análisis sulfatos en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, 200 g,400 g,800 g; en 62.5 L de efluente tratado con alumbre y con penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g; en 250 L de efluente tratado con alumbre y con penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g.

Tabla 59. Valores de absorción Uv-Vis de análisis sulfatos en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, 200 g,400 g,800 g; en 62.5 L de efluente tratado con alumbre y con penca de tuna 100 g, 200 g,400 g, 800 g; en 250 L de efluente tratado con alumbre y con penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g.

MUESTRA	PESO SULFATO DE SODIO (mg)	VOL FINAL (mL)	VoL (mL) ALICUOTA	VOL FINAL (mL)	VoL (mL) ALICUOTA	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420m>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos	
ESTANDAR 1	73.9	250	1	100	....	25	0.0020	0.07026	2.00	
ESTANDAR 2	73.9	250	5	50		25	0.0200	0.26882	20.00	
ESTANDAR 3	184.8	250	5	50		25	0.0500	0.62283	50.01	
ESTANDAR 4	184.8	250	10	50		25	0.1000	1.1445	100.01	
MUESTRA	VOL. DE MUESTRA	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420m>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos	mg/L sulfatos ppm Sulfatos PROMEDIO
HOJA tuna 100 g250 L	10	100	....	....	....	25	0	0.9457	811.43	
HOJA tuna 100 g250 L	10	100	....	....	....	25	0	0.94362	809.53	809.74
HOJA tuna 100 g250 L	10	100	....	....	....	25	0	0.94223	808.27	
HOJA tuna 200g250L	10	100	....	....	....	25	0	0.90273	772.32	
HOJA tuna 200g250L	10	100	....	....	....	25	0	0.90339	772.92	772.74
HOJA tuna 200g250L	10	100	....	....	....	25	0	0.90344	772.97	
HOJA tuna 400g250L	10	100	....	....	....	25	0	0.99315	854.61	
HOJA tuna 400g250L	10	100	....	....	....	25	0	0.9935	854.93	854.69
HOJA tuna 400g250L	10	100	....	....	....	25	0	0.99307	854.54	
HOJA tuna 800g250L	10	100	....	....	....	25	0	1.0631	918.27	
HOJA tuna 800g250L	10	100	....	....	....	25	0	1.0629	918.08	917.96
HOJA tuna 800g250L	10	100	....	....	....	25	0	1.0623	917.54	
H.TUNA 100g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.5754	1384.48	
H.TUNA 100g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.5716	1381.02	1380.05
H.TUNA 100g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.5646	1374.65	
H.TUNA 200g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.1542	1001.17	
H.TUNA 200g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.1539	1000.90	998.47
H.TUNA 200g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.1456	993.34	
H.TUNA 400g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.2837	1119.02	
H.TUNA 400g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.2828	1118.20	1118.81
H.TUNA 400g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.2839	1119.20	
H.TUNA 800g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.53	1343.16	
H.TUNA 800g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.5237	1337.43	1338.95
H.TUNA 800g62.5L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.5224	1336.25	
H.TUNA 100g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.90928	778.28	
H.TUNA 100g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.9116	780.39	779.15
H.TUNA 100g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.90982	778.77	
H.TUNA 200g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.59779	494.81	
H.TUNA 200g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.60367	500.17	499.71
H.TUNA 200g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.60805	504.15	
H.TUNA 400g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.91666	785.00	
H.TUNA 400g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.91648	784.84	784.63

H.TUNA 400g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	0.91563	784.06	
H.TUNA 800g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.4507	1271.00	
H.TUNA 800g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.4521	1272.27	1271.24
H.TUNA 800g250L ALUMBRE	10	100	....	....	....	25	0	1.4501	1270.45	

x	y				
mg/L	Absorbancia (420 nm)		y=	mx + b	
			x=	y-b/m	
2.00	0.07026		b=	y-mx	0.04829
20.00	0.26882				0.04909
50.01	0.62283		CORR	0.99962	0.07335
100.01	1.1445		R2	0.99924	0.04553

m	0.01099	Promedio (b)	0.05406

Sample/Result Table

#	Name	Abs<420nm>	#	Name	Abs<420nm>
1	ESTANDAR 1	6.4660E-2	11	HOJA TUNA 200G	0.94030
2	ESTANDAR 2	0.16595	12	HOJA TUNA 400G	0.95631
3	ESTANDAR 3	0.36283	13	HOJA TUNA 400G	0.95661
4	ESTANDAR 4	1.50530	14	HOJA TUNA 400G	0.95389
5	ESTANDAR 5	3.22450	15	HOJA TUNA 800G	0.87914
6	HOJA TUNA 100G	0.74690	16	HOJA TUNA 800G	0.87894
7	HOJA TUNA 100G	0.74365	17	HOJA TUNA 800G	0.87665
8	HOJA TUNA 100G	0.73823	18	HOJA TUNA 100G-A	1.04670
9	HOJA TUNA 200G	0.94409	19	HOJA TUNA 100G-A	1.04440
10	HOJA TUNA 200G	0.94227	20	HOJA TUNA 100G-A	1.04360

Figura 63: En la Figura se muestra espectro de absorción UV-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, efluente 250 L, efluente 250 L filtrado

Tabla 60. Valores de absorción Uv-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, efluente 250L, efluente 250L filtrado

MUESTRA	PESO SULFATO DE SODIO (mg)	VOL FINAL (mL)	VoL (mL) ALICUOTA	VOL FINAL (mL)	VoL (mL) ALICUOTA	VOL FINAL (mL)	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420m>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos
ESTANDAR 1	73.9	250	1	100	....	....	25	0.0020	0.06466	1.9997
ESTANDAR 2	73.9	250	5	50	....	....	25	0.0200	0.16595	19.9967
ESTANDAR 3	184.8	250	5	50	....	....	25	0.0500	0.36283	50.0053
ESTANDAR 4	73.9	250	....	....	....	....	25	0.2000	1.5053	199.9672
STANDAR 5	1478.0	250	25	200	....	....	25	0.4999	3.2245	499.9179

MUESTRA	VOL. DE MUESTRA	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	VOL FINAL (mL)	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420m>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos	mg/L sulfatos ppm Sulfatos PROMEDIO
EFLUENTE	10	100	....	....	....	....	25	0.7419	1040.06	1039.34
EFLUENTE	10	100	....	....	....	....	25	0.7411	1038.84	
EFLUENTE	10	100	....	....	....	....	25	0.7413	1039.13	
EFLUENTE C/FILTRO	10	100	....	....	....	....	25	0.663	917.04	915.62
EFLUENTE C/FILTRO	10	100	....	....	....	....	25	0.6632	917.39	
EFLUENTE C/FILTRO	10	100	....	....	....	....	25	0.6601	912.42	
AGUA PURIFICADA	10	100	....	....	....	....	25	0.0703	7.88	7.75
AGUA PURIFICADA	10	100	....	....	....	....	25	0.0702	8.07	
AGUA PURIFICADA	10	100	....	....	....	....	25	0.0707	7.31	

x	y
mg/L	Absorbancia (420 nm)
1.99967155	0.06466
19.99671549	0.16595
50.00531831	0.36283
199.96715493	1.5053
499.91788732	3.2245

y= mx + b

x= y-b/m

b= y-mx

CORR 0.998038

R2 0.996079

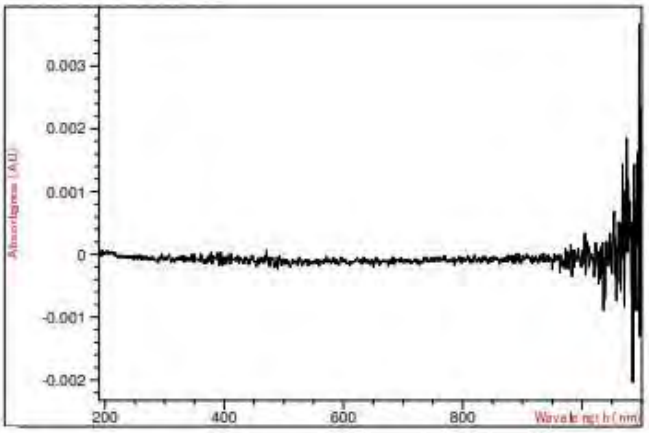
m 0.006408

	0.0518
	0.0378
	0.0424
	0.2238
	0.0208
Promedio (b)	0.0753

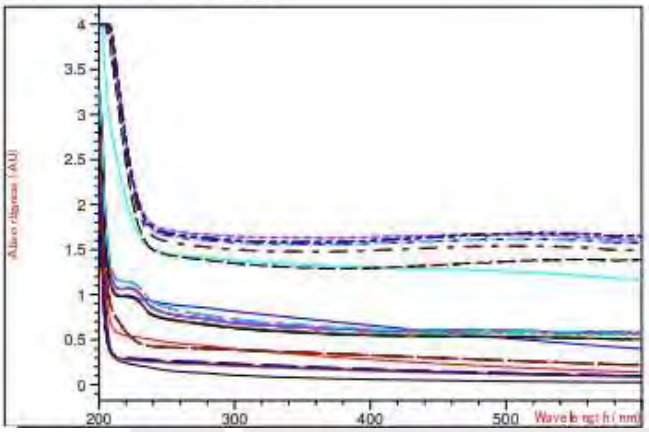
Absorbancia frente a concentración de sulfatos

Hardcopy view Date 10/11/2023 Time 16:11:42 Page 1 of 2

Last Blank Spectrum



Overlaid Sample Spectra



Sample/Result Table

#	Name	Abs<420nm>	#	Name	Abs<420nm>
1	ESTANDAR 1	5.4388E-2	11	AGUA POTABLE 1	0.31470
2	ESTANDAR 2	0.26151	12	AGUA POTABLE 1	0.31529
3	ESTANDAR 3	0.62921	13	AGUA POTABLE 1	0.31501
4	ESTANDAR 4	1.29540	14	AGUA POTABLE 2	0.31548
5	AGUA PURIFICADA	0.14242	15	AGUA POTABLE 2	0.31571
6	AGUA PURIFICADA	0.14863	16	AGUA POTABLE 2	0.31534
7	AGUA PURIFICADA	0.15398	17	250L-1 CLORURO F	1.64810
8	AGUA PURIFICADA	0.15943	18	250L-1 CLORURO F	1.64550
9	AGUA PURIFICADA	0.16236	19	250L-1 CLORURO F	1.64550
10	AGUA PURIFICADA	0.16486	20	250L-2 CLORURO F	1.30690

Hardcopy view Date 10/11/2023 Time 16:11:42 Page 2 of 2

#	Name	Abs<420nm>	#	Name	Abs<420nm>
21	250L-2 CLORURO F	1.30610	34	62.5L-1 CLORURO	0.56323
22	250L-2 CLORURO F	1.30410	35	62.5L-2 CLORURO	0.60382
23	250L-3 CLORURO F	1.57840	36	62.5L-2 CLORURO	0.60267
24	250L-3 CLORURO F	1.57940	37	62.5L-2 CLORURO	0.60329
25	250L-3 CLORURO F	1.57780	38	62.5L-3 CLORURO	0.60311
26	250L-4 CLORURO F	1.50670	39	62.5L-3 CLORURO	0.60316
27	250L-4 CLORURO F	1.50140	40	62.5L-3 CLORURO	0.60274
28	250L-4 CLORURO F	1.49810	41	62.5L-4 CLORURO	0.54426
29	250L-5 CLORURO F	1.61780	42	62.5L-4 CLORURO	0.54275
30	250L-5 CLORURO F	1.61460	43	62.5L-4 CLORURO	0.54075
31	250L-5 CLORURO F	1.61180	44	62.5L-5 CLORURO	0.60946
32	62.5L-1 CLORURO	0.56526	45	62.5L-5 CLORURO	0.60965
33	62.5L-1 CLORURO	0.56437	46	62.5L-5 CLORURO	0.61017

*** End Hardcopy view ***

Figura 64: En la Figura se muestra espectro de absorción UV-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, agua potable, en 250 L de efluente tratado con cloruro férrico; en 62.5 L de efluente tratado con cloruro férrico

Tabla 61. Valores de absorción UV-VIS de análisis SULFATOS en agua purificada, potable, en 250 L y 62.5 L de efluente tratado con cloruro férrico.

MUESTRA	PESO SULFATO DE SODIO (mg)	VOL FINAL (mL)	VoL (mL) ALICUOTA	VOL FINAL (mL)	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420m>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos	
ESTANDAR 1	73.9	250	1	100	25	0.0020	0.0543	2.00	
ESTANDAR 2	73.9	250	5	50	25	0.0200	0.2615	20.00	
ESTANDAR 3	184.8	250	5	50	25	0.0500	0.6292	50.01	
ESTANDAR 4	184.8	250	10	50	25	0.1000	1.2954	100.01	
MUESTRA	**VOL. DE** MUESTRA	**VOL FINAL (mL)**	**VOL FINAL (mL)**	**VOL FINAL (mL)**	**MUESTRA (mL)**	**CSulfato (mg/mL)**	**Abs<420m>**	**mg/L sulfatos ppm Sulfatos**	**mg/L sulfatos ppm Sulfatos PROMEDIO**
AGUA POTABLE 1	10	100	….	….	25	0	0.3147	236.90	237.09
AGUA POTABLE 1	10	100	….	….	25	0	0.3152	237.25	
AGUA POTABLE 1	10	100	….	….	25	0	0.315	237.14	
AGUA POTABLE 2	10	100	….	….	25	0	0.3155	237.51	237.53
AGUA POTABLE 2	10	100	….	….	25	0	0.3157	237.69	
AGUA POTABLE 2	10	100	….	….	25	0	0.3153	237.40	
250 L M1 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.6481	1286.24	1284.88
250 L M1 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.6455	1284.19	
250 L M1 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.6455	1284.19	
250 L M2 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.3069	1017.73	1016.78
250 L M2 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.3061	1017.10	
250 L M2 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.3041	1015.52	
250 L M3 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.5784	1231.39	1231.49
250 L M3 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.5794	1232.18	
250 L M3 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.5778	1230.92	
250 L M4 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.5067	1174.96	1171.32
250 L M4 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.5014	1170.79	
250 L M4 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.4981	1168.20	
250 L M5 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.6178	1262.40	1259.98
250 L M5 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.6146	1259.88	
250 L M5 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	1.6118	1257.67	
62.5 L M1 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.5653	434.10	433.32
62.5 L M1 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.5644	433.38	
62.5 L M1 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.5632	432.48	
62.5 L M2 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.6038	464.42	463.98
62.5 L M2 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.6027	463.52	
62.5 L M2 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.6033	464.01	
62.5 L M3 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.6031	463.86	463.76
62.5 L M3 CLORURO FERRICO	10	100	….	….	25	0	0.6031	463.86	

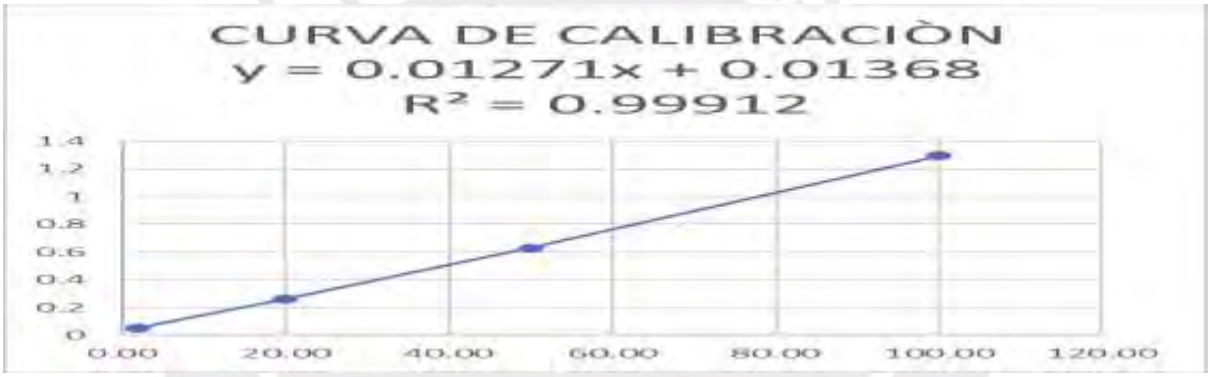
62.5L M4 CLORURO FERRICO	10	100	....	....	....	25	0	0.5442	417.49	416.21
62.5L M4 CLORURO FERRICO	10	100	....	....	....	25	0	0.5428	416.36	
62.5L M4 CLORURO FERRICO	10	100	....	....	....	25	0	0.5408	414.79	
62.5L M5 CLORURO FERRICO	10	100	....	....	....	25	0	0.6095	468.86	469.15
62.5L M5 CLORURO FERRICO	10	100	....	....	....	25	0	0.6096	469.00	
62.5L M5 CLORURO FERRICO	10	100	....	....	....	25	0	0.6104	469.58	

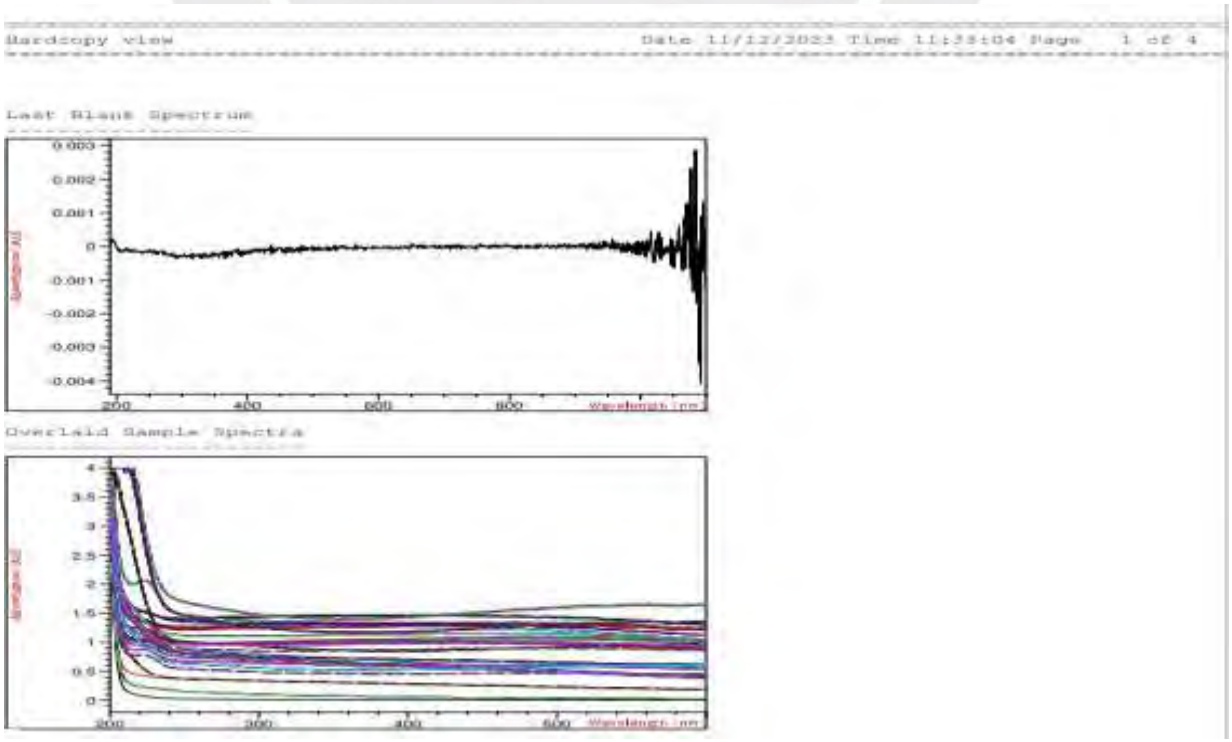
x	y
mg/L	Absorbancia (420 nm)
2.00	0.054348
20.00	0.26151
50.01	0.62921
100.01	1.2954

y= mx + b

x= y-b/m

b=	y-mx	0.0289
		0.0074
		-
CORR	0.9996	0.0062
R2	0.9991	0.0246
m	0.0127	Promedio (b) 0.0137

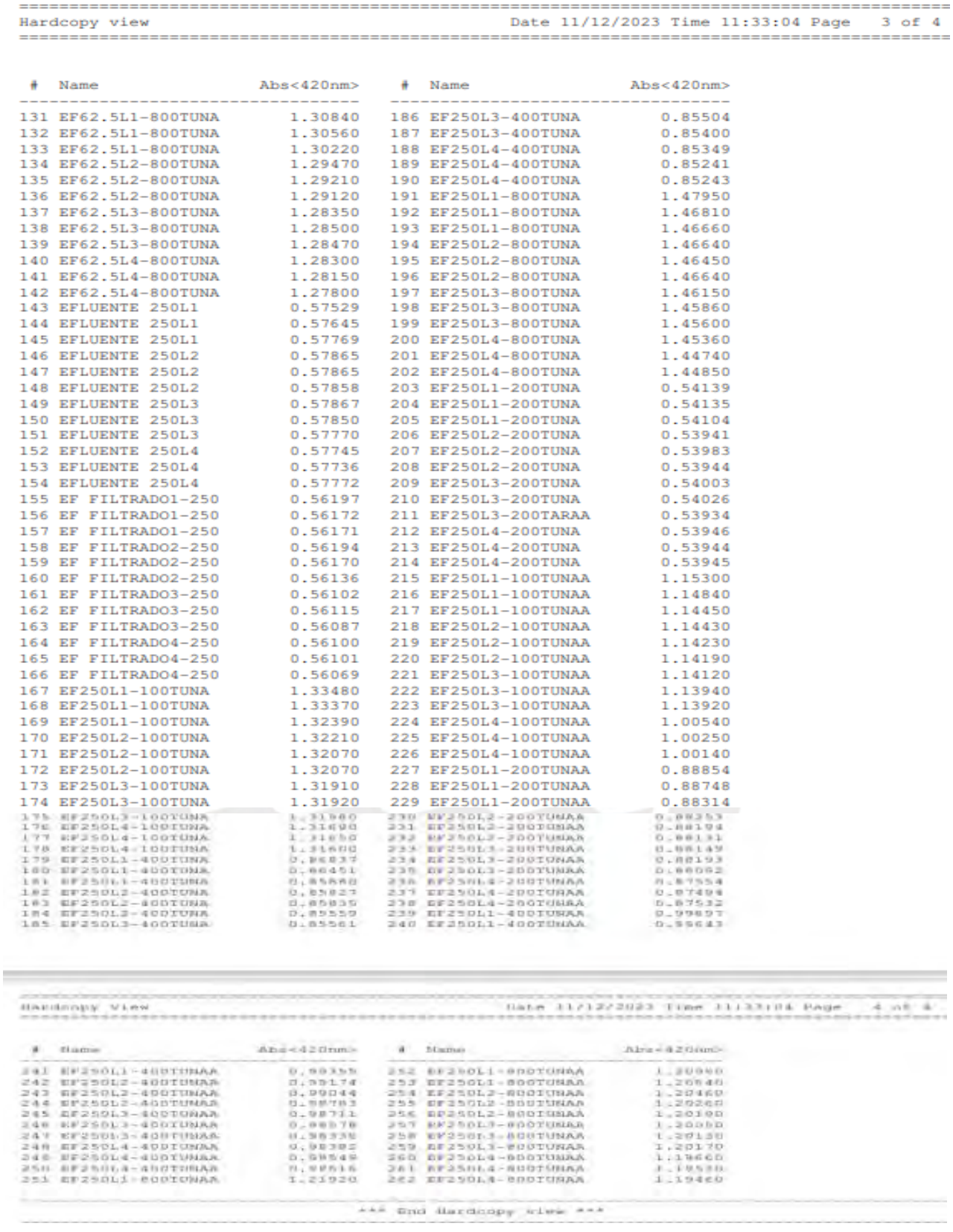




Sample/Result Table

#	Name	Abs<420nm>	#	Name	Abs<420nm>
1	ESTANDAR 1	1.0772E-3	11	AGUA PURIFICADA	5.1131E-2
2	ESTANDAR 2	0.26588	12	AGUA PURIFICADA	5.1620E-2
3	ESTANDAR 3	0.63064	13	AGUA PURIFICADA	5.1477E-2
4	ESTANDAR 4	1.25240	14	AGUA POTABLE 1	0.27604
5	AGUA PURIFICADA	4.9735E-2	15	AGUA POTABLE 1	0.27523
6	AGUA PURIFICADA	5.0746E-2	16	AGUA POTABLE 1	0.27560
7	AGUA PURIFICADA	5.1021E-2	17	AGUA POTABLE 2	0.27518
8	AGUA PURIFICADA	5.1092E-2	18	AGUA POTABLE 2	0.27479
9	AGUA PURIFICADA	5.0701E-2	19	AGUA POTABLE 2	0.27433
10	AGUA PURIFICADA	5.0973E-2	20	AGUA POTABLE 3	0.27331

#	Name	Abs<420nm>	#	Name	Abs<420nm>
21	AGUA POTABLE 3	0.27328	76	EF 62.5L2-400TUN	0.67985
22	AGUA POTABLE 3	0.27320	77	EF 62.5L3-400TUN	0.62000
23	EFLUENTE 62.5L	1.29730	78	EF 62.5L3-400TUN	0.62040
24	EFLUENTE 62.5L	1.28510	79	EF 62.5L3-400TUN	0.61869
25	EFLUENTE 62.5L	1.28800	80	EF 62.5L4-400TUN	0.61575
26	EFLUENTE 62.5L2	1.28670	81	EF 62.5L4-400TUN	0.61534
27	EFLUENTE 62.5L2	1.28730	82	EF 62.5L4-400TUN	0.61420
28	EFLUENTE 62.5L2	1.28780	83	EF 62.5L1-800TUN	0.70052
29	EFLUENTE 62.5L3	1.28710	84	EF 62.5L1-800TUN	0.69858
30	EFLUENTE 62.5L3	1.28680	85	EF 62.5L1-800TUN	0.69944
31	EFLUENTE 62.5L3	1.28850	86	EF 62.5L2-800TUN	0.70024
32	EFLUENTE 62.5L4	1.28870	87	EF 62.5L2-800TUN	0.69974
33	EFLUENTE 62.5L4	1.28840	88	EF 62.5L2-800TUN	0.69966
34	EFLUENTE 62.5L4	1.28670	89	EF 62.5L3-800TUN	0.69905
35	EF FILTRADO 62.5	0.57779	90	EF 62.5L3-800TUN	0.69881
36	EF FILTRADO 62.5	0.57485	91	EF 62.5L3-800TUN	0.69779
37	EF FILTRADO 62.5	0.57575	92	EF 62.5L4-800TUN	0.69685
38	EF FILTRADO2- 62	0.57546	93	EF 62.5L4-800TUN	0.69776
39	EF FILTRADO2- 62	0.57592	94	EF 62.5L4-800TUN	0.69821
40	EF FILTRADO2- 62	0.57641	95	EF62.5L1-100TUNA	1.48330
41	EF FILTRADO3- 62	0.57590	96	EF62.5L1-100TUNA	1.46800
42	EF FILTRADO3- 62	0.57653	97	EF62.5L1-100TUNA	1.46600
43	EF FILTRADO3- 62	0.57631	98	EF62.5L2-100TUNA	1.46730
44	EF FILTRADO4- 62	0.57594	99	EF62.5L2-100TUNA	1.46930
45	EF FILTRADO4- 62	0.57617	100	EF62.5L2-100TUNA	1.46490
46	EF FILTRADO4- 62	0.57647	101	EF62.5L3-100TUNA	1.46190
47	EF 62.5L100TUNA	0.99941	102	EF62.5L3-100TUNA	1.45940
48	EF 62.5L100TUNA	0.99351	103	EF62.5L3-100TUNA	1.45910
49	EF 62.5L100TUNA	0.99294	104	EF62.5L4-100TUNA	1.45590
50	EF 62.5L-2-100TU	0.99291	105	EF62.5L4-100TUNA	1.45230
51	EF 62.5L-2-100TU	0.99373	106	EF62.5L4-100TUNA	1.45260
52	EF 62.5L-2-100TU	0.99265	107	EF62.5L1-200TUNA	1.07210
53	EF 62.5L-3-100TU	0.99196	108	EF62.5L1-200TUNA	1.06050
54	EF 62.5L-3-100TU	0.98922	109	EF62.5L1-200TUNA	1.04490
55	EF 62.5L-3-100TU	0.98883	110	EF62.5L2-200TUNA	1.04520
56	EF 62.5L-4-100TU	0.98957	111	EF62.5L2-200TUNA	1.04450
57	EF 62.5L-4-100TU	0.98986	112	EF62.5L2-200TUNA	1.04270
58	EF 62.5L-4-100TU	0.99048	113	EF62.5L3-200TUNA	1.04200
59	EF 62.5L-1-200TU	0.46405	114	EF62.5L3-200TUNA	1.04160
60	EF 62.5L-1-200TU	0.46030	115	EF62.5L3-200TUNA	1.04070
61	EF 62.5L-1-200TU	0.46200	116	EF62.5L4-200TUNA	1.03940
62	EF 62.5L-2-200TU	0.46184	117	EF62.5L4-200TUNA	1.03780
63	EF 62.5L-2-200TU	0.46257	118	EF62.5L4-200TUNA	1.03680
64	EF 62.5L-2-200TU	0.46259	119	EF62.5L1-400TUNA	1.34160
65	EF 62.5L3-200TUN	0.46108	120	EF62.5L1-400TUNA	1.33740
66	EF 62.5L3-200TUN	0.46229	121	EF62.5L1-400TUNA	1.32890
67	EF 62.5L3-200TUN	0.46250	122	EF62.5L2-400TUNA	1.32020
68	EF 62.5L4-200TUN	0.46029	123	EF62.5L2-400TUNA	1.31900
69	EF 62.5L4-200TUN	0.46024	124	EF62.5L2-400TUNA	1.32040
70	EF 62.5L4-200TUN	0.45961	125	EF62.5L3-400TUNA	1.31810
71	EF 62.5L1-400TUN	0.68847	126	EF62.5L3-400TUNA	1.31700
72	EF 62.5L1-400TUN	0.68151	127	EF62.5L3-400TUNA	1.31750
73	EF 62.5L1-400TUN	0.68088	128	EF62.5L4-400TUNA	1.31590
74	EF 62.5L2-400TUN	0.68059	129	EF62.5L4-400TUNA	1.31520
75	EF 62.5L2-400TUN	0.68019	130	EF62.5L4-400TUNA	1.31770



Hardcopy view Date 11/12/2023 Time 11:33:04 Page 3 of 4

#	Name	Abs<420nm>	#	Name	Abs<420nm>
131	EF62.5L1-800TUNA	1.30840	186	EF250L3-400TUNA	0.85504
132	EF62.5L1-800TUNA	1.30560	187	EF250L3-400TUNA	0.85400
133	EF62.5L1-800TUNA	1.30220	188	EF250L4-400TUNA	0.85349
134	EF62.5L2-800TUNA	1.29470	189	EF250L4-400TUNA	0.85241
135	EF62.5L2-800TUNA	1.29210	190	EF250L4-400TUNA	0.85243
136	EF62.5L2-800TUNA	1.29120	191	EF250L1-800TUNA	1.47950
137	EF62.5L3-800TUNA	1.28350	192	EF250L1-800TUNA	1.46810
138	EF62.5L3-800TUNA	1.28500	193	EF250L1-800TUNA	1.46660
139	EF62.5L3-800TUNA	1.28470	194	EF250L2-800TUNA	1.46640
140	EF62.5L4-800TUNA	1.28300	195	EF250L2-800TUNA	1.46450
141	EF62.5L4-800TUNA	1.28150	196	EF250L2-800TUNA	1.46640
142	EF62.5L4-800TUNA	1.27800	197	EF250L3-800TUNA	1.46150
143	EFLUENTE 250L1	0.57529	198	EF250L3-800TUNA	1.45860
144	EFLUENTE 250L1	0.57645	199	EF250L3-800TUNA	1.45600
145	EFLUENTE 250L1	0.57769	200	EF250L4-800TUNA	1.45360
146	EFLUENTE 250L2	0.57865	201	EF250L4-800TUNA	1.44740
147	EFLUENTE 250L2	0.57865	202	EF250L4-800TUNA	1.44850
148	EFLUENTE 250L2	0.57858	203	EF250L1-200TUNA	0.54139
149	EFLUENTE 250L3	0.57867	204	EF250L1-200TUNA	0.54135
150	EFLUENTE 250L3	0.57850	205	EF250L1-200TUNA	0.54104
151	EFLUENTE 250L3	0.57770	206	EF250L2-200TUNA	0.53941
152	EFLUENTE 250L4	0.57745	207	EF250L2-200TUNA	0.53983
153	EFLUENTE 250L4	0.57736	208	EF250L2-200TUNA	0.53944
154	EFLUENTE 250L4	0.57772	209	EF250L3-200TUNA	0.54003
155	EF FILTRADO1-250	0.56197	210	EF250L3-200TUNA	0.54026
156	EF FILTRADO1-250	0.56172	211	EF250L3-200TARAA	0.53934
157	EF FILTRADO1-250	0.56171	212	EF250L4-200TUNA	0.53946
158	EF FILTRADO2-250	0.56194	213	EF250L4-200TUNA	0.53944
159	EF FILTRADO2-250	0.56170	214	EF250L4-200TUNA	0.53945
160	EF FILTRADO2-250	0.56136	215	EF250L1-100TUNAA	1.15300
161	EF FILTRADO3-250	0.56102	216	EF250L1-100TUNAA	1.14840
162	EF FILTRADO3-250	0.56115	217	EF250L1-100TUNAA	1.14450
163	EF FILTRADO3-250	0.56087	218	EF250L2-100TUNAA	1.14430
164	EF FILTRADO4-250	0.56100	219	EF250L2-100TUNAA	1.14230
165	EF FILTRADO4-250	0.56101	220	EF250L2-100TUNAA	1.14190
166	EF FILTRADO4-250	0.56069	221	EF250L3-100TUNAA	1.14120
167	EF250L1-100TUNA	1.33480	222	EF250L3-100TUNAA	1.13940
168	EF250L1-100TUNA	1.33370	223	EF250L3-100TUNAA	1.13920
169	EF250L1-100TUNA	1.32390	224	EF250L4-100TUNAA	1.00540
170	EF250L2-100TUNA	1.32210	225	EF250L4-100TUNAA	1.00250
171	EF250L2-100TUNA	1.32070	226	EF250L4-100TUNAA	1.00140
172	EF250L2-100TUNA	1.32070	227	EF250L1-200TUNAA	0.88854
173	EF250L3-100TUNA	1.31910	228	EF250L1-200TUNAA	0.88748
174	EF250L3-100TUNA	1.31920	229	EF250L1-200TUNAA	0.88314
175	EF250L3-100TUNA	1.31980	230	EF250L2-200TUNAA	0.88253
176	EF250L4-100TUNA	1.31690	231	EF250L2-200TUNAA	0.88194
177	EF250L4-100TUNA	1.31650	232	EF250L2-200TUNAA	0.88131
178	EF250L4-100TUNA	1.31600	233	EF250L3-200TUNAA	0.88149
179	EF250L1-400TUNA	0.86837	234	EF250L3-200TUNAA	0.88193
180	EF250L1-400TUNA	0.86451	235	EF250L3-200TUNAA	0.88082
181	EF250L1-400TUNA	0.85880	236	EF250L4-200TUNAA	0.87554
182	EF250L2-400TUNA	0.85827	237	EF250L4-200TUNAA	0.87498
183	EF250L2-400TUNA	0.85835	238	EF250L4-200TUNAA	0.87532
184	EF250L2-400TUNA	0.85559	239	EF250L1-400TUNAA	0.99897
185	EF250L3-400TUNA	0.85561	240	EF250L1-400TUNAA	0.99643

Hardcopy view Date 11/12/2023 Time 11:33:04 Page 4 of 4

#	Name	Abs<420nm>	#	Name	Abs<420nm>
241	EF250L1-400TUNAA	0.99355	252	EF250L1-800TUNAA	1.20960
242	EF250L2-400TUNAA	0.99174	253	EF250L1-800TUNAA	1.20640
243	EF250L2-400TUNAA	0.99044	254	EF250L2-800TUNAA	1.20460
244	EF250L2-400TUNAA	0.98783	255	EF250L2-800TUNAA	1.20260
245	EF250L3-400TUNAA	0.98711	256	EF250L2-800TUNAA	1.20190
246	EF250L3-400TUNAA	0.98578	257	EF250L3-800TUNAA	1.20060
247	EF250L3-400TUNAA	0.98336	258	EF250L3-800TUNAA	1.20130
248	EF250L4-400TUNAA	0.98382	259	EF250L3-800TUNAA	1.20170
249	EF250L4-400TUNAA	0.98549	260	EF250L4-800TUNAA	1.19460
250	EF250L4-400TUNAA	0.98516	261	EF250L4-800TUNAA	1.19530
251	EF250L1-800TUNAA	1.21920	262	EF250L4-800TUNAA	1.19460

*** End Hardcopy view ***

Figura 65: En la Figura se muestra espectro de absorción Uv-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, agua potable, en 62.5 L de efluente, en 62.5 L de efluente filtrado, en 62.5 L de efluente tratado con pencaa de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g; en 62.5 L de efluente tratado con alumbre y penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g,800 g; en 250 L de efluente tratado con penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g; en 250 L de efluente tratado con alumbre y con penca de tuna 100 g, 200 g, 400 g, 800 g.

Tabla 62. Valores de absorción UV-Vis de análisis sulfatos en agua purificada, agua potable, en 62.5 L y 250 L de efluente, efluente filtrado, penca de tuna, penca de tuna con alumbre 100 g, 200 g, 400 g, 800 g.

MUESTRA	PESO SULFATO DE SODIO (mg)	VOL FINAL (mL)	VoL (mL) ALICUOTA	VOL FINAL (mL)	MUESTRA (mL)	CSulfato (mg/mL)	Abs<420m>	mg/L sulfatos ppm Sulfatos	
ESTANDAR 1	73.9	250	1	100	25	0.0020	0.0011	2.00	
ESTANDAR 2	73.9	250	5	50	25	0.0200	0.2659	20.00	
ESTANDAR 3	184.8	250	5	50	25	0.0500	0.6306	50.01	
ESTANDAR 4	184.8	250	10	50	25	0.1000	1.2524	100.01	
MUESTRA	**VOL. DE MUESTRA**	**VOL FINAL (mL)**	**VOL FINAL (mL)**	**VOL FINAL (mL)**	**MUESTRA (mL)**	**CSulfato (mg/mL)**	**Abs<420m>**	**mg/L sulfatos ppm Sulfatos**	**mg/L sulfatos ppm**
AGUA PURIFICADA 1	10	100	....	....	25	0	0.0497	44.20	44.81
AGUA PURIFICADA 1	10	100	....	....	25	0	0.0507	45.00	
AGUA PURIFICADA 1	10	100	....	....	25	0	0.051	45.22	
AGUA PURIFICADA 2	10	100	....	....	25	0	0.0511	45.28	45.14
AGUA PURIFICADA 2	10	100	....	....	25	0	0.0507	44.97	
AGUA PURIFICADA 2	10	100	....	....	25	0	0.051	45.18	
AGUA PURIFICADA 3	10	100	....	....	25	0	0.0511	45.28	45.52
AGUA PURIFICADA 3	10	100	....	....	25	0	0.0516	45.70	
AGUA PURIFICADA 3	10	100	....	....	25	0	0.0515	45.58	
AGUA POTABLE 1	10	100	....	....	25	0	0.276	223.21	222.88
AGUA POTABLE 1	10	100	....	....	25	0	0.2752	222.57	
AGUA POTABLE 1	10	100	....	....	25	0	0.2756	222.87	
AGUA POTABLE 2	10	100	....	....	25	0	0.2752	222.53	222.21
AGUA POTABLE 2	10	100	....	....	25	0	0.2748	222.23	
AGUA POTABLE 2	10	100	....	....	25	0	0.2743	221.86	
EFLUENTE 62.5	10	100	....	....	25	0	1.2973	1031.04	1025.4
EFLUENTE 62.5	10	100	....	....	25	0	1.2851	1021.39	
EFLUENTE 62.5	10	100	....	....	25	0	1.288	1023.68	
EFLUENTE 62.5 2	10	100	....	....	25	0	1.2867	1022.66	1023.1
EFLUENTE 62.5 2	10	100	....	....	25	0	1.2873	1023.13	
EFLUENTE 62.5 2	10	100	....	....	25	0	1.2878	1023.53	
EFLUENTE 62.5 3	10	100	....	....	25	0	1.2871	1022.97	1023.3
EFLUENTE 62.5 3	10	100	....	....	25	0	1.2868	1022.73	
EFLUENTE 62.5 3	10	100	....	....	25	0	1.2885	1024.08	
EFLUENTE 62.5 4	10	100	....	....	25	0	1.2887	1024.24	1023.6
EFLUENTE 62.5 4	10	100	....	....	25	0	1.2884	1024.00	
EFLUENTE 62.5 4	10	100	....	....	25	0	1.2867	1022.66	

EFLUENTE 62.5 2 FLTRADO	f	100	....	....	....	25	0	0.5755	460.06	460.43
EFLUENTE 62.5 2 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5759	460.42	
EFLUENTE 62.5 2 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5764	460.80	
EFLUENTE 62.5 3 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5759	460.41	460.68
EFLUENTE 62.5 3 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5765	460.90	
EFLUENTE 62.5 3 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5763	460.73	
EFLUENTE 62.5 4 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5759	460.44	460.64
EFLUENTE 62.5 4 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5762	460.62	
EFLUENTE 62.5 4 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5765	460.86	
HOJA TUNA 100 g 62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.9994	795.41	792.15
HOJA TUNA 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9935	790.74	
HOJA TUNA 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9929	790.29	
HOJA TUNA 2 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9929	790.27	790.41
HOJA TUNA 2 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9937	790.91	
HOJA TUNA 2 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9927	790.06	
HOJA TUNA 3 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.992	789.51	787.96
HOJA TUNA 3 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9892	787.33	
HOJA TUNA 3 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9888	787.04	
HOJA TUNA 4 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9896	787.62	787.94
HOJA TUNA 4 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9899	787.85	
HOJA TUNA 4 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.9905	788.34	
HOJA TUNA 200 g 62.5 L	10	100	....	....	....	25	0	0.4641	371.93	370.40
HOJA TUNA 200 g	10	100	....	....	....	25	0	0.4603	368.97	
HOJA TUNA 200 g	10	100	....	....	....	25	0	0.462	370.31	
HOJA TUNA 200 g -2	10	100	....	....	....	25	0	0.4619	370.20	370.58
HOJA TUNA 200 g -2	10	100	....	....	....	25	0	0.4626	370.76	
HOJA TUNA 200 g -2	10	100	....	....	....	25	0	0.4626	370.78	
HOJA TUNA 200 g - 3	10	100	....	....	....	25	0	0.4611	369.58	370.28
HOJA TUNA 200 g - 3	10	100	....	....	....	25	0	0.4623	370.54	
HOJA TUNA 200 g - 3	10	100	....	....	....	25	0	0.4625	370.71	
HOJA TUNA 200 g - 4	10	100	....	....	....	25	0	0.4603	368.96	368.77
HOJA TUNA 200 g - 4	10	100	....	....	....	25	0	0.4602	368.92	
HOJA TUNA 200 g - 4	10	100	....	....	....	25	0	0.4596	368.42	
HOJA TUNA 400 g 62.5 L	10	100	....	....	....	25	0	0.6885	549.45	545.61
HOJA TUNA 400 g	10	100	....	....	....	25	0	0.6815	543.94	
HOJA TUNA 400 g	10	100	....	....	....	25	0	0.6809	543.45	
HOJA TUNA 400 g-2	10	100	....	....	....	25	0	0.6806	543.22	542.92
HOJA TUNA 400 g-2	10	100	....	....	....	25	0	0.6802	542.90	
HOJA TUNA 400 g-2	10	100	....	....	....	25	0	0.6799	542.63	
HOJA TUNA 400 g-3	10	100	....	....	....	25	0	0.62	495.29	495.05
HOJA TUNA 400 g-3	10	100	....	....	....	25	0	0.6204	495.61	
HOJA TUNA 400 g-3	10	100	....	....	....	25	0	0.6187	494.25	
HOJA TUNA 400 g - 4	10	100	....	....	....	25	0	0.6158	491.93	491.41
HOJA TUNA 400 g - 4	10	100	....	....	....	25	0	0.6153	491.60	
HOJA TUNA 400G-4	10	100	....	....	....	25	0	0.6142	490.70	

.	10	100	....	....	....	25	0	0.7005	558.98	
EFLUENTE 62.5 2 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.6986	557.45	558.19
EFLUENTE 62.5 2 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.6994	558.13	
EFLUENTE 62.5 3 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.7002	558.76	
EFLUENTE 62.5 3 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.6997	558.36	558.48
EFLUENTE 62.5 3 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.6997	558.3	
EFLUENTE 62.5 4 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.6991	557.82	
EFLUENTE 62.5 4 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.6988	557.63	557.42
EFLUENTE 62.5 4 FLTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.6978	556.82	
PENCA TUNA 100 g 62.5L	10	100	....	....	....	25	0	0.6969	556.08	
PENCA TUNA 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.6978	556.8	556.68
PENCA TUNA 100 g	10	100	....	....	....	25	0	0.6982	557.15	
PENCA TUNA 2 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4833	1178.17	
PENCA TUNA 2 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.468	1166.07	1169.6
PENCA TUNA 2 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.466	1164.48	
PENCA TUNA 3 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4673	1165.51	
PENCATUNA 3 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4693	1167.09	1165.4
PENCA TUNA 3 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4649	1163.61	
PENCA TUNA 4 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4619	1161.24	
PENCA TUNA 4 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.494	1159.26	1159.8
PENCA TUNA 4 100 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4591	1159.03	
PENCA TUNA 200 g 62.5 L	10	100	....	....	....	25	0	1.459	1156.49	
PENCA TUNA 200 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4523	1153.65	1154.7
PENCA TUNA 200 g	10	100	....	....	....	25	0	1.4526	115388	
PENCA TUNA 200 g -2	10	100	....	....	....	25	0	1.0721	852.91	
PENCA TUNA 200 g -2	10	100	....	....	....	25	0	1.0605	843.73	842.7
PENCA TUNA 200 g -2	10	100	....	....	....	25	0	1.0449	831.39	
PENCA TUNA 200 g -2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0452	831.63	
PENCA TUNA 200 g -2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0445	831.07	830.8
PENCA TUNA 200 g -2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0427	829.65	
PENCA TUNA 200 g -3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0420	829.10	
PENCA TUNA 200 g -3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0416	828.78	828.6
PENCA TUNA 200 g -3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0407	828.07	
PENCA TUNA 200 g -4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0394	827.04	
PENCA TUNA 200 g -4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0378	825.77	825.9
PENCA TUNA 200 g -4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.0368	824.98	
PENCA TUNA 400 g ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3416	1066.08	
PENCA TUNA 400 g ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3374	1062.76	1061.6
PENCA TUNA 400 g ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3289	1056.04	
HOJA TUNA 400 g -2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3202	1049.15	
HOJA TUNA 400 g -2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3190	1048.21	1048.9
HOJA TUNA 400 g -2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3204	1049.31	
HOJA TUNA 400 g -3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3181	1047.49	
HOJA TUNA 400 g -3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3170	1046.62	1047.0
HOJA TUNA 400 g -3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3175	1047.02	
HOJA TUNA 400 g -4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3159	1045.75	
HOJA TUNA 400 g -4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3152	1045.20	1046.0
HOJA TUNA 400 g -4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3177	1047.18	

PENCA TUNA 800g ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3084	1039.82	
PENCA TUNA 800g ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3056	1037.61	1037.4
PENCA TUNA 800g ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.3022	1034.92	
PENCA TUNA 800g2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2947	1028.98	
PENCA TUNA 800g2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2921	1026.93	1027.4
PENCA TUNA 800g2 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2912	1026.22	
PENCA TUNA 800g3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2835	1020.12	
PENCA TUNA 800g3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2850	1021.31	1020.8
PENCA TUNA 800g3 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2847	1021.07	
PENCA TUNA 800g4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2830	1019.73	
PENCA TUNA 800g4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2815	1018.54	1018.0
PENCA TUNA 800g4 ALUM 62.5	10	100	....	....	....	25	0	1.2780	1015.77	
EFLUENTE 250	10	100	....	....	....	25	0	0.5753	459.92	
EFLUENTE 250	10	100	....	....	....	25	0	0.5765	460.84	460.86
EFLUENTE 250	10	100	....	....	....	25	0	0.5777	461.82	
EFLUENTE 250.2	10	100	....	....	....	25	0	0.5787	462.58	
EFLUENTE 250.2	10	100	....	....	....	25	0	0.5787	462.58	462.56
EFLUENTE 250.2	10	100	....	....	....	25	0	0.5786	462.53	
EFLUENTE 250.3	10	100	....	....	....	25	0	0.5787	462.60	
EFLUENTE 250.3	10	100	....	....	....	25	0	0.5785	462.46	462.30
EFLUENTE 250.3	10	100	....	....	....	25	0	0.5777	461.83	
EFLUENTE 250.4	10	100	....	....	....	25	0	0.5775	461.63	
EFLUENTE 250.4	10	100	....	....	....	25	0	0.5774	461.56	461.68
EFLUENTE 250.4	10	100	....	....	....	25	0	0.5777	461.85	
EFLUENTE 250 FILTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.562	449.39	
EFLUENTE 250 FILTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5617	449.19	449.25
EFLUENTE 250 FILTRADO	10	100	....	....	....	25	0	0.5617	449.18	
EFLUENTE 250 FILTRADO 2	f	100	....	....	....	25	0	0.5619	449.36	
EFLUENTE 250 FILTRADO 2	10	100	....	....	....	25	0	0.5617	449.17	449.15
EFLUENTE 250 FILTRADO 2	10	100	....	....	....	25	0	0.5614	448.90	
EFLUENTE 250 FLTRADO3	10	100	....	....	....	25	0	0.561	448.64	
EFLUENTE 250 FLTRADO3	10	100	....	....	....	25	0	0.5612	448.74	450.70
EFLUENTE 250 FLTRADO3	10	100	....	....	....	25	0	0.5687	454.71	
EFLUENTE 250 FLTRADO4	10	100	....	....	....	25	0	0.561	448.62	
EFLUENTE 250 FLTRADO4	10	100	....	....	....	25	0	0.561	448.63	448.5
EFLUENTE 250 FLTRADO4	10	100	....	....	....	25	0	0.5607	448.37	
HOJA TUNA 100 g 250 L1	10	100	....	....	....	25	0	1.3348	1060.70	
HOJA TUNA 100 g 250 L1	10	100	....	....	....	25	0	1.3337	1059.83	1057.5
HOJA TUNA 100 g 250 L1	10	100	....	....	....	25	0	1.3239	1052.08	
HOJA TUNA 100 g 250 L2	10	100	....	....	....	25	0	1.3221	1050.66	
HOJA TUNA 100 g 250 L2	10	100	....	....	....	25	0	1.3207	1049.55	1049.9
HOJA TUNA 100 g 250 L2	10	100	....	....	....	25	0	1.3207	1049.55	
HOJA TUNA 100 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.3191	1048.28	
HOJA TUNA 100 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.3192	1048.36	1048.5
HOJA TUNA 100 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.3198	1048.84	
HOJA TUNA 100 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.3169	1046.54	
HOJA TUNA 100 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.3165	1046.23	1046.2
HOJA TUNA 100 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.316	1045.83	

PENCA TUNA 200 g 250 L-1	10	100	....	....	....	25	0	0.5414	433.11	433.01
PENCA TUNA 200 g 250 L-1	10	100	....	....	....	25	0	0.5414	433.08	
PENCA TUNA 200 g 250 L-1	10	100	....	....	....	25	0	0.541	432.83	
PENCA TUNA 200 g 250 L-2	10	100	....	....	....	25	0	0.5394	431.54	431.66
PENCA TUNA 200 g 250 L-2	10	100	....	....	....	25	0	0.5398	431.87	
PENCA TUNA 200 g 250 L-2	10	100	....	....	....	25	0	0.5394	431.57	
PENCA TUNA 200 g 250 L-3	10	100	....	....	....	25	0	0.54	432.03	431.91
PENCA TUNA 200 g 250 L-3	10	100	....	....	....	25	0	0.5403	432.21	
PENCA TUNA 200 g 250 L-3	10	100	....	....	....	25	0	0.5393	431.49	
PENCA TUNA 200 g 250 L-4	10	100	....	....	....	25	0	0.5395	431.58	431.57
PENCA TUNA 200 g 250 L-4	10	100	....	....	....	25	0	0.5394	431.57	
PENCA TUNA 200 g 250 L-4	10	100	....	....	....	25	0	0.5395	431.57	
PENCA TUNA 400 g 250 L-1	10	100	....	....	....	25	0	0.8684	691.75	688.21
PENCA TUNA 400 g 250 L-1	10	100	....	....	....	25	0	0.8645	688.70	
PENCA TUNA 400 g 250 L-1	10	100	....	....	....	25	0	0.8588	684.18	
PENCA TUNA 400 g 250 L-2	10	100	....	....	....	25	0	0.8583	683.76	683.08
PENCA TUNA 400 g 250 L-2	10	100	....	....	....	25	0	0.8584	683.83	
PENCA TUNA 400 g 250 L-2	10	100	....	....	....	25	0	0.8556	681.64	
PENCA TUNA 400 g 250 L-3	10	100	....	....	....	25	0	0.8556	681.66	681.08
PENCA TUNA 400 g 250 L-3	10	100	....	....	....	25	0	0.855	681.21	
PENCA TUNA 400 g 250 L-3	10	100	....	....	....	25	0	0.854	680.39	
PENCA TUNA 400 g 250 L-4	10	100	....	....	....	25	0	0.8535	679.98	679.42
PENCA TUNA 400 g 250 L-4	10	100	....	....	....	25	0	0.8524	679.13	
PENCA TUNA 400 g 250 L-4	10	100	....	....	....	25	0	0.8524	679.14	
PENCA TUNA 800g 250 L1	10	100	....	....	....	25	0	1.4795	1175.16	1168.8
PENCA TUNA 800g 250 L1	10	100	....	....	....	25	0	1.4681	1166.15	
PENCA TUNA 800g 250 L1	10	100	....	....	....	25	0	1.4666	1164.96	
PENCA TUNA 800 g 250 L2	10	100	....	....	....	25	0	1.4664	1164.80	1164.3
PENCA TUNA 800 g 250 L2	10	100	....	....	....	25	0	1.4645	1163.30	
PENCA TUNA 800 g 250 L2	10	100	....	....	....	25	0	1.4664	1164.80	
PENCA TUNA 800 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.4615	1160.92	1158.7
PENCA TUNA 800 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.4586	1158.63	
PENCA TUNA 800 g 250 L3	10	100	....	....	....	25	0	1.456	1156.57	
PENCA TUNA 800 g 250 L4	10	100	....	....	....	25	0	1.4536	1154.68	1151.7
PENCA TUNA 800 g 250 L4	10	100	....	....	....	25	0	1.4474	1149.77	
PENCA TUNA 800 g 250 L4	10	100	....	....	....	25	0	1.4485	1150.64	
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	1.1530	916.90	913.44
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	1.1484	913.26	
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	1.1445	910.17	
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	1.1443	910.02	908.86
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	1.1423	908.43	
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	1.1419	908.12	
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	1.1412	907.56	906.56
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	1.1394	906.14	
PENCA TUNA 100 g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	1.1392	905.98	

PENCA TUNA 100g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	1.0054	800.14	
PENCA TUNA 100g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	1.0025	797.85	798.33
PENCA TUNA 100g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	1.0014	796.98	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	0.8885	707.71	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	0.8875	706.87	706.00
PENCA TUNA 200g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	0.8831	703.44	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	0.8825	702.95	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	0.8819	702.49	702.48
PENCA TUNA 200g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	0.8813	701.99	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	0.8815	702.13	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	0.8819	702.48	702.10
PENCA TUNA 200g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	0.8809	701.68	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	0.8755	697.42	
PENCA TUNA 200g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	0.8749	696.95	697.21
PENCA TUNA 200g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	0.8753	697.25	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	0.9970	793.48	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	0.9964	793.05	792.43
PENCA TUNA 400g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	0.9936	790.77	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	0.9917	789.34	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	0.9904	788.31	787.97
PENCA TUNA 400g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	0.9878	786.25	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	0.9871	785.68	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	0.9858	784.63	784.34
PENCA TUNA 400g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	0.9834	782.71	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	0.9838	783.07	
PENCA TUNA 400g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	0.9855	784.40	783.87
PENCA TUNA 400g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	0.9852	784.13	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	1.2192	969.26	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	1.2095	961.59	963.33
PENCA TUNA 800g ALUM 250-1	10	100	....	....	....	25	0	1.2064	959.14	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	1.2046	957.71	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	1.2026	956.13	956.47
PENCA TUNA 800g ALUM 250-2	10	100	....	....	....	25	0	1.2019	955.58	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	1.2005	954.47	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	1.2013	955.10	955.00
PENCA TUNA 800g ALUM 250-3	10	100	....	....	....	25	0	1.2017	955.42	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	1.1966	951.39	
PENCA TUNA 800g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	1.1953	950.36	950.52
PENCA TUNA 800g ALUM 250-4	10	100	....	....	....	25	0	1.1946	949.80	

13.1 pH:
Materiales, equipos y reactivos

Potenciómetro
Frasco de vidrio
Beaker

Tabla 63. Valores de pH en agua purificada

Muestra 1	6.371
Muestra 2	6.219
Muestra 3	6.324
Muestra 4	6.164
Muestra 5	5.739
PROMEDIO	6.163

Tabla 64. Valores de pH en agua potable

Muestra 1	7.420
Muestra 2	7.428
Muestra 3	7.723
Muestra 4	7.730
Muestra 5	7.413
PROMEDIO	7.543

Tabla 65. Valores de pH en efluente 62.5 L

Muestra 1	9.973
Muestra 2	9.941
Muestra 3	9.518
Muestra 4	10.035
Muestra 5	10.038
PROMEDIO	9.901

Tabla 66. Valores de pH en efluente 62.5 L filtrado

Muestra 1	8.737
Muestra 2	8.756
Muestra 3	8.736
Muestra 4	8.741
Muestra 5	9.021
PROMEDIO	8.798

Tabla 67. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con cloruro férrico

Muestra 1	8.316
Muestra 2	8.375
Muestra 3	8.404
Muestra 4	8.417
Muestra 5	8.433
PROMEDIO	8.389

Tabla 68. Valores de pH en efluente 62.5L tratado con 100g penca de tuna

Muestra 1	7.815
Muestra 2	7.854
Muestra 3	8.482
Muestra 4	8.487
Muestra 5	8.497
PROMEDIO	8.227

Tabla 69. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con 200 g de penca de tuna

Muestra 1	7.473
Muestra 2	7.476
Muestra 3	7.346
Muestra 4	7.374
Muestra 5	7.24
PROMEDIO	7.382

Tabla 70. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con 400 g de penca de tuna

Muestra 1	7.954
Muestra 2	7.962
Muestra 3	7.940
Muestra 4	7.991
Muestra 5	7.909
PROMEDIO	7.951

Tabla 71. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con 800 g de penca de tuna

Muestra 1	7.842
Muestra 2	7.827
Muestra 3	8.044
Muestra 4	8.062
Muestra 5	8.058
PROMEDIO	7.967

Tabla 72. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con alumbre y 100 g de penca de tuna

Muestra 1	7.917
Muestra 2	7.926
Muestra 3	7.967
Muestra 4	7.978
Muestra 5	8.021
PROMEDIO	7.962

Tabla 73. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con alumbre y 200 g de penca de tuna

Muestra 1	7.914
Muestra 2	7.926
Muestra 3	7.749
Muestra 4	7.751
Muestra 5	7.887
PROMEDIO	7.845

Tabla 74. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con alumbre y 400 g de penca de tuna

Muestra 1	7.877
Muestra 2	7.901
Muestra 3	7.849
Muestra 4	7.851
Muestra 5	8.03
PROMEDIO	7.902

Tabla 75. Valores de pH en efluente 62.5 L tratado con y 800 g de penca de tuna

Muestra 1	7.849
Muestra 2	7.891
Muestra 3	8.081
Muestra 4	8.077
Muestra 5	8.08
PROMEDIO	7.996

Tabla 76. Valores de pH en efluente 250 L

Muestra 1	9.059
Muestra 2	9.045
Muestra 3	9.295
Muestra 4	9.304
Muestra 5	9.563
PROMEDIO	9.253

Tabla 77. Valores de pH en efluente 250 L filtrado

Muestra 1	8.237
Muestra 2	8.239
Muestra 3	8.025
Muestra 4	8.029
Muestra 5	7.910
PROMEDIO	8.088

Tabla 78. Valores de pH en efluente 250 L tratado con cloruro férrico

Muestra 1	8.063
Muestra 2	8.072
Muestra 3	8.076
Muestra 4	8.079
Muestra 5	8.081
PROMEDIO	8.074

Tabla 79. Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 100 g

Muestra 1	7.797
Muestra 2	7.789
Muestra 3	7.882
Muestra 4	8.052
Muestra 5	8.108
PROMEDIO	7.926

Tabla 80. Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 200 g

Muestra 1	7.973
Muestra 2	7.988
Muestra 3	7.098
Muestra 4	7.086
Muestra 5	7.409
PROMEDIO	7.511

Tabla 81. Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 400 g

Muestra 1	7.847
Muestra 2	7.853
Muestra 3	8.114
Muestra 4	7.896
Muestra 5	8.302
PROMEDIO	8.002

Tabla 82. Valores de pH en efluente 250 L tratado con penca de tuna 800 g

Muestra 1	8.122
Muestra 2	8.127
Muestra 3	8.446
Muestra 4	8.463
Muestra 5	8.488
PROMEDIO	8.329

Tabla 83. Valores de pH en efluente 250 L tratado con alumbre 100 g y hoja de tuna 100 g

Muestra 1	8.100
Muestra 2	8.106
Muestra 3	8.13
Muestra 4	8.134
Muestra 5	8.139
PROMEDIO	8.122

Tabla 84. Valores de pH en efluente 250 L tratado con 100 g y penca de tuna 200 g

Muestra 1	7.833
Muestra 2	7.835
Muestra 3	7.636
Muestra 4	7.639
Muestra 5	7.633
PROMEDIO	7.715

Tabla 85. Valores de pH en efluente 250 L tratado con alumbre y penca de tuna 400 g

Muestra 1	8.190
Muestra 2	8.200
Muestra 3	8.198
Muestra 4	8.201
Muestra 5	8.202
PROMEDIO	8.198

Tabla 86. Valores de pH en efluente 250 L tratado con alumbre y penca de tuna 800 g

Muestra 1	8.295
Muestra 2	8.299
Muestra 3	8.737
Muestra 4	8.756
Muestra 5	8.741
PROMEDIO	8.566